

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА, АРХИТЕКТУРЫ
И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА РТ
МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И ДОРОЖНОГО ХОЗЯЙСТВА РТ

Известия КазГАСУ
2010 г., № 2 (14)

ББК 38
И 33
УДК 69

Главный редактор: д-р техн. наук, проф. Р.К. Низамов
Зам. главного редактора: д-р техн. наук, проф., чл.-корр. АН РТ А.М. Сулейманов

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Адельшин А.Б., д-р техн. наук, проф.;
Айдарова Г.Н., д-р архитектуры, проф.;
Айдаров С.С., д-р архитектуры, проф., чл.-корр.
РААСН;
Брехман А.И., д-р техн. наук, проф.;
Загидуллина Г.М., д-р экон. наук, проф.;
Каюмов Р.А., д-р физ.-мат. наук, проф.;
Королев Е.В., д-р техн. наук, проф.;
Кузнецов И.Л., д-р техн. наук, проф.;
Куприянов В.Н., д-р техн. наук, проф., чл.-корр. РААСН;
Лежава И.Г., д-р архитектуры, академик РААСН;

Мирсаяпов И.Т., д-р техн. наук, проф., советник
РААСН;
Померанцев А.Л., д-р физ.-мат. наук, проф.;
Посохин В.Н., д-р техн. наук, проф.;
Рахимов Р.З., д-р техн. наук, проф., чл.-корр. РААСН;
Родионова О.Е., д-р физ.-мат. наук, проф.;
Соколов Б.С., д-р техн. наук, проф., чл.-корр. РААСН;
Строганов В.Ф., д-р хим. наук, проф.;
Сучков В.Н., канд. техн. наук, проф.;
Фурер В.Л., д-р хим. наук, проф.

МЕЖДУНАРОДНЫЙ РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

Санчез А.П., д-р хим. наук, в.н.с. (Испания);
Тхин Н.В., д-р техн. наук, проф. (Вьетнам);
Фиговский О.Л., проф., член Европейской АН,
иностранный член РААСН (Израиль);

Фишер Х.-Б., д-р (Германия);
Элсайед Т.А., канд. техн. наук, доц. (Египет);
Янотка И., канд. техн. наук, с.н.с. (Словакия).

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ:

ФГОУ ВПО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет»

Журнал включен в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, определяемый Высшей аттестационной комиссией (ВАК), рекомендованных для опубликования основных научных результатов диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук. Статьи рецензируются. Перепечатка без разрешения редакции запрещена, ссылки на журнал при цитировании обязательны.

Зарегистрирован Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия (Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-25136 от 20 июля 2006 г.). Включен в общероссийский каталог ОАО Агентства «РОСПЕЧАТЬ», индекс издания – 36939.

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

420043, г. Казань, ул. Зеленая, 1, ком. 79.
Тел. (843) 510-46-39, факс (843) 238-37-71
E-mail: izvestija@kgasu.ru Сайт: <http://izvestija.kgasu.ru>

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF THE RUSSIAN FEDERATION
 KAZAN STATE UNIVERSITY OF ARCHITECTURE AND ENGINEERING
 MINISTRY OF CONSTRUCTION, ARCHITECTURE AND HOUSING
 OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN
 MINISTRY OF TRANSPORT AND ROADS
 OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

News of the KSUAE 2010 г., № 2 (14)

ББК 38
 И 33
 УДК 69

Editor-in-Chief: Dr. tech. sci., prof. Nizamov R.K.
Deputy Editors-in-Chief: Dr. tech. sci., prof., corr.-m. AS RT Suleimanov A.M.

EDITORIAL BOARD:

Adelshin A.B., Dr. tech. sci., prof.;	Mirsayapov I.T., Dr. tech. sci., prof., counselor of RAACS;
Aydarova G.N., Dr. arch. sci., prof.;	Pomerantsev A.L., Dr. phys-mat. sci., prof.;
Aydarov S.S., Dr. arch. sci., prof., corr.-m. RAACS;	Posochin V.N., Dr. tech. sci., prof.;
Brehman A.I., Dr. tech. sci., prof.;	Rakhimov R.Z., Dr. tech. sci., prof., corr.-m. RAACS;
Zagidullina G.M., Dr. economics sci., prof.;	Rodionova O.Ye., Dr. phys-mat. sci., prof.;
Kayumov R.A., Dr. phys-mat. sci., prof.;	Sokolov B.S., Dr. tech. sci., prof., corr.-m. RAACS;
Korolev E.V., Dr. tech. sci., prof.;	Stroganov V.F., Dr. chem. sci., prof.;
Kuznetsov I.L., Dr. tech. sci., prof.;	Suchkov V.N., Cand. tech. sci., prof.;
Kuprijanov V.N., Dr. tech. sci., prof., corr.-m. RAACS;	Furer V.L., Dr. chem. sci., prof.
Lezhava I.G., Dr. arch. sci., academic of RAACS;	

INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD:

Sanchez A.P., Dr. chem. sci., head of department (Spain);	Fischer H.-B., Dr.-Ing (Germany);
Thin N.V., Dr. tech. sci., prof. (Vietnam);	Elsayed T.A., Cand. tech. sci., associate prof. (Egypt);
Figovskiy O.L., prof., member of EAS, foreign member of RAACS (Israel);	Janotka I., Cand. tech. sci., head of unit (Slovakia).

THE FOUNDER AND THE PUBLISHER:

FGEO HHE «Kazan State University of Architecture and Engineering»

The journal is included in the index of leading reviewed scientific journals and editions, defined by the Higher Attestation Commission, and recommended for publication of basic scientific results of dissertations on scientific degree of the doctor and the candidate of sciences. The articles are reviewed. Reproduction without the permission of editors is prohibited; citing references to the journal are obligatory.

It is registered by Federal agency on surveillance of legislation observance in sphere of mass communications and cultural heritage protection (the certificate on registration ПИ № ФС77-25136, dated July, 20th, 2006). It is included in the all-Russian catalogue of OAO «ROSPECHAT» Agency; an index of the edition is 36939.

EDITORIAL ADDRESS:

420043, Kazan, Zelenaya 1, office 79
 Tel. (843) 510-46-39, fax (843) 238-37-71
 E-mail: izvestija@kgasu.ru Web-site: <http://izvestija.kgasu.ru>



СОДЕРЖАНИЕ

ЖИЗНЬ ЗАМЕЧАТЕЛЬНЫХ ЛЮДЕЙ	
Строганов В.Ф. – известный учёный в области физико-химии полимеров	7
ТЕОРИЯ И ИСТОРИЯ АРХИТЕКТУРЫ, РЕСТАВРАЦИЯ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ИСТОРИКО-АРХИТЕКТУРНОГО НАСЛЕДИЯ	
Замалиев Ф.С. Из опыта реконструкции архитектурных памятников г. Казани	9
Искандаров М.М., Михайлов А.Ю. Феномен «сталинки»: методология исследования	14
Надырова Х.Г. Хазаро-болгарские традиции в градостроительстве Волжско-Камской Булгарии	20
АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	
Куприянов В.Н., Сметанин Д.В. История развития и классификация атриумов	32
Лежава И.Г. К проблеме построения архитектурной подготовки в современном российском вузе	40
Степанчук А.В. Традиционная хозяйственная деятельность населения Свияжска в контексте создания и развития этнографического комплекса на острове-граде Свияжск	48
ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО, ПЛАНИРОВКА СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ	
Бражников К.А. Градостроительное развитие малых и средних поселений в системе Московской агломерации	54
Дембич А.А. О возможных трансформациях методологии градостроительного планирования в России	60
Забирова Ф.М. Опыт синхронизации градостроительного освоения территории Республики Татарстан с геокультурными и климатическими изменениями Евразии	66
Залетова Е.А. Перспективы нового урбанизма. Леон Крие как основоположник европейской ветви движения	77
Куликов Д.А. Ресурсосберегающая архитектура: концепция и модель пространства на региональном уровне. Методический аспект	82
Никитин А.В., Мингазова Н.М., Юпина Г.А. Проблемы формирования эколого-природного каркаса урбанизированных территорий (на примере г. Казани)	88
Устинов А.В. Границы территорий в градостроительстве	97
СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ	
Агафонкин В.С., Моисеев М.В., Исаева Л.А., Дымолазов М.А. Разработка и исследование структурного покрытия актового зала учебно-лабораторного корпуса КГТУ им. А.Н. Туполева	105
Емельянов О.В., Зимолин Е.А., Пелипенко М.П. Влияние сжимающей части цикла знакопеременного нагружения на кинетику напряженно-деформированного состояния в окрестности вершины трещины	111
Коклюгина Л.А., Коклюгин А.В. К вопросу выбора конструктивного решения покрытия по критерию времени	116
Крупин В.П., Шмелев Г.Н., Хусайнов Д.М., Козлов М.В., Сунгатуллин А.Р., Жерехов В.В. Использование программных комплексов для определения ветровой нагрузки на рекламные сооружения, устанавливаемые на крыше здания	121
Мирсаянов И.Т., Замалиев Ф.С., Замалиев Э.Ф. Учет податливости контакта слоев при расчетах прочности и малоциклового выносливости сталежелезобетонных элементов	126
Хусайнов Д.М., Шмелев Г.Н., Козлов М.В. Определение вероятностных характеристик ветровой нагрузки в г. Казани	132
Чесноков А.В., Михайлов В.В., Сабитов Л.С. Двухъярусная предварительно напряжённая тросовая система с конструктивным зазором	137
ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ, ПОДЗЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ	
Гончаров Б.В., Гареева Н.Б., Галимнурова О.В., Башлыков А.В. О расчете фундаментов-оболочек на вытрамбованном грунтовом основании	143
Карпов Д.Ф., Синицын А.А., Белянский Д.А., Вельсовский А.Ю. Расчётно-экспериментальные исследования распределения температурных полей при искусственном оттаивании мёрзлого грунта	149
ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ	
Бройда В.А. Расчет нагрузки теплообменника фэнкойла с учетом устанавливаемого состояния воздуха в помещении	155
Зиганшин М.Г., Зиганшин А.М., Гильфанов Р.М. Расчетные параметры осаждения взвеси в аппаратах с вращательным движением мультифазных потоков. Часть 2. Критерии эффективности циклонной сепарации	161
Золотонос А.Я. Построение профиля стенок криволинейных теплообменных элементов в трубах «конфузор-диффузор»	168
Золотонос А.Я., Золотонос Я.Д. Методика исследования теплообменных устройств типа «труба в трубе» с вращающейся поверхностью «конфузор-диффузор»	176
Посохин В.Н., Кареева Ю.Р., Маклаков Д.В. Расчет течения в зоне разворота плоской струи в тупике	184
Садрtdинов И.К., Мусаев А.М., Сафиуллин Р.Г. Пути интенсификации процессов и экономическая целесообразность использования высокоскоростных потоков в газоочистных и вентиляционных сооружениях	189
ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ	
Адельшин А.Б., Адельшин А.А., Урмитова Н.С. Новые технологические и технические решения установок очистки нефтепромысловых сточных вод на основе применения закрученных потоков	197
Адельшин А.Б., Нуруллин Ж.С., Бусарев А.В., Селюгин А.С. К вопросу моделирования процессов подготовки питьевой воды	206
СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ	
Ерофеев В.Т., Богатов А.Д., Богатова С.Н., Смирнов В.Ф. Влияние старения вяжущих на их биологическую стойкость	213

Ерофеев В.Т., Смирнов В.Ф., Дергунова А.В., Завалишин Е.В. Повышение биостойкости строительных материалов и изделий посредством пропитки их пористой структуры	218
Ивлев М.А., Струговец И.Б., Недосеко И.В. Сталефибробетон в производстве перемычек жилых и гражданских зданий	223
Изотов В.С., Ибрагимов Р.А. Особенности процесса гидратации цемента с комплексной добавкой	229
Мавлюбердинов А.Р. Изучение механизма повышения прочности пористого черепка на основе среднепластичной Сарай-Чекурчинской глины с химической добавкой	234
Мубаракшина Л.Ф., Абдрахманова Л.А., Хозин В.Г., Зарипова В.М. Наномодификация карбамидоформальдегидных смол для производства строительных материалов	239
Мурафа А.В., Макаров Д.Б., Нуриев М.А., Хозин В.Г. Наномодифицированные битумные эмульсии строительного назначения	245
Мухаметрахимов Р.Х., Изотов В.С., Гревцев В.А. Фиброцементные плиты на основе модифицированного смешанного вяжущего	250
Мухаметханов А.М., Нугманов О.К. Стабилизирующая армирующая добавка на основе травяной целлюлозы для щебеночно-мастичного асфальтобетона	255
Пермяков В.Б., Швецов В.А., Захаренко А.В., Семёнов А.С., Захаренко А.А., Дегтярёв А.С. Анализ негативных факторов и накопление дефектов в асфальтобетонных слоях дорожных одежд в течение жизненного цикла	261
Сахибгареев Р.Р. Структурно-технологические решения для получения модифицированных бетонов со стабильным уровнем свойств	266
Старовойтова И.А., Хозин В.Г., Абдрахманова Л.А., Ушакова Г.Г. Гибридные органо-неорганические связующие, получаемые по золь-гель технологии, и их практическое использование в композиционных материалах	273
Сулейманов А.М. Механизмы старения и разрушения материалов мягких оболочек в условиях эксплуатации	278
Федосов С.В., Акулова М.В., Краснов А.М., Кононова О.В., Черепов В.Д. Мелкозернистый бетон высокой прочности	286
Халиуллин М.И., Гайфуллин А.Р. Штукатурные сухие смеси на основе композиционного гипсового вяжущего повышенной водостойкости	292
Шелихов Н.С., Рахимов Р.З. Особенности карбонатного сырья Татарстана и его применение для производства местных строительных материалов	297
Юдина Л.В., Турчин В.В. Строительные материалы контактного твердения на основе шлаков, зол и грунтов	303
ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА	
Галиев И.Х. Оптимизация подходов к производству строительных и реставрационных работ по сохранению исторических объектов	308
ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО ДОРОГ, МЕТРОПОЛИТЕНОВ, АЭРОДРОМОВ, МОСТОВ И ТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЕЙ	
Брехман А.И., Вдовин Е.А., Мавлюев Л.Ф. Модификация укрепленных грунтов при строительстве сельских автомобильных дорог	313
ЭКОЛОГИЯ (в строительстве)	
Строганов В.Ф., Гимранов Р.Ю. «Зелёное строительство» – один из аспектов устойчивого развития страны	319
ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ НАРОДНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ (в строительстве)	
Гимадиева Л.Ш. Проблемы современной нормативной базы ценообразования в строительстве	327
Загидуллина Г.М., Замалиев Э.Ф. Особенности программы социальной ипотеки Республики Татарстан	333
Романова А.И. Инвестиционное стимулирование рынка строительных услуг	339
Сиразетдинов Р.М. Инновационные направления формирования жилищной политики	345
Файзуллин И.Э. Перспективы развития инновационных методов малоэтажного строительства	351
Хабибулина А.Г. Инновационные инструменты снижения стоимости услуг застройщика	356
Харисова Г.М. Развитие инновационной инфраструктуры Республики Татарстан	360
СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ (в строительстве)	
Волков А.А., Вагапов Р.Ф. К вопросу расчета конструкций зданий на прогрессирующее обрушение. Основания и оптимизация проекта	366
Волков А.А., Вагапов Р.Ф. Конструктивная безопасность сооружений: элементы управляемых конструкций	371
Правила представления материалов для публикации в научном журнале «Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета»	376



CONTENTS



LIFE OF REMARKABLE PEOPLE	
Stroganov V.F. – well known scientist in the field of polymer phisico-chemistry	7
ARCHITECTURE THEORY AND HISTORY, HISTORICAL AND ARCHITECTURAL HERITAGE RESTORATION AND RECONSTRUCTION	
Zamaliy F.S. From experience of reconstruction of Kazan architectural city monuments	9
Iskandarov M.M., Mikhaylov A.Yu. The phenomenon of «stalinka»: research methodology	14
Nadirova K.G. Khazar-bulgarian traditions in urban planning of the Volga-Kama Bulgaria	20
HOUSES ARCHITECTURE. THE CREATIVE CONCEPT OF ARCHITECTURAL ACTIVITIES	
Kupriyanov V.N., Smetanin D.V. History of development and classification of atriums	32
Lezhava I.G. A problem about organization of training architects in a modern Russian high school	40
Stepanchuk A.V. Sviyazhsk population's traditional activities in the context of creation and development of Sviyazhsk-island's ethnographical complex	48
URBAN DEVELOPMENT, RURAL SETTLEMENTS PLANNING	
Brazhnikov K.A. City planning development of small and medium settlings in a system of Moscow agglomeration	54
Dembich A.A. About possible transformations of city planning methodology in Russia	60
Zabirova F.M. Experience of synchronization of town-planning development of territory of republic Tatarstan with geocultural and climatic changes of Eurasia	66
Zalyotova E.A. Prospects for a new urbanism. Leon Krier – the founder of the European branch of the movement	77
Kulikov D.A. Resource-saving architecture: conception and model of the space on the regional level. Methodological aspect	82
Nikitin A.V., Mingazova N.M., Yupina G.A. Problems of ecological-natural skeleton formation of the urbanized territories (on the example of Kazan)	88
Ustinov A.V. Borders of territories are in town-planning	97
BUILDING STRUCTURES, HOUSES	
Agafonkin V.S., Moiseev M.V., Isaeva L.A., Dymolazov M.A. Development and research the structural plate above assembly hall of study and laboratory blok of KSTU named after A.N. Tupolev	105
Emelyanov O.V., Zimonin E.A., Pelipenko M.P. Influence of compressive part of sign-variable cycle loading on the stress-deformed condition in crack top	111
Koklyugina L.A., Koklyugin A.V. For the question of constructive decision choice by time criterion	116
Krupin V.P., Shmelev G.N., Khusainov D.M., Kozlov M.V., Sungatullin A.R., Zherehov V.V. Use of software systems for determining wind load on advertising design separately on the roof	121
Khusainov D.M., Shmelev G.N., Kozlov M.V. Detemination of probability characteristics of Wind load in Kazan	126
Mirsayapov I.T., Zamaliy F.S., Zamaliy E.F. Contact layers compliance accounting for calculation of strength and steelconcrete elements low-cycle endurance	132
Chesnokov A.V., Mikhailov V.V., Sabitov L.S. Two-level prestressed cable system with design clearance	137
FOUNDATIONS, UNDERGROUND STRUCTURES	
Goncharov B.V., Gareeva N.B., Galimnurova O.V., Bashlykov A.V. On the design of the foundation-shell on the compacted soil base	143
Karpov D.F., Sinitsyn A.A., Belyansky D.A., Velsovsky A.Yu. Count and experimental study of the distribution of temperature fields during artificial thawing of frozen soil	149
HEATING, VENTILATION, AIR CONDITIONING, GAS SUPPLY AND LIGHTING	
Broyda V.A. Load calculation of fancoil's heat exchanger with consideration of steady air conditions in the room	155
Ziganshin M.G., Ziganshin A.M., Gilfanov R.M. Settlement parameters of the suspension sedimentation in devices with the rotary motion of multiphase flows. Part 2. Criteria of cyclonic separation efficiency	161
Zolotonosov A.Ya. A construction profil of walls of curvilinear heat-exchange elements of pipes is «confusor–diffusor»	168
Zolotonosov A.Ya., Zolotonosov Ya.D. The procedure of heat exchangers type «pipe in pipe» with rotating surface «confusor-diffuzor»	176
Posokhin V.N., Kareeva J.R., Maklakov D.V. Calculation of the flow in the u-turn zone of the plane jet near the channel	184
Sadrtdinov I.K., Musaev A.M., Safiullin R.G. The ways of intensification of processes and economic expediency of using a high-speed flow in a gas cleaning apparatus and ventilation	189
WATER SUPPLY, SEWERAGE, WATER CONSERVATION CONSTRUCTION	
Adelshin A.B., Adelshin A.A., Urmitova N.S. New technological and technical resolutions of oil-field sewage (ofs) cleaning plant on the basis of swirling flows usage	197
Adelshin A.B., Nurullin Zh.S., Busarev A.V., Selugin A.S. To the question of modeling the processes of preparation of potable water	206
BUILDING MATERIALS AND PRODUCTS	
Erofeev V.T., Bogatov A.D., Bogatova S.N., Smirnov V.F. Influence of ageing knitting on their biological firmness	213
Erofeev V.T., Smirnov V.F., Dergunova A.V., Zavalishin E.V. Enhancement of biological stability of building materials and product by means of impregnation of void structure	218
Ivlev M.A., Strugovets I.B., Nedoseko I.V. Steelfiberconcrete in manufacture of beams inhabited and civil buildings	223
Izotov V.S., Ibragimov R.A. Features of process of hydration of cement with the complex additive	229
Mavlyuberdinov A.R. Studying mechanism of increase of durability of the porous crock on the basis of average plastic the saray-chekurchinsky of clay about chemical the additive	234

Mubarakshina L.F., Abdrahmanova L.A., Khozin V.G., Zaripova V.M. Nanomodification urea-formaldehyde resins for manufacture of building materials	239
Murafa A.V., Makarov D.B., Nuriev M.A., Khozin V.G. Nanomodified bitumen emulsion for construction purposes	245
Mukhametrakhimov R.Kh., Izotov V.S., Greveev V.A. Fiber cement slab on the basis of modified mixed cementing	250
Mukhametkhanov A.M., Nugmanov O.K. Stabilizing reinforcement additive made of herbaceous plants cellulose for stone mastic asphalt	255
Permykov V.B., Shvetzov V.A., Zakharenko A.V., Semenov A.S., Zakharenko A.A., Degtyarev A.S. The analysis of negative factors and accumulation of defects in asphaltconcrete layers of road clothes during life cycle	261
Sakhibgareev R.R. Structurally-technological decisions for getting the modified concrete with stable level of properties	266
Starovoytova I.A., Khozin V.G., Abdrachmanova L.A., Ushakova G.G. Hybrid organic-inorganic binders received by a sol-gel process and their practical application in composition materials	273
Suleymanov A.M. Mechanisms of ageing and destruction of materials of soft environments under operating conditions	278
Fedosov S.V., Akulova M.V., Krasnov A.M., Kononova O.V., Cherepov V.D. Sand concrete of high strength	286
Khaliullin M.I., Gaifullin A.R. Plaster dry mixes on the basis of composite gypsum knitting the raised water resistance	292
Shelikhov N.S., Rakhimov R.Z. Characteristics carbonate of raw material of Tatarstan and its application for manufacture local materials	297
Yudina L.V., Turchin V.V. Contact setting construction materials based on slags, ashes, and soils	303
CONSTRUCTION TECHNOLOGY AND ORGANIZATION	
Galiev L.Kh. Optimization of approaches to production building and restoration works on preservation of historical objects	308
ROADS, SUBWAYS, AIRPORTS, BRIDGES AND TUNNELS DESIGN AND CONSTRUCTION	
Brekhman A.I., Vdovin E.A., Mavliev L.F. Updating of staked priming coats at building of rural highways	313
ECOLOGY (in building)	
Stroganov V.F., Gimranov R.Yu. «Green building» – one of the aspects of sustainable development of the country	319
ECONOMY MANAGEMENT AND ECONOMICS (in building)	
Gimadieva L.Sh. Problems of modern standard base of pricing in building	327
Zagidullina G.M., Zamaliev E.F. Features of the program of the social mortgage of Republic Tatarstan	333
Romanova A.I. Investment stimulation of the market of building services	339
Sirazetdinov R.M. Innovative directions of formation of the housing policy	345
Fayzullin I.E. Prospects for development of innovative methods of low building	351
Khabibulina A.G. Innovative tools of depreciation of services of the builder	356
Kharisova G.M. Development of innovative infrastructure of republic of tatarstan	360
SYSTEM ANALYSIS, MANAGEMENT AND INFORMATION PROCESSING (in building)	
Volkov A.A., Vagapov R.F. To the problem of calculation of buildings structures for progressive failure. the design basis and optimization	366
Volkov A.A., Vagapov R.F. Constructive safety of structures: elements of controlled constructions	371
Rules of representation of materials for the publication in scientific journal «Kazan State University of Architecture and Engineering news»	376

К 70-летию со дня рождения**СТРОГАНОВ В.Ф. – ИЗВЕСТНЫЙ УЧЁНЫЙ
В ОБЛАСТИ ФИЗИКО-ХИМИИ ПОЛИМЕРОВ**

Виктор Фёдорович Строганов – инженер-химик-технолог, доктор химических наук, профессор, советник РААСН, заведующий кафедрой химии и инженерной экологии в строительстве Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Заслуженный деятель науки Российской Федерации, Заслуженный деятель науки и техники Республики Татарстан, академик Украинской технологической академии, член-корреспондент Международной педагогической академии.

В.Ф. Строганов родился 31 декабря 1940 года в Крыму. В школе и институте учился в г. Казани. После окончания в 1963 году КХТИ начал трудовую деятельность на старейшем заводе им. Я.М. Свердлова (г. Дзержинск, Горьковской обл.) с отработки технологии и пуска первого в стране производства эпоксидных смол. Увлёкшись идеей получения нитроэпоксидных смол, поступил в заочную аспирантуру Днепропетровского ХТИ и в 1974 году в спецсовете КХТИ защитил кандидатскую диссертацию. Исследовательскую работу продолжил в Дзержинском научно-исследовательском химико-технологическом институте, куда был переведен в 1970 году Министерством для организации и выполнения НИР по разработке полимерных технологий при создании новых изделий спецтехники, а затем в головной организации по проблеме эпоксидных полимеров – УкрНИИпластмасс (г. Донецк), куда был приглашен по конкурсу в 1979 году. Выполнение НИР по Программе фундаментальных исследований Министерства химической промышленности при НИФХИ им. Карпова (г. Москва) позволило завершить и защитить в 1989 году докторскую диссертацию «Эпоксидные адгезионные материалы на основе модифицированных олигомерных систем» в спецсовете института химии ВМС Академии наук Украины.



Научные интересы проф. Строганова В.Ф. относятся к физико-химии полимеров, их исследованию и применению, что обусловило создание широкого спектра новых адгезионных материалов: клеев, компаундов, герметиков и ряда полимерных технологий на их основе. Результаты научной деятельности опубликованы более чем в 500 научных публикациях (в т.ч. в журналах Академии наук России, Украины и зарубежных изданиях), из них более 120 авторских свидетельств на изобретения и патентов России и Украины; внедрены на предприятиях авиационно-космического комплекса, в судостроении, радио-, химической, строительной и газовой отраслях промышленности. Около 20 патентов получено за последние 6 лет. Под руководством и при участии проф. Строганова В.Ф. подготовлены и защищены 8 кандидатских и 3 докторских диссертации. В настоящее время им осуществляется научное руководство 3 аспирантами, 3 соискателями и 1 докторантом. Он многократно выступал и выступает оппонентом на ученых Советах при защите кандидатских и докторских диссертаций КГАСУ, КГТУ (г. Казань).

Работая с 1995 по 2006 гг. проректором по научной работе КГАСУ, проф. Строганов В.Ф. проявил себя как способный организатор научно-исследовательской деятельности. В вузе за этот период более чем в 3 раза была увеличена численность обучающихся в аспирантуре, открыто два диссертационных совета – по строительным и архитектурным специальностям, увеличено число защит в диссертационных советах университета; создан ряд новых научных и научно-производственных структур, что позволило в несколько раз увеличить объем выполненных и оплаченных хозяйственных НИР и по этому показателю выйти на уровень ведущих строительных университетов России. В Академии наук Республики Татарстан открыто новое научное направление по теории, истории и прикладным проблемам архитектуры и создан совместный научно-творческий центр. Открыт испытательный центр сертификации строительной продукции Минстроя РФ, экспертный базовый центр и аналитический центр по вопросам энергосбережения Минстроя РТ.

Работу организатора науки Строганов В.Ф. сочетает с преподавательской деятельностью профессора университета: им подготовлен и читается курс лекций по технологии получения и применения полимерных материалов в строительстве и архитектуре.

Строганов В.Ф. является инициатором создания научного журнала «Известия КазГАСУ». Нашим изданием была открыта новая страница в истории публикаций результатов достижений ученых университета.

В плане дальнейшего развития вуза, перехода в новый статус университета, в связи с необходимостью решения задач строительной экологии, при непосредственном участии в 2004 году была открыта новая специальность 280202 «Инженерная защита окружающей среды». В 2006 году на базе общеобразовательной кафедры химии создана кафедра химии и инженерной экологии в строительстве, которую В.Ф. Строганов возглавляет по настоящее время.

За этот период выполнен большой объем по организации кадровой, педагогической и научной работы. Проведена большая работа по обновлению материально-технической базы кафедры. Под руководством В.Ф. Строганова созданы новые лаборатории «Инженерная экология», «Полимерные и композиционные материалы», оснащенные новой техникой, и кабинет курсового и дипломного проектирования.

В полном объеме выполнена работа по обеспечению новой специальности «Инженерная защита окружающей среды» рабочими программами по 27 дисциплинам, проведена аттестация новой специальности, обеспечена организация практик проведения госэкзаменов и защита ВКР первого выпуска, которая успешно состоялась в июле 2010 года.

Учебно-методическая работа выполняется в рамках госбюджетной темы «Совершенствование методики преподавания химических и экологических дисциплин в строительном вузе».

Проекты под научным руководством Строганова В.Ф. результативно участвуют в российских и зарубежных конкурсах и форумах инноваций. Отметим следующие достижения:

Победы в Московском международном салоне инноваций и инвестиций – крупнейшем в России научно-техническом выставочном мероприятии

- 2006 г. Золотая медаль – проект «Нетрадиционный способ соединения конструкций полимерными композиционными муфтами, обладающими «памятью формы»;

- 2007 г. Золотая медаль Салона и диплом Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам – проект «Термоусаживающиеся муфты с эффектом «памяти формы» для соединения труб, в том числе из разнородных материалов»;

Бронзовая медаль – проект «Тёплые» и «горячие» трубы для транспортировки высоковязких продуктов».

Проект «Термоусаживающиеся муфты с эффектом «память формы» экспонировался на «Первом инвестиционном саммите Республики Татарстан» (в 2006 г. в Лондоне) и в Китае (2007 г.).

Выполняются работы по договорам с Инвестиционно-венчурным фондом РТ и Фондом содействия малому предпринимательству (г. Москва – фонд «Бортника»).

Победы в Республиканском конкурсе «Пятьдесят лучших инновационных идей для Республики Татарстан»

- 2005 г. проект «Нетрадиционный способ соединения конструкций полимерными композиционными муфтами, обладающими «памятью формы»;

- 2008 г. проект «Асфальтобетонные смеси и асфальтогранулобетоны: способы повышения качества»;

- 2010 г. проект «Методы исследования биостойкости полимерных композиционных строительных материалов: анализ, обоснование и выбор оптимальных условий экспериментальных испытаний».

Виктор Федорович является членом редакционной коллегии ряда всероссийских научных журналов: «Клеи. Герметики Технологии», «Лакокрасочная промышленность», «Polymer Sci» и др., членом НТС Министерства экологии и природных ресурсов Республики Татарстан.

За выдающиеся научные и технические достижения В.Ф. Строганов удостоен почетных званий: Заслуженный деятель науки и техники Республики Татарстан, Заслуженный деятель науки РФ; награжден грамотами мэра г. Казани, Министерства экологии и природных ресурсов РТ, нагрудным знаком «Почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации» и Грамотой РААСН.

Уважаемый Виктор Фёдорович! Редакционная коллегия сердечно поздравляет Вас с юбилеем! Мы высоко ценим Вашу высокую компетентность и профессионализм, целеустремленность и трудолюбие. Желаем Вам крепкого здоровья, большого семейного счастья, дальнейших творческих и научных успехов и долгой, долгой насыщенной жизни!

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

УДК 624.012

Замалиев Ф.С. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: em_z@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

ИЗ ОПЫТА РЕКОНСТРУКЦИИ АРХИТЕКТУРНЫХ ПАМЯТНИКОВ г. КАЗАНИ

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются инженерные проблемы, возникающие при реконструкции архитектурных памятников. На опыте реконструированных зданий г. Казани описываются методы усиления фундаментов, перекрытий, стен, стропильных конструкций.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: реконструкция, архитектурные здания, усиления, конструкции несущего остова.

Zamaliyev F.S. – candidate of technical science, associate professor

Kazan State University of Architecture and Engineering

FROM EXPERIENCE OF RECONSTRUCTION OF KAZAN ARCHITECTURAL CITY MONUMENTS

ABSTRACT

In article the engineering problems arising at reconstruction of architectural monuments are considered. On experience of the reconstructed buildings of Kazan described methods of strengthening of the bases, overlappings, walls, rafters designs.

KEYWORDS: reconstruction, architectural buildings, strengthening's, designs of a bearing skeleton.

При реконструкции зданий, являющихся архитектурным наследием, наряду с восстановлением и воссозданием архитектурного облика необходимо решить главную инженерную задачу – обеспечить гарантированную несущую способность основных конструктивных элементов здания. Такими элементами являются все конструкции несущего остова здания – от фундамента до стропильных конструкций.

По убеждению инженеров-проектировщиков, реконструкция любого здания должна начинаться с детального обследования и выявления остаточной несущей способности конструктивных элементов, на основе которых решается судьба конструктивного элемента, а именно: какой элемент остается, а какой заменяется на новый или усиливается с целью обеспечения необходимой несущей способности.

Фундаменты. Фундаменты зданий XIX и начала XX веков выполнены из бутового камня, а верхние ряды иногда из красного кирпича на известковом растворе. Основная проблема, которая встает при реконструкции, – это обеспечение гарантированной несущей способности, особенно при увеличении этажности здания, сопровождающееся увеличением действующих на фундамент нагрузок. Присутствие высоких техногенных или грунтовых вод приводит к значительным и неравномерным деформациям фундаментов, вследствие размягчения известкового раствора под влиянием сильной влажности. В этих условиях обязательным является осушение и «лечение» существующих фундаментов. При наличии техногенных вод до усиления фундаментов выявляют причины, а затем их устраняют. Так, была проведена ревизия и прочистка системы внутридворовой канализации вдоль фундаментов дворового фасада здания Гостиного двора по ул. Кремлевская, 2, после чего были начаты работы по местному усилению фундаментов. При многообразии причин и невозможности их устранения устраивают системы дренажных каналов и колодцев. Систему дренажей применяют и при высоком уровне грунтовых вод. В ряде случаев наибольший эффект дают глубинные «фильтрующие иглы», что было использовано при понижении уровня грунтовых вод на главном здании ОАО «Казанская ярмарка».

В зависимости от состояния фундаментов «лечение» может сводиться к местному укреплению или повсеместному усилению. Для усиления применяют различные способы расширения подошвы фундамента либо передачу нагрузок на мини сваи или вибронабивные сваи различной конструкции (так были усилены фундаменты жилого дома с помощью вибронабивных свай по улице Галактионова, 3а). При невозможности усиления с сохранением бутовых фундаментов следует заменить их на бетонные монолитные фундаменты с расширенной подошвой «шаговым» способом выполнения. Таким методом усилены фундаменты реконструированных жилых домов по ул. К. Маркса, 48 и по ул. К. Наджми, 1/8.

Другой проблемой в фундаментах старинных зданий является восстановление или устройство вновь горизонтальной гидроизоляции. Дело в том, что в старых зданиях более чем столетней постройки горизонтальная гидроизоляция не выполнялась вообще, либо выполнялась только в зданиях большой архитектурной значимости из березовой бересты или жирной обмазочной глины. В рядовых зданиях горизонтальную гидроизоляцию начали применять в конце XIX-начале XX веков из обмазочного материала, похожего на деготь или битум (например, в здании по ул. Луковского, 19а). Отсутствие гидроизоляции не создавало проблем при сухих грунтах, однако с поднятием уровня грунтовых вод и появлением техногенной воды встала задача восстановления вышеназванной гидроизоляции. В Германии широко применяют технологию фирмы SCHOMBURG, заключающуюся в просверливании отверстий в фундаментах и закачке специального состава. Известна также технология прорезания тела фундамента вдоль здания и устройство в этой щели изолирующей прокладки из нержавеющей металла или полимера (рис. 1). Суть технологии заключается в следующем. Работы выполняются по захваткам, в теле фундамента в поперечном направлении просверливаются отверстия, в которые вставляются ветви тросовой пилы с алмазными «бусами». После пропила на длину 1,5-2 м, в образовавшую щель устанавливается изоляционный листовой материал. В целях подстраховки от возможного местного обрушения с обеих сторон в щель вбиваются пластмассовые клинья. Затем выше изоляционного листа наклонно просверливаются (с определенным шагом) отверстия, через которые под давлением закачивается раствор. После приобретения раствором более 50 % прочности по ГОСТу клинья снимаются, а работы по восстановлению горизонтальной гидроизоляции продолжают в шахматном порядке на следующих захватках. В Казани эта технология была использована при восстановлении гидроизоляции здания Национального музея РТ.

Наличие высоких грунтовых вод создает еще одну проблему при устройстве фундаментов, которая больше всего возникает при воссоздании архитектурно ценных зданий в реконструируемых кварталах. Например, при реконструкции квартала «Б» по ул. Петербургская г. Казани большинство зданий должно быть заново построено (воссоздано) по обмерным чертежам снесенных по ветхости зданий. Проектанты здесь применяют как свайные фундаменты, так и монолитные сплошные платформы. Особый эффект дают монолитные фундаменты «стаканного типа», устроенные по контуру всего здания или блока здания, что позволяет устроить эксплуатируемый подвал в зоне высокого уровня грунтовых вод, в отличие от свайных фундаментов.

Перекрытия. Перекрытия зданий, подлежащие сегодня реконструкции, в XIX веке очень часто устраивали в виде кирпичного свода [1]. Учитывая многодельность и необходимость погашения распора, сводчатые перекрытия устраивали в основном над подвалом, где распор воспринимался самим грунтом, а в архитектурно выразительных сооружениях и во всем здании (например, в бывшем Гостином дворе по ул. Кремлевская, 2) верхние этажи зданий перекрывали деревянными перекрытиями. Пролеты достигали 6-8 м, а в отдельных случаях до 12 м, расстояние между балками колеблется в пределах 1-1,6 м. Конструкции деревянных перекрытий весьма разнообразны, но в них всегда присутствуют основные составные части: деревянная балка, опирающаяся на стены через войлок, с выбранным в середине (по высоте сечения) пазом для накатного заполнения, накатник, являющийся второй составной частью, устраивали из тонких бревен (11-14 см) или половин бревен, третьей частью была смазка из пластичной глины, иногда по войлоку. Четвертой частью служит грунтовая засыпка с обязательной воздушной прослойкой до верха балок. По верху балок устраивали «черный» дощатый пол по лагам, а затем укладывали щиты паркета или «чистый» дощатый пол.

В реконструируемых зданиях кирпичные сводчатые перекрытия имеют дефекты в виде трещин или расслоений кирпичной кладки вследствие неравномерной осадки фундаментов. Устранение этих дефектов необходимо начать со стабилизации состояния фундаментов. Усиление сводов проводят восстановлением разрушенной кладки, иногда добавляют металлические затяжки, а трещины

инъекцируют сложным или полимерным раствором. Таким образом, усилены своды перекрытий здания Национального музея РТ.

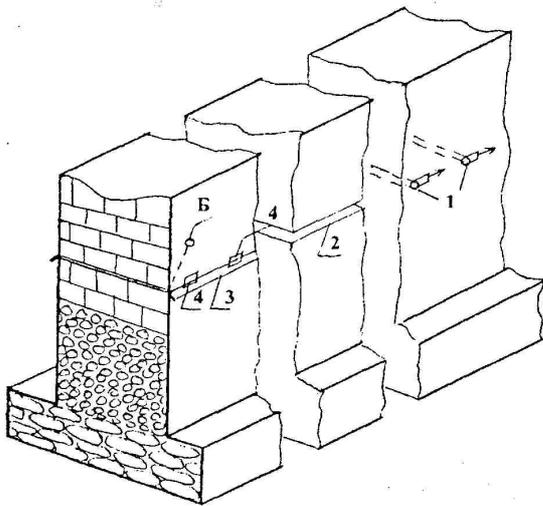


Рис. 1. Восстановление горизонтальной гидроизоляции:

- 1 – отверстия для тросовой пилы;
- 2 – полученная щель;
- 3 – изоляционный материал;
- 4 – пластмассовые клинья

Деревянные перекрытия в старых зданиях очень часто теряют свою несущую способность по причине нарушения нормального температурно-влажностного режима. При реконструкции их меняют на новые деревянные или металлические. Достаточно широко распространено «протезирование» поврежденных участков балок. Заслуживает внимания усиление деревянных балок созданием деревожелезобетонного перекрытия (здание по ул. Островского, 25).

Однако частичная замена или усиление не решают главную проблему деревянных перекрытий – их низкую огнестойкость. Применение различных составов только уменьшает пожароопасность, но не делает их пожаробезопасными. Эту проблему можно решить только полной заменой конструкции перекрытия.

Учитывая жесткие противопожарные требования, предъявляемые к перекрытиям, многие проектанты стараются применять железобетонные перекрытия из сборных плит. Однако их применение вызывает определенные трудности, связанные с несовпадением конфигурации помещений и шага несущих стен старых зданий с унифицированными размерами промышленных плит перекрытий. Применение монолитных плит для перекрытий связано с необходимостью устройства опалубки, что приводит к дополнительным финансовым затратам и трудоемкости возведения.

На помощь приходят решения с применением сталежелезобетонных перекрытий, например, конструкция перекрытия, состоящая из сталежелезобетонных балок и легкбетонных вкладышей, удовлетворяющая требованиям прочности, жесткости, а также огнестойкости и звукоизоляции, отличающаяся простотой монтажа (рис. 2). Сталежелезобетонные балки изготовлены на основе стального перфорированного двутавра, боковые открытые полости которого в ходе устройства монолитного перекрытия заполняются бетоном. Для обеспечения совместной работы стального двутавра и монолитного бетона к стенке двутавра с обеих сторон приварены арматурные хомуты. Заполнение открытых полостей двутавра бетоном, наряду с повышением огнестойкости и коррозионостойкости, повышает устойчивость стенок стальных балок [2].

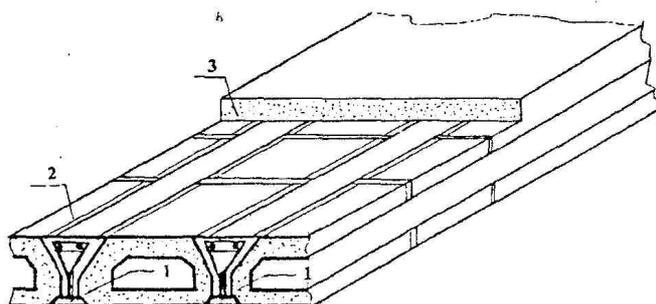


Рис. 2. Сталежелезобетонное перекрытие:

- 1 – сталежелезобетонная балка;
- 2 – легкобетонный вкладыш;
- 3 – монолитный бетон

При устройстве консольных перекрытий и частей зданий, проектировании подземных гаражей, стоянок на реконструируемых кварталах исторических городов очень часто необходимо иметь стойки, имеющие компактное сечение при больших расстояниях между ними. Таким требованиям удовлетворяют сечения сталежелезобетонных сжатых колонн в виде трубобетона круглого, квадратного сечения или двутавра, у которого боковые полости заполнены бетоном. Большие пролеты при незначительных поперечных сечениях позволяют перекрывать изгибаемые балки, состоящие из стального проката и бетонного заполнения полостей.

Восстановление арочных проемов. Ввиду того, что архитектурные памятники претерпевают изменения в разные периоды своей эксплуатации, при реконструкции и воссоздании исторического облика здания, соответствующего своей эпохе, приходится видоизменять конструктивные решения его внутреннего остова. Так, при реконструкции здания ТЮЗа по ул. Островского возник вопрос восстановления арочного проема в вестибюльной части. Ранее во внутренней стене был прямоугольный проем шириной около 4 м, обрамленный металлической рамой. Проектанты на задание заказчика – выдать чертежи арочного проема – выдали решение, предусматривающее разборку стены выше проема в два этажа с последующим её восстановлением. Из-за необходимости выполнения работ в сжатые сроки и с наименьшими затратами заказчик был вынужден реализовать другое инженерное решение. Суть заключалась в следующем: по размерам арочного проема из металлических швеллеров были изготовлены и установлены с обеих сторон стены арки с отверстиями с определенным шагом, просверливались отверстия и в кирпичной стене, в эти отверстия вставлялись металлические трубы диаметром 100 мм, по периметру отверстий, трубы приваривались к швеллерам, затем заполнялись бетоном. К концам труб подвели деревянные стойки, и после их подклинки были начаты демонтажные работы. Сначала срезали и сняли металлические рамы, затем приступили к разборке кирпичной кладки по очертанию арки. Стена выше арочного проема сохранила целостность, необходимость ее разборки и последующего восстановления отпала.

Кирпичные перемычки. При реконструкции и реставрации архитектурных памятников приходится сохранять конструктивные элементы здания, на которые крепятся художественно-лепной декор или скульптурные композиции. Так, при восстановлении фасадной части главного входа Национального музея РТ (бывший Гостиный двор) возникла проблема обеспечения несущей способности кирпичной перемычки, на которую была установлена скульптурная композиция. Проектанты предлагали этот участок разобрать после демонтажа скульптур и на этом месте установить железобетонную балку с последующим монтажом скульптур на прежние отметки. Инженеры заказчика вопрос обеспечения прочности кирпичной перемычки решили по-другому, ничего не демонтируя, превратили кирпичную перемычку в армокаменную балку [3]. Были сэкономлены финансовые средства и выиграно время.

Конструкция кровли. Покрытия старых зданий устраивали в основном по двухскатной или четырехскатной схеме. Основными конструктивными элементами являются стропила. Стропильные конструкции старых зданий в основном выполнены из бревен диаметром от 15 до 30 см в зависимости от свободной длины элемента.

Главным дефектом стропильных конструкций в реконструируемых зданиях является их подверженность гниению, а иногда и разрушению от грибков или разрушающих дерево насекомых. Этот недостаток устраняется частичной или полной заменой стропильных конструкций. Полную

замену часто производят по причине изменения конфигурации здания или кровли, а также из-за устройства мансардного эксплуатируемого этажа. Во многих случаях устройство мансардного этажа оправдано получением дополнительных площадей при сохранении этажности здания, из-за архитектурного регламента застройки исторического квартала.

Сечения конструктивных элементов стропил выполняют в деревянном варианте – из брусьев или в стальных конструкциях – из прокатных двутавров или швеллеров. Однако и здесь проблема пожароопасности диктует свои требования защиты сечений конструктивных элементов от огня.

Весомые результаты дает применение в качестве стропильных конструкций сталежелезобетонных сечений, у которых огнестойкость в 10-20 раз выше известных металлических и деревянных элементов.

При реконструкции зданий для обеспечения несущей способности основных элементов конструкций приходится их усиливать различными способами. Металлические конструкции в виде балок и колонн достаточно часто усиливают обетонированием или заполнением бетоном внутренней полости сечения элементов, фактически образуя композитное сечение из стали и бетона. А реконструкция жилых и общественных зданий более поздней постройки сопровождается усилением железобетонных плит перекрытий, лестничных маршей и площадок путем подведения металлического проката. Однако, как при обетонировании металлических балок и колонн, так и при усилении железобетонных изгибаемых элементов проектанты не учитывают совместную работу стального профиля и железобетонной плиты, либо бетонного заполнителя, что приводит к перерасходу материалов, тогда как при обеспечении совместной работы разных материалов названные сечения являются композитными сталежелезобетонными конструкциями [4].

Основными преимуществами сталежелезобетонных конструкций, по сравнению с традиционными применяемыми при реконструкции, являются: рациональное использование материалов – бетона на сжатие, стали на растяжение, меньшие размеры сечения; экономия стали; увеличенная коррозионостойкость и огнестойкость.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. История Казани, кн. 1. – Казань: Татарское книжное изд-во, 1988. – 358 с.
2. Замалиев Ф.С., Шаймарданов Р.И. Сталежелезобетонные перекрытия с легкобетонными вкладышами. – Казань: Татарский ЦНТИ № 71-016-02, 2002. – 4 с.
3. Пособие по проектированию каменных и армокаменных конструкций. ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989.
4. Применение сталежелезобетонных конструкций в гражданском строительстве в Японии. – МФ, пер. 86/33377, 1983.

УДК.72.03.

Искандаров М.М. – старший преподаватель

E-mail: iskandarovm@gmail.com

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Михайлов А.Ю. – кандидат исторических наук, ассистент

E-mail: apunion@mail.ru

Казанский (Приволжский) федеральный университет

ФЕНОМЕН «СТАЛИНКИ»: МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

АННОТАЦИЯ

Данная статья сфокусирована на методологической разработке феномена «сталинки». Уделено внимание переводу понятия «сталинка» из бытового, повседневного дискурса в академическую плоскость. В рамках междисциплинарного подхода, сочетающего методологию М. Фуко и «культурный подход» (А. Людтке и др.), предложена исследовательская рамка «проблематизации» для интерпретации этого феномена.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: «сталинка», классицизм, сталинская архитектура, «проблематизация», методология, пара-термин (термин в рамках повседневности), междисциплинарность, «культурный подход», история повседневности.

Iskandarov M.M. – senior lecturer

Kazan State University of Architecture and Engineering

Mikhaylov A.Yu. – candidate of historical sciences, assistant

Kazan (Volga Region) Federal University

THE PHENOMENON OF «STALINKA»: RESEARCH METHODOLOGY

ABSTRACT

This article focuses on the methodological research of the phenomenon of «Stalinka». Paying attention to translating the concept of «Stalinka» from an «everydaylife» discourse in the academic discourse. As part of an interdisciplinary approach that combines the methodology of Michel Foucault and the «cultural approach» (A. Luedtke and others) proposed research framework «problematization» for the interpretation of this phenomenon.

KEYWORDS: «Stalinka», classical epoch, Stalinist architecture, «problematization» methodology, para-termin (the term in everyday life), interdisciplinary, «cultural approach», «everydaylife history».

Современная научная ситуация характеризуется методологическим плюрализмом и ориентацией на междисциплинарность. В архитектуре, на уровне теории и практики, это дает возможность для формулирования и развития новых направлений, которые зачастую функционируют в пограничном, междисциплинарном дискурсе. Социология архитектуры [4], урбанистика и др. – это дисциплины, свидетельствующие о гуманизации архитектуры, акцентировании в ней «человеческого» начала. Данные направления характеризуются комплексной, междисциплинарной методологией, сконструированной для изучения конкретного феномена (городская среда, место человека в мегаполисе).

Иллюстрацией подобного подхода является работа В. Паперного «Культура «Два», в которой визуальное, архитектурное наследие он критикует с точки зрения методологии структурализма (К. Леви-Стросс, К. Леви-Брюль). Он впервые в отечественной (отчасти – эмигрантской) архитектурной науке применил новаторскую исследовательскую рамку «культуры 1» и «культуры 2», как бинарных оппозиций, имеющих разные качественные характеристики [14].

Настоящая статья является продолжением этой традиции применения инструментария общегуманитарной методологии в архитектурной науке. Только в отличие от В. Паперного, с выводами которого мы часто не согласны и стоим на диаметрально противоположных позициях, здесь речь идет о применении методологии постструктурализма к сфере частного пространства

сталинской эпохи или «культуры 2» (отчасти и «культуры 1») [14, с. 19]. Осуществляется это посредством применения методологии М. Фуко, которая естественно синтезируется с другими теоретическими подходами.

«Сталинка» или идентификат в народном сознании частного пространства, типовой стиль массового городского жилья 1930-1950-х годов постройки – это сложное культурное, экономическое, социальное, идеологическое явление, являющееся архитектурным по своему происхождению, которое требует создания «под нее» оригинальной методологии.

«Сталинка» – это категория ментального порядка. Она пока не имеет достаточно определенного научного измерения. Условно говоря, «сталинка» – это закрепившийся в бытовом обиходе (повседневности) (пара)термин, определяющий специфические качества и тип жилого пространства сталинской эпохи.

Под (пара)термином в данном исследовании понимается термин или интеллектуальная конструкция в сознании людей на бытовом, повседневном уровне, который не получил еще академического осмысления, то есть не переведен в плоскость «понятий», «концептов».

В подобном контексте, когда речь идет о речевых структурах, уместно и актуально применение теории дискурса «как системы правил и практик конструирования понятий» [18, 20]. Но предшествовать этому должно обозначение феномена как проблемы, то есть процедура «проблематизации», описанию которого собственно и посвящена статья.

Очевидно, что это «культура 2», «сталинское наследие» во всех его проявлениях переживает очередной виток «проблематизации», осмысления (со знаком актуальности) в коллективном сознании россиян как его присвоение или отторжение. Одной из главных его составляющих является вневременная монументальность, запечатленная в градостроительных ансамблях и отдельных постройках столицы и провинции, мегаполисов и поселков. Рожденная в переломную, неоднозначную эпоху 1930-1950-х гг., разорванная мировой войной, она до сих пор продолжает во многом определять социокультурный и архитектурный ландшафт постсоветского города, как когда-то советского, но постсталинского.

До сих пор в фокусе внимания исследователей «сталинской» архитектуры (О.С. Хан-Магомедов [1, с. 10-25; 21], Д. Хмельницкий [22, 23]) были в основном крупные архитектурные события, творчество ведущих архитекторов того времени (И. Жолтовского, А.В. Щусева, Б. Иофана и др.). Этот ракурс характеризует основную тенденцию российской (советской) науки, связанной с интерпретацией культурного наследия в категориях «выдающегося произведения», «шедевра» и т.д., без акцента на массовость, типичность, которая, собственно, и была архитектурным или художественным выражением эпохи.

Опять же особняком в этом случае стоит В. Паперный с его методологией структурализма, применение которой дает совершенно другие результаты по сравнению с советской схоластикой [14].

Постсоветское «обновление» гуманитарного знания (и связанной с ним в таком ракурсе и архитектуры) актуализировало изучение жизни «людей второго плана», повседневности массового человека. В архитектурной плоскости поставило на повестку дня – изучение массового жилья, частного пространства российского человека, как культурного феномена, во всех его хронологических измерениях – досоветском, советском и постсоветском.

Большой пласт исследований по истории повседневности, связанный с качеством жизни, стилем и образом жизни, включает и аспект частного жизненного пространства, которое было обусловлено архитектурными характеристиками. Идеологический вектор на преобладание публичности или приватности в частном пространстве влияли на архитектуру, в то же время как застывшие формы «сталинки» были средством конструирования последующей идеологии.

Термин (бытовой) «сталинка» прочно закрепился в бытовом и отчасти экономическом лексиконе горожан. В массовом сознании это слово четко визуально формулирует и цельно идентифицирует наследие жилой архитектуры 1930-1950-х годов в контексте современного города. Родственным, но не синонимичным понятием является «сталинский дом», в просторечии обозначающий многоэтажный жилой дом 1930-1950-х годов постройки. В отличие от него, феномен «сталинка» обнаруживает двойственную природу своей обусловленности. Во-первых: собственно архитектурную – поскольку он характеризует определенную среду комплексом визуальных и функционально-конструктивных характеристик, которыми и внешне определяется. Во-вторых: социально-культурную, поскольку собственно термин формировался как результат наложения опыта жизни горожан на архитектурный базис жилых зданий 1930-1950 годов. Само возникновение и

устойчивое бытовое функционирование слова «сталинка» демонстрирует принятие и включенность этого бытового термина в социально-культурную ткань современной городской культуры. Очевидно, что вряд ли можно представить возникновение и употребление такого слова непосредственно в годы сталинского тоталитаризма, что выводит исследование «сталинки» за пределы 1930-1950-х годов.

Перевод феномена «сталинки» из повседневного в научный дискурс, превращение его из интуитивно-эмоционального, «полужаргонного» наименования в академическое понятие требует разработки его критериев и применения определенной методологии. Очевидно, что феномен «сталинки», зафиксированный сейчас на уровне «бытового термина» (паратермина), будучи архитектурным по происхождению, имеет также социальное, культурное, интеллектуальное и др. измерения. Устоявшаяся на повседневном, интуитивно-эмоциональном уровне, «сталинка» при переводе в академическую плоскость требует расшифровки этих характеристик, которая невозможна только с помощью инструментария архитектурной науки. Это актуализирует применение междисциплинарной методологии. К тому же современная научная ситуация и, прежде всего, в гуманитарных науках (и связанных с ними – к которым относится и архитектура) демонстрирует тенденцию к синтезированию, к междисциплинарности.

Совокупность этих характеристик (архитектурных, социальных, экономических, культурных и интеллектуальных) сделали этот феномен «сталинки» цельным в сознании людей, цельноузнаваемым, создали некий «архив» явления в социально-интеллектуальном пространстве советской (постсталинской) эпохи.

В этом случае термин «архив» опять же понимается в интерпретации М. Фуко как «система формации и трансформации высказываний», то есть «набор тех смыслов и векторов в восприятии и осмыслении, который задается феноменом» [18, 20]. Его применение конституирует для исследования следующие измерения темы, суть которых в трансляции смыслов, заданных явлением «сталинки» во времени.

Изначально созданное как статусное, рафинированное, элитарное жилье, оно использовалось как средство сегрегации нужных/не нужных, ценных/не ценных для государства. Впоследствии оно опознавалось как «номенклатурное жилье» с целым набором социальных, статусных практик (поддерживалось и охранялось в «генеральскую» эпоху застоя). В 1990-2000-е гг. до периода строительного бума (появление «улучшенок» и «новой классики»), перестроенная, перепланированная «сталинка» была символом достатка и успеха эпохи первоначального накопления капиталов.

По-видимому, в ситуации кризиса власти и отсутствия авторитета связь времен в плане статусности априорно выполняли объекты с чертами империи и «большого стиля», как и в предыдущие эпохи. В настоящее время к «сталинкам», функционально проигрывающим новому жилью, неоднозначное отношение. В масштабах страны еще не решено (и не задано стратегии), что делать с этим имперским, артикулируемо тоталитарным наследием? Сносить, музеефицировать?! Все это погружено в контекст общих рассуждений и осмысления сталинского наследия, главная характеристика которого опознается как «тоталитаризм» или «жесткий порядок».

Все это позволяет гипотетически говорить о значительной роли феномена «сталинка» в советском и постсоветском социальном и интеллектуальном ландшафте.

Предшествующие исследования сталинской архитектуры носили описательный, позитивистский характер, что не могло вскрыть ее социокультурной сущности. Ракурс рассмотрения архитектуры 1930-1950-х гг. как художественного воплощения сталинского тоталитаризма лишь упрощает, выхолащивает достаточно сложную ситуацию культурных и идеологических интенций этого переходного времени. Исходя из установки, что «стиль – есть художественное переживание эпохи» [12, с. 145], возникает вопрос: выражением чего является «сталинская архитектура» в целом (если, конечно, она была цельным феноменом) и насколько истинны такие определения, как «сталинское барокко», «сталинский ампи́р», «сталинский неоклассицизм» и т.д., одновременно существующие в отечественной архитектурной истории? Без понимания социокультурной сущности феномена, исторического контекста, одним инструментарием архитектурной науки этот вопрос разрешить нельзя.

Осмысление паратермина «сталинка» как концепта в академическом дискурсе актуализирует применение, прежде всего, теории «проблематизации» из масштабного методологического наследия известного французского мыслителя Мишеля Фуко (1926-1986) – исследователя становления институтов Нового Времени (модерности) в Европе, механизмов соотношения власти, знания и

биосоциальной природы человека. Впервые данный подход был применен в его работе «История безумия в классическую эпоху» (1961). В фокусе его внимания – «классическая эпоха» в Европе (XVII-XVIII вв.) – становление механизмов утверждения Порядка, принуждения и дисциплинаризации. По многим очевидным историческим параллелям оно соотносится с русской модерностью XVIII-XIX вв., которая находилась в тесной зависимости от Европы [19].

«Проблематизации» М. Фуко не посвятил отдельной работы, но с подобного метода начинается почти каждое из его исследований. Данная исследовательская схема есть поражение рефлексии его учеником и коллег. Российский читатель оперирует ее англо-американской (Хьюберт Дрейфус и Пол Рабиноу) и европейской (континентальной – Робер Кастель) интерпретациями [13, с. 10-32, 46-79].

«Проблематизирование» концепта «сталинка» открывает дорогу дальнейшему применению методологии М. Фуко в системе координат «археологии» и «генеалогии» сталинской архитектуры. Горизонтальное и вертикальное изучение феномена частного пространства в сталинскую эпоху соотносит нас с уже известной методологией структурализма В. Паперного в «Культуре «Два»». Отличие нашего подхода в том, что применяется он к сталинке как социокультурному феномену, а не только как объекту градостроительной сферы и с постструктуралистских позиций, а не структуралистских, как у В. Паперного. «Археология» внутреннего частного жилого пространства и «генеалогия» его создания в соответствии с принципами М. Фуко – вот перспектива наших исследований, на раскладывание на «бинарные оппозиции» в соответствии с подходом К. Леви-Стросса.

Для изучения «сталинки» как социокультурного феномена, как синтеза материальной и духовной культуры, порождения идеологии и технологии, уместно будет синтезировать фукианскую методологию с «культурным подходом» (cultural studies). Из множества интерпретаций наиболее адекватным является немецкий вариант «истории повседневности» (Alltagsgeschichte, англо-американский аналог – Social Science History), разработанный в трудах историка Альфа Людтке, наиболее доступный в России.

Фокус внимания в рамках этого подхода сконцентрирован на изучении любого явления как культурного явления. «Экономика, власть, политика – равноправные измерения» – все являются частями культуры в глобальном междисциплинарном подходе как создающей, осмысленной деятельности человека [5, с. 26].

Рамка «культурного подхода», естественно, должна быть соотнесена с архитектурной наукой. «Структура повседневности», разработанная в трудах зарубежных и отечественных историков, подразумевает измерение частного пространства каждодневной жизни в плоскостях уровня, качества, стиля и образа жизни. Синтезирование каждого уровня с инструментарием архитектурной науки рождает интересное проблемное поле соотношений: как архитектура определяла стиль и образ жизни? и как они влияли на нее?

Следовательно, более интересно и адекватно в рамках ситуации методологического плюрализма рассматривать политические процессы, тексты или архитектурные памятники не только в рамках своей дисциплины, но и как сложные культурные феномены, отличающиеся многоаспектностью.

Само рождение термина «сталинка» в рамках повседневности и бытовой культуры, которая является объектом изучения «истории повседневности», говорит об актуальности и насущной необходимости применения данного инструментария.

Одной из гипотез, вытекающих из применения методологии М. Фуко и «культурного подхода», является предположение, что архитектура сталинской эпохи есть логическое, органичное продолжение русской классической (архитектурной, визуальной, художественной) традиции. Она опять же актуализирует применение общегуманитарной методологии.

В подобном контексте необходим акцент на параллелях в развитии классицизма XVIII-XIX вв. и сталинской эпохи как социокультурных феноменов и как художественных стилей. В обоих случаях налицо две тенденции. Во-первых, сосуществования высокого, классического искусства, ориентированного на вечность, вневременность, и тоталитаризма. Во-вторых, цельные феномены классицизма не отличаются однородностью, они более нюансированы, чем стереотип обывательского восприятия. Если классицизм XVIII-XIX вв. был то «ранним», то «зрелым» («просвещенным»), то «высоким» и нео-, то рациональным или мистическим, со всеми аллюзиями и «псевдо»осмыслениями в эпоху модерности и «серебряного века», то и условно «сталинская архитектура» имела ипостаси постконструктивизма («ранний сталинский стиль»), барокко, неоренессанса и ампира и пр.

Идея Порядка, Иерархии, пропагандируемые классицизмом, очень соответствуют культурно-политическому проекту И.В. Сталина [7, 36-52]. Восстановление равновесия, баланса между частным, приватным и публичным пространством после авангардистских экспериментов 1920-х гг. «культуры 1» на гармоничных началах рационального классицизма XVIII-XIX вв. вполне закономерно. Исходя из установок Античности, стерильность, рафинированность сталинского частного пространства не подразумевала его коллективности (для этого отводилось публичное), в отличие от эпохи конструктивизма. Разве комната «коллективного сна» – указанная у В. Паперного [14, с. 148-149] – это не полуреализованный прототип для антиутопии Е. Замятина или О. Хаксли?!

Принцип дидактической функции искусства (искусство как форма сознания или как сознание эпохи) также был воскрешен сталинской эпохой [7, с. 123-130]. Величественность строений, их тяготение к Абсолюту, масштаб градостроительства, актуализация героического начала в монументальности, созерцание античной гармонии в образах мускулистых физкультурников и ордерных конструкций должны были воспитывать нового человека. Перенос этого культа гармонии, его механизмов и потенциала во внутреннее пространство – еще один ракурс для рассмотрения «сталинки» как сложного и нюансированного социокультурного феномена.

«Проблематизация» «сталинки» как культурного феномена расставляет неподмеченные акценты и формулирует гипотезы. Ее суть – это поставить вопрос: «Что такое Сталинка?» как совокупность формулировок или непосредственных ассоциаций в контексте «совокупности дискурсивных и недискурсивных практик, которая вводит ту или иную вещь в игру истинного и ложного и конституирует ее в качестве объекта для мысли» [6, с. 10].

Ответ на вопрос в подобной системе координат дает как минимум следующие варианты. Он открывает следующие уровни интерпретации «сталинки»:

1) Культурный (повседневный) – эмоционально-обывательский, фиксирует наши впечатления от уровня и образа, стиля жизни в контексте этого частного пространства («большая уютная квартира с высокими потолками», «профессорское жилье», «престижное городское жилье», «сталинка» есть символ роскоши, олицетворения «пира во время чумы» (войны) [5, с. 189-208; 15; 9, с. 111-119];

2) Архитектурный (технологический) – запечатление основных стилевых и архитектурных характеристик (иерархичность и масштабность пространств, осевые построения, ордерная система, типологическая определенность, «классический» стиль декора) [1, с. 9-49, 120-128];

3) Идеологический – отражение эпохи, ее идеологии, теории и проектов власти по отношению к обществу («сталинка» как знак признания заслуг, поощрения нужных категорий? Способ манипуляции обществом) [6, с. 17-23, 32-39].

С позиции современного междисциплинарного подхода феномен наполняется новыми смыслами и вопрошаниями, описывается его синтетическим аналитическим языком. В этом ракурсе «сталинка» может мыслиться как «академизация» частного пространства и возрождение академической культуры повседневности или новый эксперимент, реплика частного пространства эпохи классицизма (интерпретация гармоничного классицизма) или художественное выражение тоталитаризма – «Просветительский проект» для частного пространства.

Подобная установка на продуцирование смыслов, методологическое провоцирование конкретного материала приводят к творческому осмыслению феномена «сталинки», отходу от клишированной однозначной интерпретации и порождению новаторской исследовательской рамки.

Один из векторов интерпретации – это снятие идеологической ангажированности (априорно отрицательной) с архитектуры эпохи Сталина, разведение классической архитектурной традиции и тоталитаризма, которые имеют трехвековую историю сосуществования.

Фиксация «сталинки» как объекта для мысли, ее актуализация определяют дальнейшую интерпретацию этого феномена в дискурсе М. Фуко, в системе координат метода «археологии знания».

Изучение феномена «сталинки», как частного момента проблемного поля сталинской архитектуры, поможет ответить на глобальный вопрос, в чем сущность сталинского стиля архитектуры, является ли он продолжением русской классической традиции или экспериментом тоталитаризма?!

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Архитектура сталинской эпохи. Опыт исторического осмысления / Сост. и отв. ред. Ю.Л. Косенкова. – М.: Ком Книга, 2010. – 496 с.
2. Бертран Ж. Архитектура. Ренессанс. – М.: АСТ Астрель, 2003. – 159 с.
3. Васькин А.А. Сталинские небоскребы: от Дворца Советов к высотным зданиям. – М.: Спутник+, 2009. – 236 с.
4. Вильковский М. Социология архитектуры. – М.: Фонд «Русский авангард», 2010. – 592 с.
5. Вишленкова Е.А., Малышева С.Ю., Сальникова А.А. Культура повседневности провинциального города: Казань и казанцы в XIX-XX вв. – Казань: Изд-во Казан. гос. ун-та, 2008. – 452 с.
6. Власть и творчество. Архитектура в истории русской культуры. Вып. 4 / Отв. ред. И.А. Бондаренко. – М.: Эра, 1999. – 192 с.
7. Даниэль С.М. Европейский классицизм. – СПб.: Азбука-классика, 2003. – 304 с.
8. Иконников А.В. Архитектура XX века. Утопии и реальность. Т. 1: В 2 т. – М.: Прогресс-Традиция, 2001. – 655 с.
9. Иконников А.В. Утопическое мышление и архитектура: соц., мировоззрен. и идеол. тенденции в развитии архитектуры. – М.: Архитектура-С, 2004. – 399 с.
10. Казусь И.А. Советская архитектура 1920-х годов: организация проектирования. – М.: Прогресс-Традиция, 2009. – 462 с.
11. Кафель Робер. «Проблематизация» как способ прочтения истории // Мишель Фуко и Россия: сб. ст. – СПб., 2001. – С. 10-32.
12. Матвеев Б.М. Образы Петербурга. Мистика и реальность. – М.: Центрполиграф, 2009. – 283 с.
13. Мишель Фуко и Россия: сб. ст. / Под ред. О. Хархордина. – СПб.; М.: Европейский университет в СПб., Летний сад, 2001. – 349 с.
14. Паперный В. Культура Два. – М.: Новое литературное обозрение, 1996. – 383 с.
15. Повседневность российской провинции: история, язык, пространство. Материалы 3-й летней школы «Провинциальная культура России: подходы и методы изучения истории повседневности» / Под ред. С.Ю. Малышевой. – Казань, 2002. – 330 с.
16. Сальникова А.А. Здесь будет город-сад! «Культивирование» советского городского провинциального пространства в 1920 – 1930-е годы // *Ab imperio*. Исследования по новой имперской истории и национализму в постсоветском пространстве. Естество и культивирование: экология имперских садов, 2008, № 4. – С. 151-190.
17. Форум «*Ab imperio*»: анализ практик субъективизации в раннесталинском обществе // *Ab imperio*. Исследования по новой имперской истории и национализму в постсоветском пространстве, 2002, № 3. – С. 209-212.
18. Фуко М. Археология знания. – Киев: Ника-Центр, 1996. – 207 с.
19. Фуко М. История безумия в классическую эпоху. – СПб.: Университетская книга, 1997. – 575 с.
20. Фуко М. Слова и вещи: археология гуманитарного знания. – СПб.: А-сад, 2004. – 406 с.
21. Хан-Магомедов С.О. Архитектура советского авангарда. Проблемы формообразования. Мастера и течения. – М.: Стройиздат, 1996. – 709 с.
22. Хмельницкий Д. Архитектура Сталина. Психология и стиль. – М.: Прогресс-Традиция, 2007. – 374 с.
23. Хмельницкий Д. Зодчий Сталин. – М.: Новое литературное обозрение, 2007. – 304 с.

УДК 711.03 (470.40)

Надырова Х.Г. – кандидат архитектуры, доцентE-mail: nadirova@kgasu.ru**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

ХАЗАРО-БОЛГАРСКИЕ ТРАДИЦИИ В ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВЕ ВОЛЖСКО-КАМСКОЙ БУЛГАРИИ

АННОТАЦИЯ

Статья посвящена сравнительному анализу градостроительства Волжско-Камской Булгарии, Хазарского каганата и Дунайской Болгарии, связанных общностью исторических судеб и генезисом населений. Целью анализа послужило выявление традиционных черт и их истоков в градостроительстве Волжско-Камской Булгарии.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: градостроительство, архитектура, строительные приемы.

Nadirova K.G. – candidate of architecture, associate professor

Kazan State University of Architecture and Engineering

KHAZAR-BULGARIAN TRADITIONS IN URBAN PLANNING OF THE VOLGA-KAMA BULGARIA

ABSTRACT

The article is devoted to the comparative analysis of urban development of the Volga-Kama Bulgaria, Khazar khanate and the Danube Bulgaria, related common historical destiny and the genesis of the populations. The purpose of the analysis was the identification of traditional features and their origins in the urban development of the Volga-Kama Bulgaria.

KEYWORDS: urban planning, architecture, building techniques.

Тюркоязычные болгарские и другие племена Хазарии, перемещавшиеся в VII-X вв. с юга из восточно-европейских степей в Волго-Камье, наряду с местными финно-угорскими племенами, сыграли решающую роль в этногенезе населения Волжско-Камской Булгарии. Салтово-маяцкая культура Хазарского каганата четко прослеживается в основе материальной культуры волжско-камских болгар. Однако проблема выявления хазарских традиций в градостроительстве региона ранее не рассматривалась. После распада в восточно-европейских степях Великой Болгарии и формирования Хазарского каганата в конце VII в. часть болгарских племен во главе с ханом Аспарухом переместилась в дельту Дуная, где возникло государство Дунайская Болгария. В образовании его и Волжско-Камской Булгарии просматриваются исторические параллели и определенное сходство материальных культур, обусловленные общностью происхождения.

Известный археолог А.Х. Халиков, исследовавший Биляр и другие болгарские города, одним из первых акцентировал внимание на вопросе развития и влияния традиций градостроительной культуры Дунайской Болгарии на города Волго-Камья [29, с. 38-39]. При значительной удаленности рассматриваемых регионов Волго-Камья, южных степей Восточной Европы и Дунайской низменности друг от друга, они были связаны общностью исторических судеб, генезиса основных масс населения и основ материальных культур.

Для определения сути и истоков этих традиций необходимо изучение историографии по проблемам архитектурно-градостроительной культуры населения различных районов Хазарского каганата. В обширной историографии хазароведения основополагающим стал труд М.И. Артамонова, в котором автор выявил и описал археологическую культуру хазар [1]. Десятилетия дальнейших исследований культуры хазар позволили значительно детализировать первоначальные данные в трудах С.А. Плетневой [18-20], А.П. Новосельцева [17], Г.Е. Афанасьева [2] и др. В традиционной историографии салтово-маяцкий археологический комплекс (СМК) в целом является отражением

культуры полиэтнического населения Хазарского государства. Считается, что кирпично-каменные крепости Хазарии отражают влияние византийской архитектурно-градостроительной культуры на градостроительство хазар [28]. В последние годы появилась новая точка зрения на культуру хазар. Историк Е.С. Галкина реконструирует существование в ареале лесостепного варианта салтово-маяцкой археологической культуры достаточно развитого государства алан-руссов «Русского каганата», возникшего в конце VIII в. на территории от Левобережья Днепра до Верхнего и Среднего Дона и разрушенного хазарами в середине IX в. [4, 5]. Эта точка зрения считается неоднозначной и остается дискуссионной [24]. Материалы раскопок и исследований ранних городов Дунайской Болгарии Никулицела, Плиски и Великого Преслава в дельте Дуная позволяют сравнить их с городами волжско-камских булгар [30].

Большую часть населения Хазарии и Дунайской Болгарии составляли кочевые племена. Поэтому поисками закономерностей перехода кочевников от постоянного кочевания к полуоседлому и оседлому образу жизни, созданию государственности занимались многие ученые – историки, этнографы, археологи. В первую очередь, следует отметить труд С.А. Плетневой [20]. В своей книге «Кочевники Средневековья. Поиски исторических закономерностей», на основе большого, тщательно проанализированного фактического материала, ею было выделено три стадии, через которые проходили кочевые сообщества Евразии: таборная, полукочевая, полуоседлая. На третьей, наивысшей стадии у кочевников возникала оседлость и оседлые поселения, сооружались города. Схема возникновения города, когда вокруг замка богатого скотовода, удачно выбравшего место, образовывались посады, населенные торговцами и ремесленниками, условно названа С.А. Плетневой «от кочевий к городам». В то же время она указывает и на другие пути создания кочевниками городской культуры, например, завоевание ими оседлых городов [20, с. 78, 121, 145].

Н.Н. Крадин, разрабатывая вопросы, связанные с социальной структурой кочевых обществ и их политогенеза, приходит к выводу о зачатках урбанистического строительства, начиная с эпохи хунну. Разнообразные источники, в том числе и археологические, привлекаемые им для характеристики оседлости в хуннском обществе, показывают, что это были относительно небольшие поселки с населением, занимавшимся сельским хозяйством и ремеслом. Он отмечает существование городов и процессов урбанизации в кочевых обществах [13, с. 107, 177; 14].

В конце VIII в. из районов Северного Причерноморья и Приазовья Хазарии в регион Волго-Камья переместились племена салтово-маяцкой культуры, к которым в историографии принято относить хазар, тюрко-язычных булгар и ираноязычных алан. Как показал М.И. Артамонов, это была культура всего населения Хазарского государства, хотя по деталям погребальной обрядности, керамическому материалу и особенностям домостроительства выявляются места проживания различных племенных групп, входивших в состав Хазарии. В среде рядового полиэтничного населения и большей части верхов Хазарского каганата до самого конца существования государства господствовали языческие верования. Каган и часть знати приняли иудаизм. Все это не отрицает и факт принятия ислама частью рядового населения Хазарии, в первую очередь жителями столичного города Итиля и его округи после арабо-хазарской войны в 737 г. Это подтверждается результатами раскопок могильников в Среднем Подонье [6, с. 170].

Согласно археологическим исследованиям, хазары разрушили болгарские поселения на территории около р. Донец и в Приазовье, с которыми связываются степные памятники салтово-маяцкой культуры, и это привело к эмиграции уцелевшего населения в направлении Волго-Камья и Дунайской Болгарии. Часть населения, ушедшая из Хазарского каганата во время гражданской войны в начале IX в., расселилась на правом берегу Днестра, заселив ранее безлюдные территории между Южным бессарабским валом и р. Северским Донцом в северо-восточной части Дунайской Болгарии. [2, с. 92-113]. Другая часть переселенцев, поднимавшаяся на север в Волго-Камье, включала как население с глубокими традициями земледелия и ремесел, так и кочевников-язычников. Наряду с этим следует учитывать, что пришлые болгарские и тюркские племена перемещались в Волго-Камье из Хазарского каганата, обладая собственным опытом строительства городов и поселений. Или, по крайней мере, знали о его существовании, проживая вблизи них.

Среди крупных хазарских городов в низовьях Волги была столица Итиль, в Подонье – Саркел, в Предкавказье – Баранджар и Семендер и т.д. Двенадцать каменных крепостей, часть из которых стала ядрами хазарских городов, были построены при участии мастеров и в традициях восточных регионов Византии [28]. Часто цитадели этих городов и крепостей заселялись гарнизонами из кочевников племен гузов и печенегов.

Кроме этого, мысовое расположение городищ, характерное для Волго-Камья и мест расселения славянских племен, также было широко распространено в Хазарии. Среди прибывающего из нее населения были и кочевники с глубокими традициями возведения временных стойбищ и зимников. Говоря о массовом переселении в Волго-Камье части населения Хазарии в течение IX-X вв. и учитывая огромные расстояния, которые пришлось преодолевать переселенцам, следует подчеркнуть огромное значение опыта кочевых племен, с которыми перемещалось и оседлое население. При этом булгары не только создавали новые поселения, но и расселялись в уже существовавших в регионе поселениях за счет расширения или уплотнения их селитебной территории, ассимилируя местное население.

Переселенцы из Хазарии принесли с собой в регион новые элементы культуры, которые были присущи с VIII-IX вв. салтово-маяцкому населению юго-востока Европы: особый вид гончарства, металлургии, захоронений и др. Племена, переместившиеся в регион с юга, являлись носителями более высокой культуры, получившей развитие в условиях государственности Хазарского каганата. Это позволило им объединить под своим началом многочисленные племена Волго-Камья для создания на рубеже IX-X вв. нового раннефеодального государства Волжско-Камская Булгария, которое до гибели Хазарии оставалось ее вассалом. Судя по летописным и другим письменным источникам, основное население Волжско-Камской Булгарии называлось собирательным термином «болгары» («булгары», «буляры»). Территорией расселения собственно болгарского племени являлись центральные территории Закамья в районе р. Малый Черемшан.

Здесь уместно отметить, что кочевые культуры всегда были неоднородны. Даже у древних тюрок так называемое «кочевое» общество на самом деле не было однородным и по своему образу жизни делилось на три различных типа: кочевников, полукочевников и оседлых жителей. Первые занимались скотоводством и вели кочевой образ жизни; они не имели постоянного местопребывания и передвигались на большие расстояния вслед за своими стадами. Вторые также занимались скотоводством, но они вели полукочевой образ жизни и обитали в пределах определенной территории: с весны до поздней осени они находились на принадлежащих им пастбищах, а зимой жили в полустационарных поселениях. Категорию оседлого населения древнетюркского общества составляли жители стационарных городов и поселений. В градостроительной культуре древних тюрок различается три разновидности городских поселений: переносные, полустационарные и стационарные города и поселения [12].

Древнетюркские традиции проявлялись в Хазарии, где для части населения был характерен полукочевой образ жизни. Относительно мирное сосуществование племен Хазарского каганата в южных степях Восточной Европы было возможно при четком определении территории их кочевок. В Хазарии, а позднее, очевидно, и в Волжско-Камском регионе, отдельным племенным родам и группам принадлежали свои территории с пашнями, степями, лугами и лесными угодьями, реками и другими источниками водоснабжения. Именно на этих территориях появились родо-племенные центры – протогорода и связанные с ними открытые поселения.

Судя по историческим источникам, нет сомнений, что в регионе существовали поселения кочевников и полукочевников. Одним из важнейших символических знаков господства правителей Булгарии, как и других тюркских владетелей, являлась их ставка. В тюркском (и в современном татарском) языке существует характерный для ее определения термин – «йорт» (чувашский эквивалент «зурт») – «дом с постройками», «усадебный двор», «стан», который в литературном языке соответствовал смыслу «страна», «владение», «государство». Центральное место в ставке правителя занимал его шатер – юрта. Он являлся политическим и сакральным центром ставки, тогда как сама ставка понималась как центр, точка всех владений правителя [11; 29, с. 38-39]. В графическом плане это можно представить в виде круга с точкой в центре, о чем писал в свое время персидский государственный деятель и историограф Хулагуидов Рашид ад-Дин: «Значение (термина) курень следующее: когда множество кибиток располагаются по кругу и образуют кольцо в степи, то их называют курень. Значение [термина] курень – кольцо (...) В давние времена, когда какое-нибудь племя останавливалось в какой-либо местности, оно (располагалось) наподобие кольца, а его старейшина находился в середине (этого) круга, подобно центральной точке; это и называли курень» [21, с. 18, 86]. Символически эта фигура напоминает солярный знак.

Ставка правителя служила местом средоточия власти. В ней правитель принимал решения государственной важности и здесь же собирал совет знати – представителей кланов и племен, которые выражали ему поддержку от имени своих владений. Очевидец этих советов Ахмад Ибн-

Фадлан, секретарь посольства к булгарам Аббасидского халифата из Багдада, так описал их подготовку и проведение: «...мы оставались воскресенье, понедельник, вторник и среду в юртах, которые были разбиты для нас, пока собрались цари его земли, предводители и жителей его страны, чтобы услышать чтение письма (халифа)... Все они (живут) в юртах, с той только разницей, что юрта царя очень большая, вмещающая тысячу душ, устланная в большей части армянскими коврами. У него (царя) в середине ее (стоит) трон, покрытый византийской парчой» [15, с. 131, 139].

С развитием городской культуры в Булгарии ставка правителя переместилась в столичный город. Именно здесь находилось место сбора войска для походов, приема иностранных послов и т.д. Система власти в Булгарии, очевидно, виделась самим булгарам как система концентрических кругов с точкой в центре: посредине страны – ставка, центр ставки – юрта, а юрты – трон. Подобное сходство, видимо, осмысливалось как единство микро- и макрокосма, сакрального и обыденного, как модель идеального устройства мира и государства [11].

Государство Волжско-Камская Булгария нуждалось в защите от врагов. Какие-то оборонительные сооружения у булгар арабские географы отмечали уже в X в. В частности, они указывали, что между городами (Булгар) Биляр и Сувар был путь в два дня, пролежавший по берегу (р. Малый Черемшан) «в очень густых зарослях, в которых они укрепляются против врагов» [7, с. 37; 10, с. 82]. Очевидно, это были засечные линии в тех местах, где не было заградительных валов. Земляные валы насыпались с ростом городов и ожиданием массового появления в регионе кочевников. Следует отметить, что валы наблюдаются в Закамье и на правобережье Волги в лесостепных районах. В Древнерусском государстве для защиты от кочевников возводились «Змиевы» длинные валы. Отдельные области вокруг крупных городов опоясывались кирпичными стенами с башнями в Средней Азии. Часть подобных заградительных стен сохранилась в Закавказье.

Но наибольший интерес для нас представляют материалы об оборонительных валах Дунайской Болгарии. Для её защиты от Хазарии на севере и северо-востоке территории Дунайской низменности был насыпан 130-километровый вал, получивший в литературе название Южный бессарабский. Он представлял северную границу болгарского государства и был трассирован точно по природно-географической границе между степью и насыщенной водными препятствиями зоной, приблизительно в 40 км севернее Дуная. Галицкий вал между реками Прут и Серет считается продолжением Южного бессарабского вала в западном направлении. От Византии с юга Дунайскую Болгарию защищал Земляной Добруджанский вал, протяженностью свыше 100 км [2, с. 94-95]. Специального внимания заслуживает факт, что местность между Южным бессарабским валом и Дунаем насыщена озерами, притоками, каналами и болотами, создающими максимально хороший заслон против хазарской конницы. Система земляных укреплений была характерна для периода VIII – начала IX вв., т.е. точно тогда, когда болгары расселились вплоть до Днестра. В Биляре в систему оборонительных валов включены речки Большая Елшанка, Малая Елшанка, Билярка и их притоки (таблица 1).

Прием включения в оборонительные системы городов и районов Волжско-Камской Булгарии болотистых территорий речных протоков, так же, как и в Дунайской Болгарии, свидетельствует об общности происхождения его в градостроительных культурах Великой Болгарии и Хазарии.

Создавать единую неразрывную оборонительную систему в Волжско-Камской Булгарии не было необходимости, т.к. отдельные оборонительные рубежи перемежались лесами. Огромная протяженность валов в Дунайской Болгарии и на южных границах Киевской Руси связана с расположением их в степной открытой зоне.

Политическое оформление Волжско-Камской Булгарии обозначено созданием столицы государства. Закладка столичного г. Биляра в первой трети X в. начиналась с возведения валов, что позволило вычленить его из окружающего враждебного пространства и обозначить его размеры. То, что они были чрезмерными для того времени, подтверждается отсутствием других городов такого масштаба в Булгарии [29]. А о нехватке населения в X в. для одновременного заселения Биляра свидетельствует рыхлая застройка в ранних слоях города. С другой стороны, внутренний и, в большей степени, внешний город мог быть заселен на первых порах кочевым населением в юртообразных жилищах, не оставивших следов в культурных слоях. Вполне

Таблица 1

Сравнение планировочных структур столиц Дунайской Болгарии и Волжско-Камской Булгарии
(приведены к одному масштабу)



До сих пор остается открытым вопрос о генезисе и аналогиях градостроительной структуры Биляра. Концентрическая архитектурно-пространственная организация г. Биляра, формировавшаяся укрепленными внутренней и внешней частями города и вероятной цитаделью с огромной многоколонной мечетью в центре, позволяет предположить, что в основе ее лежит модель «идеального» раннесредневекового мусульманского города Багдада с концентрическими стенами и цитаделью в центре как местопребывания наместника Аллаха на земле. Возможно, под руководством мастеров – строителей из Багдада, предположительно прибывших с посольством, заложили столицу Волжско-Камской Булгарии по образцу и подобию аббасидской столицы (таблица 2). Этим и объясняются, по сути, округло-квадратный план и гигантские для того времени размеры Биляра и его название в русских летописях – «Великий город». Эту гипотезу высказывали А.П. Смирнов и Ф.Х. Валеев. О том, что город служил утверждению власти правителя Волжско-Камской Булгарии и символом приобщения к исламской цивилизации, говорит факт заложения его в центре основных земель государства по нетрадиционной для региона концентрической схеме города с огромной мечетью в центре. Городов такой гигантской величины в Булгарии не было.

Определенная аналогия наблюдается в архитектурно-пространственных структурах Биляра и столицы Дунайской Болгарии г. Плиски. Несмотря на то, что конфигурация последней была прямоугольная, структура ее была концентрическая и состояла из внешнего, внутреннего города и цитадели (таблица 1). А.Х. Халиков считал такую пространственную организацию городов Плиски и Биляра болгарской традицией, генетически связанной с кочевническим прошлым болгарских племен [29, с. 38]. С другой стороны, отсутствие четкой круглой формы оборонительной системы Биляра позволяет рассматривать ее как квадратную в плане с закругленными углами. В структуре Биляра, возможно, отражен симбиоз двух моделей мировосприятия – мусульманской и тюркской. В последней – пространство Мира, Земли представлялось четырехугольной горизонтальной плоскостью, а четыре стороны света, на которые ориентировались углы, считались главными направлениями – «углами мира». Так, направление на восток означало «вперед» (восток – «перед»), на запад – «назад» («запад» – задняя, тыльная сторона), на юг – «направо», на север – «налево» [6, с. 147]. Это пространство находилось в оппозиции к хаосу и означало освоенный, упорядоченный мир.

Особенно четко ориентация в пространстве углами по сторонам света наблюдается в хазарских городах. В частности, в ориентации в пространстве крепости Белая Вежа (таблица 3). Жилые здания в пространстве городов также углами ориентировались на стороны света. Очень четко это видно по жилищам, раскопанным в Биляре [32, рис. 21, 23, 26-29].

Языческие храмы в виде вписанных концентрических квадратов, очерченных в плане рамками белокаменных стен, были посвящены Тенгрихану (богу Неба, Солнца и Огня) и распространены в Хазарии в местах расселения тюркских племен (булгар, савир, баранджар и др.) и в Дунайской Болгарии [6, с. 148].

Вертикальное мироздание древних тюрков состояло из трех частей: 1. Верхний мир, мир Неба, Тенгри; 2. Срединный мир – наземный мир, которым правило божество «Святая Земля-Вода»; 3. Подземный мир – мир усопших. Небосвод тюрки представляли в виде сферы с проекцией на земле в виде круга. Мемориальные комплексы тюрков отражали модель вселенной. В плане они представляли вписанный в круг (Небо) прямоугольник (Земля). Космогонические представления, не подвергаясь принципиальным изменениям, продолжали бытовать и у хазарских булгар, а от них и у волго-камских булгар [6, с. 149].

В этом аспекте план Биляра может также отражать воззрения болгарских племен. Оборонительная структура внешнего города может рассматриваться как неправильная окружность, а внутреннего города – как неправильный прямоугольник. Принятие булгарами концентрической схемы Биляра предположительно по подобию мусульманского Багдада не идет вразрез с их традиционными языческими представлениями об устройстве мира. Первоначальная приверженность Тенгрианству и его частичное сохранение при постепенном переходе к исламу и значительно позднее обусловлено глубокими традициями почитания верховного божества тюрков Тенгри.

В Хазарском каганате булгары в честь него строили храмы в виде концентрически вписанных друг в друга квадратов, выложенных из каменных стен. Восточная часть между квадратами храмов, обращенная в сторону восходящего солнца, имела ритуальное значение, мостилась камнем и имела очаг [6, с. 37]. Остатки подобных храмов были обнаружены в Дунайской Болгарии в г. Плиска [33] (таблица 2).

Таблица 2

Болгаро-хазарские традиции в архитектуре городов Плиски и Биляра

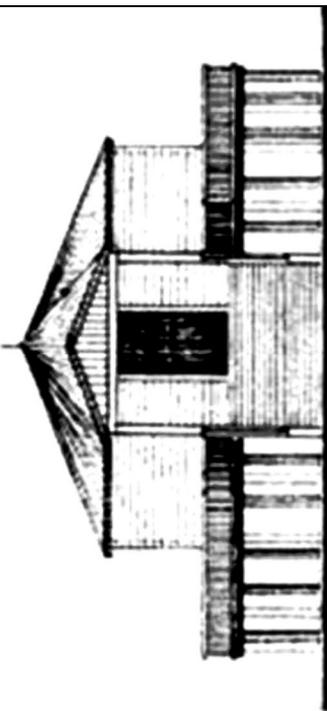
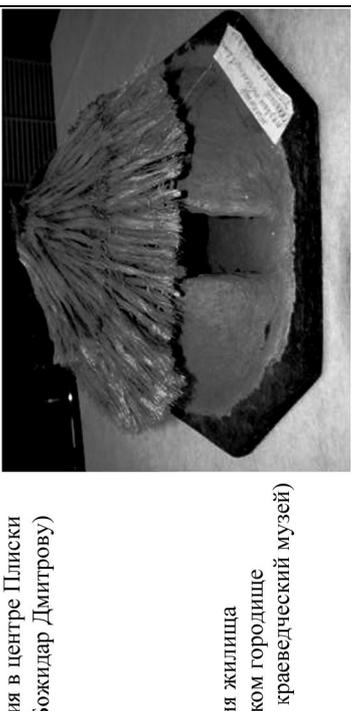
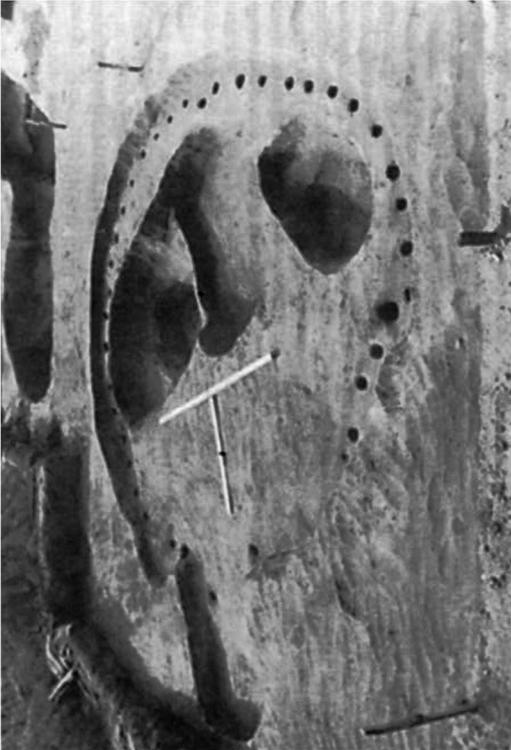
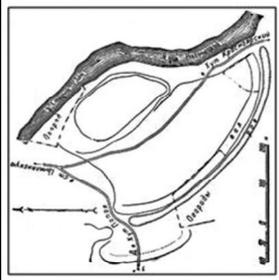
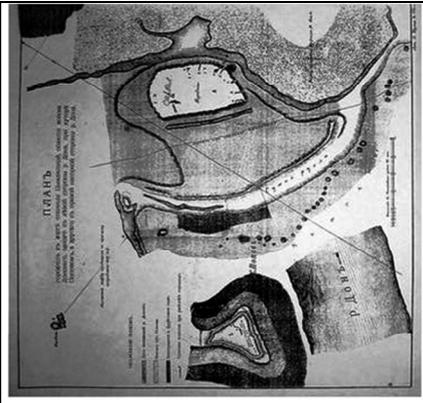
	
<p>Местоположения юртообразных деревянных жилищ во внешнем городе Плиски</p>	
	
<p>Следы юртообразного жилища в Билярском городище (по Ф.Ш. Хузину)</p>	<p>Реконструкция языческого храма в Плиски на основе вписанных квадратов</p>
<p>Реконструкция деревянного юртообразного здания в центре Плиски (по Рашо Рашеву и Божидар Дмитрову)</p>	<p>Реконструкция жилища при Цимлянском городище (Цимлянский краеведческий музей)</p>

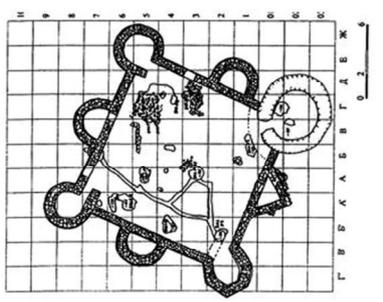
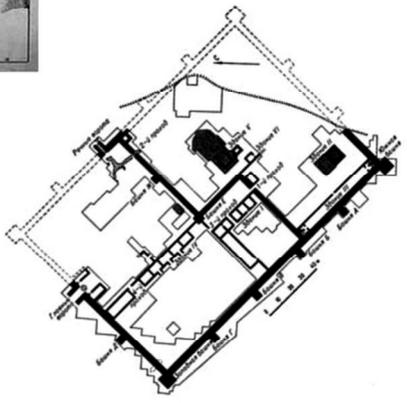
Таблица 3

Традиции Хазарии в градостроительстве Булгарии

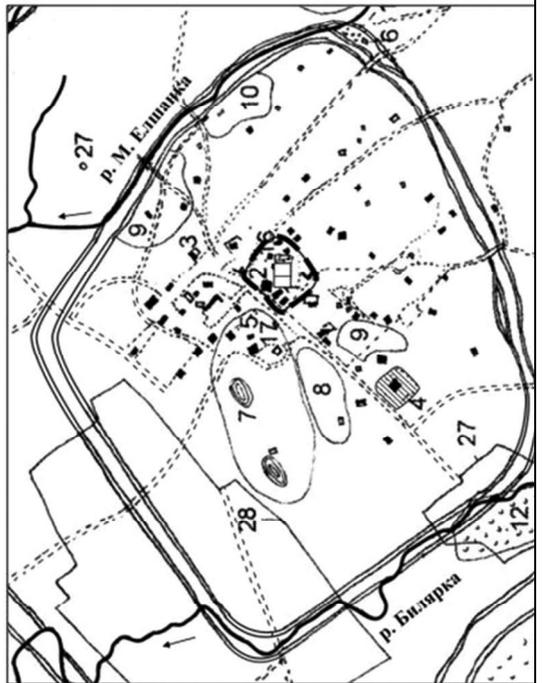
Правобережная Цимлянская крепость. Реконструкция на основе раскопок и плана 1743 г. (по Флёрону В.С. Акварель Фёдорова О. Журнал "Восточная коллекция", 2006, № 2(25).



План левобережного городища в окрестностях столицы Цимлянской



Елабуга. Чертово городище



На градостроительную культуру болгар большое влияние оказывал культ воды. Они считали, что река – прямой путь к небу и его владыке Тенгри. Вода также считалась охранительной и очистительной силой. Поэтому болгарские кладбища, как правило, располагались в селениях и городах за рекой или оврагом, в котором прежде был водоем. Так стремились оградить поселение и жилища от духов умерших, которые могли причинить зло живым. Булгары поклонялись родникам и верили в исцеляющую силу воды. Свой и чужой мир у булгар разделялись водной преградой, горой или непроходимой стеной [6, с. 163-164].

Включение рек и ручьев в оборонительную систему Биляра имело не только военное, но и сакральное значение. Этот прием наблюдался и в Багдаде, и в Плиске (таблица 1).

С освоением техники белокаменного строительства, помимо деревянных стен и башен, в регионе стали возводить и каменные оборонительные сооружения. С X в. строили кирпично-каменные здания бань-хаммам, соборной мечети в столице и, как предполагают исследователи, белокаменный дворец болгарского царя. Дворец до последнего времени не выявлен. Два других типа относятся к типам зданий, связанным с архитектурой мусульманского Востока. Однако техника белокаменного и кирпичного строительства была известна булгарам в Хазарии и Дунайской Болгарии, где могла появиться под влиянием Византии или Сасанидского Ирана и Закавказья. Сохранилась одна из каменных башен крепости – рибата XI в. – на Елабужском (Чертовом) городище вблизи г. Елабуги, татарское название которого Алабуга [16, с. 127-133]. Эту крепость исследователи склонны считать и мечетью, поскольку на южной стене, имеющей определенное отклонение к западу на Мекку, имеется треугольный выступ – михраб. По характеру белокаменной кладки и ориентации в пространстве почти квадратной в плане крепости углами по сторонам света усматриваются хазарские традиции (таблица 3). Выявлены археологические остатки каменной стены и проездной башни болгарской крепости XII в. на северной окраине Булгарского государства [22, с. 22-40]. На месте этой крепости получила развитие Казань.

Как правило, каменные сооружения возводились из грубо отесанного известняка в виде блоков различных размеров, соединенных глиняным или известковым раствором. Южная стена болгарской крепости на месте поздней Казани толщиной около 2 м возведена из рваного туфа со слегка отесанной лицевой стороной. Камни клали всухую, редко используя глину. Каменные проездные ворота на этой стене дополнялись предмостными укреплениями и каменной мостовой между пилонами. Они были сложены из местных известняковых камней на глиняном растворе. Пилоны 10х4 м с южной стороны были укреплены округлыми пилонами радиусом 1,5 м. Ширина проезда между пилонами составляла 6 м. Кладка была регулярная с сохранением горизонтальных рядов. Восточная каменная стена этой крепости имела неглубокий фундамент, который отсутствовал на некоторых участках [23, с. 110].

В середине X в. к Билярской деревянной мечети была пристроена каменная 24-колонная мечеть 40,5-41,7х26,2 м с отдельно стоящим в 1,5 м от ее северо-западной стены или примыкавшим к ней через переход минаретом. Внутренние размеры зала 38-38,5х24 м, толщина стен колеблется в пределах 2,2-3,2 м. Внутри каменного здания были установлены 24 колонны с квадратным основанием по 4 в 6 рядах. Центральный неф здания был шириной около 4 м, боковые нефы – 3,2-3,5 м. Восточный фасад каменной мечети имел 6 пилонов. Фундамент западной стены каменного здания совпадал с фундаментом восточной стены деревянного здания мечети. С этого времени они стали, по сути, единым зданием с двумя залами [30].

Грунт под фундаментом минарета был укреплен на глубину 1 м и с промежутком 0,4-0,5 м дубовыми сваями диаметром около 0,15 м. Этот прием использовался в строительстве каменных сооружений Хазарии и восходит, вероятно, к традициям Византийской архитектуры [28]. Минарет был возведен из каменных блоков и обожженного камня.

На строительстве этой мечети болгарские мастера освоили строительные приемы возведения кирпично-каменных монументальных культовых сооружений. Они использовали белый камень-известняк для стен и обожженный кирпич в конструктивно важных местах: арках и сводах. Говорить о внешнем облике мечетей мы можем только предположительно.

Возведение в городах Болгарии монументальных сооружений началось с освоения производства кирпича: сырцового и обожженного. В строительных конструкциях первых монументальных зданий Биляра и Суvara сочетался известняковый камень и обожженный глиняный кирпич. Сырцовый кирпич использовался для основания под фундаменты как рудимент среднеазиатских традиций строительства в сейсмически опасных зонах, перенесенный на первых

порах и в наш регион. Использовали сырец для кладки внутренних стен и дымоходных подпольных каналов зданий. Кирпич был в форме плинфы со сторонами 24-27 см и толщиной 4-6 см. Глиняный кирпич обжигали в специальных печах, располагавшихся в городах. Камень-известняк привозили с правого берега Волги и в грубо отесанном виде использовали в кладке несущих стен. Внутри помещений стены штукатурили.

Устоявшаяся среди исследователей точка зрения о том, что болгарские мастера переняли навыки кирпично-каменного строительства от приезжих среднеазиатских или даже ближневосточных мастеров вызывает большое сомнение. Можно говорить о прецеденте строительства в регионе первой колонной мечети арабского типа под руководством одного или нескольких ближневосточных и среднеазиатских мастеров, которые могли объяснить и показать чертеж или рисунок на земле или бумаге. Но строили местные мастера из бревен, т.к. мастера-строители, по некоторым данным, не приехали. Да и научить в короткий срок местных мастеров строить столичную мечеть в неизвестных конструкциях и материалах невозможно.

Строительство в сер. 2-й пол. X в. каменной части соборной мечети в Биляре и кирпичных, кирпично-каменных зданий в городах Болгарии совпадает с новой волной переселенцев из Хазарии, которые, на наш взгляд, и принесли в регион опыт массового производства сырцового и обожженного кирпича. Диапазон габаритов сырцовых и обожженных кирпичей Болгарии практически аналогичен размерному ряду кирпичей в постройках крепостей Хазарского каганата: Семикаракорской, Саркелской и др. [27, 28]. В Хазарии были построены и белокаменные крепости: Маяцкая, Салтовская, Правобережно-Цымлянская и другие [25]. Отличительной чертой хазарских крепостей является отсутствие фундаментов под каменными и кирпичными стенами, грунт под которыми уплотнялся вбитыми деревянными кольями. В отличие от хазарских, кирпичные и каменные постройки Дунайской Болгарии имели каменные или кирпичные фундаменты [33].

Заслуживает внимания еще одна традиция Хазарии в области монументального строительства. Здания из обожженного кирпича позволялось строить только для каганов. Ведь только у них, как писали средневековые историографы, была привилегия жить в кирпичных зданиях [28]. Возможно, поэтому практически все кирпично-каменные здания, выявленные в Биляре и других болгарских городах и признанные первоначально как дворцовые или жилища знати, в настоящее время отнесены к баням-хаммам [8].

Обожженный и сырцовый кирпич в Болгарии в подавляющем большинстве имел размеры 26x26 см, т.е. его сторона равнялась одной из разновидностей болгарского локтя [6, с. 130]. Стандартный большемерный квадратный кирпич укладывался в габариты 25-27x25-27x5-6 см. В IX-X вв. в Средней Азии был распространен кирпич со стороной 29 см, а в более древних постройках использовали крупные кирпичи 50-55x50-55 см. Саркелские кирпичи по габаритам были абсолютно идентичны болгарским 25-27x25-27x5-6 см [28]. Вероятно, болгарские кирпичи восходят к хазаро-болгарской традиции [6, с. 139]. При этом болгарский аршин, одной трети которого равнялась сторона кирпича, составлял 78-81 см. Одну четвертую часть аршина составляла другая единица измерения – болгарская четверть (19,5-20, 25 см). Производство сырцового в Волго-Камье, вероятно, восходит из строительных традиций Средней Азии.

Под влиянием Византии в строительных приемах столицы Великой Болгарии Фанагории появился новый принцип кладки стен из двух щитов, сложенных из рваного камня на глиняном растворе, а иногда и всухую, и насыпанного между щитами мелкого щебня. В Волго-Камье этот прием получил распространение в Болгарии и был использован при строительстве зданий в Булгаре золотоордынской поры.

Основная застройка городов и селений формировалась усадебными комплексами, включавшими жилые дома и хозяйственные постройки. По сведениям арабских путешественников, посещавших регион, летом население Болгарии жило в шатрах (юртах) за пределами городов. Следы юртообразного жилища сохранились в пространстве внешнего кольца г. Биляра [31, с. 258] (таблица 2). Оно располагалось в эллипсоидном (4,4x4,8 м) углублении (0,25 м), по периметру которого выявлены 44 ямки от кольев каркаса. Вход в юрту в виде прямоугольного выступа определился с южной стороны. Он являлся основным источником света в юрте. Внутри юрты имелась яма для хранения продуктов. Очаг, вероятно, располагался снаружи, т.к. в 2 м к северу от юрты обнаружены следы прокаленной земли с вкраплениями угля. Это жилище было построено в 1-й пол. X в. и отражало традиции жилищ салтово-маяцкого оседлого населения Хазарии, сохранявшего в быту сильные кочевнические пережитки [26]. Круглые котлованы принадлежали так называемым

юртообразным жилищам, своеобразным стационарным юртам. Такие постройки обычно возникают при переходе кочевников к оседлому образу жизни. По краям котлованов юртообразных жилищ видны лунки от деревянных жердей, которые образуют каркас стен. Стены поддерживали коническую крышу, покрытие которой сделано из камыша и так же, как и стены, обмазано глиной. Сходные жилища IX-X вв. были найдены в хазарской крепости Саркел и городах Дунайской Болгарии. Все юртообразные жилища Восточной Европы относятся ко времени VIII-XI вв., которое по аналогии с Великим переселением народов можно назвать эпохой Великого оседания. Это привело к образованию Великой Болгарии, Хазарского каганата и Первого Болгарского царства на Дунае [26, с. 99]. Этот процесс протекал и при образовании Волжско-Камской Булгарии.

Внутри юртообразных жилищ на городище Самосделки в Придонье найдены обломки керамической и деревянной посуды, стеклянные бусы и браслеты, кусочки янтаря, медные украшения. Из состава находок следует, что они принадлежали достаточно зажиточным горожанам. Следовательно, проживание в юртообразном жилище свидетельствует не о низком социальном статусе хозяина, а о связи его с традициями кочевого мира.

То, что юртообразные жилища Биляра и указанного городища могли иметь общие черты, подтверждают выявленные практически идентичные керамические материалы. Значительные масштабы керамического производства и распространение его продукции в Волго-Камье позволяют говорить о тесных связях Самосдельского городища (по последним данным археологических исследований предположительно хазарского города Саксина) с Волжско-Камской Булгарией в X-XII вв. и о наличии значительного болгарского компонента среди его населения, состоявшего в основном из двух этносов: болгар и огузов [9].

В рамках одной статьи сложно подробно рассмотреть поставленную проблему. Однако приведенный материал свидетельствует о достаточно длительном сохранении хазарско-болгарских традиций в развитии градостроительства Волжско-Камской Булгарии. Градостроительство Волжско-Камской Булгарии своими корнями связано с градостроительными культурами Хазарского каганата и Дунайской Болгарии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Артамонов М.И. История Хазар. – Л.: Изд-во Гос. Эрмитажа, 1962. – 524 с.
2. Атанасов Г. Болгаро-хазарская граница и болгаро-хазарская враждебность с конца VII до середины IX века (перевод с болгарского) // Българи и хазари през ранното Средновековие. – София: ТанНакРа, 2003. – С. 92-113.
3. Афанасьев Г.Е. Где же археологические свидетельства существования Хазарского государства? // Российская археология, 2001, № 2.
4. Галкина Е.С. Тайны Русского каганата. – М.: Вече, 2002. – 432 с.
5. Галкина Е.С. О русах с хаканом во главе. 2003. URL: http://www.gspo.ru/biblio/discuss/Galkina_O_Rusah.pdf.
6. Давлетшин Г.М. Очерки по истории духовной культуры предков татарского народа (истоки, становление, развитие). – Казань: Татар. кн. изд-во, 2004. – 431 с.
7. Заходер Б.Н. Каспийский свод сведений о Восточной Европе. Т. II. Булгары, мадьяры, народы Севера, печенеги, русы, славяне. – М.: Наука, 1967. – 212 с.
8. Зиливинская Э.Д. Дома с подпольным отоплением в Волжской Булгарии // Советская археология, 1989, № 4. – С. 223-233.
9. Зиливинская Э.Д., Васильев Д.В. Городище в дельте Волги // Восточная коллекция, 2006, № 2. – С. 42-54.
10. Известия о хазарах, бургасах, болгарях, мадьярах, славянах и руссах Абу-Али Ахмеда бен Омар Ибн-Даста, неизвестного доселе арабского писателя начала X века, по рукописи Британского музея / первый раз издал, перевел и объяснил Д.А. Хвольсон. – СПб., 1869, XIII. – 199 с.
11. Измайлов И.Л. Зеленых не сочтешь там шелковых знамен... (Символы болгарской государственности (X – первая треть XIII в.)) // Эхо веков, 2009, № 2.

12. Камолиддин Ш.С. О градостроительной культуре у древних тюрков // Урбанизация и номадизм в Центральной Азии: история и проблемы. Материалы международной конференции. – Алматы, 2004. – С. 354-373.
13. Крадин Н.Н. Кочевые общества. – Владивосток: Дальнаука, 1992. – 240 с. (14 п.л.).
14. Крадин Н.Н. Империя Хунну. 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Логос, 2001/2002. – 312 с.
15. Ковалевский А.П. Книга Ахмеда Ибн-Фадлана о его путешествии на Волгу в 921-922 гг. – Харьков, 1956. – 347 с.
16. Нигамаев А.З., Хузин Ф.Ш. Древняя Алабуга и проблемы ее возникновения. – Елабуга: Изд-во «Мастер-Лайн», 2000. – С. 7-55.
17. Новосельцев А.П. Хазарское государство и его роль в истории Восточной Европы и Кавказа. – М.: Наука, 1990. – 261 с.
18. Плетнева С.А. От кочевий к городам. Салтово-маяцкая культура. – М.: Наука, 1967.
19. Плетнева С.А. Хазары. – М.: Наука, 1976.
20. Плетнева С.А. Кочевники Средневековья: Поиски исторических закономерностей. – М., 1982.
21. Рашид-эд-Дин. Сборник летописей, Т. 2. – М.-Л., 1960.
22. Ситдииков А.Г. Оборонительные укрепления древней Казани // Средневековая Казань: Возникновение и развитие. – Казань: Изд-во «Мастер-Лайн», 2000. – С. 22-40.
23. Ситдииков А.Г. Казанский кремль: историко-археологическое исследование. – Казань, 2006. – С. 188: ил.
24. Самойлов К.Г. К вопросу о локализации русов восточных источников в работе Е.С. Галкиной: материалы к дискуссии. 2006. URL: http://www.gspo.ru/biblio/discuss/Samoilov_vs_Galkina.pdf.
25. Флеров В.С. Правобережная Цимлянская крепость // Российская археология, 1996, № 1. – С. 112.
26. Флеров В.С. Раннесредневековые юртообразные жилища Восточной Европы. – М., 1996. – 101 с.
27. Флеров В.С. «Семикаракоры» – крепость Хазарского каганата на Нижнем Дону // Российская археология, 2001, № 2.
28. Флеров В.С. Донские крепости Хазарии: былое и настоящее // Восточная Коллекция, 2006 № 2 (25).
29. Халиков А.Х. История изучения Билярского городища и его историческая топография // Исследования Великого города. – М.: Наука, 1976. – С. 5-63.
30. Халиков А.Х., Шарифуллин Р.Ф. Исследование комплекса мечети // Новое в археологии Поволжья (Археологическое изучение центра Билярского городища). – Казань, 1979. – С. 21-45.
31. Хузин Ф.Ш. Булгарский город в X-XIII вв. / отв. ред. А.М. Белавин. – Казань: Мастер-Лайн, 2001. – 480 с.
32. Хузин Ф.Ш. Рядовые жилища, хозяйственные постройки и ямы цитадели // Новое в археологии Поволжья (Археологическое изучение центра Билярского городища). – Казань, 1979. – С. 62-99.
33. Rasha Rashev, Yanko Dimitrov. Pliska – 100 years of archaeological excavations. – Shumen: «Svetlana», 1999.

УДК 702/704 72.01 725.011

Куприянов В.Н. – доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РААСНE-mail: kuprivan@kgasu.ru**Сметанин Д.В.** – аспирантE-mail: proektant@list.ru**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ АТРИУМОВ

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются основные этапы формирования атриумов в разные периоды их развития, в зданиях различного функционального назначения. Дано определение понятия «атриум» в высотном здании и предложена типология и классификация атриумов в высотных зданиях.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: типология и классификация высотных атриумных зданий, объемно-планировочное решение высотных атриумных зданий.

Kupriyanov V.N. – doctor of technical sciences, professor, corr.-m. RAACS**Smetanin D.V.** – post-graduate student**Kazan State University of Architecture and Engineering**

HISTORY OF DEVELOPMENT AND CLASSIFICATION OF ATRIUMS

ABSTRACT

The article is concerned with the main stages of atriums' formation during various periods of their development and in buildings of different functional purpose. It was given a definition to the conception atrium and offered typology and classification of atrium in the high-rise buildings.

KEYWORDS: typology and classification of high-rise atrium buildings, space-and-planning solution of high-rise atrium buildings.

История атриума берет свое начало из Древней Греции, между V и II веками до н.э. на ее территории появляются первые атрии – открытые внутренние дворики, окруженные колоннами и сообщавшиеся с периферийными жилыми пространствами (рис. 1, 2).

Первоначально в центре атриума находился очаг (крыша над ним имела отверстие для выхода дыма), затем – четырехугольный неглубокий бассейн (имплювий), над которым оставлялось отверстие для стока дождевой воды (комплювиум). Атриум *tuscanicum*, или этрусский, имел вогнутую крышу с четырехугольным отверстием посередине; скаты крыши были обращены к комплювиуму для стока дождевой воды, а отверстие в кровле образовывалось только стропилами. Атриум *tetrastylum*, или четырехколонный, имел крышу, которая опиралась на четыре колонны, поставленные по углам комплювиума. Такого рода устройство применялось тогда, когда атриум был настолько велик, что балки ни по своей длине, ни по прочности не годились для поддержания крыши.



Рис. 1. Этрусский атриум



Рис. 2. Четырехколонный атриум

В эпоху Римской империи атриум становится одним из парадных помещений римского дома, способным регулировать микроклимат жилища. Вода в имплювии, охлаждаясь ночью, передавала прохладу внутренним стенам атриума во время жаркого полуденного зноя, а свет и воздух, попадая в него из открытой кровли, распространялись в окружающие помещения.

Таким образом, в Древней Греции и Древнем Риме атриумы использовались исключительно в жилых зданиях. Этрусский, четырехколонный и римский атриумы по типу формообразования являются примерами четырехстенного атриума. По типу размещения в объемно-планировочной структуре здания такие атриумы относятся к встроенным, по типу регулирования микроклимата их следует отнести к охлаждающим. Новый период в развитии концепции атриумных зданий пришел вместе с промышленной революцией, принесшей в строительство сталь и стекло.

В самом начале XIX века атриумы начали применять в общественных зданиях. Появляются оранжереи, использующие свободно проходящее сквозь стекло солнечное тепло, которое не может также легко выйти наружу. По типу регулирования микроклимата такие пространства можно отнести к согревающим. Центральное отопление сделало возможным, хотя и дорогостоящим, круглогодичное использование оранжерей, поэтому вскоре их стали пристраивать к обычным зданиям. В связи с этим оранжереи являются прообразом пристроенного по типу размещения в объемно-планировочной структуре здания атриум (рис. 3, 4).

Характерным примером атриума линейного типа формообразования является атриум здания галереи Виктора Эммануила в Милане (архит. Д. Менгони), построенного в 1867 г. Данный атриум по типу размещения в объемно-планировочной структуре здания является встроенным.

Д. Менгони продемонстрировал, что целые улицы могут быть покрыты стеклянными крышами по принципу восточного базара, но по образу зданий всемирных выставок.

Франк Ллойд Райт обеспечивает живую связь между первым и вторым этапами строительства атриумных зданий. Атриум главного офисного здания фирмы «Джонсон Вокс» в Рейсине, шт. Висконсин (1936 г.) по типу формообразования является примером четырехстенного атриума. По типу размещения в объемно-планировочной структуре – встроенный. Атриум имеет верхнее освещение, охватывает входной вестибюль, кулуары и основной конторский зал, в котором имеются также галереи. Круглые «золоченые клетки» лифтов, мостики и закругленные формы балконов являются прямыми предшественниками архитектурных форм Джона Портмена (рис. 5, 6, 7).

Первым применением атриума в высотном здании является воплощенный Джоном Портменом в 1967 г. в здании гостиницы «Ридженси Хайатт» в Атланте четырехстенный по типу формообразования атриум. Цель проекта состояла в том, чтобы открыть интерьерное пространство, создать возвышающую динамичную среду. Атриум в гостинице «Ридженси Хайатт» по типу размещения в объемно-планировочной структуре здания является примером встроенного атриума, проходящего через весь объем здания. Данное здание стало первым экспериментом в области применения атриума в высотном строительстве, изменившим представление об идее атриума в масштабе архитектуры XX века.

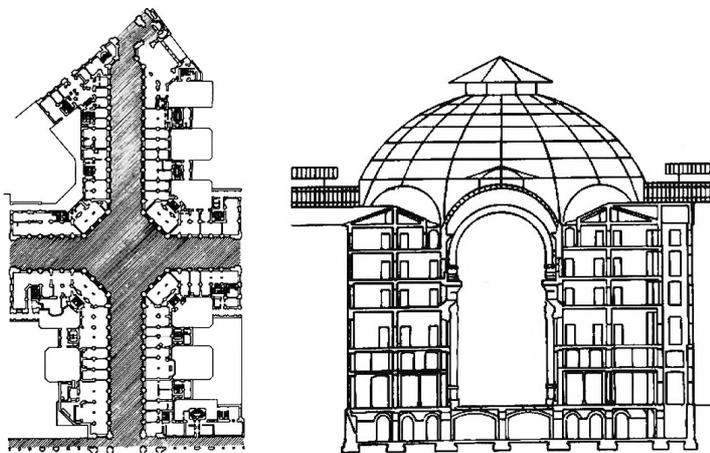


Рис. 3. Галерея в Милане, 1867. План и разрез галереи.
Арх. Д. Менгони



Рис. 4. Офисное здание «Джонсон Вокс»
в Рейсине, шт. Висконсин (1936 г.). Арх. Ф. Райт

1970-е годы XX в. знаменуют собой начальный этап теоретических и практических разработок в области использования атриумных пространств. Интерес был вызван широким развитием высотного строительства. На этом этапе значительное влияние оказали исследования, проводимые французским ученым Ле Риколем и американским ученым Б. Фуллером в области пространственных конструкций, которые явились важнейшими структурными элементами современных атриумов.

Важнейшей датой в развитии атриумных зданий является 1980 г. Именно тогда английским инженером и архитектором Терри Фарреллом и Рольфом Лебенсом была разработана концепция «буферного мышления», суть которой заключалась в том, что ориентированный в наиболее благоприятную с точки зрения солнечных лучей и господствующих ветров сторону атриум за счет содержания большого количества воздушных масс служит буферной зоной между наружным и внутренним пространствами. Также результатом концепции «буферного мышления» стало активное внедрение в архитектурную практику буферного эффекта или принципа двойного ограждения. Выделяются согревающий, охлаждающий и трансформируемый типы атриума.

Согревающий атриум проектируется с расчетом на свободное проникание солнечного света, и поэтому, как правило, температура воздуха в нем градусов на пять выше, чем в окружающей атмосфере. Поэтому использование согревающего атриума уменьшает отопительный сезон в прилегающих помещениях.

Охлаждающий атриум имеет место там, где климат или функциональные особенности здания в течение большей части года требуют борьбы с перегревом и излишней влажностью, атриум является своего рода системой средств затенения и одновременно резервуаром охлажденного воздуха. Там, где климат теплый и влажный, атриум играет роль своеобразного перекрестного вентилятора, обеспечивает сквозное проветривание помещений, используя эффект тяги, возникающий в атриуме, эффект «солнечной трубы» и вытяжных устройств.

Трансформируемый атриум – эффективное средство защиты от летнего перегрева помещений, также используется для отопления в зимнее время. Основной особенностью такого атриума является система средств затенения наружного остекления. Цель состоит в том, чтобы эта система пропускала солнечные лучи зимой, когда угол подъема солнца над горизонтом невелик, и препятствовала прямому попаданию солнечных лучей летом, когда солнце стоит высоко (рис. 8).

Институт исследования солнечной энергии в г. Голден, шт. Колорадо (1984 г.), является примером здания по типу формообразования с множеством одноуровневых атриумов. По типу расположения в объемно-планировочной структуре здания данные атриумы являются встроенными. По типу регулирования микроклимата – трансформируемый. Архитекторы применили здесь принцип «буферного мышления» для организации плана здания. Здание защищено холмом, на южном склоне которого оно располагается. Корпуса вытянуты с востока на запад, будучи как связанными, так и разделенными атриумами, которые используются для аккумуляции солнечной энергии.

В 80-90-е годы XX века объемно-пространственные и архитектурно-конструктивные возможности атриумов позволяют объединять ими высотные объемы, пристраивать атриумы к высотным зданиям и размещать их в любой части высотного здания (рис. 9, 10, 11).

Архитекторы Джонсон и Берджи выстроили комплекс «Пензойл плейс» (1976 г.), представляющий собой две башни с офисными помещениями, между которыми треугольный атриум с наклонной остекленной кровлей объединяет нижние этажи башен. Атриум здания «Пензойл плейс» является по типу формообразования атриумом, соединяющим несколько высотных зданий. По типу размещения в объемно-планировочной структуре здания данный атриум является пристроенным.

Громадный отель «Peachtree Plaza» находится в одном квартале с «Hyatt Rigency» в Атланте. Для того чтобы рационально решить планировочную задачу, архитекторами было спроектировано базовое основание, перекрытое светопрозрачной конструкцией. Атриум отеля «Peachtree Plaza», архитектора Джона Портмена (1976 г.), по типу формообразования является атриумом подиумного типа. По типу размещения в объемно-планировочной структуре здания – встроенно-пристроенным.

Примером одностенного типа формообразования является атриум высотного 60-метрового жилого здания «ZEG-Tower» в Вене, спроектированного и построенного в 1998 г. По типу размещения в объемно-планировочной структуре высотного здания данный атриум является пристроенным. Архитекторы использовали стеклянный «климатический фасад» – атриум как элемент, фактически объединяющий два основных вертикальных объема здания, поставленных один на другой.

Атриум здания отеля «Burj Al Arab», построенный в 1999 г. в Дубаи, является примером трехстенного типа формообразования. По типу размещения в объемно-планировочной структуре здания данный атриум является встроенным. Принцип формообразования отеля «Burj Al Arab» можно привести в качестве примера использования ограждающей способности атриума, создающего «буферную зону», снижающую влияние природно-климатических воздействий на здание.

Основные положения, изложенные в концепции «буферного мышления», легли в основу проектирования атриумов и в конце 90-х годов XX-начале XXI века нашли применение в высотных энергоэффективных зданиях, зданиях высоких технологий и биоклиматической архитектуры. Эти три направления на сегодняшний день являются тремя столпами в архитектурной инженерии. Определение данного типа зданий в современной технической литературе звучит следующим образом.

Энергоэффективное здание – здание с низким потреблением энергии или с нулевым потреблением энергии из стандартных источников. Это здание, в котором эффективное использование энергоресурсов достигается за счет применения инновационных решений, которые осуществимы технически, обоснованы экономически, а также приемлемы с экологической и социальной точек зрения и не изменяют привычного образа жизни (рис. 12, 13) [1].

Ярким представителем энергоэффективного здания является атриумное здание Commerzbank во Франкфурте-на-Майне. Атриум этого здания является примером уникального типа формообразования. Внутренний вертикальный атриум с включением горизонтальных объемов. Такими объемами выступают зимние сады, являющиеся частью атриума, расположенные с наветренной и заветренной стороны здания. Таким образом создаются отличные условия для организации естественной вентиляции всего здания посредством атриума. По типу размещения в объемно-планировочной структуре атриум здания Commerzbank является встроенным. По типу регулирования микроклимата – трансформируемым.

Здание высоких технологий – это прежде всего самые ультрасовременные решения в архитектуре с точки зрения конструкций и материалов, но это еще и здание, в котором экономия энергии, качество микроклимата и экологическая безопасность достигаются за счет использования технических решений, основанных на сильных ноу-хау, на правилах сильного мышления [1].

Атриум здания компании «Swiss Re» в Лондоне также является примером уникального типа формообразования атриума. Тип формообразования с системой вертикальных атриумов, расположенных по периметру. По типу размещения в объемно-планировочной структуре здания атриумы здания компании «Swiss Re» можно классифицировать как встроенные. По типу регулирования микроклимата – трансформируемые. Архитектурную революционность здания дополняет применение вертикальных атриумов, участвующих в системе естественной вентиляции здания. Проектом предусмотрены шесть световых атриумов треугольного сечения на каждом этаже. Каждый световой атриум имеет принудительно открываемую поверхность для естественной вентиляции (рис. 14, 15).

Биоклиматическая архитектура – это одно из направлений архитектуры в стиле hi-tech с ярко выраженным использованием остекленных пространств. Главный принцип биоклиматической архитектуры – гармония с природой, желание приблизить человеческое жилище к природе. В биоклиматической архитектуре, наравне с заградительными системами, активно применяется многослойное остекление, обеспечивающее поддержку микроклимата совместно с естественной вентиляцией [1].

В инновационном проекте биоклиматического атриумного здания «Городские ворота Дюссельдорфа» (г. Дюссельдорф, Германия) реализован тип атриума, соединяющий несколько высотных зданий. По типу размещения в объемно-планировочной структуре здания данный атриум является встроенным. По типу регулирования микроклимата – трансформируемым.

Эффективность естественной вентиляции зависит, с одной стороны, от степени открытия оконных створок атриума и, с другой, от перепада давления по обе стороны ограждения здания, в том числе и вызванного действием ветра. Влияние последнего фактора в здании «Городские ворота Дюссельдорфа» снижено благодаря особой планировке и наличию атриума в середине здания (рис. 16, 17).

Обзор выявил, что термин «атриум в высотном здании» с инженерной и архитектурной точек зрения окончательно не определен в современной технической литературе. Не произведена типология и классификация атриумных высотных зданий, без чего невозможно дальнейшее развитие данного типа зданий, являющегося перспективным ввиду использования естественного освещения и естественной вентиляции.

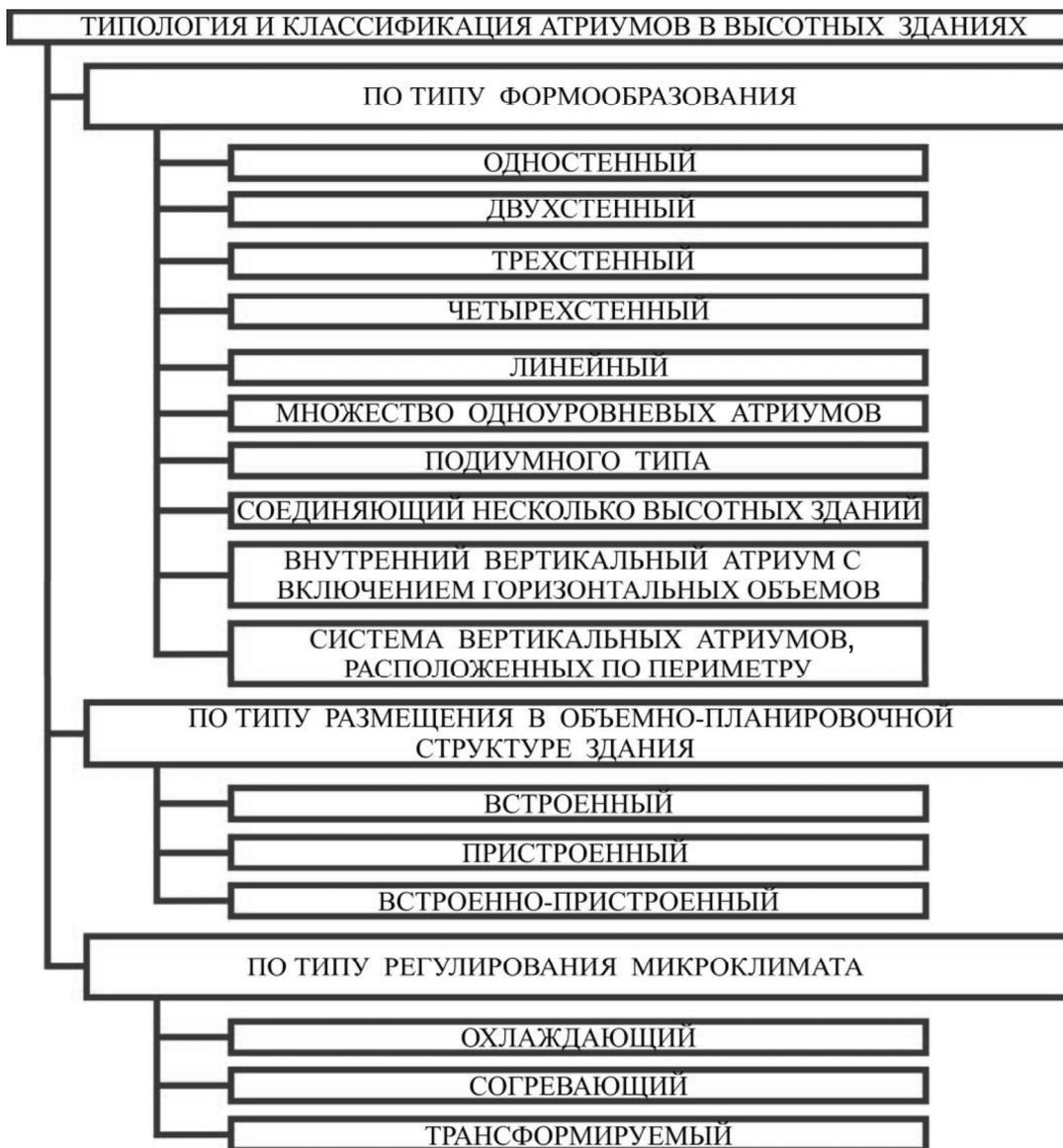


Схема. Типология и классификация атриумов в высотных зданиях

Следовательно, учитывая особенности высотных зданий, термин атриум в высотном здании можно определить как вертикально развитое пространство, объединяющее несколько этажей здания в единый структурный элемент. Конструктивно такое объединение достигается с помощью отсутствия перекрытий на нескольких этажах в границах площади, определенной очертаниями атриума. Атриумы являются сосредоточием коммуникационных и информационных узлов высотного здания. Атриумы, как правило, имеют боковое или верхнее освещение через купола, световые фонари или остекленные фасады. Они зачастую уникальны по ряду признаков и вызывают интерес у специалистов, предоставляя проектировщикам широкие возможности для применения естественного освещения и естественной вентиляции.

Обзор и анализ истории развития атриумных зданий позволил разработать и предложить типологию и классификацию атриумов в высотных зданиях, что представлено на схеме.



Рис. 5. Здание гостиницы
«Ридженси Хайатт», Атланта, 1967.
Арх. Д. Портмен



Рис. 6. Здание гостиницы
«Ридженси Хайатт». Атриум

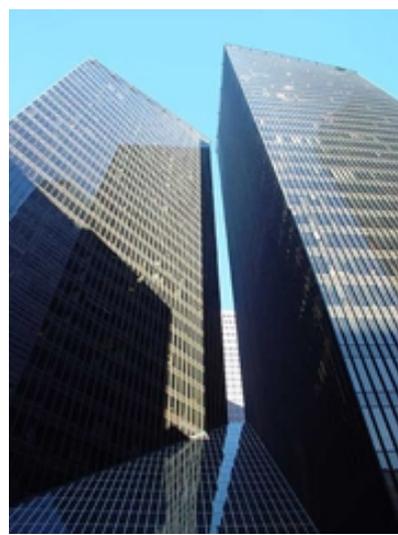


Рис. 7. Офисное здание
«Пеннзойл Плэйс», 1976 г.
Арх. Ф. Джонсон,
Д. Берджи, г. Хьюстон

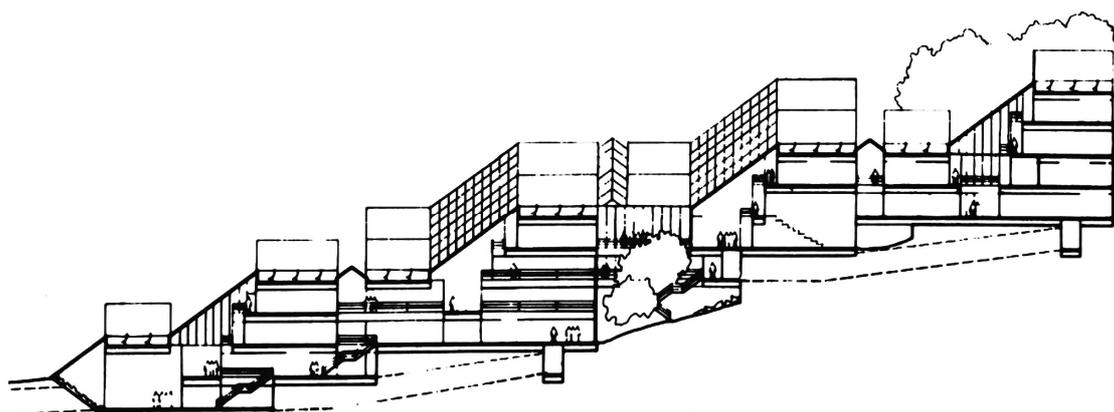


Рис. 8. Разрез здания управления Института исследования солнечной энергии, Голден

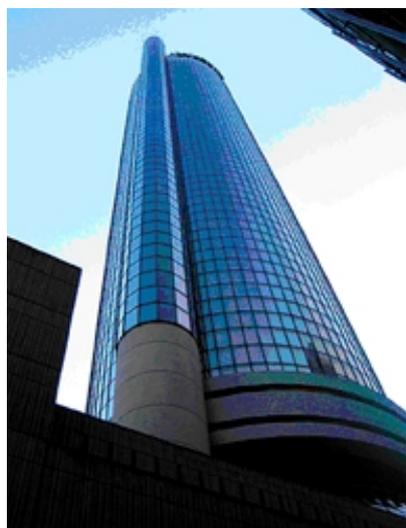


Рис. 9. Отель «Peachtree Plaza»,
Атланта, 1976 г.



Рис. 10. Жилое здание «ZEG-Tower».
Вена, 1998 г.



Рис. 11. Отель «Burj Al Arab».
Дубаи, 1999 г.



Рис. 12. Здание «Commerzbank», Франкфурт-на-Майне, 1997 г. Арх. Н. Фостер. Общий вид

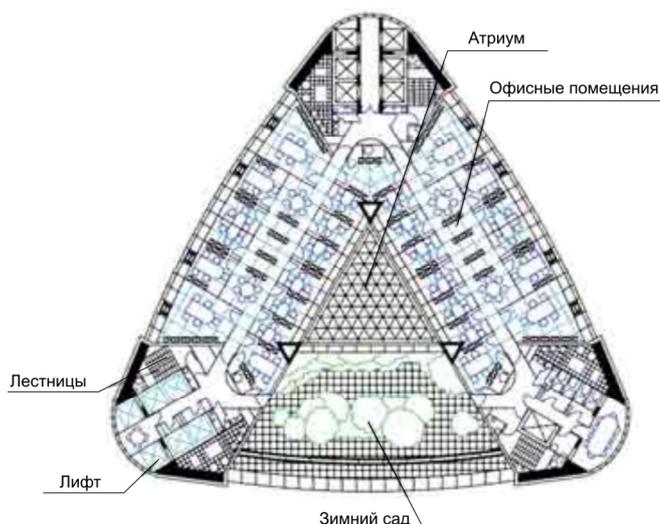


Рис. 13. Здание «Commerzbank», Франкфурт-на-Майне, 1997 г. Арх. Н. Фостер. План

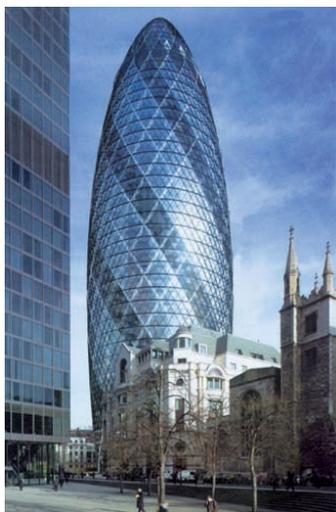


Рис. 14. Здание страховой компании «Swiss Re». Арх. Норманн Фостер. Общий вид

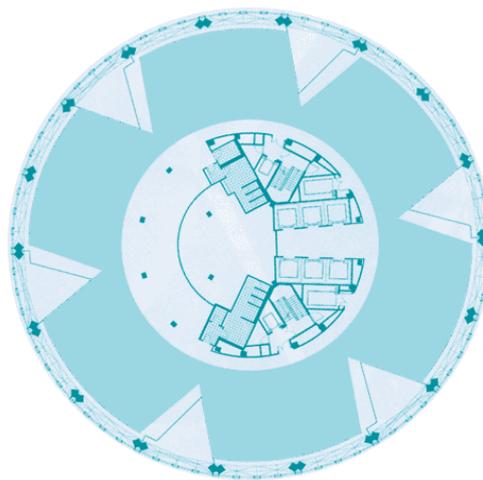


Рис. 15. Здание страховой компании «Swiss Re». План здания с атриумами



Рис. 16. Здание «Городские ворота Дюссельдорфа». Общий вид



Рис. 17. Здание «Городские ворота Дюссельдорфа». Атриум

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белова Е.М. Здание биоклиматической архитектуры «Городские ворота Дюссельдорфа» // Журнал «АВОК», 2006, № 2.
2. Гордина Е.Ж. Атриумные пространства в высотных зданиях. Этапы развития // Архитектон: известия вузов, 2009, № 28. URL: http://archvuz.ru/numbers/2009_5/ta3 (дата обращения 23.04.2010).
3. Земов Д.В. Эволюция и тенденции формирования современных атриумных пространств // Архитектон: известия вузов, 2004, № 8. URL: http://archvuz.ru/numbers/2004_3/ia3 (дата обращения 10.04.2010).
4. Земов Д.В. Формирование архитектурной среды атриумных пространств общественно-торговых и деловых центров средствами мобильных компонентов // Автореферат дисс. канд. архитектуры. – Екатеринбург, 2006. – 19 с.
5. Магай А.А., Гордина Е.Ж. Принципы формообразования атриумных высотных зданий // Архитектон: известия вузов, 2007, № 4. URL: http://archvuz.ru/numbers/2007_4/ta3 (дата обращения 05.05.2010).
6. Саксон Р. Атриумные здания. – М.: Стройиздат, 1987. – 138 с.
7. Табунщиков Ю.А., Бородач М.М., Шилкин Н.В. Энергоэффективные здания // Журнал «АВОК», 2003, № 3.

УДК 712.25

Лежава И.Г. – доктор архитектуры, профессор, академик РААСН

Тел.: (495) 762-41-79

Московский архитектурный институт (МАРХИ)**К ПРОБЛЕМЕ ПОСТРОЕНИЯ АРХИТЕКТУРНОЙ ПОДГОТОВКИ
В СОВРЕМЕННОМ РОССИЙСКОМ ВУЗЕ****АННОТАЦИЯ**

В статье, на основании отечественного и зарубежного опыта подготовки в архитектурных школах, в первую очередь опыта МАРХИ, излагается авторская концепция построения системы обучения студентов-архитекторов в российских вузах.

Предлагаемая концепция базируется на деятельностной парадигме обучения, выстроенной как поэтапно формируемая система знаний и навыков, что существенно отличает её от принятой сегодня в российской архитектурной школе типологической парадигмы.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: стадии обучения, мотивация, композиция, проектный язык, концептуальное проектирование, архитектурное проектирование, архитектурная фантазия.

Lezhava I.G. – doctor of architecture, professor, academic of RAACS**Moscow University of Architecture (MARHI)****A PROBLEM ABOUT ORGANIZATION OF TRAINING ARCHITECTS
IN A MODERN RUSSIAN HIGH SCHOOL****ABSTRACT**

Based on a local and foreign experience of training in schools of architecture, basically the experience of MARCHI, it is given an author's concept about building an educating system for architect students in Russian High Schools.

Proposed conception is based on an educational paradigm of acting, built as forming step by step system of knowledge and skills, that differs it from an existing paradigm in Russian school of architecture accepted today.

KEY WORDS: stages of education, motivation, composition, language of design, conceptual design, architectural design, architectural fantasy.

Архитектурное образование – дело многотрудное. Я всегда хотел узнать, что об этом думают умудрённые опытом педагоги. Поскольку ни одного внятного текста обнаружить не удалось, я попытался сам ответить на этот вопрос. Начнём с приёма в институт.

Только ленивый не ругает вступительные экзамены (в МАРХИ, например). Многие считают, что рисунок гипсовой головы никакого отношения к выявлению способностей абитуриента не имеет. Иные утверждают: «давайте дадим на экзамене клаузуру на свободную тему», или «давайте дадим абстрактную композицию», или «давайте дадим фантазию из цветных кубов и призм». Эти «давайте» можно продолжить до бесконечности, но предлагаются они с одной целью: защитить талантливого абитуриента от «тупого рисования гипсовой головы». Результат введения любых новшеств – прогнозируем. Десятки «платных тренеров» научат создавать проходные «картинки». «Талантливый» парень, не прошедший этих штудий, будет испуганно озираться по сторонам, пытаясь понять, что от него хотят. Талант, даже если он у него есть, клещами не вытянешь.

Есть педагоги, которые ратуют за «экспертный» метод отбора. Мол, я по глазам, по ответам на вопросы (или тесты) сразу определю талантливого. Сомневаюсь. Помните, в древней Спарте сидели этикие «эксперты» и отбирали новорождённых: кого оставить как будущего воина, а кого вниз с крепостной стены – шакалам. И чего они добились?! Если бы афиняне с ними не воевали, кто бы о них помнил. Да и в ратном деле их обошёл сын увечного правителя с севера Пелопоннеса по имени Александр. А там детьми не кидались.

Я имел глупость однажды принять участие в некоем «талантливом» юноше (ведь Леонидов даже школьного диплома не имел, думал я). Юношу с его матерью я встретил в приёмной главного архитектора города. Они показывали рисованные цветными карандашами замки в клетчатых тетрадах. Мать говорила: «Он, господа, из глухой деревни»... Дошли до Министерства. Оно дало «место» и его приняли без экзаменов! Плачевно всё это кончилось. Он оказался не из деревни, а из Сочи, где окончил кулинарный техникум. А «замки» – эскизы гигантских свадебных тортов. Учиться он не умел и не хотел. Купил длинноносые лакированные туфли и, мерзко ухмыляясь, прохаживался во дворе института у фонтана... Три года от него не могли избавиться. Так что в экспертный отбор талантов я не очень верю.

Но трудности не только с методом отбора. А что, собственно, за таланты мы ищем? Таланты-то у людей разные. Один умеет рисовать, но совершенно не чувствует трёхмерную форму. Другой форму чувствует, но изобразить не может. У третьего богатая фантазия, но сосредоточиться на одном объекте он не может и т.д. А педагоги могут добавить: работоспособность, контактность, обучаемость, информированность.

Кроме того, любой талант динамичен. Он изменяется с возрастом, поэтому я не признаю никакие тесты ни в школе, ни в вузе. У опрашиваемого может быть другая логика, чем у опрашивающего. Десятки гениев плохо учились в школе (Эйнштейн, например). Этого мало. Талант может проявляться в разном возрасте. В первом классе ученик «тупой», а в седьмом начинает резко «набирать» темп обучения. То же и в институте. На первом курсе он растерян и не очень понимает, что от него хотят, а через пару лет начнёт всех обгонять. Девушки, как известно, раньше взрослеют и на младших курсах учатся лучше, а на старших у них появляются иные интересы. Юноши, наоборот, к диплому взрослеют и т.д. Итак, в момент поступления неизвестно, что такое талант. Неизвестно, как его искать, и неизвестно, для какой цели его искать.

Что же делать? Как отбирать лучших? А – никак, говорят на «Западе». Берите всех и обучайте. Таланты сами проявятся. Я во многом с ними согласен.

Следует из этого, что у нас экзамены не нужны? Нет. До тех пор, пока будет большой вступительный конкурс, придётся проводить некие профессиональные экзамены. Считаю, что «голова» и «композиция» вполне годятся для экзаменационных целей, и вот почему. Не таланты мы выявляем, а работоспособность, усидчивость, восприимчивость к обучению и многое другое. Но не только в этом польза традиционных экзаменов. Главное – выработать за время подготовки стремление стать архитектором. Пройти некий тяжёлый «искус» ради будущей профессии. «Я хочу стать архитектором, и поэтому яростно тренируюсь». Так африканский парень, привязанный за ногу лианой, летит с вышки вниз головой. И хотя в реальной жизни этот полёт вряд ли ему понадобится, он долго готовится. Стараются «не оплошать». У него есть побудительная причина. Он хочет стать мужчиной. В нашем случае, сложная и дорогая подготовка к экзамену проверяет и укрепляет желание попасть в профессию.

Мотивация

Итак, мы подходим к первой и очень важной стадии обучения – вызвать у человека стремление войти в профессию, а затем и посвятить себя ей. Мы должны сделать так, чтобы студент сам, без понукания, стремился стать профессионалом. То есть, чтобы он из «простого» человека превратился в человека мотивированного. Без мотивации нет обучения. Педагог на младших курсах учит студента не только тем или иным проектно-изобразительным приёмам. Через изучение ордеров, через отмывки, через работу с домами «мастеров» и через объёмные композиции, он пробуждает в нём тягу ко всему, что относится к профессии. В этот период каждое слово педагога призывает студента любить профессию так, чтобы он радостно вздрагивал при одном слове «архитектура». Естественно, для этого педагог должен быть авторитетом. Для меня такими людьми были Кринский, Мезенцев, Барщ, Петунина и многие другие.

Мотивированный человек – это особая «субстанция». Профессия прилипает к нему, как опилки к магниту. Всё идёт в дело. Случайно брошенная фраза, далёкий шпиль на фоне неба, конфигурация камней на римской дороге, случайно промелькнувший кадр кинохроники, описание Москвы, увиденное Лермонтовым с колокольни Ивана Великого, фото в журнале, декор доходного дома на Пречистенке. Мотивированный студент видит архитектуру везде: в кривом заборе, в заброшенной штольне, в скалах, в глубоких ущельях. То есть это человек, у которого открылось специфическое профессиональное видение мира. Мотивированному человеку можно не объяснять, для чего нужна

история искусств или архитектуры, для чего ему нужно изучать конструкции, инженерные сети, стройматериалы или строительную физику.

Конечно, «мотивировать» можно на любой стадии обучения, но мне кажется, что с этого надо начинать, чтобы институтские годы не пропали даром. Вспоминается известная педагогическая формула: «Студент – это не сосуд, который надо наполнить, а факел, который надо разжечь». Вот мотивацию и надо зажечь.

Но зажечь мало. Надо ещё и обучить. Я считаю, что начать надо с активизации пространственной фантазии студента. Частично эту роль выполняет предмет «объёмно-пространственная композиция», но этого очень мало. Необходимо не только макетировать, но и создавать некие архитектурные фантазийные композиции.

Композиции

Что за «фантазийные композиции» я имею в виду? Немного истории. В начале прошлого века людей окружали картины романтические. Вспомните декорации к операм. Вспомните гризайлевые замки. Живописные полотна с летающими амурами и полунагими полнеющими женщинами среди цветов и птиц. Как хотелось тогда разбавить всё это «воплощение мещанства» «шершавым языком» кубизма. Так родилось великое искусство 1920-ых, вылившееся во ВХУТЕМАСовские студии (возрождённые в 1970-ых в МАРХИ А.В. Степановым).

Но «пролетариат» не принял кубизма. Пришлось вернуть романтизм в новой «социалистической упаковке». На этой основе выросла не менее великая пропедевтика Жолтовского, Захарова, Гольца, Полякова. (Кстати, А.В. Степанов один из её успешных учеников). В 1950-ые годы кафедры рисунка, живописи (тогда акварели) и скульптуры активно поддерживали архитектурное проектирование. Основа обучения базировалась на гигантских картинных фасадах. Дворцы, театры, дома отдыха или музеи на живописных фонах. На первом плане лихо катят «ЗИСы 110» и толпы людей со знамёнами шествуют вдоль бесконечных ступеней, ведущих к римским портикам, которые слегка отражаются в мокром асфальте. А на небе грозовые тучи, и всё это утопает в кипарисах, туях, липах и платанах. Планы зданий скромно располагались где-то среди тёмных кустов первого плана картины. Таким образом, в те годы, штудии по рисунку и живописи реализовывались в помпезных, фантастических проектах, изображающих грядущее коммунистическое будущее. Скульптура тоже работала на архитектуру. На фронтонах появлялись сталевары, колхозницы с коровами, свинопасы и учёные с рулонами бумаги. По бокам гигантских арок ставились скульптуры мускулистых мужчин с зубчатыми колёсами и женщин с могучими снопами. Всему этому будущего архитектора и учила кафедра скульптуры.

Хрущёвские декреты уничтожили эту идиллию. Было заявлено, что колонны – трата государственных средств. Показная красота не нужна «нашей» архитектуре. Излишества содрали с фасадов. Ни рисунок, ни живопись, ни скульптура стали не нужны, поскольку правила бал строительная технология. Однако мудрые руководители вузов (МАРХИ, например) эти кафедры постарались сохранить. Сохранилась и методика обучения тех лет. Но архитектура стала совершенно другой, и методика повисла «в воздухе». В настоящий момент роль этих трёх дисциплин настолько не ясна, что многие предлагают их закрыть, а «часы» передать проектированию. Тем более, что именно так поступили почти все западные школы. Я против! И никакие западные школы в этой части нам не указ. Это большое счастье, что у нас есть эти предметы, и мы должны их использовать в полной мере. Надо сделать так, чтобы скульптура, рисунок и живопись работали на архитектуру.

Конечно, я не ратую за полное восстановление «захаровских» отмывок. И тем более не призываю к рудиментам «чистяковских» времён – многочасовым натурам. Как бы мы ни пытались изобразить встречу Гектора с Андромахой, нам это не удастся. А вот некий «замок», как символ свободной архитектурной фантазии, хотелось бы. Не только замок, естественно. Тема гораздо шире и интересней. Существует огромный культурный пласт архитектурных фантазий. Сант Элиа, Гильберсаймер, Солери, братья Крие. А ещё раньше Лоренцетти, братья Лимбург, Лоран, Пиранези, Доре, Гюбер – Робер. А в России – Веснин, Никольский, Леонидов, «бумажники» и многие другие. Я представляю себе, что два раза в семестр в институте будут проходить выставки фантазийных работ. Нигде в мире нет ничего подобного. И благо, если это появится у нас. При любом развитии компьютерной графики дополнительную цену приобретёт умение легко и свободно изображать свои мысли сангиной, пером или мастихином. Как знать, может быть мы, благодаря этому, снова, как в 1920-ые годы, станем формировать стиль грядущей архитектуры.

Теперь отдельно о скульптуре. Это величайшая область художественной культуры. Особенно для архитектора. Вообще архитектор больше скульптор, чем художник. Та роль, которую этот предмет занимает сейчас в архитектурном образовании, – позорна. Надо искать новые пути. Не знаю, надо ли учить архитекторов лепить человеческую фигуру, голову или барельеф. Может, и надо. Но есть множество иных форм обучения скульптуре, которые могут быть очень ценны для нашей профессии. В одной немецкой школе лепят кувшины и пифосы, заставляя студента тактильно ощущать форму одновременно внутреннюю и снаружи. Также лепят человеческое лицо и завитки аканта на коринфской капители... Создавая сегодня объёмные композиции, мы работаем с плоскими листами бумаги, гипсофита или картона. Естественно, что и формы получаются с плоскими поверхностями. А если лепить композиции из пластилина? Надо напомнить, что в МАРХИ целое десятилетие все макеты делали из пластилина. Задолго до Захи Хаидид студенты группы НЭР лепили целые города из кривых, как теперь называют, нелинейных форм. Почему бы что-то подобное не возродить и не создавать свободные фантазии из мягкого материала. Тем более, что уже есть компьютерные программы, готовые оцифровать формы любой кривизны. Фрэнк Гери так и работает.

Итак, ничего не уничтожая в существующем образовании, мы можем заставить малоэффективный блок художественных дисциплин работать на архитектуру. Если это осуществить, студент, отучившийся первые два года, будет уметь свободно изображать свои мысли. Эскизируя на старших курсах, он перестанет изображать жалкую закорючку в углу писчего листа, не умея нарисовать даже то, что «проклюнулось» в его голове. Студент, я надеюсь, возьмёт большой лист бумаги (обоев, кальки, картона, кусок пластилина) и быстро, умело изобразит то, что задумал. Это умение в совокупности с программой О.П.К. даст мощнейший педагогический эффект.

Проектный язык

Итак, две ступени студент «прошёл». Он загорелся профессией (мотивация) и научился свободно изображать свои мысли (композиция). Что дальше? Дальше студент должен научиться претворять свои идеи в жизнь. То есть освоить то, что сегодня составляет основу педагогического процесса в МАРХИ.

В период обучения мы имеем дело с чертежами, эскизами, набросками или рисунками. Ясно, что их можно рассматривать как сообщения, представленные в виде неких «текстов». Если архитектурный проект определить как текст, то проектная деятельность и все составляющие её элементы могут рассматриваться как «проектный язык». Естественно, встаёт вопрос: для чего заменять привычное понятие «проектирование» на новое – «проектный язык». Попробую это объяснить.

Введение понятия «проектный язык», может, в конечном итоге, полнее отразить сложнейшее явление, с которым мы сталкиваемся в работе. Несмотря на то, что проектный язык понятен пользователям, и мы учим ему студентов, это обширное многоаспектное явление, со своей особой грамматикой, очень мало изучено.

В мире многие люди общаются на том или ином языке, не подозревая о существовании грамматики. Грамматика русского языка, например, берёт своё начало от «Российской грамматики» Ломоносова, созданной только в 1755 году. Это дало толчок развитию всех грамматических форм и категорий, а также повлияло на обучение, печатное дело, литературную деятельность и многое другое. Если мы начнём изучать проектирование как некий язык, то получим совершенно новый взгляд на предмет, которым давно занимаемся. В том числе на архитектурную грамматику, которую ещё предстоит изучить и описать. Результаты этих изучений и описаний коснутся, прежде всего, архитектурной педагогики.

Проектный язык – явление особое, не имеющее аналогов. Это не тот язык, который мы десятилетиями учим в школе. Нельзя назвать языком и существующие проектные компьютерные программы, которые только напоминают фрагменты языковых систем. Не является языком и система так называемых «частей зданий», которую пытаются представить неким «алфавитом зодчества». Мы имеем дело с явлением уникальным. Очень значительным.

Изучение грамматических основ языка архитектурного проектирования – задача будущего. А мы вернёмся к привычным нам формам педагогики. Даже не касаясь указанных выше проблем, традиционное обучение проектному языку – процесс долгий и сложный. Тут учебником не обойдёшься. Студента следует не столько учить, сколько «выращивать». Так же, как выращивают

художников, режиссёров, актёров и литераторов. Архитекторов учат языку при помощи «написания» неких сочинений, то есть проектов.

Педагог не просто видит чертёж, он его прочитывает. Педагог не столько правит ошибки, сколько критически анализирует качество «текста». В этой связи задания, которые делает студент на «средних» курсах, не есть просто клуб, школа, музей, жилой дом или посёлок. Это, прежде всего, полигон для освоения профессионального «сочинительства». На этом уровне студента обучают, как решить парадоксы сочетания внутреннего и внешнего. Как мелкие помещения взаимодействуют с крупными. Какие «тайны» хранят вертикальные коммуникации. Каковы пропорции пространственных элементов. Какова комфортность, связанность, соразмерность и доступность всех частей объекта. Каков стиль и пластические претензии автора. Как объект работает с окружением. Как гармонично и грамотно «уложить» множество сооружений на поверхности земли и многое, многое другое. На бакалаврской стадии студента надо учить именно этому, а не примитивному типологическому перебору объектов.

Следует отметить, что вся система обучения в МАРХИ основана на архитектурном проектировании, что связано с обучением профессиональному языку. В этой ситуации каждый учитель имеет свои педагогические секреты. В краткой статье нет смысла подробно останавливаться на нюансах обучения, свойственных тому или иному мастеру. Однако некоторые моменты хотелось бы выделить.

В нашей педагогике распространено мнение, что важнейший элемент обучения архитектуре – умение докладывать свой проект. Споры нет, это важно. Но студент, осваивающий проектный «язык», должен на нём и говорить. Надо научить студента так «подавать» работу, чтобы комментарии были излишни.

Хорошая работа защищает себя сама. Когда писатель пишет рассказ, он не объясняет его смысл читателям. Очень важно уяснить, что графическое изображение проекта не книжная виньетка, как многие считают, а важнейший элемент доказательства качества того, что ты сделал.

Наша профессия в своей основе не описательна, а изобразительна. Изучая архитектурные журналы, мы редко вникаем в сопровождающие тексты. Мы видим Леонидовскую пирамиду и проплывающий мимо дирижабль. Мы видим фантазии Никольского или вздыбленные архоны Солери. Нам не нужны долгие литературные объяснения. Мы «читаем» их на своём, архитектурном языке и получаем огромную информацию, не сравнимую с информацией вербальной. Вот такому «писанию», и такому «чтению», и такой силе воздействия на профессионала надо научить студента.

Как-то я присутствовал в Нью-Йорке на архитектурных занятиях бакалаврского уровня. Было обсуждение проекта небольшого бара. Студенты с трудом справлялись с компоновкой пяти помещений и одноэтажным фасадиком. Они вывешивали на доске свои «почеркушки» и минут 30 объясняли, почему они так сделали. Я умирал от скуки. А педагог с умным видом выслушивал всю эту «чушь». Я убеждён, что он должен был потратить время, чтобы научить их соединять эти пять помещений в архитектурный объект, а не потакать рассуждениям о том, почему они это сделали.

Многие считают: «Надо больше приглашать архитекторов-практиков. Они, и только они могут научить...». Приглашать, конечно, нужно. Они великолепно рассказывают о своём творчестве, проводят мастер-классы. Иногда успешно обучают дипломников. Но вести затяжную педагогическую деятельность могут очень редко. «Стартуют» они активно. Студенты слушают с интересом, и практики рады поделиться своим опытом. Но добиться хороших учебных результатов трудно. Результат получается другой, чем они предполагали. Начинаются обвинения, обиды и, наконец, потеря интереса. Другой сюжет – занятость на работе. Практики не ходят на занятия. Оставляют студентов на помощников. Студенты теряют интерес... Даже если вышесказанное не происходит, мастера часто навязывают ученикам либо своё личное видение архитектуры, либо то, которое господствует в их «внешней» среде. Но студенты живут в другой стилистической реальности. У них другие кумиры. У них другие пристрастия. Происходит непонимание... Опытному педагогу хорошо известны указанные проблемы, и он легко с ними справляется. А «мастер» обижается, разочаровывается и уходит. У приглашенных вести диплом свои беды. Многие приходят только для того, чтобы отобрать одного-двух способных к себе в мастерскую, а на остальных внимания не обращают. За многие десятилетия своей педагогической деятельности единицы практиков становились полноценными учителями. Итак, хотя «приглашённые» великолепно владеют архитектурным языком, обучить студентов могут не всегда.

Другая тема дискуссий – возможность перехода от мастера к мастеру. На мой взгляд, это полезно только тогда, когда студент обучен проектному языку. На стадии базового обучения это бессмысленно. С педагогической точки зрения «групповое» обучение очень эффективно. Система одного творческого педагога тем и хороша, что он несколько лет следит за индивидуальным развитием своих студентов и в нужный момент даёт им совет. «Переходы» могут быть рациональны только в отдельных случаях, и то на магистерской стадии обучения.

Говорят, что выпускники МАРХИ не знают СНиПы. Не знают порядок согласования проектов. Не знают пожарные, градостроительные, инсоляционные, эвакуационные и иные нормы. То есть они не готовы к реальному проектированию. Для того, чтобы знать язык проектирования, достаточно уяснить лишь основы нормирования. В полной степени освоить действующие в России нормы и законы можно только на практике. Кроме того, они непрерывно меняются. Изучать всё это в вузе бессмысленно. Дело не в количестве нормативных данных, освоенных учеником, а совершенно в другом. Следует помнить, что хорошо подготовленный специалист – это обучаемый специалист. Его сила в умении переучиваться, схватывать суть нового, работать в изменяющемся мире. Если гибкость и восприимчивость – основа подготовки специалиста, тогда он с лёгкостью может освоить любые нормы и в проектной мастерской. Научить нормам и правилам совсем не трудно, а научить осваивать новое трудно очень.

Таракан, родившись, умеет делать то же, что и взрослая особь. Но он практически ничему не учится. А слона родичи воспитывают лет до пятнадцати. Он умён и обучаем, и может в будущем гибко реагировать на меняющиеся жизненные ситуации. Я не хочу, чтобы студенты напоминали тараканов.

Но язык проектирования включает не только архитектуру. Практически все дисциплины, изучаемые в МАРХИ, – часть обучения профессиональному языку. Многие кафедры дают студентам эти знания. Но сдать в сессию конструктивную основу зданий или строительные материалы – мало. Надо уметь применять их в любом проекте. Отсутствие этого умения – крупнейший недостаток обучения в МАРХИ. Кафедры, каждая в своей области, проверяют «знания» десятками проверочных заданий, а умению объединить эти знания в проекте студента никто не учит. Кое-что вынужден объяснять педагог-архитектор. Это запоминают и этим пользуются. А гигантский объём знаний, даваемый смежными кафедрами, на 80 процентов проходит мимо. Часто студент не понимает, для чего он изучает ту или иную дисциплину. Наиболее распространённый ответ: «надо сдать зачёт, чтобы архитектурой не мешали заниматься». Это преступно. Бакалавр должен не картинки показывать, а демонстрировать знания по конструкциям, инженерному оборудованию зданий, экономике и т.д. То есть работать комплексно. Если нет комплексности обучения – нет полноценного обучения вообще. Это всё равно, что, проектируя корабль, заниматься только его внешним видом. Или, изучая правописание, не делать попыток использовать эти знания в текстах.

В отсутствие комплексности обычно обвиняют эгоцентризм «смежных» кафедр. Но то, что они составляют программу обучения, исходя из своих интересов, естественно. Следить за комплексностью обучения должен декан. Не его дело фиксировать успеваемость студентов. Это любой администратор может сделать. Декан – специалист высокого класса, именно он должен, вопреки неудобству учебного плана, лепить наилучшую конфигурацию комплексного обучения студента. Это очень трудно и хлопотно. Но кто сказал, что учить архитектуре легко.

Убеждён, что завершение обучения языку архитектурного проектирования должно проходить на большой, по-настоящему комплексной работе. Это, видимо, должен быть бакалаврский диплом. Предполагаю, что после создания дипломного эскиза проект должен «зреть» несколько месяцев, обретая комплексность. Надеюсь, что пятилетнее обучение бакалавра даст возможность это осуществить.

«Концептуальное» проектирование

Итак, на уровне бакалавра мы научили студента основам архитектурного языка. Можно сказать, что научили его тактике проектирования. Но для того, чтобы стать полноценным архитектором, надо глубже осознать, что ты делаешь. То есть постичь стратегию создания формы архитектурного объекта. В центре внимания концептуального проектирования не сам объект, а та причина, по которой он создаётся. То есть студент на этой стадии должен уметь чётко формулировать, почему он предпочитает то или иное архитектурное решение. Для обучения этому, видимо, и существует магистратура.

Первая стадия в подобном процессе может состоять в умении встраивать объект в окружающую среду. Любое здание формируется не только изнутри, но и снаружи. Иногда внешняя, репрезентативная функция превалирует над внутренней. Например, Сиднейская опера или Преображенская церковь в Кижях. Но есть и сотни других, внешних влияний. Если это дом в городской среде, то на него влияют: характер участка, направление стран света, направление ветров, разрешена высота здания, доступность к нему внешних коммуникаций, степень «встроенности» в существующую систему ценностей или противопоставление ей и т.д. Если это жилой район, то плюс к перечисленному появляются социальные задачи. Сколько новых жителей намечено тут разместить. Каков их возрастной состав. Каков их социальный статус. Каковы их жилищные предпочтения. Что проживающие на этой территории люди думают о «вторжении» новых зданий и многое другое. Это также демонстрация иных эстетических представлений. Это бесконечные идеи пластических, пространственных и средовых сочетаний. Это разработка новых трактовок хорошо известных архитектурных объектов, в том числе и исторических. И многое другое.

Градостроительные концепции ещё сложнее. Следует выявить внешние и внутренние городские связи. Их взаимодействие с районами расселения. С общегосударственными транспортными трассами. С новыми зонами плотных людских поселений. С природными территориями и т.д.

Но есть ещё одна, важнейшая для нашей профессии, сторона концептуального проектирования. Это поиски нового. Нового в широком смысле этого слова, включая философию, психологию, социологию, экологию. Но всё охватить нельзя, и мы в этой статье остановимся только на пространственных аспектах проблемы. Прежде всего, это концептуальные проекты. Плавающие дома и целые города, экогорода, города, висящие над землёй, миллионные города-пирамиды, многокилометровые линейные системы или, наконец, летающие города Георгия Крутикова... Не важно, что большая часть подобных идей неосуществима, не принимаются обществом или заведомо «провокационны». Через эти концептуальные акты формируется новое видение мира и, в конечном итоге, новая архитектура.

Итак, студент должен уметь и чётко сформулировать для себя и для окружающих концептуальную идею своего проекта. Это не та «идея», о которой так любят распространяться студенты (а иногда и педагоги) на проектных консультациях: «...плоскость, две кривые и палочка по диагонали». Надо встать на путь сознательного формирования образа, а не «так получилось». Это дело более сложное, связанное с сознательным поиском структуры и образа своего, индивидуального, проектного решения. Тут мы подходим к краеугольному моменту обучения, к стилю.

Новая архитектура рождается не только из концептуальных идей. Есть ещё и стиль. Идеи формируются логическими построениями, а стиль чувственным восприятием мира. При этом стиль – явление совершенно самостоятельное. Штутгарт, 1927 год. Экспериментальный жилой район. Участвуют все «звёзды»: Ле Корбюзье, Мис ван дер Роэ, Гропиус, Ауд, Таут... У всех своё, резко отличное от коллег, представление об архитектуре. Но стиль построенных ими зданий сегодня совершенно неразличим. В Москве мы безошибочно узнаём сооружения конструктивизма или «пролетарского классицизма», не зная подчас авторов. Мало того, часто не сооружения, а просто рисунки оказывают огромное влияние на формирование стиля. Пиранези, Гарнье, Леонидов, Крие. Так вот для чего нужно на младших курсах обучение архитектурным фантазиям. Через фантазии у студента могут постепенно сформироваться стилистические предпочтения или даже собственный стиль. Через фантазии мы, скорее всего, придём к концептуальному проектированию.

Наконец, для занятий концептуальным проектированием нужно обладать определёнными знаниями по истории и теории архитектуры, а также хорошо ориентироваться в её современных тенденциях. Следует воспитать в себе чувство нового, чтобы понимать, куда направлен вектор профессионального развития. И вновь мы обращаемся к первым, «мотивационным» годам обучения. Без начальной мотивации студент не сможет сформировать перечисленные выше положения и воспринять сложнейшие тайны проектной деятельности. Только через мотивацию мы придём к концептуальной культуре!

Но есть и другая крайность. Мы постоянно сталкиваемся с попыткой на бакалаврском уровне преподавать концептуальную часть проектирования. Якобы так поступают «на Западе». Но в американских или английских школах концептуальному проектированию учат только людей, прошедших бакалавриат и проектную практику. Игнорирование базовой стадии обучения происходит

от того, что преподавать проектный язык сложно, долго, хлопотно и не всегда интересно. Это как бег на длинные дистанции. Проще вести «умные» концептуальные разговоры. Но проектному делу это не учит. В этом случае исчезает важнейшая языковая стадия профессиональной подготовки студента.

Итак, мной предлагается четыре стадии обучения: мотивация, фантазия, язык и концептуальное осознание своего проекта.

В мире, да и в России, есть школы, которые те или иные моменты этой «четвёрки» вполне успешно развивают. Театральные и кино-художники создают фантастические образы архитектуры. Технические школы (например, в Германии) хорошо учат языку и технологии строительства зданий. Некоторые западные школы магистерского уровня, получая уже подготовленных студентов, блестяще развивают концептуальные подходы. Но весь диапазон обучения студент получает крайне редко. МАРХИ с его семилетним обучением – именно та школа, где четырёхстадийная структура может (и должна быть) реализована. Для этого сейчас есть все условия, включающие ещё не утраченные, уникальные педагогические традиции. Преступно ими не воспользоваться. Преступно пойти по линии сокращения и упрощения педагогического процесса. Преступно погубить нашу уникальную школу. Преступно заболтать профессиональное обучение заезжими «мастерами». Чтобы побеждать в жестокой конкурентной борьбе, нужно самим формировать «оружие нового поколения». Нужно, как можно скорее, стать школой мощной и поистине уникальной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бархин Б.Г. Методика архитектурного проектирования. – М.: Стройиздат, 1982.
2. Авдоткин Л.Н., Лежава И.Г., Смоляр И.М. Градостроительное проектирование. – М.: Стройиздат, 1989.
3. Фисенко Д.Е. Фасад/Разрез. Российская архитектура 1990-2000-х гг. – М.: Журнал «АВ», 2008.
4. Архитектурное сознание XX-XXI веков: разломы и переходы. / Под ред. И.А. Азизян. – М.: УРСС, 2001.

УДК 728.5

Степанчук А.В. – ассистент, научный сотрудник Государственного историко-архитектурного и художественного музея «Остров-град Свияжск»

E-mail: alena.stepanchuk@rambler.ru**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

ТРАДИЦИОННАЯ ХОЗЯЙСТВЕННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ СВИЯЖСКА В КОНТЕКСТЕ СОЗДАНИЯ И РАЗВИТИЯ ЭТНОГРАФИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА НА ОСТРОВЕ-ГРАДЕ СВИЯЖСК

АННОТАЦИЯ

Малый исторический город Свияжск относится к сложным социо-природно-культурным объектам наследия. Оживление процесса возрождения Свияжска, происходящее сегодня, актуализирует исследования по выявлению возможностей этого комплексного объекта, с помощью которых можно не только возродить социум, но и сделать его общность с культурным и природным наследием мировым достоянием. Одним из условий возрождения социума Свияжска как части культурного ландшафта является сохранение нематериального культурного наследия.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: культурный ландшафт, звуковой ландшафт, нематериальное культурное наследие, этнографический комплекс, ремесла.

Stepanchuk A.V. – assistant, research scientist of the State historian-architectural and art museum «Ostrov-grad Sviyazhsk»

Kazan State University of Architecture and Engineering

SVIYAZHISK POPULATION'S TRADITIONAL ACTIVITIES IN THE CONTEXT OF CREATION AND DEVELOPMENT OF SVIYAZHISK-ISLAND'S ETHNOGRAPHICAL COMPLEX

ABSTRACT

Small historical town Sviyazhsk is a complex socio-natural-cultural heritage object. Reanimation of the Sviyazhsk revival process, which is going now, making research of this complex object's potential more actual. Using the Sviyazhsk's potential it's possible not only to revive the society of the island, but to make its community with a cultural and natural heritage world property. Preservation of an intangible heritage is one of the conditions to revive Sviyazhsk's society as a part of cultural landscape.

KEYWORDS: cultural landscape, sound landscape, intangible heritage, ethnographical complex, crafts.

Малый исторический город Свияжск, оказавший влияние на развитие духовной и материальной культуры в регионе Среднего Поволжья, является подлинной сокровищницей истории и архитектуры эпохи русского средневековья.

Расположение острова (в акватории реки Свияги и Свияжского залива) позволяет разномасштабно воспринимать его художественный облик в радиусе 25 км. Изначально задуманный как город-крепость XVI века, Свияжск относится к сложным социо-природно-культурным объектам наследия, обладающим феноменальным качеством триединства художественно-архитектурных, природных и социокультурных качеств. Характерными представителями такого вида наследия являются Валаам, Углич, Суздаль, Переяславль Залесский и другие.

В своем историческом развитии Свияжск прошел этапы взлета и расцвета (XVIII-XIX вв.), падения и утрат (XX в.). В 1917 году в нем были мужской Успенский монастырь, где проживали более 90 монахов, и женский Иоанно-Предтеченский монастырь, содержавший около 400 монахинь, на его территории действовали 12 церквей и жили более 3000 горожан. Свияжск, имевший герб, устав, казну, городского голову и Думу, был компактным, но самодостаточным, красивым и ухоженным городом. Он жил паломничеством, ремеслами, торговлей, ярмарками, коневодством, обслуживанием извозов и постоялыми дворами, производством и переработкой сельхозпродукции, садоводством. В нем было 70

магазинов и торговых лавок, более 30 трактиров и домашних столовых. Мощеные улицы освещались 80 керосиновыми фонарями [1].

Уровень культуры и образованности населения Свияжска был достаточно высок. В городе функционировали три школы: городская, приходская, иконописная; работали три училища: ремесленное мужское, ремесленное женское и духовное при Успенском монастыре. В детском приюте дети из бедных семей, помимо образования, получали первичные навыки ремесла: мальчишки – переплетного дела, девочки – рукоделия.

Упадок Свияжска начался в 1924 году – монастыри были упразднены советской властью, на их территориях были организованы совхозы. В 30-х годах было разрушено 6 церквей. До 1953 года на территории Успенского монастыря размещались учреждения ГУЛАГа, до 1993 года – психоневрологический диспансер.

Самыми трагическими стали 1953-1957 годы, когда город затапливался Куйбышевским водохранилищем. Жителей вынуждали покидать родные места, было вывезено 18 организаций. С появлением изолированности острова до 2-2,5 месяцев в году обозначилась устойчивая тенденция окончательного разрушения ранее хорошо сложенной хозяйственно-экономической жизни. Резкое падение интенсивности использования территории города, когда плотность населения упала по сравнению с 1953 годом в 10 раз, искусственное уничтожение застройки в 1953-1957 годы, исчезновение городских функций и образа жизни привело к перерождению городской среды в сельскую. Вместе с утратой 6 уникальных памятников церковной архитектуры это значительно снизило ценность культурного ландшафта и почти полностью уничтожило социум Свияжска.

Оживление процесса возрождения Свияжска, происходящее сегодня, актуализирует исследования по выявлению возможностей этого комплексного объекта, с помощью которых можно не только возродить социум, но и сделать его общность с культурным и природным наследием мировым достоянием.

Сегодня отраслевой подход к наследию, жестко разделяющий природу и культуру и предлагающий различные системы сохранения их основных ценностей, в значительной мере себя исчерпал. С начала 1990-х годов в мире особое внимание уделяется культурным ландшафтам как особому типу наследия. В руководящих документах ЮНЕСКО по применению Конвенции о Всемирном наследии появляется понятие «**культурный ландшафт**», который понимается как результат совместного творчества человека и природы.

В исследованиях РНИИ культурного и природного наследия имени Д.С. Лихачёва (Ю.А. Веденин, М.Е. Кулешова, Р.Ф. Туровский) **культурный ландшафт** рассматривается как «...совместное произведение человека и природы, представляющее собой сложную систему материальных и духовных ценностей, обладающих высокой степенью экологической, исторической и культурологической информативности». Культурный ландшафт – это «...природно-культурный территориальный комплекс, сформировавшийся в результате эволюционного взаимодействия природы и человека, его социокультурной и хозяйственной деятельности и состоящий из характерных сочетаний природных и культурных компонентов, находящихся в устойчивой взаимосвязи и взаимообусловленности» [2].

В 2000-е годы ученые Казанского государственного архитектурно-строительного университета В.Н. Куприянов, Т.П. Копсова и И.Н. Агишева разработали модель детальной комплексной оценки сложных социо-природно-культурных объектов. Потенциал культурного ландшафта рассматривается ими как модельная структура, состоящая из трех элементов: группы дифференцированных качеств (художественно-эстетические, социокультурные и природные качества); группы интегрированных качеств; уровней значимости (рангов) [3].

Согласно Е.Д. Андреевой из РНИИ культурного и природного наследия им. Д.С. Лихачева, еще одной важной составляющей культурного ландшафта является «**звуковой ландшафт** – целостная акустическая среда, свойственная той или иной культурной территории. Это совокупность звуковых реалий, сопровождающих повседневную жизнедеятельность человека, которая характеризует каждый определенный тип культурной территории» [4].

Звуковой ландшафт – одна из форм выражения **нематериального культурного наследия**, неразрывно связанного с социумом культурного ландшафта: «устных традиций, включая язык в качестве носителя нематериального культурного наследия; исполнительского искусства; обычаев, обрядов, празднеств; знаний и обычаев, относящихся к природе и вселенной; знаний и навыков, связанных с традиционными ремеслами» [5].

Очевидно, что возрождение культурного ландшафта Свияжска невозможно без возрождения разрушенного и деградированного социума. Для полноценной жизнедеятельности социума необходимо возрождение утраченной материальной основы быта. Сегодня этим процессом начал заниматься Республиканский Фонд возрождения памятников истории и культуры РТ «Возрождение» под руководством первого президента Республики Татарстан М.Ш. Шаймиева.

Кроме материальной стороны жизни людей, есть еще и не менее важная нематериальная. Государственным историко-архитектурным и художественным музеем «Остров-град Свияжск» разрабатывается концепция создания Этнографического комплекса на острове, основная задача которого – возрождение и развитие материального и нематериального социокультурного наследия Свияжска и передача его следующим поколениям.

В зарубежной практике существуют разные формы демонстрации этнокультурного наследия:

- этнографические музеи, парки-музеи и музеи-заповедники под открытым небом, в которых собраны традиционные здания, перевезенные из других мест без организации проживания туристов на территории (например, Эстонский государственный парк-музей под открытым небом Рокка-аль-Маре (1957 год) [6], Латвийский этнографический музей под открытым небом (Рига, 1928 год) (рис. 3) [7], Приморский музей под открытым небом, посвященный сохранению истории рыболовства (Вентспилс, Латвия, 1954 год) [8], Парк-музей Skansen (Стокгольм, Швеция, 1891 год) [9], Музей деревни Орава в Словакии [10] и др.);

- так называемые «этнографические деревни» (ethno village), «исторические деревни» (historical village), «деревни наследия» (heritage village), некоторые из которых рассчитаны на длительное пребывание туристов с организацией проживания на территории. При этом здания в таких объектах как традиционные, перевезенные из других районов, так и воссозданные (например, Этнографическая деревня Станишки (Босния и Герцеговина) [11], комплекс Музея старинных народных промыслов и технологий «Дудutki» (Белоруссия, Минская область) [12], Швейцарская историческая деревня (New Glarus, Wisconsin) [13], Усадьба пономаря или отель Klockargerden (Тдллберг, Швеция) (рис. 1) [14] и другие).

В России этнографическое наследие экспозиционируется, в основном, в этнографических музеях (Российский этнографический музей (Санкт-Петербург); Музей истории художественных промыслов (Нижегородская область); Ненецкий краеведческий музей (Ненецкий автономный округ); Историко-этнографический музей-заповедник «Шушенское» (Краснодарский край); Иске-Казанский государственный историко-культурный и природный музей-заповедник (Республика Татарстан); Историко-этнографический музей-заповедник «Ялкала» (Ленинградская область); Раздорский этнографический музей-заповедник (Ростовская область); Ибресинский этнографический музей под открытым небом (Республика Чувашия); Архитектурно-этнографический музей-заповедник «Лудорвай» (Республика Удмуртия) и другие).

Однако в последние годы в нашей стране появляются интерактивные развлекательные этнографические центры и этнографические деревни, соответствующие зарубежным аналогам.

Примером организации этнографической деревни с проживанием туристов является «Русская деревня Шуваловка» (Санкт-Петербург) [15]. На территории деревни расположены: гостиница, кузница, гончарная и ремесленные мастерские, ресторан, крестьянская изба, русская баня и театр водки.

В культурно-развлекательном комплексе «Кремль в Измайлово» (Москва) [16] (рис. 2) экскурсию в прошлое помогают совершить музеи, расположенные на территории комплекса (Музей истории водки, Музей русского костюма, Музей русской игрушки), ветряная мельница, гончарная, ткацкая и кузнечная мастерские с возможностью обучения ремеслу. Проживание туристов на территории комплекса не предусмотрено.

«Чтобы оставаться частью культурного наследия, нематериальные объекты должны быть включены в актуальную культуру, все время воспроизводиться; должны действовать механизмы ретрансляции наследия от поколения поколению – т.е. должна осуществляться актуализация нематериального наследия. Необходимое условие воспроизведения объектов нематериального наследия – наличие посредника, человека, живого "носителя традиции"» [17].

Знания и навыки, связанные с традиционными ремеслами и промыслами, актуализируются через мастера-ремесленника. Сегодня можно выделить следующие формы архитектурно-пространственной организации процессов передачи нематериального наследия:

- мастер-классы на открытом воздухе при проведении Дней ремесленников, ярмарок (например,

ежегодная Спасская ярмарка в Елабуге, ежегодная ярмарка ремесленников в Латвийском этнографическом музее под открытым небом и др.);

- мастерские при музеях (например, золотошвейная мастерская при Национальном музее Республики Татарстан; кузницы в Рижском этнографическом музее; планируется создать «территорию ремесел» в Историко-этнографическом музее «Усадьба Гальских» в г. Череповец и др.);

- мастерские в «этнографических деревнях», «исторических деревнях», «деревнях наследия» (например, гончарные, ткацкие, деревообрабатывающие мастерские, мастерская соломоплетения, кузница, пекарня, сыродельня и другие мастерские в Музее старинных народных промыслов и технологий «Дудутки» в Белоруссии; пекарня, гончарная, стеклодувная, столярная мастерские, типография и кузница в Парке-музее Skansen и др.);

- мастерские в «деревнях ремесел» (например, в деревне ремесел Та'Дбиги (Мальта) представлены кружевоплетение, хлопковые или шерстяные свитера ручной вязки, стекло [18]; деревня ремесел Та'Али (Мальта) – это идеальное место для того, чтобы купить керамику, ювелирные украшения, вязаные, гончарные изделия, увидеть, как стеклодувы выдувают стекло, понаблюдать за работой других ремесленников [19]);

- ремесленные школы, кружки народных художественных ремесел и промыслов (например, в Латвии с 2009 года работает Школа традиционных навыков, где Государственное агентство нематериального культурного наследия Латвии организует обучение резьбе ложек, литью свечей, лепке глиняных горшков, ковке сакты. В этих мероприятиях принимают участие как местные жители, государственные деятели, так и туристы [20]. В Новгородской области (г. Старая Русса) с 1997 года работает Центр художественных народных промыслов и ремесел, где обучают гончарному делу, плетению из лозы, традиционной вышивке, вязанию, ткачеству, лоскутному шитью, плетению из бересты [21]).

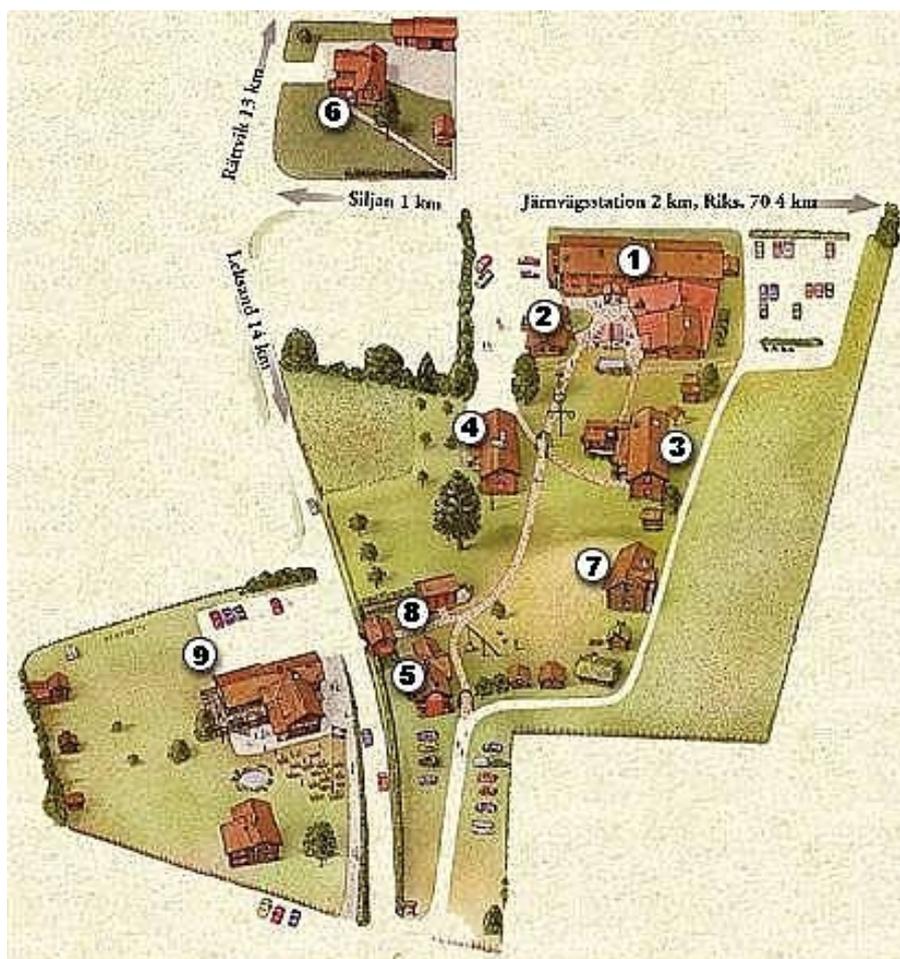


Рис. 1. Усадьба пономаря или отель Klockargården (Tallberg, Швеция) [14]

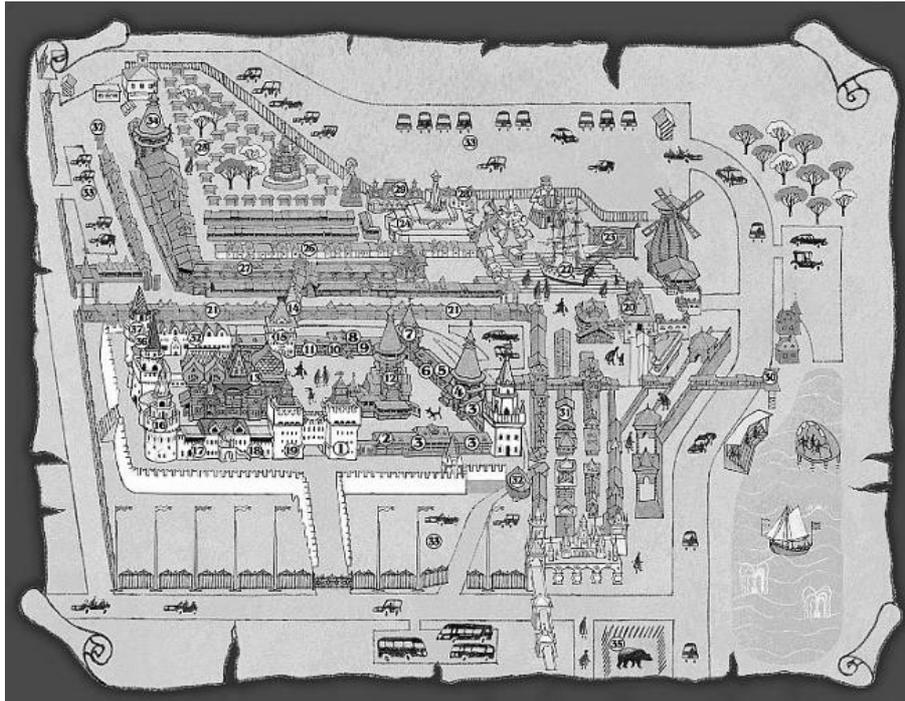


Рис. 2. Кремль в Измайлово [16]



Рис. 3. Латвийский этнографический музей под открытым небом в Риге [7]



Рис. 4. Керамические изразцы, выполненные учащимися Свяжской средней школы. Фото автора

Выбор видов ремесел для мастерских необходимо осуществлять на основе исторического обоснования; наличия мастеров, владеющих традиционными ремесленными техниками, и с учетом востребованности ремесел со стороны туристов и местных жителей;

Как указывается в «Писцовых книгах», в XVI веке свияжский торг на посаде насчитывал 254 торговых помещения, для привозной торговли имелся гостиный двор, а на торговой площади в центре крепости, которая по задумке строителей должна была выполнять роль общегородского центра, существовало всего четыре торговые лавки. Поэтому площадь получила название «Ленивый торжок».

Ремеслами было занято 226 человек [3]. В XVI – начале XVII веков в Свяжске существовало до 60 видов ремесел: скорняжное ремесло, сапожное дело, выпечка хлеба, калачей, пирожков, производство кваса, круп, солода, кузнечное и ювелирное ремесло, плотницкое и столярное дело, гончарное и керамическое производство, изготовление печей и т.д. В XIX – начале XX века наиболее доходным для жителей были рыболовство и охота, плетение сетей.

Сегодня примером сохранения исторической памяти, нематериального культурного наследия, так необходимых для возрождения традиционных ремесел и промыслов на острове, является выпечка «палишек» – изделий из теста, напоминающих пончики, и изготовление свияжскими детьми керамических глазурованных изразцов по древним аналогам (рис. 4).

Предполагается, что Этнографический комплекс будет демонстрировать культуру быта свияжцев и традиционные для Свияжска ремесла и промыслы в интерактивном режиме. При этом мастерские ремесленников исторически обоснованно расположить в посаде. Предлагается организация экскурсий по ремесленным мастерским; вовлечение посетителей в процесс производства; проведение мастер-классов, обучающих, познавательных и игровых программ по празднично-обрядовой и ремесленно-бытовой культуре; выставка-продажа сувенирной продукции и предметов быта, выполненных в традиционных техниках; организация фестивалей ремесленников, ярмарок, традиционных праздников, народных гуляний. Также на базе ремесленных мастерских планируется организация научно-практической работы по освоению забытых старинных ремесленных техник.

Таким образом, Этнографический комплекс будет выполнять важную роль культурно-духовного воспитания гостей (туристов) и коренного населения, помогать более глубокому осознанию, особенно среди молодых поколений, важности как материального, так и нематериального культурного наследия. Нынешние дети Свияжска, осваивая навыки ремесел, изучая забытые фольклорные традиции, праздники, обряды, являются носителями нематериального культурного наследия, на них основывается идея возрождения социума Острова-града как части культурного ландшафта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Социально-экономическое, экологическое и архитектурно-художественное возрождение Острова-града Свияжск. Базовые исходные данные, информация и предложения для разработки государственной федеральной целевой комплексной программы. – Казань, 1998. – 59 с.
2. Веденин Ю.А., Кулешова М.Е. Культурные ландшафты как категория наследия // UNESCO. URL: <http://heritage.unesco.ru/index.php?id=101&L=9> (дата обращения 2.09.2009).
3. Куприянов В.Н., Копсова Т.П., Агишева И.Н. Свияжск: Монография. – Казань, 2005. – 416 с., илл.
4. Андреева Е.Д. К проблеме звукового ландшафта в антропологическом кино. Российский фестиваль антропологических фильмов. URL: http://rfaf.ru/rus/library/24_b327_view_p1 (дата обращения 12.09.2009).
5. Конвенция ЮНЕСКО «Об охране нематериального культурного наследия», 2003.
6. Каникулы в музее Рокка-аль-Маре // Газета «Молодежь Эстонии». 18.03.2009. URL: <http://www.moles.ee/09/Mar/18/11-2.php> (дата обращения 21.10.2010).
7. Латвийский этнографический музей под открытым небом в Риге // Официальный Латвийский туристический портал. URL: <http://www.latvia.travel/ru/latviiskii-etnograficheskii-muzei-pod-otkrytym-nebom-v-rige> (дата обращения 21.10.2010).
8. Вентспилс. URL: http://www.tourism.ventspils.lv/uploads/krievu_2010.pdf (дата обращения 21.10.10).
9. The Town Quarter // Skansen.se. URL: <http://www.skansen.se/en/grid/town-quarter> (дата обращения 21.10.2010).
10. Museum of the Orava Village – Open-air museums & popular architecture // Slovakia.travel. URL: <http://www.slovakia.travel/entitaview.aspx?l=2&smi=108050&ami=108050&llt=1&idp=5522> (дата обращения 8.12.2009).
11. <http://www.etno-selo.com/village.htm> – сайт этнографической деревни Станишки в Боснии и Герцеговине на 1.12.09.
12. Музей старинных народных промыслов и технологий «Дудутки» // Музей. URL: <http://dudutki.by/museum.html> (дата обращения 20.01.2010).
13. Welcom to the New Glarus Swiss Historical Village and Museum. URL: <http://www.swisshistoricalvillage.org/welcome.htm> (дата обращения 8.12.2009).
14. Hotell Klockargarden. URL: <http://www.klockargarden.com/english/index.htm> (дата обращения 28.01.2010).
15. Шуваловка.ру. URL: <http://www.russian-village.ru> (дата обращения 31.01.2009).
16. Кремль в Измайлово. URL: <http://kremlin-izmailovo.com/Schema> (дата обращения 10.12.2009).
17. Нематериальное культурное наследие // Российская музейная энциклопедия. Словарь терминов. URL: <http://www.museum.ru/rme/dictionary.asp?31> (дата обращения 21.10.2010).
18. Деревня ремесел Та'Дбиги // Официальный туристический сайт Мальты, Гозо и Комино. URL: <http://www.visitmalta.com/ta-dbiegi-crafts-village?l=9> (дата обращения 21.10.2010).
19. Деревня ремесел Та'Али // Официальный туристический сайт Мальты, Гозо и Комино. URL: <http://www.visitmalta.com/ta-gali-craft-centre?l=9> (дата обращения 21.10.2010).
20. Древние ремесла // Официальный Латвийский туристический портал. URL: <http://www.latvia.travel/ru/drevnie-remesla> (дата обращения 21.10.2010).
21. Центр художественных народных промыслов и ремесел. URL: <http://www.vizitrusa.ru/chnpir.html> (дата обращения 09.09.2010).

УДК 711.14.01

Бражников К.А. – начальник архитектурно-планировочного управленияE-mail: protvino@arumo.ru**Государственное предприятие «Архитектурно-планировочное Управление Московской области» (по г. Протвино)**

ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ МАЛЫХ И СРЕДНИХ ПОСЕЛЕНИЙ В СИСТЕМЕ МОСКОВСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

АННОТАЦИЯ

Рассматривается проблема взаимосвязанного градостроительного развития Московской агломерации, малых и средних городов, расположенных в зоне ее влияния. Прослеживается история формирования Московской агломерации на протяжении XX столетия. Особое внимание уделено процессам преобразований территорий и поселений последних лет, в ходе становления рыночной экономики.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: рост поселений, трудовые миграции, система расселения, территориальное планирование, система транспортных коммуникаций, места приложения труда.

Brazhnikov K.A. – chief of the city planning management**State organization «Architectural city planning management of Moscow region» (city Protvino)**

CITY PLANNING DEVELOPMENT OF SMALL AND MEDIUM SETTLEMENTS IN A SYSTEM OF MOSCOW AGGLOMERATION

ABSTRACT

It is considered the problem of interconnected city planning development of Moscow agglomeration and small and medium cities, located in its influence area. It is tracked the formation history of Moscow agglomeration during the XX century. Special attention is given to the territory and settlements transformation process of the last few years, during formation of market economy.

KEYWORDS: settlements growth, labour migrations, settling system, territory planning, transport communication system, labour places.

В XXI веке в России с принятием нового Градостроительного кодекса, Земельного и Лесного кодексов меняется подход к территориальному планированию, градостроительству и развитию систем расселения. В первую очередь, естественно, это затронуло Московскую агломерацию и поселения Московской области. Именно в этот период происходит очередной сдвиг в дальнейшем развитии новых форм организации города и систем расселения.

Основное развитие населенных мест Московии приходится на XII-XIV век, когда на рубежах отстраивались крепости для защиты с основных направлений – с юга, запада и севера от возможных вторжений. Населенные пункты возникали или при монастырях, или крепостях. Оптимальный вариант – совмещение с торговлей. Примеры: Коломна – 1177 г., Можайск – 1231 г., Серпухов – 1328 г., Сергиев Посад – 1345 г. Причем в эти годы они стали городами, поселения же были основаны в этих местах ранее. Основная масса поселений была построена и развивалась после революции 1917 г. Это произошло в связи с размещением и развитием производств. Примеры: Орехово-Зуево – 1917 г., Мытищи и Щелково – 1925 г., Люберцы и Раменское – 1926 г. Небольшая часть поселений была образована как научные центры в послевоенные годы: Дубна – 1956 г., Зеленоград – 1963 г., Пущино – 1966 г., Протвино – 1989 г. Таким образом, все поселения, независимо от количества населения, можно разделить на три категории: 1 – исторически сложившиеся как крепости и центры торговли; 2 – производственные центры; 3 – научные центры – наукограды.

Как в исторических поселениях, так и в производственных центрах дальнейшее развитие зависело от размещенных производств. Вокруг производств росли рабочие поселки, которые со временем включали в границы поселений. Таким образом, увеличивалась площадь поселения и количество населения, преобразовывая и объединяя несколько рабочих поселков в город. Развивалось производство, развивалось и поселение. Однако статистика показывает, что интенсивнее развиваются поселения, приближенные к Москве. Население в этих поселениях растет

не за счет естественного прироста, а за счет миграции населения. Поселения за Малым Бетонным кольцом (МБК) сокращаются в численности из-за закрытия производств и оттока населения в поисках работы. Единственный выход для таких поселений – размещение новых производств и реорганизация старых. Основной прирост населения поселений Московской агломерации приходится на начало 1990-х годов. Это объясняется тем, что, во-первых, усилилась трудовая миграция населения после распада СССР, во-вторых, начали работать федеральные программы переселения северян, военных. Причем строительного бума еще не было, он начался позже.

С середины 1990-х годов стало стремительно развиваться и реконструироваться строительное производство. В поселениях МО началось строительство жилья в соответствии и не в соответствии с утвержденными ранее генпланами. Застройка велась как точно, так и микрорайонами и кварталами. В первую очередь жилье строилось в коммерческих целях, а не для улучшения жилищных условий населения. Квартиры покупали и покупают в основном мигранты. В результате – прирост населения в поселениях, прилегающих к Москве и в целом по области, исключая наиболее отдаленные районы. Кроме того, с ростом благосостояния населения в ближнем Подмосковье начинается строительство поселков коттеджей и таунхаусов.

Наиболее распространены в Московской области городские поселения – малые. Наукограды Подмосковья, как правило, малые городские поселения.

Что касается сельских поселений, то с укрупнением поселков центральных усадеб колхозов и совхозов и застройкой их 3-5-этажными домами в 1950-х годах многие сельские населенные пункты были объявлены «бесперспективными» и обреченными на вымирание. В лучшем случае, они становились местами сезонного проживания.

Наиболее характерным для Московской области стало размещение малоэтажного строительства на земельных участках, расположенных в границах или в непосредственной близости от сельских населенных пунктов. Однако ожидаемой интеграции новой застройки в сложившуюся структуру поселений не произошло. Это было обусловлено социальными различиями и разницей в уровне экономических возможностей постоянно проживающих сельских жителей и новых застройщиков.

На сегодняшний день в Подмосковье образуются в основном коттеджные поселки и «частные» города. Если в начале прошлого века малые и средние поселения образовывались вдоль радиальных магистралей, то в настоящее время застраиваются межселенные и резервные территории, что приводит к поглощению сельских поселений поселками и городами. Кроме того, это привело к срастанию городов и поселков по радиальным направлениям автомобильных и железнодорожных магистралей.

Надо отметить, что системы расселения развиваются крайне стохастично. В настоящее время сама система расселения – это стохастично непредсказуемая система, степень влияния на нее минимальна, а основной ее особенностью является саморазвитие.

Рассматривая принцип стохастичности с точки зрения реализуемости развития, можно отметить: степень реализации генерального плана, являющегося конечной моделью, для малого города 50-60 %, среднего 30-40 %, для системы расселения еще более низкий. Это, конечно же, относится ко всем агломерациям, но в Московской – наиболее ярко выражено. Так как решения в настоящее время принимаются местными органами самоуправления, земли в основном проданы, оказывать влияние на развитие практически невозможно.

В Московской области на 2006 год насчитывалось 80 городов (не учитывая городов Москвы с подчиненным ей Зеленоградом и Сходни, вошедшей в состав Химок в 2004 году), 16 из них имеют население свыше 100 тыс. человек. Три крупнейших города по численности населения – Балашиха (192,8 тыс.), Химки (186,2 тыс.) и Подольск (182,4 тыс.). Большая часть городов имеет население от 10 до 50 тыс. человек. Самым маленьким городом области является Верея в Наро-Фоминском районе. Ряд городов Московской области был ликвидирован ещё в советский период путем включения их в состав более крупных соседних городов (бывшие города Ивановково, Новокаширск, Щурово, Костино, Кусково), либо путем их объединения с Москвой – города Перово (с вошедшим в его состав городом Кусково), Бабушкин, Кунцево, Люблино, Тушино, Солнцево. Некоторые города Московской области (например, Покров или города Мосбасса) были переданы в состав соседних областей. Наиболее интенсивно образование городов шло в 1938-1940 гг. Последним статус города получили Голицыно, Кубинка и Московский (2004 г.); некоторые города выделены из состава других городов (Юбилейный, Пересвет). На территории области имеется 5 ЗАТО (закрытое административно-территориальное образование), только одно из них является городом (Краснознаменск).

С 2006 г. на территории Московской области 378 муниципальных образований, из них 36 городских округов, 36 муниципальных районов, 114 городских поселений, 192 сельских. В октябре 2009 года образованы два новых городских округа: посёлки Власиха (ЗАТО) и Звёздный городок (ЗАТО). В частности, на территории Балашихинского района было создано 1 муниципальное образование – городской округ Балашиха. Также на территории Домодедовского административного района создан городской округ Домодедово, при этом посёлки городского типа включены в черту города, а ранее существовавшие на территории района 9 сельских округов ликвидированы и 148 сельских населённых пунктов подчинены непосредственно администрации городского округа. Химкинский район преобразован в городской округ Химки, при этом все города, посёлки городского типа и сельские населённые пункты были включены в городскую черту. На территории Московской области существует два типа посёлков – дачные посёлки и посёлки городского типа; первые более многочисленны. Численность населения некоторых посёлков превышает 20 тыс. человек; крупнейшим посёлком является Нахабино (население 32 тыс. человек), за ним следует Томилино (29 тыс. человек).

**Населённые пункты с количеством жителей свыше 20 тысяч
по состоянию на 1 января 2009 года**

Балашиха	▲ 192,8	Климовск	▲ 56,0
Химки	▲ 186,3	Видное	▲ 54,6
Подольск	▲ 182,4	Фрязино	▲ 53,0
Королёв	▲ 175,4	Лыткарино	▲ 52,0
Мытищи	▲ 164,3	Дзержинский	▲ 44,8
Люберцы	▲ 158,9	Кашира	▼ 39,3
Коломна	▲ 148,4	Протвино	▲ 37,2
Электросталь	▲ 146,3	Троицк	▲ 36,8
Одинцово	▼ 128,0	Юбилейный	▲ 32,5
Железнодорожный	▲ 125,3	Истра	▼ 32,1
Серпухов	▼ 123,4	Нахабино	▲ 33,3
Орехово-Зуево	▼ 121,6	Краснознаменск	▲ 32,3
Ногинск	▼ 115,6	Луховицы	▼ 31,9
Щёлково	▲ 113,9	Щербинка	▲ 31,7
Сергиев Посад	▼ 107,5	Шатура	▼ 31,0
Жуковский	▲ 104,4	Ликино-Дулёво	▼ 31,0
Красногорск	▲ 100,9	Можайск	▼ 30,5
Пушкино	▲ 98,3	Томилино	▲ 29,3
Воскресенск	▲ 91,1	Дедовск	▲ 27,9
Домодедово	▲ 88,2	Красноармейск	▲ 26,2
Раменское	▲ 83,2	Кубинка	▲ 26,2
Реутов	▲ 82,7	Озёры	▼ 25,9
Долгопрудный	▲ 82,3	Зарайск	▼ 24,0
Клин	▼ 80,9	Калининец	▼ 23,9
Чехов	▲ 73,6	Волоколамск	▼ 23,9
Наро-Фоминск	▲ 71,6	Лосино-Петровский	▲ 22,3
Лобня	▲ 69,5	Старая Купавна	▲ 21,3
Егорьевск	▼ 66,7	Росаль	▼ 21,1
Ступино	▼ 66,1	Электрогорск	▲ 20,9
Дмитров	▲ 62,9	Электроугли	▲ 20,6
Дубна	▲ 62,5	Черноголовка	▲ 20,5
Павловский Посад	▲ 61,6	Котельники	▲ 20,4
Солнечногорск	▼ 56,6	Пушино	▲ 20,2
Ивантеевка	▲ 56,4	Красково	▲ 20,1

В настоящее время новые поселения возникают лишь как коттеджные поселки на новом месте, либо в существующей системе расселения достраиваются кварталы или микрорайоны. Исключение составляют так называемые «частные города».

Частные города – новые территориальные образования. Расположены в близлежащих к Москве районах. На сегодняшний день заявлено пять таких образований: город «Рублево-Архангельское» компании «Нафта-Москва» на 30000 жителей. «Большое Домодедово» компании «Коалко» на 450000 жителей, «А-101» компании «Масштаб» на 300000 жителей, «Светлый город», как микрорайон города Электроугли на 40000 жителей и город на Киевском шоссе греческой компании «Michaniki Group» на 35000 жителей.

Если разобраться со статистикой роста населения, то видно, что численность падает в основном в городах и районах, удаленных от Москвы. Посмотрев на уточненные данные по годам, понятно, что численность к 2000 году упала везде, но за последние лет пять произошла стабилизация численности более-менее на одном уровне. На сегодняшний день сложилась интересная картина развития ближнего Подмосковья. До малого бетонного кольца это практически Москва. В Москву едут за заработками не только жители Подмосковья, но и из других регионов, причем многие устраиваются на работу по так называемой «вахтовой схеме». Дачные и коттеджные поселки имеют характер второго жилья. Это явление в тех масштабах, которые оно приобрело в Подмосковье, в мировой практике аналогов не имеет. Жители Москвы пенсионного возраста живут в Подмосковье, сдавая свое жилье в аренду мигрантам. Трудоспособная часть населения ездит в Москву на работу, что не улучшает транспортной ситуации. Такое будет продолжаться до тех пор, пока финансовая ситуация столицы, Подмосковья и других регионов не выровняется. Тогда отпадет необходимость поиска больших заработков в центре.

Размещение новых производств в различных районах Подмосковья уже приводит к улучшению налоговой и заработной составляющих бюджета. Примеры: «Данон» – в Чеховском районе, «Марс» – в Ступинском. Здесь надо избежать одной большой ошибки: не размещать производства одной сферы деятельности и не останавливаться на одном производстве. Иначе может повториться кризис всех моногородов, когда производство становится или не нужным, или не финансируемым. В этом случае все идет по накатанному пути. Население остается без работы, жилье дешевеет, начинается отток трудоспособной части в центр. Жилье в этом случае покупают или мигранты из более удаленных областей, или жители столицы. Развития в этом случае никакого. На сегодняшний день надежды местных властей на то, что владельцы вновь размещаемых производств будут вкладывать деньги в развитие инфраструктуры и жилья, не оправдываются. Инвесторы предпочитают работать или с местными трудовыми кадрами, уже обеспеченными жильем, или с мигрантами по вахтовой схеме. Поэтому население многих сельских поселений уже нельзя по характеру деятельности отнести к сельскому, так как оно работает на производствах. Строительство по программам переселения тоже не улучшает ситуации. Даже при наличии развитой инфраструктуры для переселенцев нет рабочих мест. Поиск их переносится ближе к центру, где заработная плата выше. Результат – все это приводит к увеличивающейся нагрузке транспортной схемы. Дорогами в основном пользуются и будут пользоваться едущие к месту работы и с работы, то есть в центр и из центра. Что касается строительства и развития поселений, то остается существующая практика. Строят жилье по ипотеке или на кредиты, взятые в банках. В связи с кризисом многие банки или прекратили кредитование, или увеличили процентные ставки. Результат – остановка строительства. Если учесть, что в связи с кризисом областные программы практически не работают из-за недостатка финансирования, то почти все сданное на сегодня жилье не поддерживается никакой инфраструктурой. Поэтому, прежде чем говорить о развитии поселений, надо решить вопросы в первую очередь экономические и социальные, не говоря об экологических. Нужно затронуть и тему территориального планирования и генпланов. На сегодня при наличии утвержденной схемы лишь четыре поселения имеют утвержденные генпланы. О правилах землепользования и застройки можно не говорить. У бюджетов просто нет финансов на их разработку в условиях кризиса. Поэтому руководствуются утвержденными и действующими генпланами со времен соцреализма. Если учесть, что нормы проектирования устарели и отстали от жизни, то понятно, как развивается большинство поселений.

Надо отметить, что земли в Подмосковье проданы все, за исключением земель Гослесфонда, и, если покупаются, то на вторичном рынке. Если посмотреть на повсеместную продажу земель и на перевод их из одной категории в другую, то обнаружится, что земли в пределах МБК и за его пределами в основном – земли поселений и никаких земель сельхозназначения просто нет. А если есть, то под размещение садоводческих товариществ, которые и размещают, но снабжают всеми жизнеобеспечивающими коммуникациями, вплоть до газа. После строительства таких «товариществ» жители имеют полное право на оформление постоянного места жительства. Правда, небольшой нюанс, такие «товарищества» не имеют никакой инфраструктуры, если расположены в чистом поле, или надеются пользоваться существующей, если расположены на границе какого-либо сельского поселения. И тот, и другой вариант являются «полной неожиданностью» для властей на местах. Так что в этом аспекте, в связи с законностью или незаконностью постройки некоторых поселков, возникает масса вопросов. Зачастую это вопросы к уже отошедшему от дел руководству, которое узаконило многое или продало земли, после чего, проиграв очередные выборы, – ушло. Пришедшая на смену администрация оказывается перед фактом существования массы поселков, жители которых требуют от властей прописки, строительства инфраструктуры, транспортного обеспечения.

Что касается земель промышленности, в основном на них размещаются Логистические терминалы, или Технопарки, но зачастую это земли, окруженные со всех сторон или землями поселений, или землями Гослесфонда. Это накладывает определенные ограничения на размещение производств, путей подъезда, объездов, выходов на трассы. Поэтому площадки не проработаны по техническим условиям, как по транспортным, так и энергоснабжающим. Зачастую предполагаемые инвесторы просто покупают землю, чем дальше от Москвы, тем дешевле, и встают перед фактом невозможности ее использования под желаемые цели. В лучшем случае начинают решать вопросы размещения производства, путей подъезда и подключения коммуникаций и отодвигают строительство на 2-3 года. При таком подходе и при кризисе строительство и развитие производств будет начинаться в лучшем случае в 2012 году.

Правительство Москвы в начале века выступило с предложением вывода всех производств за МКАД. Многие собственники производств начали скупать землю в области под переезд, некоторые – перевели производства. Процесс продолжается. После 2005 года взяли другое направление – переезд москвичей в 40 км зону, в так называемые «частные» города. Дальше вмешивается политика интересов между столицей и областью. Ясно, что такая политика не устраивает область.

Анализируя сложившуюся обстановку, можно выделить ряд проблем, возникших в настоящее время, и без их решения дальнейшее развитие как малых, так и средних поселений затруднительно, не говоря о территориальном планировании:

1. Отсутствие финансовых средств на разработку новых генпланов, так как при новом административном делении не каждое городское или сельское поселение может себе это позволить.
2. Повсеместная продажа земель привела к тому, что проектирование генпланов сводится к изучению прав собственников земель и решению противоречий между ними и проектными предложениями.
3. Невозможность дальнейшего развития поселений в силу неизменности их границ, так как многие поселения переходят одно в другое и территориально ограничены со всех сторон.
4. Проблема коллективных садов, трансформирующихся в коттеджные поселки, а также вновь построенные жилые комплексы, не поддержанные инфраструктурой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трухачев Ю.Н. Общая теория градостроительных систем. – Ростов-на-Дону, 2006.
2. Спиридонов В.Ю. Агломерационные системы расселения. – Екатеринбург: УралГАХА, 2009.
3. Схема территориального планирования Московской области. Основные положения градостроительного развития.

4. Закон Московской области «Об областной целевой программе. Разработка Генерального плана развития Московской области на период до 2020 года».
5. Методические рекомендации по подготовке местных нормативов градостроительного проектирования. Распоряжение Главархитектуры Московской области от 23.03.2009 г. № 14А.
6. Методические указания по составу, порядку подготовки, согласования и утверждения документов территориального планирования муниципальных образований Московской области. Распоряжение Главархитектуры Московской области от 08.07.2009 г. № 26.
7. Википедия. Московская область. [Электронный ресурс]. URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%B4%D0%BC%D0%BE%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D1%8C%D0%B5/>.

УДК 711.14.01

Дембич А.А. – кандидат архитектуры, профессор

E-mail: grado@kgasu.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

О ВОЗМОЖНЫХ ТРАНСФОРМАЦИЯХ МЕТОДОЛОГИИ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ В РОССИИ

АННОТАЦИЯ

В последние годы разработаны и утверждены генеральные планы многих крупных городов России, в том числе и Казани. Мониторинг их реализации показывает, что реальное строительство и преобразование территорий не соответствуют (или соответствуют в незначительной степени) идеям, заложенным в генеральные планы. Причина – в устаревшей форме и стандарте содержания генеральных планов.

Необходим серьезный пересмотр методологии разработки градостроительной документации, их структуры и содержания. Возможными направлениями их трансформации – схем территориального планирования, генеральных планов поселений, проектов планировки территорий – являются:

- Существенное укрепление их социально-экономической основы через непосредственное включение в состав градостроительных проектов материалов стратегий развития территорий;
- Использование в методике разработки градостроительных проектов приемов «сценарного» планирования с построением экономически обоснованного четкого алгоритма реализации намеченных градостроительных мероприятий;
- Изменение текстовых и графических приемов подачи градостроительной документации, их структуры и содержания с целью адаптации этих документов к запросам и реальным потребностям ее пользователей (муниципальных властей, инвесторов, застройщиков).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: методология градостроительного планирования, генеральный план, управление развитием территорий, сценарное планирование, стратегия развития территории, алгоритм градостроительного развития, пользователи градостроительной документации.

Demich A.A. – candidate of architecture, professor

Kazan State University of Architecture and Engineering

ABOUT POSSIBLE TRANSFORMATIONS OF CITY PLANNING METHODOLOGY IN RUSSIA

ABSTRACT

During the last few years they were able to develop master plans for many big Russian cities, including Kazan. Their realization monitoring shows that real building and improvement of the territory does not correspond (or corresponds insignificantly) to the ideas, built into a project of a master plan. The reason – outdated form and standart of a city plan content.

It needs a serious revision in a city plan development documents methodology, their structure and content. Possible ways of transformation of territory planning schemes, settlement master plans, territory planning projects are:

- Considerable consolidation of their social-economical basement through direct inclusion of the territory development strategy materials into city planning projects;
- Usage of «scenario» planning approach with building of economically based accurate algorithm of a marked city planning measures realization in methods of city planning;
- Changes in texts and graphical presentation approach of a city planning documentation, their structure and content with a purpose to adopt these documents to requests and real user needs (local government, investors, developers).

KEYWORDS: city planning methodology, master plan, territory development management, «scenario» planning, territory development strategy, city planning development algorithm, users of city planning documentation.

Выход из экономического кризиса 1998 г. и последующее десятилетие бурного роста экономики в нашей стране вызвали к жизни волну разработок градостроительных проектов. Наконец-то был прерван многолетний проектно-градостроительный «застой», чему немало способствовало и появление в том же году первого «Градостроительного кодекса РФ», а двумя годами позднее (в 2001 г.) – «Земельного кодекса РФ».

Благодаря появлению этих важнейших правовых документов, в России, недавно вступившей на путь построения рыночной экономики, реально заработал долгожданный рынок недвижимости.

Заметный толчок в процессах активизации проектной градостроительной деятельности сыграла и принятая в сентябре 2001 г. Федеральная целевая программа «Жилище» на 2002-2010 годы (Постановление Правительства РФ № 675 от 17.09.01 г.). Появилась правовая база, обозначились конкретные мотивы, а значит, возможность и явная необходимость заниматься градостроительным проектированием. В результате этих событий во многих регионах и городах России развернулась работа над схемами территориального планирования (СТП), генеральными планами поселений (ГП) и проектами планировки территорий (ППТ).

Не остался в стороне от этих процессов и Татарстан – здесь в 2002 г. было принято Постановление КМ РТ № 329 от 11.06.02 г. «О соблюдении градостроительной дисциплины и разработке градостроительной документации на территории РТ». В рамках мероприятий по реализации этого постановления в республике была подготовлена программа и график разработки градостроительной документации для районов, городов и других типов поселений на 2002-2006 гг.

Хотя вышедший в декабре 2004 г. новый Градостроительный кодекс РФ несколько скорректировал ситуацию, введя ограничения прав муниципалитетов на осуществление строительной деятельности при отсутствии у них утвержденной градостроительной документации (вследствие этого от проектов детальной планировки пришлось временно отказаться в пользу разработки генпланов поселений), однако это только «подстегнуло» срочное «изготовление генпланов».

Как результат, к середине первого десятилетия XXI века (в основном – к 2005-2006 гг.) довольно многие крупные города России, в первую очередь, центры субъектов Федерации, обзавелись новыми генеральными планами.

Однако даже краткосрочный опыт попытки их реализации (2-3 истекших с момента их утверждения года) показал слабую практическую эффективность этих документов. Анализ ситуации с реализацией схем территориального планирования, генеральных планов поселений в Татарстане, Москве и Московской области, Калининградской области, Чувашии, Тверской области и Санкт-Петербурге показал, что данные проектные документы не являются для властных структур «руководством к действию». Обзор специальной периодики, информация, полученная от представителей органов архитектуры и градостроительства других регионов России, свидетельствуют об аналогичной ситуации и на других территориях, и в других городах страны.

Более того, действия по застройке территорий, практическая реализация конкретных муниципальных программ и проектов, осуществляемых в последние годы, происходят зачастую в заметном несоответствии, а иногда и в полном противоречии с утвержденными градостроительными проектными документами. Повседневной практикой становится внесение кардинальных изменений в уже утвержденные градостроительные документы «постфактум» – по факту уже реализуемых в застройке и не предусмотренных ранее строительных комплексов. Постоянной практикой стало внесение изменений и в Правила землепользования и застройки, что также говорит о недостаточной «жизнеспособности» большинства редакций этого документа.

Сложившаяся картина совершенно ясно дает понять, что уровень подготовки градостроительной документации, выполненный в последние годы, её содержательная основа не соответствуют современным жизненным реалиям.

По сути дела, вся разрабатываемая градостроительная документация носит сегодня «имитационно-инерционный» характер. Она лишь «по оглавлению» (списочному составу документов) и внешнему виду имитирует схожесть с реально востребованными градостроительными документами (зафиксированными в Градостроительном кодексе РФ) и рассчитана на рассмотрение и утверждение людьми, слабо просвещенными в градостроительстве, которые, в своей основе, и составляют депутатский корпус, а также представителей общественности, привлекаемых к участию в публичных слушаниях и в большинстве своем тоже плохо знающих проблему. А инерционный характер подобным проектам придает исповедуемый её авторами методический подход, по сути

компилирующий набор «штампов» градостроительной документации советского периода. Как правило, это слегка подновленная под требования сегодняшнего дня экстраполяция в будущее градостроительной документации, подготовленной на данную территорию в 70-80-е годы XX века. По сути дела, в схожем по форме с привычными образцами «генпланов прошедших дней» наборе карт и чертежей отсутствует главное – экономически обоснованная идея развития территории и алгоритм действий по реализации планируемого развития. В какой-то мере эта «имитация» вполне устраивает руководящие муниципальные структуры, привыкшие «осваивать» подведомственную территорию в «ручном режиме». Для этих структур утвержденная градостроительная документация нужна, в основном, для выполнения требований Градостроительного кодекса РФ, чтобы не лишиться прав распоряжаться земельными участками и иметь возможность выдавать строительные разрешения.

Однако в деле управления развитием городской системы, особенно крупной, «ручной режим» является крайне ненадежным способом, опирающимся, чаще всего, на интуицию и «здравый смысл» принимающих решения управленцев.

В этом отношении не лишне вспомнить, что ещё Ф. Энгельс когда-то писал, что если человек, задумав отправиться в путешествие, собирается при этом руководствоваться только «здравым смыслом», то лучше ему не переступать порога своей комнаты.

Другими словами, любое серьёзное дело, в котором можно столкнуться со многими непредвиденными обстоятельствами, требует тщательной подготовки, глубокого изучения всех обстоятельств детального и обоснованного планирования. Что тут говорить о крупных городских системах, степень неопределенности поведения которых, по мнению специалистов в области сложных систем, на порядок выше любой известной космической программы.

Конечно, не только «привычка» большинства современных управленцев надеяться на свой «здравый смысл» в деле управления городским развитием приводит к пренебрежению градостроительными разработками.

В отсутствие ясно обозначенных в этой проектной документации «ориентиров» развития, четко прописанного и обоснованного алгоритма этого развития, городское руководство просто не имеет реальной альтернативы «ручному режиму».

Строго говоря, согласно ст. 23 Градостроительного кодекса РФ «Положение о территориальном планировании», содержащееся в генеральных планах, должно включать в себя...» перечень мероприятий по территориальному планированию и указания на последовательность их выполнения (разд. 5, п. 2).

Более того, Градостроительный кодекс РФ содержит обязательное требование, предусматривающее подготовку специального «Плана реализации генерального плана поселения» (ст. 26), который должен быть подготовлен и утвержден главой муниципальной власти в течение трех месяцев после утверждения генплана.

Но непредусмотренная в законодательстве ответственность за отсутствие у муниципального образования (поселения, района) своего «Плана реализации генерального плана поселения» (впрочем, так же, как и просто неисполнение положений генплана), помноженная на полный вакуум действенных методических разработок и рекомендаций по структуре и содержанию подобного документа, в реалиях нашей действительности не стимулирует, да и просто не позволяет муниципальному руководству хоть как-то опереться на подготовленные проектные градостроительные документы.

Решительно заявленный сегодня курс Правительства России на модернизацию экономики нашей страны вряд ли может быть успешно реализован без серьезных преобразований и в сфере управления территориальным развитием, а значит, и в сфере подготовки градостроительной документации, методологически это развитие обеспечивающих.

На самом деле, за постсоветский период в российском градостроительстве уже накопился достаточно серьёзный пласт исследований и методологических разработок, использование которых вполне обоснованно позволяет надеяться на серьёзную трансформацию проектной градостроительной методологии.

В первую очередь, здесь можно обозначить три уже вырисовывающихся направления предстоящей трансформации методологии градостроительного проектирования.

Первое из них – необходимость включения в структуру проектной градостроительной документации (СТП, ГП, ППТ) материалов «стратегий комплексного развития территорий» как основы всех последующих преобразований проектируемой территории.

Вопрос совершенно не нов. Всем, хоть немного знакомым с опытом градостроительного проектирования советского периода, известно, что в основе практически всех градостроительных разработок того времени лежали выкладки и показатели пятилетних народно-хозяйственных планов.

Смена социально-политического строя в стране, переход к построению рыночной экономики привели к ликвидации системы комплексного директивного планирования и, как следствие, к исчезновению четко-обозначенной социально-экономической основы в системе подготовки проектной градостроительной документации.

Это затронуло не только градостроительное планирование. Как показалось в то время, в стране с рыночной экономикой «кропотливому планированию с постылым контролем за его исполнением» вообще не может быть места.

Наивная вера девяностых годов в то, что «рынок сам себя отрегулирует», быстро доказала свою несостоятельность, в том числе и в процессах застройки населенных мест и при освоении загородных территорий.

В поисках выхода, как это теперь водится, обратились к опыту западных стран. Вот тогда, во второй половине 1990-х, в Россию начинают проникать идеи разработки стратегий развития территорий, столь популярные в это время на Западе, которые призваны были «заместить» в нашей стране отсутствие прежних пятилетних планов.

В западных литературных источниках началом распространения идей стратегического планирования принято считать 1973 г., «... когда в Нэшвилле (США) была проведена первая международная конференция по стратегическому менеджменту».

Применительно к развитию территорий один из ведущих отечественных специалистов в области территориального стратегического менеджмента профессор А.Л. Гапоненко определяет стратегическое планирование как «... систематический процесс, с помощью которого местные сообщества формируют картину своего будущего и определяют этапы его достижения, исходя из местных ресурсов».

По сведениям специалистов Международного центра социально-экономических исследований «Леонтьевский центр», уже к началу XXI века количество городов и районов России, разрабатывающих разнообразные стратегические концепции долгосрочного развития, составляло более 350. В том числе и Казань оказалась одним из первых городов-миллионников, разработавшим и утвердившим в апреле 2003 г. свою «Стратегию развития до 2015 г.».

Однако последующая российская практика показала (в том числе и практика Казани), что несмотря на краткосрочный, но достаточно обширный опыт разработки подобных стратегий, реальной стыковки между стратегическим социально-экономическим и градостроительным планированием не получилось.

Вызвано это было целым комплексом различных причин, среди которых можно выделить:

- взаимную неподготовленность специалистов как градостроительного, так и экономического профиля к профессиональному сотрудничеству;
- «скороспелость» разработки стратегических документов, неглубокое проникновение авторов этих документов в уже имеющийся опыт западного стратегического менеджмента;
- почти полное отсутствие русскоязычных описаний опыта западных стран в области стратегического планирования и маркетинга территорий;
- неполноту и несовершенство правовой базы в сфере управления развитием территорий.

В результате – либо практически полное игнорирование положений стратегий социально-экономического развития в разрабатываемых в это же время градостроительных проектах;

- либо нереалистичность и слабость положений самих стратегий, только дезориентирующих разработчиков градостроительных проектов.

Ожидаемого положительного эффекта не получилось.

Как остроумно заметил по этому поводу один из ведущих специалистов «Леонтьевского центра» в области развития территорий Б.С. Жихаревич, «русские долго запрягают, но быстро едут – впрочем не всегда туда, куда собирались».

Эта ситуация, вполне очевидно проявившаяся в последние 2-3 года, и послужила причиной заметного спада интереса к подобным разработкам среди значительной части муниципальных и региональных чиновников, собственно и выступающих в роли заказчиков на стратегии социально-экономического и градостроительного развития территорий. А значит, «охладила» мотивацию к внедрению стратегических социально-экономических разработок в градостроительное планирование и у градостроителей-проектировщиков.

Второе возможное направление трансформации проектной градостроительной методологии – внедрение «сценарного планирования». Сценарное планирование сегодня является одним из основных инструментов разработки стратегий – это важнейший «...элемент стратегического планирования, который основан на способах и технологиях управления неопределенностями будущего» (Д. Рингланд). Методы сценарного проектирования давно уже используются в системе стратегического и тактического бизнес-планирования для моделирования процессов развития крупных корпораций в странах с развитой рыночной экономикой.

Обозначение и перебор возможных сценариев развития – сегодня неотъемлемая часть большинства бизнес-стратегий и на территории нашей страны.

Однако в современную российскую градостроительную деятельность методы сценарного планирования проникают с очень существенным опозданием, большими трудностями и в крайне примитивных вариантах.

Казалось бы, по существу своей профессии – необходимости формировать модели будущей пространственной среды обитания – деятельность архитектора-градостроителя изначально нацелена на создание моделей будущего. Но, как показывает практика, «производство» этих моделей у большинства архитекторов носит чисто формально-композиционный характер. Разрабатываемые проекты, как правило, транслируют в будущее сегодняшние представления их авторов об идеальных параметрах объекта, с некоторой поправкой на ожидаемое качество жизни, а не выстраивают логику развития планируемой системы (сценарий развития) в условиях высокого уровня неопределенности, тщательно учитывая возможные риски и анализируя ресурсы. Главным элементом, в девяносто девяти случаях из ста, в нынешних градостроительных проектах остается модель будущего состояния объекта (то, к чему должны придти), а не процесс движения к планируемому результату (как идти – алгоритм движения).

Успешность использования сценарного планирования в бизнес-стратегиях, органичность его методологии самой системе человеческого мышления, адекватность алгоритма сценарного планирования алгоритму методов формирования градостроительных моделей позволяют рассчитывать на эффективность применения этих методов в градостроительном планировании.

Наконец, третьим направлением возможной предстоящей трансформации представляется серьезный пересмотр «адресной направленности» разрабатываемых видов градостроительной документации, переработка их структуры и содержания с учетом реальных потребностей ее пользователей.

Здесь ситуация отличается особенной сложностью – если форма и содержание градостроительной документации в советский период складывались на протяжении многих десятилетий, исходя из потребностей единственного пользователя – государства, то сегодня само государство – как заказчик и пользователь градостроительной документации уже представлено в двух лицах – власть федеральная и власть субъекта федерации. Кроме того, появилось еще 2 вида пользователей – это муниципальная власть, частные инвесторы и застройщики. Все это требует серьезного переосмысления и серьезных изменений в форме и содержании проектной градостроительной документации в зависимости от уровня и разновидностей градостроительной документации, потребностей ее заказчиков, особенностей ее применения разновидностями заказчиков и пользователей.

До тех пор, пока подготовка проектной градостроительной документации, как в настоящее время, будет носить имитационно-инерционный характер, пока не произойдут соответствующие преобразования в методологии ее подготовки, в ее форме и содержании, реализационный потенциал и практическая полезность этих документов останутся на крайне низком уровне. А значит, немалый труд ее исполнителей, многомиллионные затраты на ее изготовление будут напрасны, а главное – повороты судьбы наших городов и межселенных территорий в значительной степени останутся непредсказуемыми, а иногда и трагичными.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Градостроительный кодекс РФ (по состоянию на 1.10.09.). – М.: Проспект, КНОРУС, 2009.
2. Мишин С.А. Проектный бизнес: адаптированная модель для России. – М.: АСТ, 2006.
3. Жилкин С.Ф., Андриевская В.П., Эстрин А.П. и др. Стратегическое городское планирование. – Самара: ООО НВФ «СМС», СамГАСА, 2001.
4. Стратегическое планирование в городах – методы и практика. ГП «МЦСЭИ «Леонтьевский центр»». – СПб.: Изд-во «Лимбус-Пресс», 2003.
5. Рингланд Джил. Сценарное планирование для разработки бизнес-стратегий. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2008.
6. Вильнер М.Я. Новый градостроительный кодекс с позиций профессионала. – М.: «Зодчий», 2008.
7. Трутнев Э.К., Бандорин Л.Е. Комментарий к Градостроительному кодексу РФ. Фонд «Институт экономики города». – М., 2008.
8. Вайтенс А.Г., Косенкова Ю.Л. Развитие правовых основ градостроительства в России XVIII-начала XXI веков. – Обнинск: Институт муниципального управления, 2006.

УДК 711.4.01

Забирова Ф.М. – старший преподаватель, советник РААСНE-mail: zfm.2000@mail.ru**Казанский государственный архитектурно-строительный университет****ОПЫТ СИНХРОНИЗАЦИИ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОГО ОСВОЕНИЯ
ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН С ГЕОКУЛЬТУРНЫМИ
И КЛИМАТИЧЕСКИМИ ИЗМЕНЕНИЯМИ ЕВРАЗИИ****АННОТАЦИЯ**

В статье делается попытка синхронно рассмотреть этапы градостроительного освоения территории Республики Татарстан с геокультурными и климатическими изменениями на территории Евразии, проследив феномен «Вызова-и-Ответа» для более глубокого понимания места и роли градостроительной культуры нашей территории в контексте истории и получения представления о тенденциях изменений её характера.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: градостроительная система расселения, геокультура, климатические изменения, феномен «Вызова-и-Ответа», историко-культурный каркас территории.

Zabirova F.M. – senior lecturer, adviser of RAACS**Kazan State University of Architecture and Engineering****EXPERIENCE OF SYNCHRONIZATION OF TOWN-PLANNING DEVELOPMENT
OF TERRITORY OF REPUBLIC TATARSTAN WITH GEOCULTURAL
AND CLIMATIC CHANGES OF EURASIA****ABSTRACT**

In article the author becomes attempt synchronously to consider stages of town-planning development of territory of Republic Tatarstan with geocultural and climatic changes in territory of Eurasia, having tracked a phenomenon «The Challenge-and-answer» for deeper understanding of a place and a role of town-planning culture of our territory in a context of history and reception representation about tendencies of changes of its character.

KEYWORDS: town-planning system of moving, geoculture, climatic changes, a phenomenon «The Challenge-and-answer», a historical and cultural framework of territory.

В данной статье делается попытка в первом приближении, не претендуя на полноту картины, рассмотреть синхронно этапы градостроительного освоения территории Республики Татарстан и крупные климатические изменения на фоне развития культур и цивилизаций для уточнения представлений о характере эволюции системы расселения на фоне общих тенденций эволюции всей совокупности систем этого класса [11]. Интересно понять, что синхронно происходило на территории Евразии в каждый из выделенных отрезков времени, попытавшись это сделать в парадигме нового междисциплинарного научного направления по изучению геокультуры, отражающей взаимосвязь и взаимообусловленность географической, социальной и культурной сред жизнедеятельности общества (см. табл. 1 и 2).

По определению А. Дж. Тойнби, история – это пучок параллельных цивилизаций, «усилия Человека, воздвигшего в борьбе с Природой цивилизации, были поистине феноменальными», при этом вызов побуждает к росту [12]. Интересно проследить феномен Вызова-и-Ответа: «Ответом на вызов общество решает вставшую перед ним задачу, чем переводит себя в более высокое и более совершенное с точки зрения усложнения структуры состояние».

Исследователями доказано, что климатические условия не только фон, но и фактор исторического развития, его стимулятор, что отражено в работах Л.Н. Гумилева [4, 5]. За пять тысяч лет истории цивилизаций на Земле существовали 63 государства-империи (площадью более 5 млн. кв. км), из них в эпохи похолодания возникли 39, в эпохи потепления – 15.

Таблица 1
Синхрония культур и государственных образований на территории Республики Татарстан
с основными евроазиатскими цивилизациями догородского периода

Исторические эпохи	Абсолютные даты	Археологические культуры на территории Республики Татарстан	Климатические изменения севернее 40 град. с.ш.	Синхронизация с евразийскими цивилизациями «Пояса древнейших городов» (между 23 и 40 град с.ш.)
Каменный век	200-100 тыс. лет назад	суша с благоприятными условиями	Арктические районы Лавразии были сушей с благоприятными условиями	Около 200000 лет назад – единый континент Лавразия (Северо-Американская, Восточно-Европейская и Сибирская платформы)
	100-35 тыс. лет назад		25 тыс. лет до н.э. - похолодание, 12 тыс. до н.э. - ледниковый период	180 000 лет назад – первые люди современного типа
Мезолит	35-10 тыс. лет назад (поздний или верхний палеолит)	территория оледенения		13-9 тыс. до н.э. – «Всемирный потоп»- 12 тыс. до н.э. – «тибель Атлантиды» (?)
	10-6 тыс. лет назад	усть-камская мезолитическая культура, камская мезолитическая культура	Оледенение	Индийская культура (с 6 тыс. до н.э.) Индийская цивилизация (с 4 тыс. до н.э.) Арканим (?)
Неолит	V-III тыс. до н.э.	камская неолитическая культура, балаханнская культура	4 тыс. до н.э. - "Всемирный потоп"	Египетская цивилизация (с 3150-31 гг. до н.э.) Китайская цивилизация (с 2697 г. до н.э.) Месопотамия Дербент (Баб-аль-Абваб) (с V тыс. до н.э.)
Энеолит	IV-II тыс. до н.э.	русско-азийского типа, волосовская и юртиковская культуры	около 1600 г. до н.э. извержение вулкана Санторин у о-ва Крит	Египетская, Индийская, Китайская цивилизации Анаголия, Фракия
Бронзовый век	II тыс. до н.э.	балановская, срубная, черкаскульская, абашевская		Персия Карфаген
	VIII-V вв. до н.э.	ананьинская культура		савроматы VII-IV вв. до н.э. сарматы IV-III вв. до н.э.
Ранний железный век	II в. до н.э.-III в. н.э.	пьяноборская культура	«Великое переселение народов»	Античная цивилизация Римская империя (I в. до н.э.-V в. н.э.)
	III-VII вв. н.э.	азелинская культура		Хуннская держава (IV-V вв.) Великая Болгария (VI- кон. VII вв.)
Раннее средневековье	IV-VII вв. н.э.	именьковская культура		Византийская империя (IV-XV вв.) Тюркский каганат (вт. п. VI-VII вв.) Династия Тан в Китае (VII-XII вв.) Арабский халифат (VII-X вв.) Хазарский каганат (VII-X вв.)

Таблица 2

Синхрония культур и государственных образований на территории Республики Татарстан

Исторические эпохи	Абсолютные даты	Государственные образования на территории РТ	Климатические изменения и культурные процессы	Синхронизация с евразийскими государствами
Средневековье - Феодализм	VIII-начало X вв.	Ранние болгары	Похолодание 9-10 вв. – «мусульманский ренессанс» арабских стран и Средней Азии	Хазарский каганат (650-969 гг.) Первое Болгарское царство (680-1018 гг.) Огузский каганат (756-1055 гг.) Кордовский эмират (756 г.) Государство идрисидов (788 г.) Государство тулунидов (868 г.) Государство Саманидов (875 г.) Кыргызское ханство (840-1027 гг.)
	начало X в.-1236 г.	Волжская Булгария 170 городов	Засуха «средневековое потепление», 12-13 вв. – расцвет европейского средневековья	Караханийский каганат (942-1212 гг.) Китайская империя Сун (960-1279 гг.) Кыпчацкий каганат (1030-1212 гг.) Хорезмское (1097-1213 гг.) Второе Болгарское царство (1187-1396 гг.) Бранденбург (1150-1619 гг.)
	1236 г.-нач. XV в.	Улус Джучи «Золотой Орды» 90 городов	«средневековое потепление», 14-15 вв. – Ренессанс в Европе	Монгольское государство (1205-1291 гг.) «Золотая Орда» (1242-1481 гг.) «Белая Орда» (1309-1446 гг.) Османская империя (1299-1924 гг.) Византийская империя (до 1453 г.) Королевство Польское (1290-1795 гг.) Китайская империя Юань (1280-1368 гг.)
	1438-1552 гг.	Казанское ханство 500 городов	«Малый ледниковый период»	Астраханское, Нагайское, Крымское ханства, Османская империя, Римская империя Габсбургов (1438-1806 гг.)
	1552-1708 гг.	Казанское царство Российского государства	«Малый ледниковый период»	Великая Тартария, Османская империя, государство сефидов, Хивинское, Бухарское, Джунгарское, Калмыцкое ханства, Тибетское, Уйгурское княжество, Государство великих монголов (1526-1858 гг.)
Ранний капитализм	1708-1861 гг.	Казанская губерния Российской империи	«Малый ледниковый период»	Пруссия (1701-1871 гг.), Франция, Великобритания, Венгрия, Испания, Империя Цин (1644-1911 гг.)
Капитализм	1861-1917 гг.	Казанская губерния Российской империи	Современное потепление	Германская империя (1871-1918 гг.), Португалия, государства Европы и Азии
Социализм	1920-1990 гг.	ТАССР в составе СССР	Засуха 1921, 1946, 1948, 1949 гг.	«Страны народной демократии», государства Европы и Азии

При разработке схемы территориального планирования Республики Татарстан для оценки историко-культурного потенциала территории проведён историко-градостроительный анализ расселения территории по этапам на основе археологических, исторических, архивных изысканий, был разработан историко-культурный планировочный каркас территории [6].

Выявлены следующие этапы градостроительного освоения территории Республики Татарстан и развития историко-градостроительной системы на её территории, отражающие геополитические и геокультурные изменения:

- догородской VI тыс. до н.э. до VIII в. н.э.;
- раннесредневековый VIII в. н.э. – начало X века;
- домонгольский X-XIII вв. (1236 г. – монгольское нашествие на Булгарию);
- золотоордынский 1236-1438 гг. (основание Казанского ханства);
- ханский 1438-1552 гг. (присоединение к Российскому государству);
- русский ранний 1552-1708 гг. (создание Казанской губернии);
- губернский 1708-1861 гг. (реформа);
- губернский капиталистический 1861-1920 гг. (создание ТАССР);
- советский 1920-1956 гг. (до затопления Куйбышевского водохранилища);
- социалистический 1956-1990 гг. (образование Республики Татарстан);
- постсоветский (1990-с.д.).

**Догородской период (VI тыс. до н.э. до VIII в. н.э.) –
ответ вызову суровым естественным условиям, стимул «новой земли»**

Территория Республики Татарстан находилась на границе максимального распространения ледников во время последнего оледенения северного полушария, когда в «Поясе древнейших городов Старого Света» между 23 и 40 градусами северной широты к концу II тыс. до н.э. параллельно существовали индийская, китайская, египетская и месопотамская цивилизации.

Заселение человеком территории, ныне входящей в состав Татарстана, относится к периоду раннего палеолита (1). По берегам Волги и Камы открыты самые ранние следы обитания человека в регионе, сохранились многочисленные памятники каменного и бронзового веков, относящиеся к 8 разным археологическим культурам. Практически на всех, выдвинутых к руслам рек незатопляемых песчаных дюнах сохранились остатки древних поселений. В эпоху позднего бронзового века заселяются Предкамье и Закамье, выявлено 382 объекта археологического наследия этого периода, в том числе более 80 поселений и групп поселений. Одна из культур называется срубной – по особому обряду погребения в деревянных срубах под курганами. Эти племена селились в поселках на высоких мысах у широких рек.

В 8-7 вв. до н.э. (период железа) сложилась **Ананьинская культура**, племена которой занимали почти всё Волго-Камье. Татарстан считается родиной классической ананьинской культуры. В середине первого тысячелетия до н.э. в западных районах края появились племена **Городецкой культуры**. Рубежом новой эры датируются памятники пьяноборской культуры, сосредоточенные в Нижнем Прикамье, населению которой приходилось жить в городищах, особенно во время опасности. Пьяноборские традиции продолжает азелинская культура. Основная масса азелинских памятников располагается в бассейне р. Вятка и в Вятско-Камском междуречье в Рыбно-Слободском, Мамадышском, Лаишевском, Камско-Устьинском, Тетюшском и других районах, а также около г. Казани.

В период Великого переселения народов и формирования Гуннской империи из Сибири в восточные районы Среднего Поволжья проникли тюрко-угорские племена, вытеснившие с берегов Камы **пьяноборское** население. С 4 века большую часть территории края занимали оседлые племена **именьковской культуры**, а в северных и северо-западных районах обитали потомки пьяноборских племен. Племена имениковской культуры плотной массой заняли все районы Закамья, значительную часть Предволжья, а в низовьях реки Камы, вышедших даже в Предкамье.

**Раннесредневековый период (VIII в. н.э. – начало X века) –
ответ вызову выхода на новые основания**

В 6-8 вв. в крае отмечается увеличение тюркоязычного населения, близко связанного по культуре с Тюркским каганатом, Хазарским каганатом и Великой Болгарией, а также угорского населения, входившего в часть области Великой Венгрии, откуда в начале IX в. древние венгры отправились в длительный путь к своей современной территории обитания. Во многих районах Татарстана сохранились памятники ранних булгар и древних венгров.

В этот период Волга (Итиль) и Кама интенсивно начали использоваться для целей дальнего судоходства. В VIII-IX вв. значение Волги настолько возросло, что она стала основной дорогой, соединявшей Европу и Азию, начинает складываться Волжский путь.

**Булгарский домонгольский период (X – XIII вв.) – создание Волжско-булгарского государства
как ответ вызову цивилизации, скачок в развитии**

В IX-X вв. болгары создали в Среднем Поволжье первое раннефеодальное государство – Волжскую Булгарию, которая стала страной с развитым земледелием, градостроительством, ремеслами (в том числе металлургией) и торговлей. С провозглашением в 922 году ислама (проникновение ислама произошло раньше из Средней Азии) государственной религией духовная жизнь народа развивалась под воздействием культуры мусульман Востока. На территории Волжской Булгарии известно более 170 городов и 1200 сельских населенных пунктов, относящихся к домонгольскому времени, поэтому скандинавские саги называют эту территорию «гардарика» – страна городов. Археологами изучено около 190 булгарских городищ, более 900 селищ, десятки грунтовых могильников.

Крупнейшие города: **Биляр** (700 га), **Сувар** (100 га), **Кашан** (108 га), **Ошель** (77 га), **Хулаш** (11,2 га), **Джукетау** (5,8 га). Как форпосты на границе булгарских земель на рубеже X-XI вв. появляются хорошо укрепленные поселения **Казань** в устье реки Казанки на севере, Муромский городок на Самарской Луке на юге, **Елабуга** в устье реки Тойма на востоке. Характерно, что крупные города строились у мелких рек или в устье их впадения в крупные реки. Активно строились и так называемые **булгарские длинные валы** на западе и востоке государства. Их строительство было связано с защитой от внешних врагов – южных кочевников, монголов. Сохранились археологические остатки **Танкеевского вала** X-XI вв. Под воздействием достаточно длительного времени непрерывного внешнего давления города укреплялись двойными и тройными валами, становясь мощными форпостами, способными сдерживать набеги врагов.

В этот период интенсивность, масштабность контактов и взаимодействий культур привели к качественному скачку в историко-культурном развитии этого региона. Традиционный путь из Причерноморья и Прикаспия сомкнулся с торговой магистралью по Волге из Балтийского региона. Это событие сыграло огромную роль в Евразии, резко ускорив социально-экономические, политические и цивилизационные процессы. Волжская Булгария, расположенная в середине Волжского торгового пути, прочно заняла одно из ведущих мест волжской торговли не только как транзитный перевалочный центр, но и как активный экспортер собственных товаров.

**Золотоордынский (позднебулгарский) период (1240-1438 гг.) –
ответ вызову «стимула ущемления»**

После основательной подготовки к большому походу в 1236-1240-х гг. полчище огромной численности нахлынуло на булгар и нанесло серьезное поражение Волжской Булгарии, прервало его самостоятельность как государства. Великий западный поход под командованием Бату-хана (сына Джучи и внука Чингизхана) с весны 1236 года по осень 1242 года расширил границы Золотой Орды до Дуная.

Из 190 булгарских городов, относящихся к домонгольскому времени, более 100 городищ не имеют культурных отложений золотоордынского времени, что свидетельствует об их заброшенности в результате нашествия. Укрепленные города были разрушены (Биляр, Ошель, Сувар, Джукетау), рядом появились селища (**Балынгузское, Торецкое, Горкинское** и др.). Волжская Булгария вошла в состав огромной империи – Улуса Джучи, известного позже под названием Золотая Орда, в качестве

одной из областей. Учитывая ее высокий экономический потенциал, развитую систему государственного управления, монотеистического религию и высокий уровень культуры, Бату-хан в качестве первой столицы выбирает город Булгар и именно здесь в начале 50-х гг. XIII в. начинается чеканка джучидских монет. «Чем тяжелее удар, тем сильнее стимул» [12]: в золотоордынский период волжская торговля вновь приобретает широкий международный размах. Поволжские города Золотой Орды достигли расцвета в первой половине XIV в. и стали средоточием товаров со всего Великого шелкового пути, из стран Азии и Европы. В этот период наблюдается рост влияния булгар на завоевателей, на развитие ремесла и торговли, на исламизацию Золотой Орды, при хане Узбеке ислам получил статус государственной религии. Среди населенных пунктов необходимо отметить **Булгар, Джукетау, Балынгуз, Кашан, Кирман, Урматский и Именьковский комплексы памятников, Казань, Кирменское, Тубылгатау, Тетюшское** и др. Город Булгар в XIV веке считался одним из лучших городов Золотой Орды, «золотым тронном» её ханов. После захвата Булат-Тимуром столицы и других булгарских городов началось обособление Волжской Булгарии от Золотой Орды. В последней трети XIV в. в булгарских (как и в бургасских и мордовских) землях образуются центры самостоятельных владений Булгарского, Балынгузского, Джукетауского, Казанского, Кашанского, Тетюшского, Тубулгатауского княжеств. Только в Закамье выявлено 85 селищ, относящихся к этому периоду, причем 51 из них продолжали существовать с домонгольского периода.

Политическим, экономическим и культурным центром булгарских земель становится **Иски Казань** (Старая Казань). В археологических источниках прослеживается преемственность материальной культуры булгар Закамья и Заказанья (Казан арты) в бассейнах рек Меши, Казанки и Вятки. С окончательным переселением основного населения Волжско-Камской Булгарии в северные районы во втором периоде Золотой Орды связано увеличение числа городищ, селищ и местонахождений: **Арск, Утерняское и Чаллыное городища, Букеневское, Уразбахтинское селища**. Только в Заказанье найдены надгробия второй половины XIV в. Определенная часть булгар оставалась жить в прибрежных районах Камы и Восточном Предкамье (Березогривское, Алексеевское, Мокрокурналинское селища). Не запустело полностью и Закамье, где сохранились отдельные островки селений булгар (**Балынгузское городище, Билярское, Ямбухтинское селища**). В 1395 году происходит возвышение Казани, которая становится центром новобулгарских земель. В период существования Булгарии в составе Золотой Орды происходили основные процессы этнокультурной консолидации тюркоязычных народов и формирование татарского народа.

Искусственно прерванная цепь развития укрепленных городов привела после монгольского завоевания, как ответ на вызов ущемления, к появлению городов «открытого типа», но в планировочной структуре наблюдается преемственность в выборе места строительства и способах укрепления городов с использованием естественных условий местности.

Ханский период (1438-1552 гг.) – ответ вызову стимула новой государственности на «материнской» основе

В первой половине XV в. на территории края образовалось Казанское ханство, население которого унаследовало этнокультуру и социально-экономические традиции Волжской Булгарии и Золотой Орды. Казань в начале XV в. получила название Новый Булгар (Булгар аль Джадид), это была мощная крепость, крупный экономический, религиозный, политический и торговый центр Поволжья и Приуралья. По версии одних ученых, в 1438 г., когда Улу Мухаммед взял Казань, а по версии других в 1445 г. его сын Махмуд, начинается отсчет истории Казанского ханства. Местная династия булгарских правителей была заменена джучидской династией.

После распада Улуса Джучи наряду с Казанским образовались Крымское, Шейбанидское (Узбекское), Астраханское, Касимовское и Тюменское (Сибирское) ханства, Большая и Ногайская Орда. Между государствами – наследниками Золотой Орды – сохранялись тесные родственные отношения (в большинстве ими правили потомки Чингизидов), за феодальными кланами сохранялось право перемещения со своими дружинами из одного юрта в другой в границах бывшего золотоордынского пространства.

Административное деление Казанского ханства было традиционным для средневековых тюрко-татарских государств и состояло из крупных округов-даруг. Существовало **4 даруги: Арская (северо-восток Приказанья), Зюрейская (Центральное Предкамье), Галицкая (северо-запад Приказанья) и**

Алатская (север Приказанья), которые в русских летописях отождествлялись с дорогами: **из Казани в Арск, Галич, Алат, Зюри и в Ногайскую землю**. Позднее была создана Ногайская даруга (юг Предкамья и Приказанья, частично Тауиле). Согласно различным источникам, на территории Казанского ханства находилось свыше 700 населенных пунктов (аулов), а также несколько крупных городов, кроме **Казани: Арск, Тэтеш, Лаеш, Кашан, Булгар, Синбер, Чаллы, Алат, Алатур, Иске-Казан, Яки**. Видимо, городов и крепостей было больше, чем выявленных в настоящее время городищ, так как в русских источниках сообщается, что при завоевании Казанской земли войска Ивана Грозного взяли «великих и малых острогов 30». В ханский этап территория государства значительно расширяется и выходит за пределы территории РТ, включая территории современных республик Марий Эл, Чувашия и часть территории Башкортостана, выявлено **более 700 татарских населенных пунктов и крупных городов, кроме Казани: Арча (Арск), Тэтеш, Лаеш, Кашан, Булгар, Чаллы, Алат, Зюри, Иске-Казан и др.**

В 1551 году в 30 км от Казани была воздвигнута мощная стратегическая крепость-град Свияжск. По размаху строительства, методу возведения, конструктивному решению Свияжская крепость явилась новшеством не только в русской, но и европейской фортификации. По размерам она была больше Московского Кремля, Псковской и Новгородской крепостей.

Царство Казанское (1552-1708 гг.) – ответ вызову стимулов удара и запрета

Длительная борьба между Русским государством и Казанским ханством за господство на волжских торговых путях и в Волго-Уральском регионе завершилась падением последнего и присоединением его земель к Русскому государству, учреждена Казанская епархия, главной обязанностью которой являлась христианизация народов Среднего Поволжья и Приуралья. Шел активный процесс разрушения мечетей и медресе, запрет на мусульманскую религию. Началось строительство церквей и монастырей. Шло интенсивное проникновение русских на территорию края, что оказало существенное влияние на формирование национального состава его населения. Татары были выселены из Казани и других населенных пунктов, расположенных вдоль больших дорог и судоходных рек. Если в Казанском ханстве было 700 селений, то в течение первых 15 лет после его ликвидации русская колонизация, преимущественно в центральных районах этого государства, охватила 206 селений и 60 пустошей. В зоне влияния Свияжска начала изменяться система расселения, по большим дорогам стали появляться новые слободы. С середины XVII в. в Казанском крае продолжалось строительство укрепленных линий (засечных черт): построенная в 1652-1656 гг. Закамская засечная черта (Закамская линия) шла от Мензелинска через **Мензелинск – Заинск – Новошешминск – Билярск – Тиинск – Ерыклинская – Белый Яр – Симбирск – Юшанск – Саранск – Верхний Ломов – Шацк – Тамбов до Рязани**, из них на территории РТ восемь острогов. В результате колониальной политики, проводившейся феодальной верхушкой русского государства, города Среднего Поволжья стали в основном русскими: к началу XVIII века лишь 0,7 % волжских татар проживало в городах (это всего 1,8 тыс. человек). На основе болгаро-татарских городов или рядом с ними стали создаваться города-крепости как центры обеспечения колонизации и христианизации края: **Лаеш (1557), Тетюши (1574), Мензелинск (1584), Арск (1606)**. Вплоть до петровских реформ (нач. XVIII в.) присоединенный край назывался Царством Казанским, а для управления им был создан центральный орган – Приказ Казанского дворца, который ведал всеми делами на землях бывшего Казанского ханства. Кроме того, в его ведении находились земли Нижнего Поволжья, Приуралья и Западной Сибири, называвшиеся Великой Тартарией (до создания в 1637 г. Сибирского приказа). Затем край был разделен на два уезда, Казанский и Свияжский с границей по течению р. Волги. В 1555 г. создан Чебоксарский, в 1582 г. впервые упоминается Тетюшский уезд. В свою очередь, они делились на более мелкие административные единицы «даруги» – («дороги»). Так, в Казанском уезде были Арская, Зюрейская, Ногайская, в Свияжском уезде упоминается Чувашская верхняя, Чувашская нижняя, Иски-Юрточная, Атызская, Алацкая и др. Это были не только дороги в обычном понимании этого слова, а районы-направления по отношению к центру – Казани, Свияжску.

На вызов удара и запрета религии был дан ответ сохранением традиций мусульманства, строительством деревянных мечетей «татарского типа», компактным расселением казанских татар в Восточном Прикамье и Заказанье. Сохранилось 420 объектов археологического наследия этого периода, 90 городов и 400 сельских населенных пунктов, в том числе **Агрыз, Арск, Заинск, Новошешминск, Заинск**.

Губернский период (1708-1860 гг.) – ответ вызову стимула инновации

В 1708 году в результате петровских реформ была образована Казанская губерния, включавшая все Среднее Поволжье и Западное Приуралье. Казань с населением около 20 тысяч человек продолжала оставаться крупным ремесленным и торговым центром. В 1732-1733 гг. была построена **«Ново-Закамская укрепленная линия»**, которая проходила по территории современных Самарской и Оренбургской областей (на территории Татарстана северный участок у н.п. Черемшан), сохранился Черемшанский вал.

В 1781 г. было учреждено Казанское наместничество. Во второй половине XIX и начале XX веков в городах Свияжске, Чистополе, Елабуге ведется активное строительство. Именно к этому периоду относится основная часть сохранившихся до настоящего времени объектов культурного наследия. В губернии развивалась широкая сеть мануфактурных, мелких кустарных производств, на базе которых в первой половине 19 в. сложились кожевенные, мыловаренные, свечные и др. крупные промышленные предприятия.

Как ответ вызову европеизации активно перепланировались города на основе регулярности, разрабатывались «образцовые» проекты жилых домов нескольких типов и мечетей, осуществлялась фасадная застройка согласно новым правилам.

Отмена Екатериной II запрета на строительство мечетей дало толчок развитию мусульманской архитектуры. Воздействие русской, турецкой и арабской культур на архитектуру мечетей и медресе привело к своеобразному проявлению татарского барокко и классицизма в Российской империи. Важное влияние на развитие культуры оказало создание гимназий, Казанского университета, русского драматического театра и ряда других компонентов культурной инфраструктуры.

Губернский капиталистический период (1860-1917 гг.) – вызов стимулу развития экономики

Буржуазные реформы 1860-х гг. создали условия для развития капиталистических отношений. Столыпинская аграрная реформа ускорила развитие капитализма в сельском хозяйстве. В период капиталистического развития России татарам пришлось пройти этап «вторичной» урбанизации, прежде чем сформировалась относительно стабильная городская группа. В XVIII-начале XIX вв. численность городских татар в Волго-Уральском регионе увеличилась более чем в 77 раз (по сравнению с началом XVIII в.) и к 1910-м годам приблизилась к 150 тыс. чел. Тем не менее, урбанизированность татар к началу XX в. оставалась низкой, к этому времени в городах Поволжья и Приуралья проживало менее 5 % от их общей численности.

Строительство **Московско-Казанской железной дороги** в конце XIX века изменило ситуацию, но привело к сокращению грузовых и пассажирских перевозок на тех дорогах, которые проходили через Свияжск. Это значительно снизило активность промыслов, обслуживавших гужевой транспорт. Однако интенсивность городской жизни оставалась прежней: город строился, благоустраивался. К концу XIX в. сформировалась татарская нация, окрепли позиции национальной буржуазии. Революция 1905-1907 гг. дала мощный толчок развитию национальной культуры и самосознания татарского народа, движению за национальное равноправие, демократические свободы. Возникли татарская периодическая печать и татарский профессиональный театр.

В 1906-1915 гг. в результате столыпинской аграрной реформы в Казанской губернии насчитывалось 13,4 тыс. хуторов, 7 тыс. чел. переселились на Урал и в Сибирь.

Советский период (1920-1956 гг.)

В мае 1920 года был подписан декрет об образовании Татарской АССР в составе РСФСР, в это время лишь 8,4 % населения Татарстана (246,4 тыс. человек) были городскими жителями, что почти в 2 раза ниже, чем тогда было в среднем по России (СССР). При этом в числе горожан татары составляли лишь 16 % городского населения. В 1920-1960 гг. в республике, несмотря на быстрое индустриальное развитие, ещё преобладало сельское население. В 1920 году бывшие уездные центры получили статус центров кантонов вновь образованной Татарской АССР. В 1920-ые годы монастыри были упразднены и на их территориях организованы тюрьмы, колонии, подразделения ГУЛАГа, совхозы и даже табачная фабрика в Богородицком монастыре в Казани. В 30-х годах XX века были разрушены многие культовые здания: в Казани 23 церкви и 3 мечети, минареты почти всех мечетей, только в Свияжске снесены соборная и три приходские церкви, а также два храма в Успенском монастыре. Начиная с 1930-ых годов, ряд населенных пунктов был преобразован в города, которые стали районными центрами – Набережные Челны (1930), Зеленодольск (1932), Агрыз (1938).

Интегрированная схема этапов градостроительного освоения территории Республики Татарстан до 1920 г.
(схема построения историко-культурного каркаса РТ)

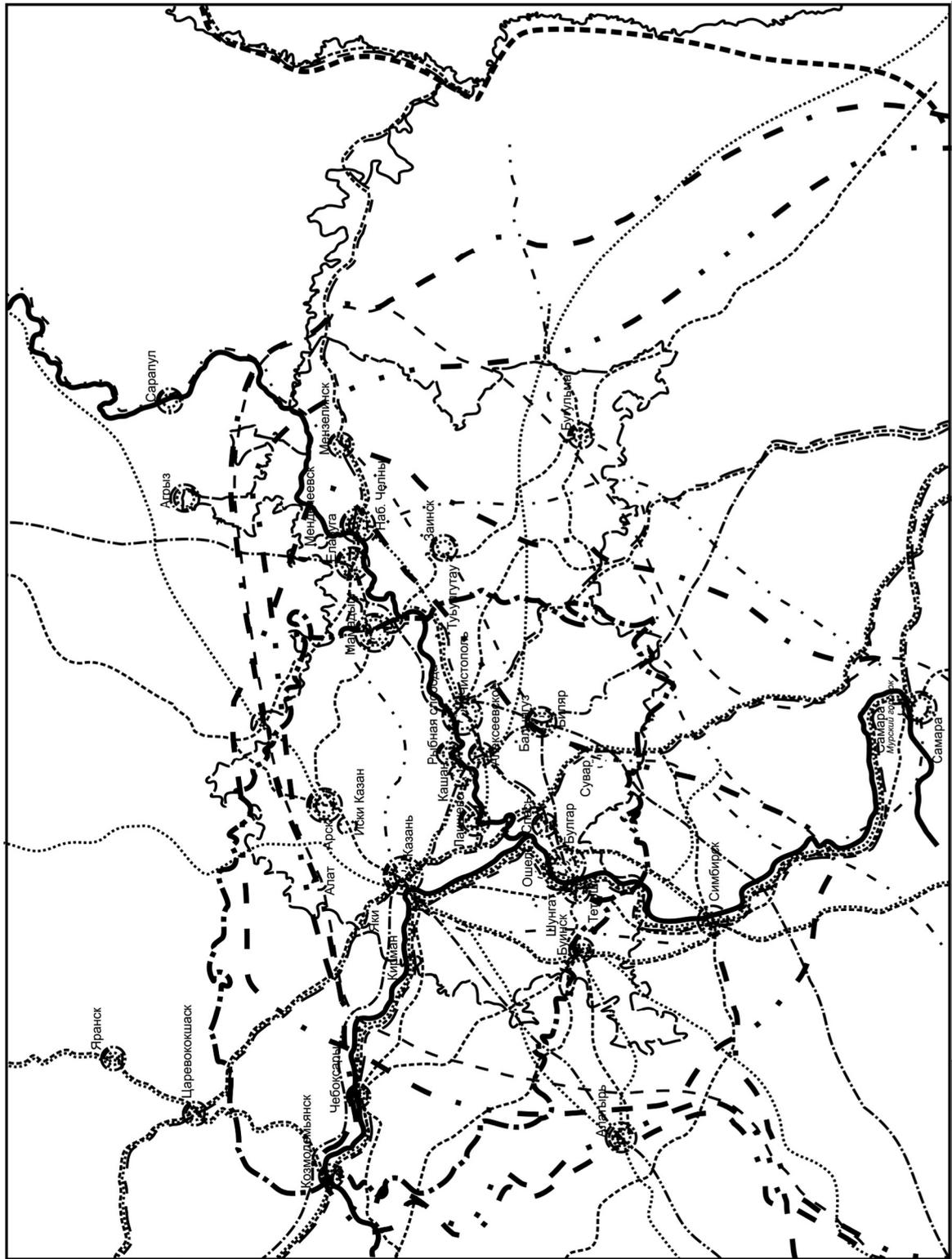


Рис.

Условные обозначения к рисунку

Периоды	Датировка	Границы государственных образований	Города	Торговые и почтовые пути	Засеченные черты
Догородской период	X. тыс. до н.э.- I тыс. н.э. (Палеолит Бронзовый век)	· - - - - · - - - - ·		- - - - -	
Средневековые	VIII-начало X вв.	· - - - - · - - - - ·	○		
	Начало X в.-1236 г.	· - - - - · - - - - ·	○	- - - - -	
	1236 г.-нач.XV в.	- - - - -	○	- - - - -	
	1438-1552 гг.	- - - - -	○	- - - - -	
	1552-1708 гг.	- - - - -	○		· - - - - · - - - - ·
Ранний капитализм	1708-1861 гг.	· - - - - · - - - - ·	○		· - - - - · - - - - ·
Капитализм	1861-1917 гг.	- - - - -	○	- - - - -	
Социализм	1920-1956 гг. (до затопления Куйбышевского вдхр.)	- - - - -		—	

Во время Великой Отечественной войны 1941-1945 гг. на территорию Татарстана были эвакуированы заводы, фабрики, миллионы людей. В послевоенные годы развернулось строительство новых промышленных предприятий машиностроения, авиационной техники, приборостроения, резиновой промышленности. После Великой Отечественной войны для многих городов Татарстана разрабатываются и утверждаются генеральные планы.

В 1950-1960-ых годах в связи с увеличением значения нефтяных районов юго-востока Татарстана были образованы молодые города (Альметьевск – 1953 г., Лениногорск – 1955 г.) и ряд поселков городского типа, а также наблюдалось ускорение роста некоторых старых городов (Бугульма, Буинск, Менделеевск).

**Социалистический период (условно 1956-1990 гг.) –
ответ вызову индустриализации и урбанизации**

Особенно интенсивно велась градостроительная деятельность в связи с затоплением обширных территорий заливных лугов, городов и сел для организации Куйбышевского водохранилища в 1956 году. Созданное при перекрытии Волги плотиной близ города Ставрополя (ныне Тольятти) в октябре 1955 года оно образовало площадь водного зеркала 6,15 тыс. кв. км, из них 51 % в пределах территории Татарстана, на новое место были перенесены ряд населённых пунктов, например город Спасск (Куйбышев-Татарский) на территорию западнее села Болгары. В конце 50-ых годов преобладало сельское население, составлявшее по переписи 1959 года почти 60 % населения. Строительство Камского автомобильного завода, Нижнекамского завода способствовали тому, что к 1970 г. в городах Татарстана проживало более 1,6 млн. человек (51,5 % от общей численности населения), в числе которых свыше 0,5 млн. человек (32 % всех горожан) были жителями молодых городов.

В эти годы ситуация характеризуется бурным ростом численности и удельного веса горожан: с 1970 по 1989 гг. численность городского населения выросла более чем на 1 млн. человек, а доля горожан увеличилась с 51,1 до 73 %. Доля жителей молодых городов к концу 1980-х гг. составила почти половину горожан.

На рисунке показана схема построения историко-культурного каркаса Республики Татарстан, интегрировавшего основные этапы градостроительного освоения территории до 1990 г.

Постсоветский период (с 1990 г.) – ответ вызову глобализации и кризиса

В настоящее время мы живём в постсоветском пространстве, после распада СССР образовалась Республика Татарстан в новой ситуации установления рыночных отношений и демократизации. В общественной жизни прочное место заняла религия, верующим возвращаются сохранившиеся и активно строятся мечети и церкви (около тысячи культовых зданий различных конфессий). Активно ведётся разработка документов территориального планирования и градостроительного зонирования всех населённых пунктов республики. В XXI веке ощутим вызов экономического кризиса и глобальных изменений мирового климата.

Таким образом, кратко проследив эволюцию градостроительного освоения территории Республики Татарстан на фоне развития культур и цивилизаций, можно определить развитие градостроительства как ответ на вызовы природы, политических и климатических изменений. В настоящее время в условиях поиска диалога культурно-исторических обществ осмысление проблем геополитики и геокультуры на евразийском пространстве представляется актуальным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас Tartarica. История татар и народов Евразии. Республика Татарстан вчера и сегодня: справочно-энциклопедическое издание. – М.: Дизайн. Информация. Картография, 2006.
2. Афонина Н.И., Бикмухаметова Ф.В., Иванников В.П., Шафир Г.Г. Структура и связи системы городских поселений юго-востока ТАССР. Структура населения и городов Татарики. – Казань, 1971.
3. Бунин А.В., Саваренская Т.Ф. История градостроительного искусства: В 2 т. 2-е издание. Т. 1 Градостроительство рабовладельческого строя и феодализма. – М.: Стройиздат, 1976.
4. Гумилёв Л.Н. Древняя Русь и Великая степь. – М.: Айрис-пресс, 2002.
5. Гумилёв Л.Н. Этногенез и биосфера Земли. – Л., 1989.
6. Забирова Ф.М. Историко-культурный планировочный каркас территории Республики Татарстан и применение метода «градостроительной акупунктуры» к его узловым элементам // Известия КазГАСУ, 2009, № 2 (12).
7. Исхаков Д.М. Динамика численности татар в России в XVIII-начале XX вв. (этнографический очерк). Новое в археологии и этнографии Татарики. – Казань, 1982.
8. Геокультура: основы геокультурной динамики безопасности в мире XXI. // Культура-сеть. Приложение к журналу «Безопасность Евразии». – М.: Книга и бизнес, 2003.
9. Наследие народов Российской Федерации. Вып. 5. Сокровища культуры Татарстана: историческое наследие, культура и искусство. – СПб.: «Иван Федоров», 2004.
10. Памятники истории и культуры. Историко-культурные территории. Исторические города. – Казань: «Карпол», 2001.
11. Смоляр И.М. Градостроительное планирование как система: Прогнозирование-Программирование-Проектирование. Научная монография РААСН. – М.: Эдиториал УРСС, 2001.
12. Тойнби А.Дж. Постигание истории. – М., 1991.
13. Фахрутдинов Р.Г. Археологические памятники Волжско-Камской Булгарии и её территория. – Казань: Таткнигоиздат, 1975.

УДК 712.25

Залетова Е.А. – старший преподаватель

E-mail: salen@hitv.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

ПЕРСПЕКТИВЫ НОВОГО УРБАНИЗМА.**ЛЕОН КРИЕ КАК ОСНОВОПОЛОЖНИК ЕВРОПЕЙСКОЙ ВЕТВИ ДВИЖЕНИЯ****АННОТАЦИЯ**

Леон Крие – один из наиболее влиятельных архитекторов и урбанистов нашего времени. Его труды имеют основополагающее влияние на всех, кто пытается возродить традиционные приемы градостроительного планирования, которые так безоговорочно были отвергнуты в свое время модернистами. Рассмотрены некоторые аспекты Нового Урбанизма, а также различные виды структурных компонентов современного города. Работы Л. Крие должны стать инструментом возрождения искусства создания городов, комфортных для проживания, искусства, которое мы рискуем потерять.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: модернизм, Новый Урбанизм, субурбия, структурные компоненты, сообщество.

Zalyotova E.A. – senior lecturer

E-mail: salen@hitv.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

**PROSPECTS FOR A NEW URBANISM. LEON KRIER –
THE FOUNDER OF THE EUROPEAN BRANCH OF THE MOVEMENT****ABSTRACT**

Leon Krier – one of the most influential architects and urbanists of our time. His writings and drawings have had a profound influence on all those who seek to recapture the successful techniques of place-making that stylistic modernism so deliberately repudiated. Some aspects of the New Urbanism and different types of structural components of modern city are considered. L. Krier works should be a vital tool in the renaissance of the art of building cities that are pleasant and agreeable to live in, an art that we are in danger of losing.

KEYWORDS: modernism, New Urbanism, suburbs, structural components, community.

«Города это не скопление различных типов зданий. Города не являются автоматическим результатом концентрированной строительной активности. Качество города напрямую не зависит от истории создания, но в первую очередь и в основном – от генетических и адаптивных возможностей тех принципов, на которых он основан».

Леон Крие

Сегодня мы, как никогда, нуждаемся в возрождении искусства строительства городов, которые были бы приятны и комфортны для проживания, а это искусство под угрозой утраты. Что наиболее важно в этом искусстве – это не столько сама красота идей, но красота результата, то что можно увидеть невооруженным глазом – от детали до целого, без какой-либо подготовки и объяснений. С другой стороны, ничто так не утомляет, как невыразительные уродливые строения, ничто не защищает от их разрушительного влияния. Красивое здание само по себе не может улучшить убогое поселение, но единственное ужасное строение вполне может уничтожить саму душу прекрасного

города. Красота ансамбля города или ландшафта представляет собой необычайно уязвимый и хрупкий баланс. «Хорошо спроектированное здание может обладать значительной ценностью, но красивое поселение или город имеют основополагающее значение – это культурное событие. Создавая города, мы создаем себя» [1].

К сожалению, и в градостроительном образовании существует определенный теоретический вакуум. Специалисты-планировщики, занимающиеся таким сложным и многогранным объектом как город, не могут руководствоваться только нормативным подходом и своей интуицией. В процессе обучения необходимо нарабатывать определенную планировочную культуру, но, к сожалению, у нас мало или практически нет переведенных текстов корифеев западного градостроительства, которые отражали бы современные философские взгляды на предмет, с тем, чтобы отечественные планировщики смогли лучше понимать диалектику градостроительной специальности. В этой связи совершенно незаменимы тексты Л. Крие, которые, прежде всего, адресованы тем, кто хочет продолжать цивилизованную дискуссию между зданиями и городами, которые существовали до так называемых реформаторов, отказавшихся от опыта прошлого и смело взявшихся за строительство нового мира бесконтекстного футуризма. Небольшая биографическая справка: Леон Крие родился в Люксембурге в 1946 году. Изучал архитектуру в Штудгардском университете. В 1968 – 1974 годах сотрудничал с Джеймсом Стирлингом в Лондоне. Преподавал архитектуру и урбанизм в Лондоне в Королевском Колледже, в Америке – в Принстоне, Вирджинии и Йельском Университетах. Имеет много наград в области архитектуры, последняя – 2006 год, награда Конгресса по Новому Урбанизму в Афинах. Также является личным советником Принца Уэльского Чарльза, для которого запроектировал генплан Poundbury в Dorset и Chapelton в Cornwall.

Крие как архитектор-урбанист – принципиальный антагонист Ле Корбюзье, который был агрессивно утопичным, одержимым «генпланом» будущего своего собственного изобретения. Крие же не призывает к утопии. Он реалист, ищущий реинтеграции традиции в современную практику. Он пытается открыть нам глаза на основополагающие взаимоотношения между зданиями и общественными пространствами гуманистичного города. Что представляет собой такой город в физическом смысле? Это конурбация улиц и площадей, ограниченных кварталами зданий, выстроенных по определенным знакам визуальной значимости, относящихся к различным институтам общественной жизни. Крие не приемлет послевоенный модернистский урбанизм. Он напоминает, что эта планировочная модель бесконечных открытых пространств, населенных отдельно стоящими зданиями, стала слишком часто принимаемой градостроительной моделью, которая в действительности не является градостроительной, а скорее является моделью «субурбии»: вспомните «Вертикальный Город-Сад» Ле Корбюзье, который характеризовал его ранние планы по реновации Парижа.

Сегодня выпущенная Леоном Крие книга «The Architecture of Community» необыкновенно актуальна. Он признает стремление улучшить прошлое, но призывает делать это так, чтобы современное было не хуже! Он показывает через философию Нового Урбанизма, что исторические модели нужны нам для изучения, что они чаще всего лучше, чем мы можем придумать.

Критика модернистской идеологии

С момента своего становления как доктрины, в начале двадцатого века, модернизм в архитектуре оставался верен своим базовым принципам. Несмотря на то, что он существовал в течение шестидесяти лет путем повторения наработанных моделей, модернизм продолжал «мифологизировать» себя как единственную инновационную и революционную силу в архитектуре. Модернизм провозглашал себя антиконформистским, игнорируя тот факт, что он процветал и в демократических, и в тоталитарных режимах – от Вашингтона до Москвы, и от Кубы до Чили.

Технологии модернизма, по мнению Крие, никогда не были революционными; такие элементы, как плоская крыша, стена – занавес и открытый план, были открыты намного раньше. Модернизм был революционен только в своем массивном и агрессивном применении этих элементов и объявлении войны всей традиционной культуре. Философская ошибка модернизма лежит не в его доктрине, а в презентации модернизма как новой парадигмы, как эксклюзивных принципов, как панацеи против традиционной архитектуры и урбанизма. Крие считает, что стандартизация, предварительное изготовление, открытый план, стены – занавеси, горизонтальные окна, крыши террасы, ламинированная сталь, железобетон и даже клонированные архитектурные элементы

полезны в определенных рамках; они не являются антитрадиционными. Но когда они возводятся на уровень абсолютной и исключительной догмы, то результат – обеднение городов и обществ.

Превалирование стандартов, серий, норм, единообразия и абсолютной точности повлияли на все уровни нашей культуры, значительно превышая требования производственной необходимости. Это привело к формализму единообразия, который некоторые считают необходимым выражением массового общества. По их мнению, если вам не нравится модернистское искусство, то это ваша вина. И это несчастье, что подобные спекуляции стали парадигмами массовой архитектуры и искусства: мы в плену абсурда.

Почти полвека назад модернистское движение провозгласило, что им выработаны определенные решения всех проблем, связанных со строительством. Единственное, что очевидно на сегодня: без традиционных ландшафтов, городов и ценностей наша окружающая среда станет кошмаром глобального масштаба. Модернизм отрицает все, что делает архитектуру полезной: крыши, несущие стены, колонны, арки, вертикальные окна, улицы, площади, интимность, декор, историю, традицию. Хотя сейчас неомодернисты признают, что нет альтернативы традиционной системе улиц и площадей, но продолжают отрицать традиционную архитектуру.

Крие считает, что сегодня можно объективно сравнить пятьдесят лет модернизма и тридцать веков традиционной архитектуры. В действительности, общество примет любой план города и силуэт, если архитектура традиционна. То, что традиционная архитектура практически ликвидирована в образовательных программах, не уменьшило потребность в ней во всем мире, но модернисты сумели обеднить ее, сведя только к выражению истории.

От того, что города заполнили машины и заурядные строения, все в проигрыше. Сегодня вопрос стоит, не кто выиграет войну, а как повысить шансы всех участников, проводя разумное, демократичное соревнование; всестороннее образование и беспристрастную и эффективную критику.

Аспекты Нового Урбанизма

Архитектуру, как ни странно, любят оценивать все. Еда, к примеру, заботит нас ежедневно, так и с архитектурой мы живем – хотим того или нет. Поэтому у каждого есть свой взгляд на предмет; намеренно или неосознанно мы судим об архитектуре – просто нравится или не нравится место, дом, город; привлекают нас определенные здания или отталкивают. Сегодня повсеместно, как отмечают западные эксперты, отмечается возрастание интереса к традиционной архитектуре и урбанизму, и полное осуждение этого со стороны «мафии» модернистов от искусства не оказывает никакого влияния на рост продаж традиционных домов. Парадоксально, что один из столпов модернизма Torense Conran предпочитает жить в традиционных домах в Англии и во Франции. Цивилизованным людям не обязательно иметь специальное образование, чтобы любить хорошую архитектуру. Исторические города и здания, и традиционная эстетика привлекательны для людей, и не из-за «истории» – «культуры» – «памяти», а просто в силу их прекрасного качества, их красоты, эффективности и практичности. Убогие здания и их окружение это не результат необходимости, а результат – стиля и культуры. Есть элегантные и эстетичные решения при любом бюджете.

Большинство проблем наших поселений имеют в основе одинаковые причины, – вместо того, чтобы расти органично – путем увеличения автономных структурных образований, города двадцатого века страдают от различных форм монофункциональной over-экспансии, что и порождает хаос в их структуре, использовании и облике. Помимо этого, over-экспансия является причиной критического дисбаланса между центром и периферией.

1. Городские центры имеют тенденцию к чрезмерному вертикальному росту. Это ведет к излишней плотности застройки, функций и потребления, что, в свою очередь, вызывает резкий рост стоимости земли и аренды.

2. Субурбия же разрастается горизонтально, за счет низкой стоимости земли, что приводит к очень низкой плотности застройки, функций и потребления.

Обе эти формы гипертрофии, по мнению Крие, воздействуют друг на друга, и возникшие функциональные проблемы не могут быть решены изолированно. Мы ошибаемся, если называем любую большую группу зданий городом, только определенная структура и форма может носить это имя. Город это не случайное образование, а результат логически последовательного видения и целей. Это изобретение человеческого духа. Без этой основополагающей идеи не будет урбанизированной

цивилизации. Великие города не строились только в силу промышленной необходимости. Если индустриализация развивается по своей собственной логике, то это приводит к невосполнимым потерям в освоении земли. Такой техникой освоения, одобренной Афинской Хартией в 1931 году, стало функциональное зонирование. Это инструмент промышленной экспансии, который настолько же эффективен, насколько рудиментарен. В конечном счете, зонирование приводит к раздроблению интегрированных, полифункциональных поселений (крупные города, городские районы, деревни) в монофункциональные зоны (жилые микрорайоны, «спальные» города, кампусы, торговые центры, промышленные зоны, бизнес-парки и т.д.). Вместо того, чтобы стимулировать органичную интеграцию городских функций, зонирование вызывает их механическую сегрегацию. Зональное регулирование сейчас представлено в большинстве промышленно развитых стран. Хотя нормы шумозащиты и загрязнения и подразумевают отделение некоторых зон, но в большинстве случаев это и не оправдано и анахронично, и поэтому антиурбанистично и антиэкологично. Зонирование делает современную жизнь чрезвычайно сложной и затратной с точки зрения времени передвижения на транспорте. И зонирование это не нейтральный инструмент, оно превращает общество активных, независимых индивидов – в мобилизованные пассивные массы, заменяя органический порядок города механическим беспорядком пригородов и отсутствием реальных центров. Наиболее экстремальные примеры, по мнению Крие, регионального зонирования с ужасными последствиями наблюдаются на территории бывшего Советского Союза.

Традиционный урбанизм, разнообразие и близость функций, и огромная структурная и функциональная вариабельность строительных участков – это инструменты, без которых общества, основанные на индивидуальной ответственности, предпринимательстве и свободной конкуренции, не могут созидать цивилизованные поселения. Понятие город только тогда становится значимой реальностью, когда формируются городские сообщества. Слово «сообщество» Крие использует обдуманно и не в романтическом или идеалистическом смысле. Городское сообщество – в первую очередь и в основном – сообщество, управляемое ежедневными материальными отношениями и собственными интересами проживающих. Традиционная концепция городского района – это материальная и культурная материализация этих отношений. Как и любой живой организм, города имеют оптимальные размеры – город должен расти только за счет увеличения количества сформировавшихся городских районов.

Городская экономика не может больше развиваться за счет экспансии окружающей территории или безудержной эксплуатации городских центров, но – путем реорганизации, развития и внутреннего роста субурбии. Это, по утверждению Крие, должно стать целью действительно «экологичной» цивилизации. Трансформация субурбии будет невозможной без отмены практики функционального зонирования, пересмотра планов землепользования и ревизии городских программ развития.

Основополагающей структурной единицей полицентричного города является автономный городской микрорайон (соседство) – город внутри города. Он является своего рода выстроенным выражением коллективных и индивидуальных интересов; который, в свою очередь, состоит из разновеликих структурных компонентов – городских кварталов, образованных плотной сеткой улиц и площадей.

- Городской микрорайон (соседство) – автономный с точки зрения обеспеченности детскими садами и начальными школами, ежедневного посещения продуктовыми магазинами и рынками, а также рабочими местами (по крайней мере 1-2 места на каждое здание), объектами здравоохранения и культуры.
- Максимум 4 микрорайона или соседства формируют район.
- Городской район имеет гимназию, магазины и рынки еженедельного посещения, а также администрацию, сервис и культурные учреждения местного уровня.
- Определенное количество районов формируют город.
- Город подразумевает объекты ежемесячного и сезонного шопинга, а также административные, спортивные, обслуживающие, культурные и досуговые объекты городского уровня.
- Определенное количество городов формируют автономный метрополис или «полиполис».

При этом Крие четко оговаривает, что городской микрорайон (соседство) должен иметь конечные размеры и не превышать 900 метров в любом направлении. Население не должно превышать 10 тысяч жителей. Также должна быть четкая иерархия улиц и площадей, формирующих регулярную, иррегулярную и смешанную сетки. Периметр кварталов, из которых состоит микрорайон, уменьшается к центру и увеличивается ближе к границам микрорайона; таким образом

достигается плотность улиц вокруг центральной площади, подчеркивается центр за счет большего количества углов, поверхности фасадов, входов и т.д. Только необходимо уточнить само понятие «микрорайон» – он никоим образом не является прообразом нашего. В реалиях советского прошлого микрорайон был конечной структурной единицей, достаточно гипертрофированной с так называемой «свободной планировкой», он и стал наиболее ярким выражением модернизма.

Вопросы морфологии городских кварталов очень важны для формирования планировочной культуры и, безусловно, они требуют дальнейшего более углубленного изложения. Подобная культура, как выясняется, – очень важная вещь, потому что очень сложно разобраться в природе городского планирования и сделать правильный выбор в многообразии моделей и подходов. Это актуально как для уже сложившихся проектировщиков, в основном прошедших школу советской действительности, так и для студентов, получающих образование в области архитектуры и градостроительства. Этим и обусловлен интерес к работам Крие – мы сегодня нуждаемся в них, как никогда раньше. Его тексты дают возможность заново открыть для себя уже известные ценности. Он учит нас проектировать не хуже, чем это было в прошлом – вернуться к базовым ценностям, взять их за основу; Крие своими текстами и работами формулирует общую теорию создания современных городов и поселений. Это тем более интересно, так как эти идеи нашли практическое воплощение в почти 20-летнем опыте строительства в Америке и Европе, что подтвердило их жизнеспособность, практическую и эстетическую значимость. В завершение статьи хотелось бы привести фразу Jean Dutourd (из французской Академии Архитектуры) о том, что книга Крие должна стать настольной для всех современных архитекторов; но они будут краснеть при каждом взгляде на нее!

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Leon Krier. Architecture. Choice or Fate. – London: Papadakis Publisher, 2007. – 210 p.
2. Leon Krier. The Architecture of Community. – Washington: ISLANDPRESS, 2009. – 460 p.

УДК 72.01

Куликов Д.А. – ассистентE-mail: dmitry.kulikov@bk.ru**Казанский государственный архитектурно-строительный университет****РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ АРХИТЕКТУРА: КОНЦЕПЦИЯ И МОДЕЛЬ ПРОСТРАНСТВА
НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ. МЕТОДИЧЕСКИЙ АСПЕКТ****АННОТАЦИЯ**

В первой части публикация представляет сокращенный перевод и анализ междисциплинарного архитектурного исследования потенциала развития региона Montceau-les Mines Le Creusot, выполненного бюро MVRDV. Во второй части текста предлагаются принципы организации ресурсосберегающих градостроительных систем, которые основаны на следующих понятиях: специализация, оптимизация, денсификация, максимизация, вертикальное уплотнение. В основу метода положена комплексная оценка ресурсного (ресурсосберегающего) потенциала региона и баланс природной и искусственной среды обитания.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: региональное развитие, градостроительство, ресурсосберегающая архитектура.

Kulikov D.A. – assistant**Kazan State University of Architecture and Engineering****RESOURCE-SAVING ARCHITECTURE: CONCEPTION AND MODEL OF THE SPACE
ON THE REGIONAL LEVEL. METHODOLOGICAL ASPECT****ABSTRACT**

The first part of introduced text represents a shorted translation of the interdisciplinary architectural research on the theme of the Montceau-les Mines Le Creusot (FR) growth potential. This research was made by MVRDV architectural firm, and points out on the appearance of the new approach in planning of regional and urban systems. The principles of new regional resource-saving approach are analyzing in the second part of publication. The main concepts are: specialization, optimization, maximization, stacking, densification.

KEYWORDS: resource-saving architecture, urbanism, regional development.

Ресурсосбережение и устойчивое развитие – одна из самых изучаемых в настоящее время тем архитектурного дискурса. Нарастающие ресурсные проблемы города дают новый толчок развитию архитектурной теории, а необходимость поиска альтернативных моделей организации пространства является остро актуальной задачей с культурологических и архитектурных позиций [1]. Передовым в архитектурной науке является т.н. экологический императив, который рассматривается нами как концепт ресурсосберегающей архитектуры [2]. Современная градостроительная теория более не рассматривает концепцию агломераций в качестве единственного пути развития урбанистических систем. Концепция «устойчивого» региона, в схеме глобальных трансатлантических взаимосвязей, раскрывает новые ресурсные возможности развития городов и систем расселения. Данная публикация, в первой части, представляет собой сокращенный авторский перевод междисциплинарного архитектурного исследования реорганизации французской территории горнодобывающей промышленности Монко ле Мена Ле Крезо (Montceau-les Mines Le Creusot, FR) – «Foret MLM» [3, с. 104-115]. Во второй части публикации анализируются главные аспекты методологии проектирования ресурсосберегающих градостроительных систем, раскрываются основные понятия и термины. На основе исследований по общей тематике – «ресурсосберегающая архитектура», проводимых на кафедре теории и истории архитектуры КазГАСУ, предлагается теоретическая модель организации ресурсосберегающего архитектурного пространства на региональном уровне.

Foret MLM. Монко ле Мен. MVRDV/AA Fararu, 2004-2007

Промышленные территории. Что? Шахты Монко ле Мен? Где это? Станция TGV (сеть скоростных поездов Франции)? Действительно? А что еще? Месторождение? Потребность в идеях для прежних горнодобывающих территорий в Монко ле Мен не единична. Одновременно, в Австрии, в Рурской области, в Роттердаме, в Италии территории находятся в том же самом состоянии – процессе убывания и деградации. Индустриальные производства и фабрики закрываются или уже заброшены. Что делать с такими участками? Эта задача может рассматриваться как результат экономического спада в подобных зонах. Старая Европа теряет свои территории. Прежние индустриальные и сельскохозяйственные экономические системы переехали в страны Восточной Европы, Азии и Америки и частично заменены обслуживающими и научно-ориентированными структурами, которые главным образом располагаются в городской черте. Что касается катастрофической потери территорий от свертывания прежних систем, то опустошенные территории должны развиваться.

Решение для этих земель не может быть найдено в узких рекомендациях и мелких идеях. И, определенно, они не могут быть заполнены однообразными программами. Есть определенный предел экономической жизнеспособности уже известных программных решений. Мы не можем заполнить опустошенные территории другим тематическим парком развлечений, другим проектным центром, другим центром высоких технологий, другим деловым парком. Какое количество тематических парков могут разместить Франция и вся Европа в целом? Сколько архитектурных «гипермаршей» может быть произведено? Какова потребность в инфраструктуре досуга и отдыха? Эти вопросы требуют более глубокого и более широкого подхода, который раскроет действительную роль сельской местности.

Парадокс французской деревни. Какова роль французской деревни в эпоху, в которой она потеряла свою важность? Сельское хозяйство исчезает, множество людей уезжают из сельских областей, а пожилые люди, которые остаются, постепенно вымирают. Как это ни парадоксально, это происходит в то время, когда все больше и больше денег инвестируется в постройку шоссе, провинциальных дорог и окольных путей, в отчаянной попытке привлечь «большие инвестиции». В итоге, это заканчивается тем, что служит все меньшему и меньшему количеству людей. Для поддержания уровня занятости бесполезно создавать тематические и деловые парки. Вторичное жилье появляется во многих местах, пожилое местное население сменяется интернациональным, уменьшая традиционный образ и идентичность регионов. Какое будущее имеет такой подход? Ни это ли отпечаток бесконечного пригорода?

Покинутая земля. У французской деревни есть ряд достопримечательностей в европейском и глобальном масштабе, которые определенно могут быть защищены и развиты. Климат и исключительная красота пейзажа и природы могут претендовать на статус европейского парка и служить целям отдыха и досуга. Винная промышленность остается исконной ценностью сельского уклада, несмотря на рост производства в Южной Африке, Чили и Австралии. Почему бы не смириться с этим? Почему бы не развивать преимущества в гораздо большем масштабе? Возможно, уменьшение населенности снимет давление на сельскую местность и поможет закрепить вновь открытые качества. Принимая отток населения, французское село сможет вновь открыться и природе, и виноградникам.

Размер. Во все более и более конкурирующем мире размер играет важную роль. Обширная сельская местность влияет на качество среды, привлекая большее количество видов животных и растений, вследствие этого привлекая больше людей. Это воспрепятствует тому, чтобы Европа была полностью покрыта субурбией, воспрепятствует возможному синдрому «тотальной заурядности». Эти процессы помогут стимулировать разнообразие в масштабе Франции и Европы – вероятные предпосылки экономической стабильности и целеустремленности.

Богатая природа. Отдавая ландшафт обратно природе и соединяя его с другими элементами, Монко Ле Мен становится частью большого природного царства, которое стремится к концепции европейского зеленого «ядра» – Национальному Парку Монко Ле Мен, с существующей в качестве современных "руин" фабрикой. Распыляя на руины толстый слой полиуретановой краски, может быть гарантирована конструктивная стабильность структур, в то время как флора может произрастать

поверх строений. Сажая лес, который мог бы вырасти до 60 метров в высоту, используя экспериментальные комбинации сортов, почвы и структур, регион может создать огромную поэтическую зеленую массу, поглощающую существующие постройки. Это создаст небывалый аттракцион, который сможет снова привлечь посетителей в регион. Ни это ли новое начало?

Ресурсосберегающее пространство как основа регионального развития. Методология

Представленный текст – это архитектурно-пространственная стратегия развития региона, на стадии концепции. Пропагандируемая студией MVRDV практика совмещения проектирования с тематическими исследованиями показала себя, как одна из наиболее перспективных методик, расширяющая возможности всех заинтересованных сторон: университетский «корпус» – студенты и преподаватели, администрация и управленцы – «власть» на городском и региональном уровне, архитекторы и строительные компании – исполнительные структуры. Подход организует как вертикальную систему развития и принятия решений, так и горизонтальную, работая в учебном и практическом процессе, иначе, определяя роль архитектурной профессии.

В настоящее время развитие урбанистических систем дополняется двумя тенденциями. Первая по С. Сассен характеризуется понятием «глобальный город» [4] и проявляется в установлении объединенной сети международных центров, крупнейших городов, ядер цивилизационной активности. При этом межгосударственная граница, как барьер, теряет свое значение. Сфера воздействия глобальных центров распространяется далеко за пределы государств. Вторая тенденция связана с набирающей силу парадигмой ресурсосберегающей архитектуры или обозначенным теоретиком архитектуры Ч. Дженксом «экологическим императивом» [2]. Здесь предпочтение отдается принципам международной региональной кооперации. Регион и его локальный ресурсный потенциал рассматриваются как главная экономическая и пространственная подсистема потребления. В такой сети регионы, а не страны являются международными игроками, главными производительными силами. На основе ранее проведенного исследования, в котором изучалась близкая тема стратегии развития региона Центральной долины Чили, нами будут рассмотрены особенности методологии регионального планирования в архитектурно-пространственном аспекте [3, с.122-133; 5]. Интерес представляют понятия – «региональная специализация», «оптимизация», «максимизация», «денсификация» и «вертикальное уплотнение». Вместе они представляют собой комплексный методический подход к региональному планированию, рассмотрим их подробнее:

Специализация – выделение особой функции региона в общей мировой системе хозяйствования. Подход основан на создании специального сценария регионального развития. Предлагается стратегия жесткого ограничения специализации на конкретных производственных функциях. Например, выявляются регионы «доноры» альтернативной энергии: волновой – коллекторы морской и океанической энергии; ветровой – горные и прибрежно-морские фермы¹; солнечной – плантации солнечных батарей в пустынях; геотермальной – регионы с соответствующими геологическими свойствами.

Оптимизация – рассматривается как первый этап новой региональной политики. Основываясь на локальном ресурсном потенциале, а также возможностях современных технологий и концентрации ресурсов, в несколько раз повышается продуктивность производства² без значительного инфраструктурного изменения региона [5]. Оптимизация часто рассматривается как метод посткризисного восстановления деградированных или убывающих регионов (в архитектурной теории принят термин «убывающие города» [7]).

Максимизация – процесс максимальной концентрации производства или другого режима хозяйствования на территории с выявленной предрасположенностью к определенным функциям. Максимизация основывается на выявлении роли региона в общенациональном и мировом хозяйстве, процесс сопровождается крупными инфраструктурными изменениями (энергетика, водные ресурсы, транспорт и др.). Процесс максимизации служит отправной точкой в мировой реструктуризации системы производства-потребления³.

¹ Например, проект бюро OMA “ZeeKracht” генеральный план развития энергетики Северного моря [8].

² Интерес представляют проекты Bradford Centre Regeneration Masterplan (Alsop Architects) и La Tour Vivante (Soa Architects), где рассматриваются сценарии развития города и технологии оптимизации с/х производства в архитектурно-пространственном аспекте [6, с. 96-103, 104-111].

³ Проектные опыты MVRDV по максимизации альтернативной энергетики в мировом масштабе [3, с. 74-93].

Денсификация – процесс концентрации населения для повышения производительности экстенсивными способами. При этом возникают новые формы уплотненных жилых структур и массивов, а также специальных типологических единиц способных к управлению и адаптации миграционных потоков (миграция как ресурс развития). Денсифицированный мир требует пространственных форм, в основе которых лежит ресурсосберегающее мышление⁴.

Вертикальное уплотнение – концепция вертикального роста производственных структур, иначе – вертикальные фермы. Примером такого подхода может быть проект «PigCity» [3, с. 1156-1217]. Проект раскрывает способ увеличения производительности животноводческой промышленности Голландии, при этом снижается экологическая нагрузка и уменьшается количество эксплуатируемых сельским хозяйством земель. Экспонировавшийся в Нидерландах, этот проект получил международное признание и обсуждался на государственном уровне. Методология вертикального уплотнения применяется современными архитекторами на уровне теоретического проектирования, с отдельными элементами внедрения в архитектурной практике, что говорит о состоятельности подхода. Если «денсификация» имеет дело с жильем и расселением, то «вертикальное уплотнение» в контексте исследования рассматривается с позиций функции производства и, в частности, сельского хозяйства.

Предлагаемая MVRDV методология может казаться слишком футуристичной, вместе с тем, она реализует глубокое понимание роли регионов в новейших процессах мировой урбанизации и общей тенденции к ресурсосбережению. В Татарстане, как активно развивающемся регионе, существует необходимость в разработке опережающих стратегических моделей. При таком понимании целей архитектуры и урбанистики потребуются качественно новые связи между всеми участниками проектного процесса: студентами, архитекторами, проектировщиками и градостроителями, маркетологами, административными, властными и исполнительными структурами, – необходим диалог качественно иного уровня. Выявленную методологию можно понимать как часть ресурсосберегающей модели региона-единицы и включать в разработку стратегии и программ на любом уровне проектирования.

Концепция организации ресурсосберегающего архитектурного пространства на региональном уровне (градостроительная система)

Предлагаемые принципы разрабатываются автором в рамках диссертационного исследования «Принципы организации ресурсосберегающего архитектурного пространства». На основе анализа теоретического и практического опыта ресурсосберегающей архитектуры была определена структура нового типа пространства. Ресурсосберегающее пространство представляет собой комплексную систему трех уровней:

- *объектный* (независимая ресурсосберегающая ячейка);
- *градостроительный* (система ресурсосберегающих модулей);
- *региональный* (ресурсосберегающая система расселения).

Модель ресурсосберегающей градостроительной системы в масштабе региона предполагает создание локальных стратегий (сценариев) ресурсосберегающего развития. При этом каждый регион способен реализовать уникальную архитектурную идентичность. Модель третьего уровня представляет собой систему организации оптимизированных региональных единиц на основе следующих принципов.

Программные принципы:

- Моделирование комплекса объектов основано на выявлении ресурсного потенциала региональной градостроительной системы. Ресурсы производятся и потребляются внутри глобального региона, который рассматривается как самодостаточная ресурсная (объектная) система с комплексом возможностей и сценариев. Предполагается создание уникального профиля городов на основе локального ресурсного потенциала, в соответствии с которым в регионе возможны одни действия и невозможны другие.

⁴ Пример денсификации – проектная модель «3D CityCube» [3, с. 268-463], а также работы Х. Хара –500 m cube» [3, с. 508-515] и проект «TPAC» бюро NL Architects.

- Стратегия планирования всей региональной системы потребления основана на процессах специализации, оптимизации, максимизации, денсификации и вертикального уплотнения. Глобальное значение региона образует новую локальную пространственность и специфичную роль в общей системе ресурсосберегающего потребления, меняет взгляд на границы территориальных субъектов.

- Один из разрабатываемых сценариев, который предполагает значительное изменение региональной инфраструктуры потребления, – это будущее развитие космологической формы потребления.

Принципы отношений с окружающими объектами:

- Внутренние объекты. Система использует региональные ресурсы – ландшафтные, селитебные и этнические. Модель взаимодействует с крупными ресурсосодержащими объектами природной и техногенной среды, к ним относятся: водные массы, ресурсосодержащие территории, сельскохозяйственные пространства, производственные площадки, лесные массивы и другие ресурсные подсистемы.

- Внешние объекты. Окружающие объекты – это прилегающие территориальные единицы – регионы. Трансрегиональный уровень ресурсосберегающей системы подразумевает ограниченный обмен ресурсами на основе программ поддержки и восстановления общих экосистем.

Принципы отношений с пространством:

- Органичное взаимодействие, использование и поддержка главных ландшафтных пространств – элементов экосистемы. Создание ресурсосберегающих производственных структур на основе принципов восполнения и воспроизводства экосистемы и ее ресурсов – оптимизации ресурсной базы.

- Органичное взаимодействие и поддержка экосистемы и баланса между технической и природной массой. Зависимость ресурсосберегающей градостроительной системы от экосистемы и ресурсов.

- Истинная региональная граница определяется естественными границами экосистем.

Принципы отношений с человеком:

- Принципы необходимой миграции, регуляция численности населения в зависимости от потребностей системы. Специальная инфраструктура, способная адаптировать и координировать миграционные потоки. Человек – главная единица модели, ее управляющий элемент и координатор – зависимая и исполнительная часть.

- Модель активизирует локальные народности и их наиболее выраженные способности и навыки. Принцип коэволюции природы и человека, ресурсосберегающего архитектурного пространства и натурального окружения и исторический генотип человека.

Принципы организации модели:

- Глубокое взаимодействие с экосистемой, «вживление» в природную систему на основе биотехнологий и системы техноценозов. Биологический режим модели – это особая система хозяйствования, где совмещаются природные и технические принципы, т.е. модель понимается как электронно-биоморфная живая система, функционирующая по принципу самоорганизации.

- Комплексная ресурсосберегающая оценка и развитие региона на основе ресурсного анализа. Использование ресурсов на основе прогнозирующего анализа потребностей, потребления и восполнения. Трансформация модели в зависимости от тенденций развития ресурсного потенциала пространства. Организация новых ресурсосберегающих пространственных элементов в соответствии с потребностями ресурсосберегающей системы.

Непрерывное увеличение населения требует возрастающего производства продуктов питания, энергии, минеральных ресурсов, что увеличивает истощаемость существующих ресурсных систем. В основу модели регионального развития закладываются принципы установления баланса между антропогенной и естественной средой, принципы организации ресурсосберегающего архитектурного пространства. Структура современной системы сверхпотребления такова, что «отстающим регионам» необходимо миновать современную модель разрушающего потребления и разрабатывать локальные стратегии ресурсосберегающего развития, основой которых является сеть регионов-потребителей. Предложенная концепция концентрирует внимание проектных задач на анализе городов и регионов с целью выявления ресурсосберегающего потенциала пространства. Предлагается новая система проектного мышления, в которой ресурсосберегающий потенциал пространства выполняет программную роль в архитектурно-пространственных решениях. На формирование объекта накладывается система ресурсных ограничений как основа новой парадигмы потребления.

Существующие методики обучения отстают от темпов развития ресурсосберегающей теории и технологий. Необходимо добиваться ресурсосбережения за счет экспериментального проектирования, осуществлять комплексный подход к реализации проектных решений, осуществлять комплексные сценарии регионального и объектного уровня в единой архитектурно-пространственной связи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айдарова Г.Н. Ресурсосберегающая архитектура как альтернатива современного развития // Труды годичного собрания РААСН. – М., 2003. – С. 204-206.
2. Дженкс Ч. Новая парадигма в архитектуре // Проект International, 2005, № 5. – С. 98-111.
3. MVRDV, KM3: Excursions on capacities. – Barcelona, Actar, 2005. – P. 1413.
4. Сассен С. Глобальные города: постиндустриальные производственные площадки // Логос, 2003, № 5.
5. Куликов Д.А., Фасхутдинова Г.Д. Чили. Центральная долина. Архитектурная концепция оптимизации региона // Вестник Архитектуры и Урбанистики, 2010, № 1.
6. Белоголовский В. GREENHOUSE. – М.: Изд-во TATLIN, 2009. – 200 с.
7. Освальд Ф. Убывающие города. Фаза 2: Интервенции // Проект International, 2006, № 13. – С. 130-135.
8. Бауман О. Последовательная архитектура // Проект International, 2009, № 23. – С. 113-176.

УДК 502:351.853, 502.34:351.853, 502:72, 502.335, 502.333, 504.062, 502.34:352, 504, 502.35, 504.06, 502:71

Никитин А.В. – аспирант

E-mail: lucky03@bk.ru

Казанский (Приволжский) федеральный университет

Мингазова Н.М. – доктор биологических наук, профессор

E-mail: nmingas@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Казанский (Приволжский) федеральный университет

Юпина Г.А. – кандидат биологических наук, зав. отделом оптимизации наземных экосистем

Казанский (Приволжский) федеральный университет

ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКОЛОГО-ПРИРОДНОГО КАРКАСА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ (НА ПРИМЕРЕ Г. КАЗАНИ)

АННОТАЦИЯ

В последнее десятилетие широко обсуждается вопрос формирования системы эколого-природного (природного, экологического, зеленого) каркаса (ЭПК) при развитии и формировании городов, структуры и принципов ЭПК. Между тем понятие ЭПК в градостроительстве и экологии различно, что требует синтеза и анализа этих понятий в градостроительной экологии. В настоящей статье отражены различные подходы к разработке ЭПК в г. Казани и проблемы при его формировании в современных условиях.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: эколого-природный каркас, зеленые коридоры, принципы природного каркаса, структура экологического каркаса, природно-рекреационный комплекс, градостроительная экология.

Nikitin A.V. – post-graduate student

Kazan (Volga region) Federal University

Mingazova N.M. – doctor of biological sciences, professor

Kazan State University of Architecture and Engineering

Kazan (Volga region) Federal University

Yupina G.A. – candidate of biological sciences, manager of Department of land ecosystems optimization

Kazan (Volga region) Federal University

PROBLEMS OF ECOLOGICAL-NATURAL SKELETON FORMATION OF THE URBANIZED TERRITORIES (ON THE EXAMPLE OF KAZAN)

ABSTRACT

Last decade the question of ecological-natural system formation (natural, ecological, green) or skeleton (ENS) is widely discussed at development and formation of cities, structure and ENS principles. Meanwhile the concept of ENS in town-planning and ecology are varied that demands synthesis and the analysis of these concepts in town-planning ecology. In the present article various approaches of working out ENS in Kazan and problems of its formation in modern conditions are reflected.

KEYWORDS: an ecological-natural skeleton, green corridors, principles of a natural skeleton, structure of an ecological skeleton, a natural-recreational complex, town-planning ecology.

В течение последних десятилетий на первом месте при планировании городских территорий учитывались градостроительные и санитарно-гигиенические нормативы, экологическим вопросам уделялось остаточное внимание. При этом планирование, проектирование городских территорий велось по нормативам, определяющим требования не к городу, как территориально целостному образованию, а к отдельным его районам, различным по функциям – промышленным зонам, селитебным территориям, инженерно-транспортным коридорам. В результате такого проектного подхода к городу, как к разрозненным территориям, планировочная структура

многих городов (в т.ч. и г. Казани) не отвечает в настоящее время требованиям сохранения и устойчивого развития городских систем различного иерархического и функционального статуса. Исходя из этого, г. Казань имеет достаточно сложную экологическую ситуацию, оцениваемую как неблагоприятную [1].

Решение большинства городских проблем возможно при учёте экологических требований в проектировании городской территории, которое должно осуществляться на всех уровнях: от генерального плана, проектов застройки до проектов конкретных объектов капитального строительства. Одной из основных предпосылок устойчивого развития городов является экологическая оптимизация его ландшафтов на базе эколого-природного каркаса (ЭПК) территории.

Понятие эколого-природного каркаса

Эколого-природный каркас (синонимы – «экологический», «природный», «природно-рекреационный каркас» или «природно-рекреационный комплекс») в настоящее время является одним из ключевых понятий современного градостроительства, так как употребляется практически во всех концепциях генпланов городов. В то же время изначально этот термин был использован в экологии и природопользовании. Одним из первых этот термин (как «экологический каркас») использовали Н.Ф. Реймерс и Ф.Р. Штильмарк [2] в работе по формированию системы особо охраняемых территорий (ООПТ) региона. Следует отметить, что в градостроительстве и архитектуре с середины 1960-х гг. при разработке генеральных планов также использовались принципы создания непрерывной системы озеленения, что можно считать системой ЭПК городской среды. Вероятно, в градостроительстве и экологии долгое время параллельно и с взаимопроникновением шли обсуждения по созданию устойчивой среды через сохранение природных объектов как регионов, так и поселений.

В общем виде под ЭПК понимается система соединенных между собой природных (исторически сложившихся) и озелененных (искусственно созданных) территорий, обеспечивающих качество городской среды.

Елизаров А.В. [3] под экологическим каркасом понимает совокупность экосистем с индивидуальным режимом природопользования для каждого участка, образующих пространственно организованную инфраструктуру, которая поддерживает экологическую стабильность территории, предотвращая потерю биоразнообразия и деградацию ландшафта. Елизаров А.В. отмечает, что экологический каркас складывается не только из системы ООПТ, а состоит из всех природных элементов окружающей среды (пастбища, сенокосы, луга, земли лесного и водного фонда, водоохранные зоны), которые составляют единую сеть.

В городе ЭПК формируется преимущественно на базе гидрографической сети с учетом геоморфологии и рельефа, преимущественно в виде территориально непрерывной системы открытых озелененных пространств. В городской экосистеме ЭПК включает, наряду с ООПТ, городскими лесами и зелеными насаждениями всех видов и категорий, зоны с особыми условиями использования территории (зоны объектов природного и культурного наследия; водоохранные зоны; зоны охраны источников питьевого водоснабжения; санитарно-защитные зоны предприятий).

Структура эколого-природного каркаса

Как и всякая система, ЭПК имеет довольно сложную структуру. В ЭПК выделяют следующие категории территорий: ключевые, транзитные и буферные территории. *Ключевые территории* – это участки, имеющие самостоятельную природоохранную ценность. Для их сохранения создают ООПТ – заповедники, национальные и природные парки, заказники. В городах ключевыми территориями являются городские леса, лесопарки, ООПТ местного назначения, крупные парки. *Транзитные территории* – это участки, благодаря которым осуществляются экологические связи между ключевыми территориями. Они могут представлять собой не препятствующие экологическим связям обширные участки ландшафта между ключевыми территориями («связующий ландшафт»). Это могут быть линейные элементы ландшафта (долины рек), называемые «экологическими коридорами». Экологические связи между ключевыми территориями обеспечивают «фрагментированные транзитные территории», то есть группа топографически разделённых участков (места остановки мигрирующих птиц). *Буферные территории* защищают ключевые и транзитные территории от

неблагоприятных внешних воздействий. Им обычно придают статус охранных зон. В городах такие территории могут и не присутствовать.

Как показывает практика, в некоторых местах ЭПК необходимо уже не только сохранять, но и *восстанавливать*. В этом случае в состав ЭПК могут входить участки экологической реставрации, выполняющие после восстановления функции транзитных, буферных или даже ключевых территорий [4].

Елизаров А.В. [3] сгруппировал участки каркаса по нескольким направлениям: 1) *по функциям* – узлы (или ядра) и коммуникативные элементы; 2) *по иерархическому уровню* – элементы каркаса местного, районного, регионального и межрегионального значения; 3) *по правовому статусу* – различные формы ведомственных ограничений использования, охранные зоны, ООПТ, новые предлагаемые формы статуса; 4) *по экосистемному признаку* – каким типом экосистемы элемент представлен; 5) *по степени значимости территории*. По степени значимости автор разделяет экологический каркас на группы: а) *природные территории* (степи, леса, луга и т.п. – все, что сохранило природный облик); б) *реставрационный фонд* (антропогенные территории (обычно пашня), но такие, на которых с целью воссоздания единой инфраструктуры экологического каркаса необходимо восстановить природную среду); в) *искусственные элементы* (чуждые исторически ландшафту, но нужные для поддержания экологического равновесия в условиях интенсивной хозяйственной деятельности (например, полезащитные лесополосы в степной зоне).

Владимиров В.В. [5] в структуре природного каркаса городов выделяет макро-, мезо- и микроструктуру. *Макроструктура* включает в себя зеленые массивы города вне крупных жилых образований, промышленных районов, узлов внешнего транспорта. Поскольку процессы агломерирования ведут к слиянию населенных мест друг с другом, макроструктура природного каркаса города в своем развитии проявляет тенденции к мозаичности ее строения. Поэтому формирование элементов природного каркаса должно идти по линии создания зеленой зоны города в виде водно-зеленых диаметров, озелененных санитарно-защитных зон, а также системы экологических коридоров – озелененных улиц, бульваров, защитных зеленых насаждений, сохранных долин городских рек, соединяющих элементы макроструктуры природного каркаса с пригородными лесопарками и лесами. Элементы *мезоструктуры* природного каркаса города – это сады, скверы, аллеи, другие зеленые насаждения в пределах жилых районов и микрорайонов. В старых частях города можно выделить два типа мезоструктуры – межквартальный (аллеи, озелененные улицы, скверы) и внутриквартальный (сады, огороды, палисадники и др.). В экологическом отношении эти типы достаточно резко различаются даже при одинаковой плотности застройки: в первом случае антропогенный пресс гораздо выше (транспорт, пешеходы, животные), во втором – больше возможностей для сравнительно спокойного развития зеленых насаждений, их возобновления и обогащения. В новых микрорайонах с преимущественно свободной планировкой, несмотря на рост озелененных площадей, наблюдается видовое и структурное обеднение зеленых насаждений вследствие постоянного и сильного антропогенного воздействия на жилую территорию. *Микроструктура* природного каркаса связана с особенностями внутреннего построения и породным составом отдельных элементов озеленения – газонов, цветников, кустарников, деревьев [5]. По существу, это уже развитие природного каркаса.

Ценность отдельных элементов и их сочетаний в экологическом, экономическом и эстетическом отношении часто бывает различной. Например, большим экологическим эффектом обладают густые живые изгороди, сомкнутые группы деревьев, водоемы с богатой прибрежной растительностью. Поэтому совершенствование микроструктуры зеленых насаждений должно включать в себя меры по увеличению зеленых насаждений со сложной структурой, развитию вертикального и многоярусного озеленения, всестороннего замещения «ничейных», бросовых, неудобных городских земель разными видами посадок.

Принципы формирования эколого-природного каркаса

Различными авторами предлагались разные принципы формирования ЭПК. Так, В.А. Елизаров [3] выделяет следующие 12 основных принципов формирования экологического каркаса территорий: 1) принцип «природа знает лучше» (один из четырех принципов-законов, введенных американским экологом Барри Коммонером); 2) принцип экологических коридоров (коммутационный); 3) принцип поляризации ландшафта (принцип Родомана) – «урбанизированные районы и заповедники (природные резерваты) являются полюсами природного ландшафта»; 4) принцип буферных зон; 5) принцип иерархических ячеек (принцип Пономаренко); 6) принцип общей иерархичности

устройства; 7) принцип взаимопроникновения природной и экономической инфраструктуры; 8) принцип мозаичности территорий разных масштабов и функций; 9) принцип относительной экологической автономности и дискретности отдельных участков; 10) принцип репрезентативности экосистем; 11) принцип учета исторических тенденций в развитии территории; 12) принцип индивидуальности природных условий каждого участка территории.

По В.В. Владимирову [6] при формировании природного каркаса города предлагается использовать следующие основные принципы: 1) преемственность построения каркаса в экзогенном плане (главные оси природного каркаса города должны быть логическим продолжением элементов природного каркаса района); 2) взаимосвязанность элементов каркаса (каркас должен представлять собой не случайную мозаику различных по назначению городских зеленых насаждений, а, скорее, сетку экологических осей, на пересечении которых целесообразно формировать сравнительно крупные массивы зелени – зеленые зоны); 3) относительную автономность отдельных частей каркаса (элементы каркаса должны проникать во все наиболее значительные структурные звенья города – жилые и промышленные районы, микрорайоны и др.); 4) функциональное соответствие каркаса конкретным природным и экономическим особенностям города, что должно выражаться как в построении структуры каркаса, так и в его биологических характеристиках; 5) одновременное формирование каркаса (по крайней мере, в новых городах) с городской застройкой как части архитектурно-планировочной структуры города.

Подходы к построению природного каркаса в городах, различных по величине, природным условиям, производственной структуре, должны быть весьма индивидуальны, что, безусловно, отразится на функциональной и планировочной структуре этого урбоэкологического образования, а также и на его чисто биологических характеристиках. Общая площадь озеленения в городе – важный показатель, особенно в сопоставлении с другими функциональными зонами, но с экологической точки зрения этот показатель мало информативен. Кроме площади зеленых насаждений, необходимо знать их биологическую продуктивность и продолжительность вегетационного периода, а также особенности планировочной структуры природного каркаса [6].

М.Д. Шарыгин с соавт. [7] считают, что формирование экологического каркаса предполагает включение в его состав уже существующей сети ООПТ, наиболее крупные объекты (заповедники, заказники) которой образуют углы (ядра) каркаса, а остальные входят в состав соединяющих их элементов (осей, коридоров). Пространственное объединение ООПТ с помощью коридоров и буферных зон ведет к усилению взаимодействий между ними и придает им системную целостность. В результате образуются новые эмерджентные свойства системы, одним из которых является переход от сугубо биоцентрической функциональной запрограммированности системы ООПТ к ее ориентации на человека. Новая средоформирующая функция системы ООПТ превращает ее в прообраз ЭПК, который благодаря включению в него дополнительных элементов (участков территорий) начинает выполнять и другие предназначения природоохранного «скелета» пространства региона – защищает человека от негативных воздействий производственной деятельности, создает условия для отдыха населения и развития внутреннего туризма, сохраняет историко-культурное наследие и т.д.

Эволюционное развитие функциональных качеств элементов ЭПК происходит синхронно с развитием системы ООПТ, которая поступательно «вписывается» в его структуру. Новые крупноареальные (площадные, базовые территории, «core areas») элементы ЭПК создаются в пределах его главных линейных элементов (экологических коридоров, «ecological corridors») или сами становятся узловыми элементами для осей низких порядков. Придание территории статуса ООПТ неизбежно ведет и к смене (усилению) ее функциональной значимости в системе ЭПК [8].

Другим вариантом изменения функциональных качеств территории, связанных с формированием системы ООПТ, станет образование буферных (охранных) зон вокруг ранее сформированных резерватов.

Подходы к проектированию эколого-природного каркаса г. Казани

В Казани при разработке генерального плана города (2004-2005 гг.) обсуждался вопрос создания ЭПК для города, но в решении этого вопроса возникло немало проблем как с выделением «ядра» каркаса, так и с созданием непрерывных зеленых зон.

Мударисовым Р.А. с соавторами [9] предлагалось принять в качестве основы (стержня) зеленого каркаса города Казани долину р. Казанка, с выходом на Куйбышевское водохранилище. К стержню примыкает зеленый массив – ООПТ «Немецкая Швейцария», Центральный парк культуры и отдыха им. М. Горького, Арское кладбище, садовые общества №№ 13 и 14, зеленый массив дома отдыха «Ливадия». Авторами предлагалось вести формирование каркаса через выделение «зеленых коридоров» по аналогии с разделением рек на притоки 1, 2, 3-го порядка. Изначально были выделены зеленые коридоры 1-го порядка, которые соединяли стержень зеленого каркаса города с крупными зелеными массивами, окружающими город, т.е. с пригородными лесхозами и горлесопарком. Затем были выделены коридоры 2-го порядка, которые либо являются перемычками между коридорами первого порядка, либо соединяются с загородными крупными лесными массивами. Коридоры 2-го порядка представляют собой отдельные зеленые островки внутри города, которые невозможно включить в состав коридоров более высоких порядков ввиду их значительной удаленности. Данный подход позволяет сделать эколого-природный каркас города в виде «зеленой паутины».

Группа разработчиков Генерального плана (группа компаний «ШанЭко») предлагала ввести новый градостроительный элемент – территорию природно-рекреационного комплекса (ПРК) по подобию организации в Генплане г. Москвы. Она должна была стать территорией с особым режимом градостроительной деятельности, формирующейся системой речных долин и зеленых массивов. В качестве «ядра» ПРК также рассматривалась долина реки Казанки с парками, пляжами, набережными. В ПРК предлагалось включить также систему озер и каналов Подувалье, Кабан, Булак и долину реки Нокса. Развитие ПРК предусматривает воссоздание его исторических элементов – долин малых рек и формирование новых зеленых пространств, восстанавливающих непрерывность природной структуры города. В состав ПРК должны войти все утвержденные ООПТ, озелененные территории общего пользования, свободные территории водоохраных зон малых рек и естественных озер, прибрежно-защитные полосы рек Волга и Казанка, включая озелененные территории дамб инженерной защиты города. Для повышения устойчивости сохранения территорий ПРК авторами предлагалась достройка схемы ПРК города, устранение разрывов между элементами природного комплекса. Для обеспечения устойчивости ПРК предлагалось формировать его с учётом гидрологической сети города и особенностей рельефа (направления рек Казанка и Нокса, системы озер Кабан). Генпланом предусматриваются сохранение, реабилитация и интенсификация использования существующих территорий ПРК по их функциональному назначению. Разработчики предлагали сохранение и развитие трех существующих лесопарковых клиньев: Лебяжский, Высокогорско-Дербышинский, Матюшинский, с установлением режима охраны вдоль речных долин и естественных озер [10].

Наиболее важным для сохранения участком природного комплекса города является пойма р. Казанка. Генпланом предлагалось придать статус особо охраняемой природной территории в пойме рек Казанки в нижнем течении, а именно ландшафтному парку «Островки Казанки», включающему прибрежную и островную зоны. Кроме того, предусматривается усиление режима охраны прибрежно-защитной полосы и водоохранной зоны р. Казанки в ее нижнем течении за счет разработки сводного проекта водоохранной зоны и проекта планировки на весь пойменный участок.

С целью компенсации застраиваемых озелененных территорий Генпланом г. Казани предлагается перевод в озелененные территории общего пользования сельскохозяйственных земель, «неудобий» и неосвоенных территорий. Генеральный план предусматривает увеличить протяженность прибрежно-защитных полос, доступных для населения, оформленных в парковые зоны, бульвары, территории городских пляжей.

В связи с тем, что поверхностные водные объекты города будут являться элементами ПРК, предполагается разработка проектов их водоохраных зон. При определении их границ предлагается исходить из реально сложившейся градостроительной ситуации, учитывать наличие искусственных водоразделов. Одновременно все прилегающие к водным объектам пространства, не имеющие специального инженерного обустройства, предлагается закрепить в качестве территорий прибрежно-защитных полос [10].

Разработанная в Генплане концепция формирования каркаса оправдана, поскольку учитывает достаточно большой круг экологических вопросов и требований, но одним из недостатков на тот момент стало отсутствие данных по инвентаризации зеленых насаждений и водных объектов, которые должны были войти в состав ЭПК. При формировании ЭПК также не были учтены вопросы категорий земель и разрешений градостроительного использования.

Необходимость учета данных по инвентаризации природных объектов при формировании эколого-природного каркаса

Генеральный план г. Казани фактически разрабатывался в 2004-2005 гг. и был утвержден лишь в 2007 г. При его разработке использовались данные первичной инвентаризации природных объектов (на 2002-2004 гг.), что не позволило проработать вопросы ЭПК в должной мере. В настоящее время все более очевидной становится необходимость использования данных полной инвентаризации природных объектов г. Казани для формирования ЭПК.

В 2007-2008 гг. факультетом географии и экологии КГУ (в настоящее время – КФУ) по муниципальному контракту была проведена инвентаризация зеленых насаждений и водных объектов г. Казани. В результате проведенной инвентаризации на территории города Казани было обследовано 273 объекта зеленых насаждений и 246 водных объектов (от очень малых до значительных по площади).

В ходе проведения инвентаризационных работ по зеленым насаждениям выявлено, что на 31.12.2007 г. в г. Казани имелось 273 объекта зеленых насаждений (табл. 1, 2), включая 187 насаждений общего пользования (скверы, сады, зеленые зоны), 16 насаждений ограниченного пользования, 51 – спецнасаждений, 11 – лесов и парков, 6 – особо охраняемых природных территорий (ООПТ), 2 – историко-культурных ландшафтов. Отдельно учитывались насаждения улиц всех районов г. Казани с двух сторон.

Таблица 1

Выявленные в результате инвентаризации объекты зеленых насаждений г. Казани (на 31.12.2007 г.)

Объекты	Количество
Насаждения общего пользования	187
Насаждения ограниченного пользования	16
Спецнасаждения	51
Леса и парки	11
ООПТ	6
Историко-культурные ландшафты	2
Всего	273

Таблица 2

Количество объектов зеленых насаждений в г. Казани по районам

Район	Насаждения общего пользования	Насаждения ограниченного пользования	Специальные насаждения	Леса и парки	ООПТ	Ист.-культ. ландшафт	Всего
Ново-Савиновский	19	-	4	-	-	-	23
Приволжский	37	5	30	4	2	-	78
Вахитовский	55	4	2	-	2	1	64
Советский	29	4	7	5	2	-	47
Авиастроительный	10	-	2	-	-	-	12
Кировский	21	3	3	1	-	1	29
Московский	16	-	3	1	-	-	20
Всего	187	16	51	11	6	2	273

В ходе проведения инвентаризационных работ по водным объектам выявлено, что на 31.12.2007 г. в г. Казани имелось 246 водных объектов, включая Куйбышевское водохранилище в черте города, 5 рек (Казанка, Нокса, Сухая, Солонка, Киндерка), 170 малых озер, 15 озерно-болотных комплексов, расположенных в основном в поймах рек, 7 заливов рек Волга и Казанка, достаточно отдаленных от основной акватории, 14 прудов, 1 ручей и 7 проток. В список включены также искусственно образованные водные объекты – 15 бассейнов, 2 канала и 9 дренажных канав.

Таблица 3

Выявленные в результате инвентаризации водные объекты г. Казани (на 31.12.2007 г.)

Объекты	Количество
Озера	170
Пруды	14
Бассейны	15
Озерно-болотные комплексы	15 (включают комплексы с несколькими озерами и заболоченными угодьями)
Реки	5 (реки Казанка, Нокса, Киндерка, Солонка, Сухая)
Ручьи	1
Протоки	7
Дренажные канавы	9
Каналы	2
Заливы	7 (по рекам Волга и Казанка)
Водохранилище	1 (Куйбышевское водохранилище на р. Волга)
Всего	246

Таблица 4

Количество водных объектов в г. Казани по районам

Районы, объекты	Авиастроительный	Вахитовский	Кировский	Московский	Ново-Савиновский	Приволжский	Советский
Озера	26	1	34	6	27	38	38
Пруды						1	3
Бассейны		2	7			2	4
Озерно-болотные комплексы	4		7		3		1
Реки	2 (рр. Солонка, Сухая)	1 (р. Казанка)		1 (р. Казанка)	1 (р. Казанка)	1 (р. Нокса)	3 (рр. Казанка, Нокса, Киндерка)
Ручьи							1
Протоки		1				6	
Дренажные канавы				2	2	5	
Каналы			1	1			
Заливы		1	4			2	1
Водохранилище			1 (Куйбышевское)			1 (Куйбышевское)	
Всего	32	6	54	10	32	56	51

Лаборатория оптимизации водных экосистем и отдел оптимизации наземных экосистем факультета географии и экологии КФУ после завершённой инвентаризации проводят мониторинг состояния зеленых насаждений и водных объектов, являющихся элементами ЭПК. Но результаты инвентаризации слабо отражены в Генплане г. Казани и практически не учитываются в проектах планировок и в градостроительной политике Казани, так как в них обычно пользуются данными Генплана.

Проблемы формирования эколого-природного каркаса в г. Казани

В настоящее время ситуацию, складывающуюся с формированием ЭПК в г. Казани, можно считать неблагоприятной. Центральный парк им. М. Горького вместе с ООПТ «Немецкая Швейцария» на склоне левобережья р. Казанка ранее был «ядром» ЭПК в г. Казани. После

строительства моста Миллениум и автодороги от моста территория парка и ООПТ, являвшаяся ранее единой непрерывной системой, разрознена и слабо выполняет рекреационные функции. На правом и левом берегах р. Казанка (выше и ниже Советского моста) местами сохранился естественный пойменный ландшафт, Генпланом развития г. Казани здесь предполагалось создание ландшафтного парка «Островки Казанки». Уникальность этой природной системы связана с сохранением большой зеленой территории – поймы и водно-болотных угодий, а также обитанием более 20 видов растений и животных, занесенных в Красную Книгу РТ. Тем не менее, прибрежная зона реки Казанки на обоих побережьях интенсивно застраивается. Не удалось создать и запланированный по Генплану г. Казани в 2007 г. ландшафтный парк «Островки Казанки» в пойме реки, т.к. с 2009 г. правобережье было выбрано под размещение объектов всемирных студенческих игр Универсиады-2013 (Дворца водных видов спорта и футбольного стадиона на 45000 мест). В городе под застройку попадают зеленые насаждения общего пользования (парк у старого ипподрома, сквер у ресторана «Акчарлак», сквер у кинотеатра «Дружба» и др.). Такая же ситуация складывается с поверхностными водными объектами: под застройку попали озеро на перекрестке улиц Бондаренко и Волгоградская (оз. Марьино), озеро по ул. Фучика-Чишмяле, озеро по ул. Декабристов-Вахитова и др.

В тоже время ЭПК частично «достраивается» – за последние несколько лет были благоустроены набережная вдоль озера Нижний Кабан, разбит парк Тысячелетия г. Казани. Планируется воссоздать набережную озера Средний Кабан.

Следует отметить, что ЭПК, как и любая другая градостроительная единица, является быстро изменяющейся, динамической системой, поэтому при формировании ЭПК необходимо вести мониторинг его состояния, который могли бы организовать профессионалы-экологи вместе со специалистами-архитекторами.

Заключение

В концепции ЭПК в настоящее время основное внимание уделяется вопросам структуры, принципам формирования и роли ООПТ. В то же время в градостроительной экологии понятие ЭПК должно стать ключевым при создании устойчивой городской среды новых городов и реконструкции старых поселений.

Город Казань является исторически старым городом, и структура ЭПК в разные периоды складывалась по-разному. В настоящее время основными проблемами при создании ЭПК в г. Казани являются:

1. Отсутствие научной концепции создания ЭПК и слабое использование данных по инвентаризации зеленых насаждений и водных объектов 2007-2008 г. для разработки научного обоснования ЭПК.
2. Недостаточность степени озеленения в г. Казани (около 15 %, по данным инвентаризации, вместо 40-50 % от площади города) и отсутствие элементов ЭПК на значительных территориях.
3. Тенденция застройки природных объектов без учета их функциональной значимости, как элементов ЭПК, в том числе «стержня» и «ядра» каркаса.
4. При озеленении в городе не учитываются местные экологические условия и ландшафтные особенности, а также условия местообитания видов.
5. Значительные по площади бросовые земли и неудобья слабо используются для целей создания ЭПК.

Базируясь на знаниях по основным проблемам, следует разрабатывать пути решения и специальные предложения по сохранению и восстановлению элементов ЭПК в г. Казани.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мингазова Н.М. и др. Экология города Казани. – Казань: Изд-во «Фэн» Академии наук РТ, 2005. – 576 с.
2. Реймерс Н.Ф., Штильмарк Ф.Р. Особо охраняемые природные территории. – М.: Мысль, 1978. – 295 с.
3. Елизаров А.В. Экологический каркас – стратегия степного природопользования XXI века // Степной бюллетень. – Новосибирск: Изд-во НГУ, 1998, № 1. – С. 10-14.

4. Краснощекова Н.С. Ресурсосбережение и формирование природного каркаса в генеральных планах городов: теория, методология, практика // Сб. научных статей РААСН. Ресурсо- и энергосбережение как фактор устойчивого развития городов и территорий. – М., 2004.
5. Владимиров В.В. Расселение и экология. – М., 1996.
6. Владимиров В.В., Микулина Е.М., Яргина З.Н. Город и ландшафт. – М.: Мысль, 1986. – 238 с.
7. Шарьгин М.Д., Назаров Н.Н., Субботина Т.В. Опорный каркас устойчивого развития региона (теоретический аспект) // Теория и методология географической науки, 2007. – С. 15-22.
8. Колбовский Е.Ю. Культурный ландшафт и экологическая организация территории регионов (на примере Верхнеповолжья): автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. – Воронеж, 1999. – 40 с.
9. Мударисов Р.А. Юпина Г.А., Мингазова Н.М. О проблеме создания эколого-природного каркаса // Экология города Казани. – Казань, 2005. – С. 377-383.
10. Васильев С.А., Шанаурин Д.Г., Журба А.О., Ермолаев О.П., Белоногов В.А., Байбаков Э.И., Камалов Р.И., Костюкевич И.И. Возможность решения экологических проблем города через принятие нового Генерального плана г. Казани // Экология города Казани. – Казань, 2005. – С. 456-466.

УДК 711.4.01

Устинов А.В. – старший преподавательE-mail: frak3@mail.ru**Казанский государственный архитектурно-строительный университет****ГРАНИЦЫ ТЕРРИТОРИЙ В ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВЕ****АННОТАЦИЯ**

Территория, приобретая *границы*, становится земельным участком. Но что же такое граница? Граница – форма проявления неоднородности в рассматриваемом объекте. Понятие границы, ограниченности, предела является фундаментальным в теории и практике градостроительства. В геодезии и картографии различают орографические, геометрические и географические границы. В градостроительной практике используются разные виды границ. *Границы территорий, земельных участков, санитарно-защитных зон, градостроительных регламентов, линейных объектов, застройки, видимости и др.* Границы собственности определяют границы проектных решений. В практике же нередки случаи, когда порядок формирования границы изначально носит конфликтный характер. Изменение качественной составляющей превращает одну территорию в другую. В типологии границ существует различие назначенных и справедливых границ. Изменение качественных характеристик общества неизбежно приводит к изменению количественных параметров территории.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: граница, территория, предел, земельный участок, регламент.

Ustinov A.V. – senior lecturer

Kazan State University of Architecture and Engineering**BORDERS OF TERRITORIES ARE IN TOWN-PLANNING****ABSTRACT**

Territory, acquiring borders becomes lot land. But what such the border? A border is a form of display of heterogeneity in the examined object. Concept of border, to the limited nature, limit is fundamental in a theory and practice of town-planning. In a geodesy and cartography distinguish orographic, geometrical and geographical boundaries. The different types of borders are used in town-planning practice. *Border of territories, lot lands, sanitary-hygienic areas, town-planning regulations, linear objects, building, visibility, and other.* Property borders determine the borders of project decisions. Cases are not uncommon in practice, when the order of forming of border carries conflict character initially. The change of high-quality constituent converts one territory into other. There is distinction of the appointed and just borders in типологии of borders. The change of high-quality descriptions of society causes the change of quantitative parameters of territory inevitably.

KEYWORDS: border, territory, limit, lot land, regulation.

Человек – событийное существо, привыкшее ставить и само же нарушать поставленные границы.

М. Эпштейн

Часть городской территории, приобретая адрес (местоположение), площадь, *границы*, правовой статус, и обладающая рядом качественных характеристик, – становится земельным участком, основной кадастровой единицей учёта и градостроительным объектом, независимо от того, есть ли на данной территории здания и сооружения или нет. Граница – форма и обязательное условие существования градостроительного объекта. Нам осталось только ответить на вопрос: что же такое граница?

Представим себе некий объект, внутри которого мы не наблюдаем никаких членений. Это означает, что объект однороден. Т.е. в нём отсутствует качественная или количественная неоднородность (площадь, состав материала, язык общения, цвет, текстура, заряженность, социальная принадлежность и т.д.). Появление такой неоднородности в рассматриваемом объекте предполагает некоторое его разграничение. Когда же качественные или количественные характеристики объекта распространяются не на весь объект, а на некоторые его части, возникают внутренние границы в пределах внутренней области объекта, благодаря чему объект качественно подразделяется на органы, отделы, части, территории и т.д.

Понятие границы

Понятие границы, ограниченности, предела является одним из основных в философии существования. Очевидно, что для теории и практики градостроительства это понятие также является фундаментальным. Но, несмотря на очевидную значимость понятий «граница» и «предел» в теории и практике градостроительства, в настоящее время они ещё не нашли своего осмысления.

Любой объект выделяется среди других своими границами. Плоскостные – линейными, объёмные – поверхностными. Так что же такое граница? В толковом словаре В. Даля граница определяется как «грань, граница-рубеж, предел, межа, кон, край, кромка, конец и начало, стык, черта раздела». Однако нам для понимания наполнения границ потребуется ещё одно определение из этого словаря: «Предел – начало или конец, кон, межа, грань, раздел, край, рубеж или граница, конец одного и начало другого, в смысле вещественном и духовном».

Определение «границы» через понятие «предел», и наоборот, используется довольно часто, но является своеобразной логической петлёй, не раскрывающей содержание этих понятий.

Передовая общественная мысль никогда не упускала из вида рассматриваемые нами понятия. Так, Аристотель, обращаясь к заданной теме, считал, что «Предел граница каждой вещи, вне которой нельзя найти ни одной его части, а внутри которой находятся все его части, очертания величины или того, что имеет величину, цель каждой вещи, сущность каждой вещи». Разница значений слов «предел» и «граница» интуитивно связана с «собираем» чего-либо в одно (предел) и с «отделением» одного от другого (граница). Итак, «предел» – это некое наполнение, которое делает объект вещью, а «граница» – это оболочка, указывающая на его местоположение в пространстве. Понятие «граница» также указывает на то, что объект существует, т.е. занимает место среди других объектов. Наиболее широко границу следует трактовать как линию, определяющую пределы.

На местности граница земельного участка – это его край, которым данный участок натывается на другой земельный участок. Одновременно эта граница определяет образ участка или его контур, т.е. линию, которую мы можем видеть или осязать. Граница земельного участка имеет внутреннюю и внешнюю стороны. В данном случае понятия внутренней и внешней стороны определяются их качественными характеристиками, такими как: правовой статус, разрешённость использования, характеристика почв и др.

Виды границ

В повседневной жизни мы настолько часто сталкиваемся с различными границами, что их определение и преодоление не оставляет отпечатка в сознании, происходит автоматически. Определение границ сознания, познания и исследования, границ государств, штатов, кантонов или усадеб, определение временных границ и границы ареалов обитания, границ зон влияния и зон безопасности – повседневность, рутина. Однако есть области деятельности, в которых территориальные границы являются объектом.

В геодезии, картографии и землеустройстве под границей понимают условную вертикальную плоскость, проведённую через линию, отделяющую одно территориальное образование от другого. Сама эта линия является границей. В обозначенных видах деятельности выделяются следующие типы границ: орографические (физические), геометрические и географические (условные).

Орографические – границы, проведённые по естественным рубежам (берега рек и оврагов, горы, другие элементы рельефа местности), а также по элементам антропогенных объектов (стены, строения, заборы, улицы и т.д.). Здесь следует отметить, что река, к примеру, сама по себе есть

объект, но в то же время – граница, разделяющая берега. Но сама река также имеет границы, а значит, и внутреннее содержание. Рассуждая далее, приходим к выводу, что река сама по себе может означать границу, а может и не означать. А вот бордюр или ограда предназначены быть именно границей.

Геометрические границы разделяют местность без учёта её рельефа, а часто и без учёта существующих объектов. Классическим примером такого рода границ является карта африканского континента.

Географические границы характеризуются наличием координат и устанавливаются, как правило, на местности, лишённой других ориентиров. Такие границы, являясь по сути математической моделью реальных границ, должны устанавливаться с учётом сложившихся границ, наличия природных и антропогенных объектов. Географические границы часто носят условный характер, как, например, линия экватора или гринвичевского меридиана.

Характер и методы определения границ являются проявлением состояния общества, его отношения к реальным и умозрительным сущностям, а значит орографическая (с учётом рельефа), геометрическая (без учёта рельефа и других условий) или географическая (координатная) границы земельных участков в практике градостроительства и управления территориями могут не совпадать. Что, в свою очередь, приводит к конфликтам естественных и назначенных границ.

Типология границ в градостроительстве

Осознание значения и роли территориальных границ в градостроительной деятельности находится в самом начале пути. Настоящее предварительное исследование достаточно ограничить выявлением видов границ, учитываемых в градостроительстве, и краткой характеристикой их текущего состояния, не пытаясь при этом ввести в перечень какую-либо иерархию.

Итак, в современной градостроительной практике используются следующие виды границ: *территорий, земельных участков, санитарно-защитных зон, административные, особо охраняемых природных территорий, водоохранных зон, исторические, градостроительных регламентов, линейных объектов, застройки, технологических коридоров и защитных зон, видимости, другие*: возможно за пределами представленной типологии остались ещё не поименованные или незаслуженно забытые границы.

Границы территорий

В планировочной структуре городов и других населённых пунктов всегда можно выделить некие территории, имеющие естественные, природные или антропогенные, границы в виде оврагов, рек или озёр, возвышенностей, лесов, дорог. Однако в сложившейся градостроительной практике их учёт носит рекомендательный характер. Вместе с тем представляется интересным такое сравнение: если источником права является обычай, традиция или установившаяся практика, то источником возникновения границ территориальных образований является наличие на этих территориях неких особенных качественных или количественных характеристик социума, рельефа, климата, etc.

Границы земельных участков

В современной практике учёта, формирования и регистрации земельных участков существует множество «слоёв». «Кадастровые», «существующие», «проектируемые», «отведённые», «ранее учтённые», «инвентарные» и другие границы земельных участков существуют в электронной форме, на бумажных носителях и в реальном мире. Ввиду многократных изменений в правилах учёта, предоставления и регистрации земли в РФ и ранее в СССР в землеустройстве сформировалось множество разных центров сбора информации, не связанных между собой ни административно, ни юридически, ни фактически, что делает восстановление истории земельного участка вполне себе детективным сюжетом. В идеале предоставление и последующая регистрация границ земельных участков должна производиться на основе проекта межевания территории, однако отсутствие механизма использования такого инструмента приводит к различного рода наложениям и ошибкам, исправление которых требует дополнительных сил и средств.

Границы санитарно-защитных зон

Являясь, по сути, защитным барьером селитьбы от отрицательного воздействия антропогенных или природных факторов, санитарно-защитные зоны не имеют внятно выраженных принципов использования данных территорий. Невозможность апеллировать к какой-либо норме приводит к управлению территориями в ручном режиме. Конечно, в определённый период становления в обществе рыночных отношений и отсутствия норм индивидуальные решения в повседневной практике использования территорий не только санитарно-защитных зон, но и всей территории города были оправданы, однако сегодня требуется формирование системы, способной работать независимо от личности управляющего.

Границы административные

Установление административных границ чаще всего диктуется политическими или идеологическими соображениями, статус которых закреплён административным способом. Практически никогда административные границы не совпадают с орографическими границами. Административные границы всегда являются предметом политического торга. Административные границы носят описательный характер, не демаркированы и не координированы. Установление или назначение границ без учёта естественных количественных и качественных факторов является угрозой объективному пониманию принципа границы.

Границы особо охраняемых природных территорий

Само понятие особо охраняемых природных территорий не является наследием советской правовой системы, а появилось уже в российском законодательстве под давлением озабоченной вопросами экологии общественности. Однако, в полном соответствии с поговоркой «что русские не возьмутся строить, всё равно танк получится», эта тема широко используется в решении политических и экономических задач на всех уровнях вертикали власти (характерный пример – садовое общество «Речник» в Москве).

Границы водоохранных зон

Время и причины появления понятия водоохранных зон сходны с понятием особо охраняемых природных территорий. Однако в силу исторической традиции расселения вдоль водоёмов очень часто требование установки водоохранных зон вступает в противоречие со сложившейся практикой.

Границы исторические

Понятие может быть добавлено к ранее поименованным административным и территориальным границам, а также границам земельных участков как дополнительное определение. Однако в данном контексте речь идёт о границах территорий, имеющих историческую культурную или архитектурную ценность. Правовой статус этого понятия закреплён в различных документах градорегулирования.

Границы градостроительных регламентов

Схема ПЗЗ фактически отражает функциональное зонирование территорий. Современная мировая теория градостроительства ставит под сомнение эффективность функционального подхода к решению градостроительных проблем. Очевидно, назрела необходимость, если не внедрять передовые методы проектирования городской среды, то хотя бы начать их обсуждать и осмысливать.

Границы линейных и инфраструктурных объектов

В связи с постепенным переходом общества к рыночной экономике и постепенным укоренением в общественном сознании понятия собственности и независимости в отношении объектов строительства, земли, а равно элементов инфраструктуры, в последние годы обострилась проблема предоставления или формирования земельных участков под размещение линейных объектов, таких как: транспортные магистрали, магистральные коммуникации, различного рода магистральные трубопроводы, эстакады, мосты и др. Чаще всего такие объекты формально принадлежат органам различных уровней власти или околовластным структурам, таким как ГУПы или МУПы. Однако уже есть примеры владения линейными магистральными объектами организациями с частной формой собственности. Одной из основных проблем в вопросе назначения границ таких объектов является определение характера обслуживания участков пересечения линейных объектов.

Границы застройки и красные линии

Линии застройки и «красные линии» – часто совпадающие условные границы, обозначающие существующие или планируемые границы территорий общего пользования. *За* красными линиями, как правило, располагаются линии электропередач, линии связи, трубопроводы, автомобильные дороги, железнодорожные линии и другие инфраструктурные и коммуникационные линейные объекты. *Внутри* красных линий должны располагаться объекты капитального строительства. Красные линии, в узком смысле – линии ограничения застройки.

Границы технологических коридоров и защитных зон

Следует отметить, что упомянутые выше инфраструктурные и коммуникационные объекты располагаются не только *за* красными, но и *внутри*. В этом случае вступают в действие индивидуальные нормы защиты для каждого вида таких объектов. Например, расстояния от коммуникаций до фундаментов построек в свету. Следует отметить, однако, что наличие коммуникаций не является абсолютным противопоказанием к размещению объекта строительства, т.к. трассировка любых коммуникаций может быть изменена. Основным аргументом про или контра в данном случае является цена вопроса: социальная, политическая или экономическая.

Границы видимости

Чаще всего это нормируемые сектора обзора в проектировании улично-дорожной сети. Смысл их заключается в ограничении застройки по сторонам перекрестков с целью обеспечения видимости передвижения транспорта в поперечном направлении. Величина этих секторов обзора напрямую зависит от расчетной скорости движения на данном участке. Однако под границами видимости можно понимать и коридоры визуальных коммуникаций, связывающих градостроительные доминанты в некую семантическую городскую систему.

Значение границ в градостроительстве

С экономической точки зрения, наличие границы территорий или земельных участков, определяющей их площадь и местоположения, является обязательным условием для определения их ценности и стоимости, которые, в свою очередь, являются важным, хотя и не основным, аргументом при принятии решения об их возможном использовании. Не менее важен фактор возможного функционального использования во взаимном влиянии граничащих территорий. Правовой статус установленных границ земельных участков, осваиваемых территорий или различных зон влияния также оказывает определяющее влияние в градостроительном проектировании. Границы собственности определяют границы проектных решений. В сложившейся урбанизированной городской среде особое значение имеют границы зон

эстетической, культурной, исторической и т.д. ценности. С практической точки зрения учёт границ этих территорий и различных зон влияния позволяет находить оптимальные и экономичные решения.

Фактически философия градостроительства в современных условиях должна рассматриваться как деятельность по разграничению, установлению границ (демаркации) интересов: общества и личности, государства и его вертикали, экологии и урбанизации, культуры и охлократии.

И ещё. Минувший век ввёл в обиход практику объяснения явлений, событий и понятий путём введения в определение новых, т.е. вновь придуманных сущностей. Не вдаваясь в обсуждения вреда, нанесённого такой практикой общественному сознанию, отметим, что в области права это явление реализуется через введение в действие правоустанавливающих документов, отвечающих сиюминутным потребностям законодателя, актуальность которых теряется вместе с изменением состава законодателей. Есть вместе с тем надежда, что практика, являясь критерием истины, со временем решит проблему установления и «притирки» границ в современных условиях.

Формирование и изменение границ

Гегель вводит понятие «определённости»: «Определить, значит положить предел, границу. Положить предел чего-нибудь значит предположить, что есть какое-то инобытие вне этого «чего-нибудь», в которое это «что-нибудь» не переходит». В переводе с особенного абстрагированного языка философа в плоскость реальной градостроительной лексики получается, что «определение» границы – это презентация неких качеств, присущих конкретной территории, а её «граница» – символ отличности качеств и свойств этой территории от другой.

В процессе формирования границ в градостроительстве учитываются не только качественные, но и количественные показатели, такие, к примеру, как норматив площади на одного проживающего или работающего. Однако определяющая роль в своеобразном «взаимодействии» качественных и количественных границ принадлежит первым. Более того, пространственное, т.е. количественное, выделение территории возможно лишь на основе её качественного выделения. Для того чтобы применить пространственные определения, нужно выделить какую-то качественную разнородность. Качественные границы определяются путем рационального анализа средствами математического аппарата. Определение количественных границ производится с помощью органов чувств, измерений.

Из этого следует, что принуждённые, назначенные границы, если они не отвечают реальным соотношениям качеств, могут оказаться в большей или меньшей степени эфемерными. Залогом определения естественного, т.е. реального состояния территорий, является учёт интересов максимально большого круга заинтересованных субъектов градостроительной деятельности. Естественно, что принцип максимального учёта интересов находится в серьёзном противоречии с действующим сегодня на всех общественных уровнях принципом создания проблемы, с последующим её эффективным во всех отношениях решением. Залогом преобладания принципа мирного урегулирования и объективности принимаемых решений может и должен стать рост социальной ответственности и активности подрастающего поколения.

В современной практике нередки случаи, когда порядок формирования границы изначально носит конфликтный характер по отношению к субъектам регулирования. Назначаемые нами критерии оценки, определяющие предел территорий и границы перехода качественных характеристик, должны соответствовать объективно существующим факторам, чтобы «Эффективность» не вступала в противоречие с «Объективностью». Необходимо стремиться к совпадению естественных и назначенных границ.

Размышляя о теории и практике назначения или регистрации границ территорий или земельных участков, необходимо отметить их переменчивый, доменный характер. В современном общем толковании домен – это единица структуры, а в Средние века – владения короля либо владения какого-либо феодала. Для иллюстрации идеи изменчивости территориальных границ обратимся к аналогии. Для примера возьмем описание взаимодействия доменных границ с периодическим полем кристаллической решётки в сигнетоэластическом кристалле.

Взаимодействие его дефектов и неоднородностей с другими доменными границами приводит к "трению", которое испытывают границы при своём перемещении. Это трение проявляется в необратимости изменения доменной структуры во внешних полях – между изменением суммарной намагниченности, поляризации или деформации, наблюдаемых при увеличении поля, и изменением

тех же величин, но при уменьшении поля. Другими словами, изменение границ земельных участков происходит в результате увеличения или ослабления напряжения внутри участка или за его пределами, вследствие изменения качественных характеристик пограничных территорий, и сопровождается «трением», т.е. пограничными конфликтами.

Изменение качественной составляющей превращает одну территорию в другую, независимо от сохранения или изменения в процессе развития границы и других пространственных характеристик. В современной практике управления территориями основными характеристиками напряженности является наличие или отсутствие, а также мощность административного ресурса. Признавая априори верным тезис о неразрывности зависимости границ от их хозяев, следует, однако, предположить, что по мере постепенного выравнивания административных потенциалов основным методом установления границ станет общественный договор, основанный на объективной и разносторонней оценке ситуации. Основным методом определения границ должен стать сравнительный анализ профессионально рассчитанных рисков, возможностей, преимуществ и недостатков.

В СССР вопросы формирования трансформации границ территорий и земельных участков, как и другие вопросы хозяйственного характера, решались административно-командными методами. Конечно, принимаемые решения содержали опосредованный анализ текущего состояния, но в условиях преобладания идеологического подхода в любых хозяйственных или государственных делах окончательным мотивом никогда не была целесообразность. Проблема осознания границы и предела объекта в настоящее время актуализирована появлением понятия собственности, а также усилившимся вниманием к проблеме отдельного, собственного, частного. Противостояние «своего» и «чужого».

Существующая административная практика «ручного управления» не способствует решению пограничных конфликтов, а переводит их в ранг подковёрных разборок. Изменение государственной структуры, обусловленное постепенным изменением общества, делает актуальной трансформацию подходов к установлению границ в условиях «становления» рыночной экономики. А решению земельного вопроса в широком смысле и пограничных споров в частности может способствовать открытость информации и признание приоритета договора об установлении границ.

Заключение

Обобщая представленный материал, следует признать, что в типологии границ существует различие между назначенным и справедливым границами. Справедливые границы соответствуют понятию соединения сторон. Назначенные границы подразумевают наличие проблемы различия, антагонизма сторон. Синтез и энтропия. Жизнь и смерть территориальных образований. Живая территория обладает всеми качественными и количественными свойствами, но, кроме этого, еще одним свойством – жизнью. Изменения представлений в определении «живого» и «неживого» и границ между ними показывают, что основное отличие живого от неживого состоит в отношении к своей границе. Земельный спор, как атрибут жизни, возникает в случае, если стороны имеют разногласия по вопросу установления границ земельного участка.

К категории земельных споров относятся споры о заключении договоров на приобретение земельного участка в собственность или в аренду, о расторжении договоров, о заключении договоров в отношении земельных участков, находящихся в государственной (муниципальной) собственности с собственниками или арендаторами зданий, строений, сооружений. Опираясь на закон, который не является реализацией установившейся традиции или обычая, опираясь только на сложившуюся, в период турбулентности, практику, государство на протяжении последнего десятилетия постоянно усиливает борьбу со своими гражданами.

Очевидно, что предельное изменение качественных характеристик общества на определённой территории неизбежно приводит к изменению её количественных параметров. Не умаляя роли государства в деле эффективного управления территориями, следует отметить, что у государства не должно быть никаких других целей и задач, кроме целей и задач общества, которое нанимает государство для управления своей территорией.

Так, в исторической ретроспективе основанием узаконения освоенной территории является сам факт вложенного в освоение труда, времени, сил и других ресурсов. Установление приоритета закона над естественным правом приводит к насилию. Можно возразить, что так называемое незаконное

освоение территории является насилием над государством, тогда придётся признать, что государство обладает какими-то самостоятельными целями, отличными от целей его граждан.

Власть государственного, регионального или муниципального уровня, будучи по определению плохим хозяйственником, должна покинуть поле непосредственного пользования, владения и распоряжения землёй и сосредоточить свои административные ресурсы на формировании правил игры и формировании профессиональной оценки территорий, с учётом всех градостроительных ограничений. Т.к. для собственника или землепользователя важно правильно определить категорию земельного участка и вид его разрешенного использования, чтобы не нарушить требований земельного законодательства, а использовать земельный участок в соответствии с его назначением.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аристотель. Метафизика. Книга пятая. URL: <http://bibliotekar.ru/ar5.htm>.
2. Боровкова О.В. «Граница» и «предел» как два способа ограничения // Вестник Томского государственного университета, 2007, № 299 (I).
3. Даль В. Толковый словарь живого великорусского языка. Т. 1-4. – М.: Рус. яз., 1989.
4. Александрова З.Е. Словарь синонимов русского языка. – М.: Советская энциклопедия, 1969.
5. Гегель Г. Энциклопедия философских наук. Т. 1: Наука логики. – М.: Мысль, 1975.
6. Лосев Л.Ф. Миф, число, сущность. – М.: Мысль, 1994. – С. 300-526.
7. Эпштейн М. Русская культура на распутье // Звезда, 1999, № 1.
8. Гриднев С.А. Сигнетоэластики – новый класс кристаллических твёрдых тел // Соросовский образовательный журнал, т. 6, 2000, № 8.
9. Устинов А.В. Об истории земельного вопроса в России и его месте в теории и практике градостроительства // Известия КазГАСУ, 2009, № 2 (12).

УДК 624.014

Агафонкин В.С. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: agafonkin@kgasu.ru

Моисеев М.В. – кандидат технических наук, старший преподаватель

E-mail: MMoi76@rambler.ru

Исаева Л.А. – кандидат технических наук, доцент

Дымолазов М.А. – старший преподаватель

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНОГО ПОКРЫТИЯ АКТОВОГО ЗАЛА УЧЕБНО-ЛАБОРАТОРНОГО КОРПУСА КГТУ ИМ. А.Н. ТУПОЛЕВА

АННОТАЦИЯ

Разработана новая структурная конструкция, выполненная из профилей, широко применяемых в строительстве, и имеющая возможность технологичного изготовления на заводах металлоконструкций. Выполнена оптимизация структурной конструкции. Определены вероятные значения начальных усилий, возникающих вследствие случайного отклонения отметок оголовков колонн. Назначены допускаемые отклонения элементов конструкции от номинальных значений, обеспечивающие полную собираемость конструкции.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: структурные конструкции, оптимизация, начальные усилия, собираемость конструкций.

Agafonkin V.S. – candidate of technical sciences, associate professor

Moiseev M.V. – candidate of technical sciences, senior lecturer

Isaeva L.A. – candidate of technical sciences, associate professor

Dymolazov M.A. – senior lecturer

Kazan State University of Architecture and Engineering

DEVELOPMENT AND RESEARCH THE STRUCTURAL PLATE ABOVE ASSEMBLY HALL OF STUDY AND LABORATORY BLOK OF KSTU NAMED AFTER A.N. TUPOLEV

ABSTRACT

The new structural construction has been developed and made from widely used of profiles and has the possibility to produce on factories of steel construction. Optimization of structural construction has been done. It has been determined the probable value of the initial efforts that arising from the random deviation of the columns height level. The tolerances of structural elements from the nominal values to ensure full gathering structure have been assigned.

KEYWORDS: structural design, optimization, initial efforts, opportunity to build.

Структурные конструкции стали широко применяться в покрытиях различных по назначению зданий еще с 60-х годов XX столетия [1]. Архитектурная выразительность и гибкость применения для зданий различного назначения, возможность перекрывать большие пролеты, максимальная унификация узлов и стержневых элементов, пространственная работа и повышенная надежность от разрушений делают их привлекательными для использования и сегодня. Так, для покрытия актового зала учебно-лабораторного корпуса КГТУ им. А.Н. Туполева в г. Казани было принято решение использовать металлическую структурную конструкцию, которая являлась рациональной для данной формы в плане актового зала. Покрытие зала должно было иметь сложную конфигурацию в плане с пролетами по основным взаимно перпендикулярным направлениям 27 и 30 м, которая образовывалась наложением прямоугольника размером 21x18 м на квадрат 21,2x21,2 м, развернутый на 45° по отношению к прямоугольнику.

Целью данной работы являлась разработка металлоконструкций структурного покрытия, отвечающего в полной мере архитектурному замыслу, использующего наиболее технологичные конструкции узлов для условий изготовления на заводах металлоконструкций Республики Татарстан, обладающего оптимальным весом и имеющего высокий уровень собираемости.

В результате выбора конструктивного решения структурного покрытия были определены габаритные размеры покрытия и топология структуры. Структурную конструкцию предполагалось выполнить из наклонных перекрестных ферм двух направлений с квадратными поясными ячейками модулем 3х3 м.

Членение стержневой схемы структурного покрытия на монтажные элементы принято из плоских ферм в одном направлении и доборных стержней верхних и нижних поясов – в другом направлении. Плоские фермы выполнены из прокатных уголков – пояса из одиночных уголков, а стержни решетки из парных уголков, образующих тавровое сечение. Плоские фермы были разделены на монтажные элементы длиной до 13 м и устанавливаются в структурном покрытии под углом 45° к горизонтальной плоскости. Уголки поясов смежных ферм образуют при этом крестообразное сечение. В узлах структуры уголки поясов имеют продольные прорезы, в которых устанавливаются горизонтальные фасонки. На фасонки установлены доборные стержни поясов в поперечном к фермам направлении (рис. 1). Доборные элементы поясов выполнены из гнутосварных квадратных коробчатых профилей. По укрупнительным стыкам монтажных элементов ферм устанавливаются доборные стержни раскосов, выполненные из парных уголков. Структурное покрытие устанавливается на стойки-надколонники, которые опираются на колонны актового зала.

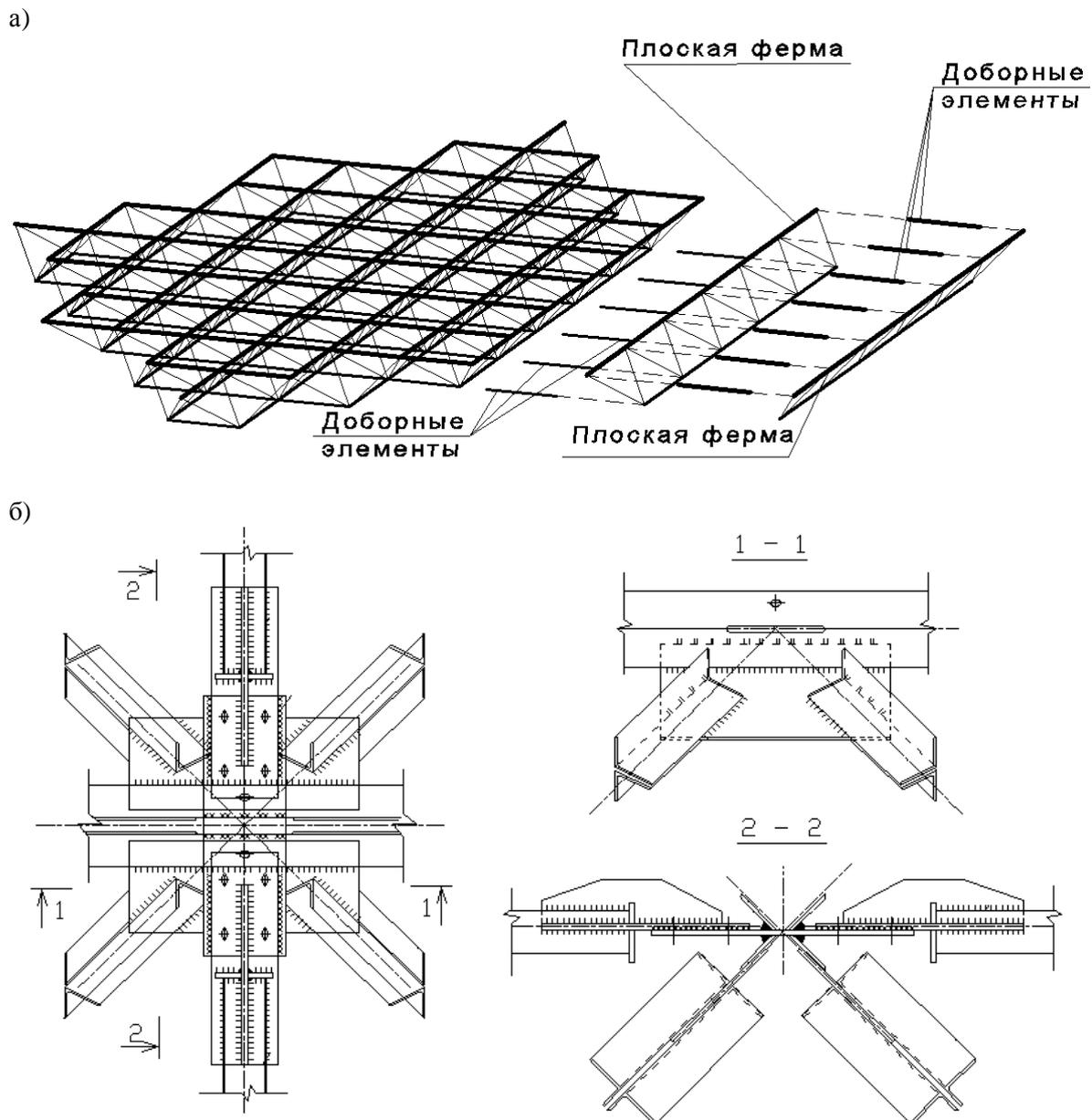


Рис. 1. Общий вид структурной конструкции (а) и типовой узел сопряжения стержней (б)

Первой задачей являлось определение оптимального распределения типов сечения стержней (жесткостей) по структурной конструкции.

Покрытие такого типа является многократно статически неопределимой конструкцией. Усилия в элементах таких конструкций в значительной степени зависят от жесткостей (сечений) этих элементов.

Для определения оптимального распределения жесткостей стержней структурного покрытия был разработан алгоритм такого расчета. Этот алгоритм был реализован в программе «OPT-STR1».

Алгоритм оптимального назначения жесткостей основан на последовательном прочностном перерасчете конструкции. Выбор назначаемых типов сечений производится из заранее задаваемого перечня (списка) сечений. Таким образом, учитываются конструктивные ограничения, обусловленные применяемым сортаментом профилей. В качестве типов сечений могут быть применены любые профили с вычисленными геометрическими характеристиками: площадь поперечного сечения, минимальный радиус инерции сечения, также задана марка стали, по которой определяется расчетное сопротивление.

Начальное распределение жесткостей может приниматься любое. В расчете первоначально принимался единый тип сечения. В процессе оптимизационного расчета типы сечений элементов конструкции переназначались с учетом усилия в рассматриваемом стержне и несущей способности принимаемого типа сечения стержня. Изменение жесткостных характеристик элементов покрытия вызывает перераспределение и изменение напряженного состояния всей конструкции. Последовательное выполнение статического расчета и назначения типов сечения по стержням конструкции выполняется до тех пор, пока принятое распределение жесткостей не перестанет изменяться. Расчеты показали, что процесс сходится через 3-7 шагов.

В результате оптимизационного расчета были определены типы сечений для всех стержней структуры. При этом с использованием девяти типов сечения стержней вес конструкции снизился, по сравнению с однотипными стержнями в структуре, с 28 т до 12,95 т, что составляет 49,3 % экономии стали.

Далее распределение типов стержней по конструкции корректировалось с учетом типизации отправочных элементов ферм. В результате было принято распределение жесткостей с пятью типами сечения. По направлению расположения ферм все верхние пояса структурного покрытия выполняются из парных уголков 100x7 крестообразного сечения, а все нижние – из парных уголков 80x6. Доборные стержни верхнего и нижнего поясов в перпендикулярном к фермам направлении выполняются из 2-х типов коробчатых сечений гнутосварных труб 100x4 и 80x4. Все стержни решетки – парные уголки 2-х типов \llcorner 80x6 и 50x5.

При этом с учетом типизации расход стали в структурном покрытии без учета дополнительных деталей на узлы составляет 16,28 т на все покрытие, или 33,5 кг/м². Снижение расхода стали в структуре с выполненной типизацией стержней, по сравнению с вариантом при однотипных стержнях, составляет 39,2 %.

Схема размещения типов сечений стержней структуры с оптимальным размещением жесткостей представлена на рис. 2.

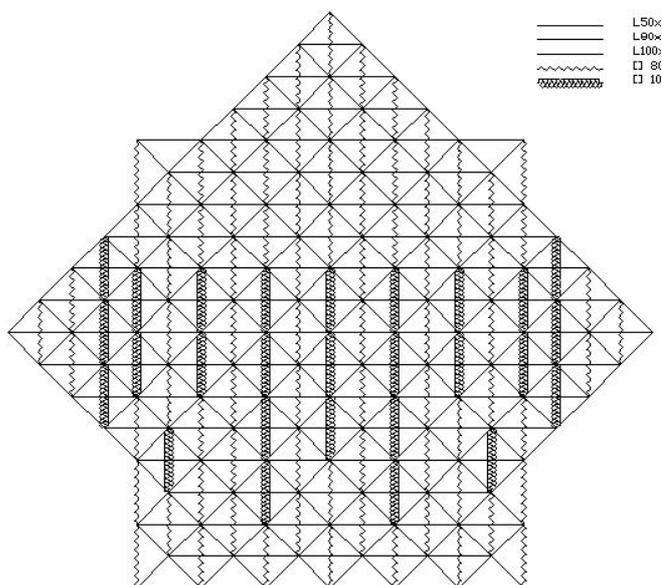


Рис. 2. Оптимальное размещение типов стержней по структурной конструкции с учетом типизации

Второй задачей являлось определение начальных усилий, вызванных случайным отклонением оголовков колонн от проектных значений, и учет их при назначении сечений стержней.

Структурная конструкция опирается на 16 колонн, расположенных по контуру. Смонтированные колонны могут иметь отклонения отметок оголовков от номинальных (проектных) величин. Значения допустимых отклонений регламентированы [2] и не должны превышать ± 5 мм.

Вследствие отклонений отметок оголовков колонн от номинальных значений в элементах структурной конструкции возникают дополнительные начальные усилия N_o [3]. Значение усилия N_o является вероятностной величиной, зависящей от случайного распределения вероятных значений отклонений отметок верха оголовков всех колонн. Поэтому была разработана методика нахождения вероятных значений начальных усилий в стержнях структурной конструкции от отклонений отметок верха оголовков колонн.

Изменение положения верха оголовка j -ой колонны на величину s_j будет вызывать в i -ом стержне усилие

$$N_{i,j} = \bar{N}_{i,j} s_j, \quad (1)$$

где $\bar{N}_{i,j}$ – единичное усилие, возникающее в i -ом стержне при отклонении отметки верха j -ой колонны на $s_j=1$.

Если s_j носит случайный характер, то и усилие $N_{i,j}$ – случайная величина. Используя теорему о произведении постоянной величины на случайную величину [4], можно определить среднеквадратичное отклонение значения усилия в i -ом стержне, вызванное вероятным отклонением отметки верха оголовка j -ой колонны

$$s(N_{i,j}) = \sqrt{\bar{N}_{i,j}^2 s^2(s_j)}. \quad (2)$$

Достаточно надежное значение случайной величины $N_{i,j}$ будет при стандарте $t = 3$, тогда получим

$$3s(N_{i,j}) = \sqrt{\bar{N}_{i,j}^2 (3s(s_j))^2}. \quad (3)$$

Случайная величина отклонения отметки верха оголовка колонны распределена по нормальному закону. Поэтому, принимая во внимание, что $3s(s_j) = d_j$, где d_j – допускаемое отклонение верха j -ой колонны, можно записать

$$3s(N_{i,j}) = \sqrt{\bar{N}_{i,j}^2 \cdot d_j^2}. \quad (4)$$

Вероятное значение N_o при отклонении отметок оголовков всех колонн определяем как сумму среднеквадратических отклонений усилий, вызываемых вероятным отклонением каждой колонны в отдельности

$$N_o = \sqrt{\sum \bar{N}_{i,j}^2 d_j^2}. \quad (5)$$

Значения $N_{i,j}$ определялись в результате статических расчетов. Отклонение отметки верха оголовка колонны моделировалось температурным воздействием. Значение изменения температуры при этом определялось по формуле:

$$\Delta t = \frac{d}{\alpha l_k}, \quad (6)$$

где $\alpha=0,12 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ – коэффициент линейного расширения стали; l_k – высота колонны.

Результаты статического расчета обрабатывались средствами Microsoft Excel. В результате были получены вероятные значения начальных усилий во всех стержнях структурной конструкции, вызванные случайным отклонением отметок оголовков колонн. Данные начальные усилия составили до 12 % от расчетных усилий в нагруженных стержнях. Начальные усилия были учтены при оптимизационном расчете и назначении жесткостей стержней, как дополнительных усилий.

Третьей задачей являлось определение допускаемых отклонений при изготовлении и монтаже, обеспечивающих полную собираемость конструкции [5].

При сборке структурного покрытия плоские фермы последовательно устанавливаются в наклонное положение и соединяются доборными поясными элементами через фасонки из стального листа. Доборные стержни поясов собираются на болтах с последующей приваркой к фасонкам.

Фасонки проходят через прорезы в поясных уголках плоских ферм, объединяя в узлы стержни структурной конструкции.

При изготовлении плоских ферм могут возникнуть следующие отклонения, влияющие на собираемость структурной конструкции:

- отклонения расстояния между центрами узлов ферм вдоль поясов dr ;
- отклонения центра прорезы в обушках поясных уголков от центра узла ферм dc ;
- отклонение высоты фермы dh .

Эти отклонения являются случайными величинами.

Отклонения расстояния между центрами узлов ферм вдоль поясов dr и отклонения центра прорезы в обушках поясных уголков от центра узла dc фермы будут влиять на возможность установки фасонки в прорезь. Сумма этих двух отклонений является вероятностной величиной и определяется по теореме о сложении двух независимых случайных величин.

$$dx = \sqrt{dr^2 + dc_x^2} . \quad (7)$$

Компенсатором этих отклонений является зазор, равный разнице между длиной прорезы и шириной фасонки b . При этом условие собираемости структурной конструкции в направлении x будет иметь вид

$$\pm \delta x \cdot \sqrt{n} \leq b/2, \quad (8)$$

где n – количество панелей пояса стыкуемой фермы.

Собираемость структуры в направлении x будет обеспечена при допусках отклонениях $dr=3$ мм и $dc=2$ мм.

Отклонение высоты плоской фермы dh , расположенной наклонно, можно разложить на две составляющие, ориентированные по основным осям расчетной схемы структурной конструкции

$$\begin{aligned} dh_y &= dh \cos a \\ dh_z &= dh \sin a, \end{aligned} \quad (9)$$

где a – острый угол между плоскостями раскосов и поясов структуры.

Компенсатором отклонений dh_z является зазор, вызванный разницей между шириной прорезы a_n и толщиной фасонки t_ϕ . При 100 % собираемости допустимое значение отклонения dh_z , которое полностью компенсируется, будет равно

$$dh_z = \pm 2(a_n - t_\phi), \quad (10)$$

что составляет ± 4 мм для принятых размеров прорезы и толщины фасонки.

При учете вероятности отклонения высоты соседних ферм допустимое значение dh_z можно увеличить по формуле (11) до $\pm 6,8$ мм

$$dh_z = \pm(2(a_n - t_\phi) + \sqrt{2(a_n - t_\phi)^2}). \quad (11)$$

Смещение пояса фермы на величину dh_y может происходить как к центру узла структуры, так и от него. Смещение к центру узла ограничено расстоянием до пояса соседней фермы y_1 . Смещение от центра узла структуры ограничено расстоянием от края фасонки доборных элементов до наклонной плоскости уголка пояса y_2 . При угле $a=45^\circ$ $dh_y = dh_z$.

При изготовлении доборных элементов могут возникнуть отклонения между группами отверстий, расположенных по концам элементов dl_n , и отклонения между центрами отверстий в врезных листах $dl_{n\phi}$. При изготовлении фасонки могут также возникнуть отклонения между центрами отверстий dl_ϕ . Эти отклонения будут влиять на собираемость конструкции в направлении y . При этом условие собираемости структурной конструкции в направлении y записывается в виде

$$y_1 \leq \pm \sqrt{\delta h_y^2 + \delta l_n^2 + \delta l_{n\phi}^2 + \delta l_\phi^2} \leq y_2 . \quad (12)$$

Собираемость структуры в направлении y будет обеспечена при следующих допусках отклонениях $dl_n=2$ мм, $dl_{n\phi}=1$ мм, $dl_\phi=1$ мм.

По результатам проведенных исследований была выполнена проектная рабочая документация на изготовление структурной конструкции. В настоящее время данная конструкция изготовлена и установлена в проектное положение (рис. 3, 4).



Рис. 3. Общий вид смонтированной структурной конструкции

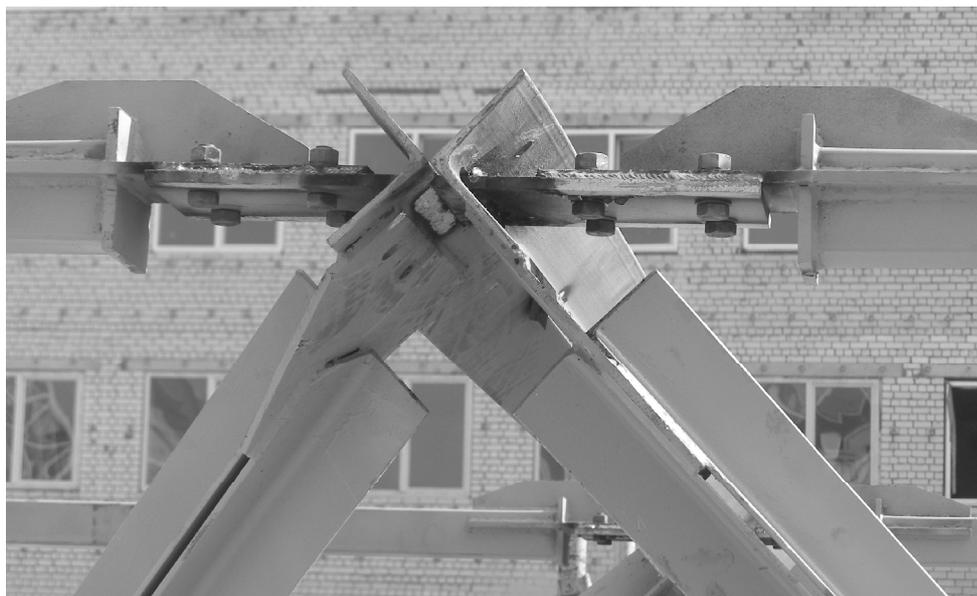


Рис. 4. Узел структурной конструкции

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Песчанский П.С., Пугачевская Л.М. Металлические решетчатые пространственные конструкции за рубежом. Зарубежный опыт проектирования. – М.: ЦНИИС Госстроя СССР, 1974. – 76 с.
2. СНИП 3.03.01-87 Несущие и ограждающие конструкции. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1988. – 192 с.
3. Моисеев М.В., Агафонкин В.С., Ефимов О.И. Расчет структурных конструкций с отклонениями длин стержней // Современные проблемы совершенствования и развития металлических, деревянных, пластмассовых конструкций в строительстве и на транспорте: Материалы международной научно-технической конференции 23-26 сентября 2002 г. – Самара, 2002. – С. 32-33.
4. Гмурман Г.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебное пособие для вузов. – 6-е изд., стер. – М.: Высшая школа, 1997. – 479 с.: ил.
5. ГОСТ 21780-83 Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Расчет точности. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 13 с.

УДК 620.178.325.2

Емельянов О.В. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: oleg_emelianov58@mail.ru

Зимонин Е.А. – ассистент

E-mail: zimonin@mail.ru

Пелипенко М.П. – аспирант

E-mail: mxm@bk.ru

Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова

ВЛИЯНИЕ СЖИМАЮЩЕЙ ЧАСТИ ЦИКЛА ЗНАКОПЕРЕМЕННОГО НАГРУЖЕНИЯ НА КИНЕТИКУ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ В ОКРЕСТНОСТИ ВЕРШИНЫ ТРЕЩИНЫ

АННОТАЦИЯ

Используя метод конечного элемента, выполнены исследования кинетики напряженно-деформированного состояния материала в окрестности вершины трещины при различных режимах знакопеременного циклического нагружения. В результате исследований установлены зависимости влияния уровня сжимающей части цикла знакопеременного нагружения на размер зоны циклических пластических деформаций, величину и протяженность остаточных сжимающих напряжений, формирующихся в окрестности вершины трещины при разгрузке, и на величину эффективного размаха КИН в последующих полуциклах растяжения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: металлические конструкции, циклическое нагружение, сжимающая часть цикла, коэффициент интенсивности напряжений, остаточные сжимающие напряжения, рост трещины.

Emelyanov O.V. – candidate of technical sciences, associate professor

Zimonin E.A. – assistant

Pelipenko M.P. – post-graduate student

Nosov Magnitogorsk State Technical University

INFLUENCE OF COMPRESSIVE PART OF SIGN-VARIABLE CYCLE LOADING ON THE STRESS-DEFORMED CONDITION IN CRACK TOP

ABSTRACT

Using method of finite element, researches of kinetics of stress-deformed condition of material in top of crack at various modes of sign-variable cyclic loading are executed. Hence researches dependence of influence of level of compressive part of cycle of sign-variable cyclic loading on size of zone of cyclic plastic deformations, size and extent of residual compressive stresses, formed in top of crack at unloading, and on size of effective range of stress intensity factor in following half-cycles of tension are obtain.

KEYWORDS: metal construction, cyclic loading, compressive part of cycle, stress intensity factor, residual compressive stress, crack growth.

Практика эксплуатации металлических конструкций, воспринимающих циклические нагрузки, свидетельствует о том, что их несущие элементы подвержены усталостным разрушениям. Одной из основных причин снижения несущей способности элементов является развитие усталостных трещин, образовавшихся из исходных дефектов, расположенных в зонах конструктивной концентрации напряжений.

В настоящее время долговечность конструкции рассматривается с точки зрения кинетики роста усталостной трещины (РУТ). При этом в качестве силового параметра, характеризующего распределение напряжений в окрестности вершины трещины, используют коэффициент интенсивности напряжений (КИН).

Для расчета распространения усталостной трещины в реальных условиях эксплуатации необходимо удобное выражение для оценки скорости роста трещины в широком диапазоне значений коэффициента асимметрии цикла нагружения.

Анализ различных моделей роста усталостных трещин, выполненный Сильвой [1, 2], показал, что модели, основанные на концепции закрытия усталостной трещины, не подходят для описания развития усталостных трещин при знакопеременном циклическом нагружении.

Совершенствование методов расчетной оценки надежности и долговечности металлических конструкций, воспринимающих циклические нагрузки, требует изучения закономерностей деформирования и разрушения конструкционных сталей в вершине трещины, фактических параметров режимов нагружения сооружений, влияния асимметрии и нерегулярности цикла напряжений и т.д.

Для изучения закономерностей формирования и перераспределения остаточных сжимающих напряжений в окрестности вершины трещины при знакопеременном нагружении в настоящей работе были выполнены исследования кинетики напряженно-деформированного состояния (НДС) материала в вершине трещины при циклическом изменении нагрузки в диапазоне изменения $R=-0,4$.

Исследование кинетики НДС в вершине трещины было осуществлено на образцах с центральной трещиной методом конечных элементов (МКЭ). При этом использовались данные об упругих и пластических свойствах сталей Ст20, ВСт3сп, 09Г2С и 15Г2СФ в виде диаграмм деформирования, полученных с помощью малогазных тензорезисторов [3, 4].

Решение упругопластической (нелинейно-упругой) задачи было выполнено с использованием метода переменных параметров упругости.

Вычисление напряжений при циклическом изменении нагрузки в n -ом полупериоде нагружения осуществлялось на основании работы Москвитина В.В.

При снижении нагрузки внутри монотонной пластической зоны при вершине трещины образуется зона циклических пластических деформаций сжатия, закономерности деформирования материала которой отличны от законов деформирования материала за пределами данной области. Процесс образования зоны циклических пластических деформаций обусловлен работой внешней силы и уменьшением части накопленной потенциальной энергии в упруго работающем материале вокруг пластически деформированной зоны.

На рис. 1 для всех исследуемых сталей приведены зависимости размера зоны циклических пластических деформаций, протекающих в вершине трещины в полупериодах разгрузки и нагружения, от ΔK при $R=0$. Из рисунка видно, что рост значений K_{max} приводит к увеличению размера зоны циклических пластических деформаций. На этом же рисунке штриховой линией нанесена кривая величины циклических пластических деформаций в направлении продвижения трещины, полученная расчетом по формуле:

$$\Delta r_{ц} = \frac{\Delta K^2}{2\rho \cdot S_T^2}, \quad (1)$$

где S_T – циклический предел текучести.

Значения $\Delta r_{ц}$ в направлении продвижения трещины, полученные МКЭ, отличаются от значений, рассчитанных по формуле 1 (на графике показаны штриховыми линиями), не более чем на 20 %.

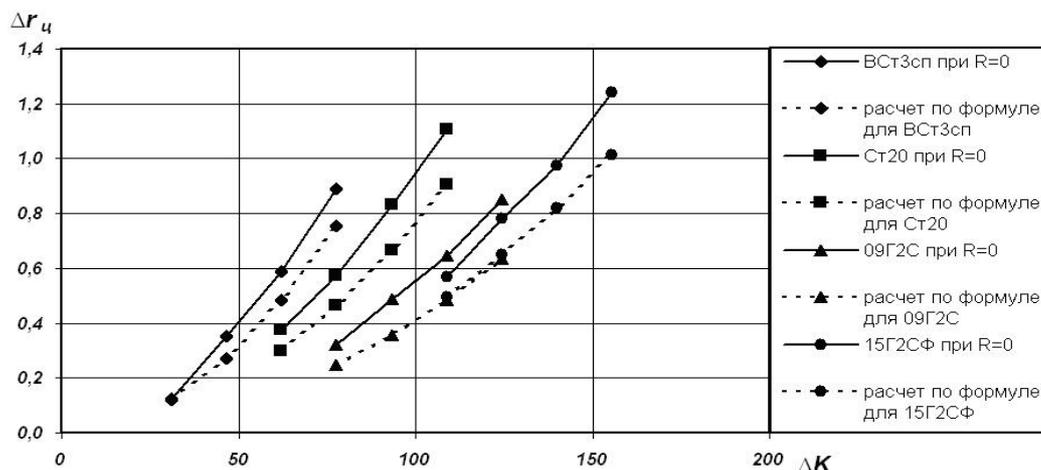


Рис. 1. Зависимость величины зоны циклических пластических деформаций $\Delta r_{ц}$ в направлении продвижения трещины от размаха ΔK

Неупругие деформации в процессе разгрузки и нагрузки (рис. 2) вызывают перераспределение напряжений внутри области, несколько превосходящей по размерам циклическую пластическую зону (рис. 3) и сопровождаются при разгрузке образованием в окрестности вершины трещины остаточных сжимающих напряжений (рис. 4). При этом протекают два противоположных процесса – роста остаточных сжимающих напряжений по мере уменьшения нагрузки и снижения остаточных напряжений в результате перераспределения напряжений вследствие протекания циклических пластических деформаций. Чем больше K_{max} , тем больше величины перераспределения напряжений в окрестности вершины трещины и снижения остаточных сжимающих напряжений, формирующихся в вершине трещины при разгрузке.

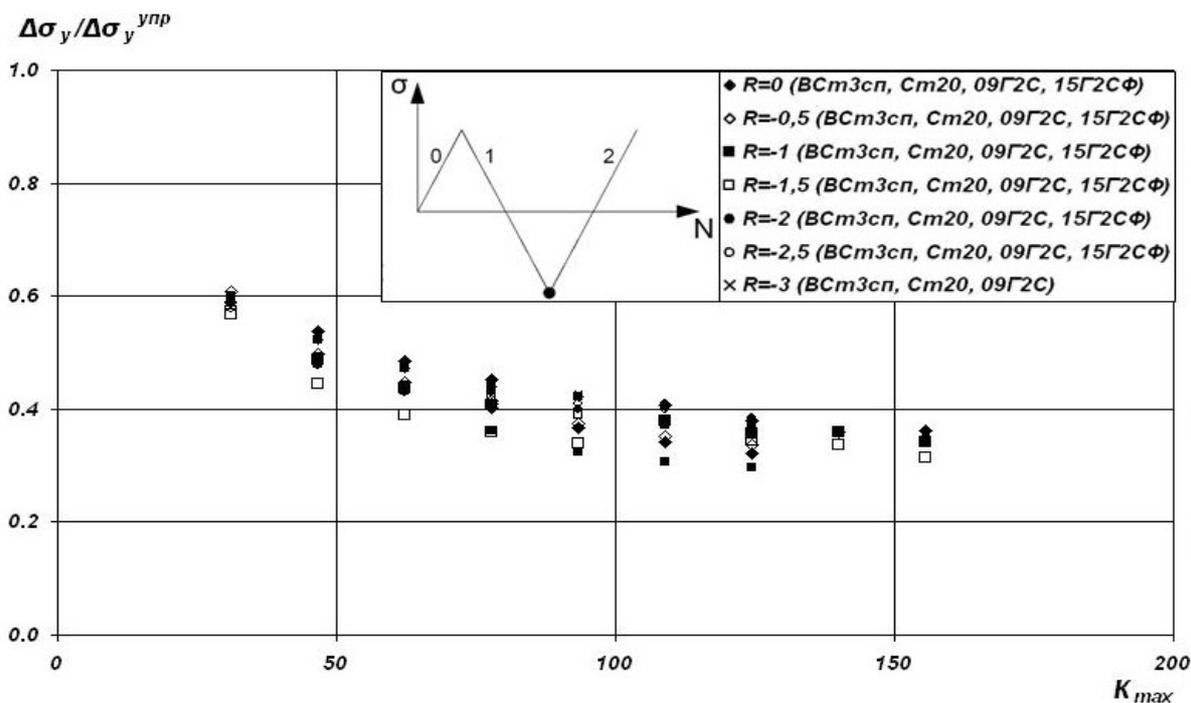


Рис. 2. Зависимость отношения $DS_y / DS_y^{упр}$ ($DS_y^{упр}$ и DS_y – размахи напряжений в вершине трещины в случае упругопластической и упругой работ материала соответственно) от величины K_{max}

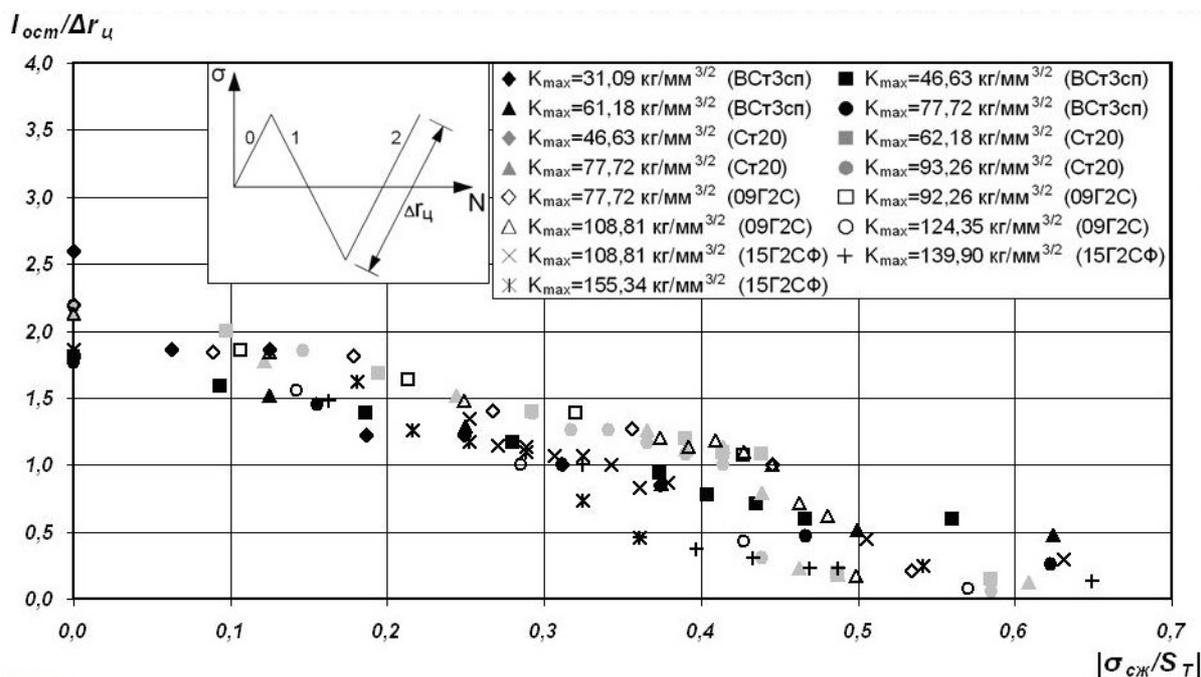


Рис. 3. Зависимость отношения $l_{осм} / \Delta r_{ц}$ от $|\sigma_{сж} / S_T|$

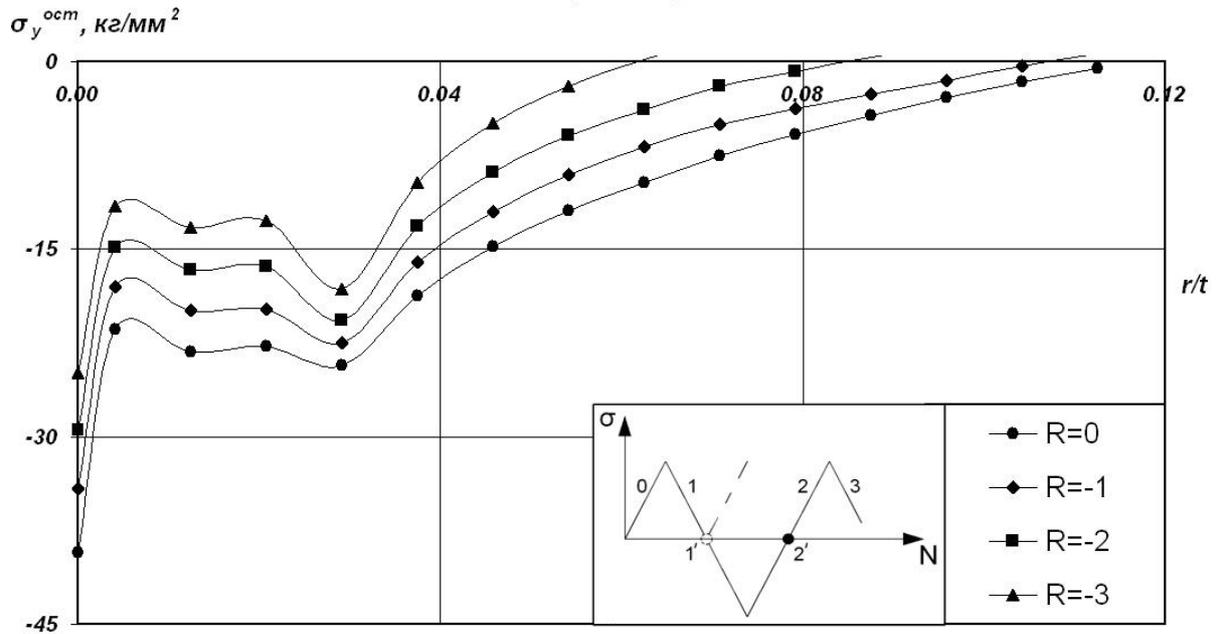


Рис. 4. Распределение остаточных сжимающих напряжений $\sigma_y^{ocm}(r)$ в окрестности вершины трещины для стали ВСтЗсп при $K_{max} = 46,632 \text{ кг/мм}^{3/2}$ и $R = -3$

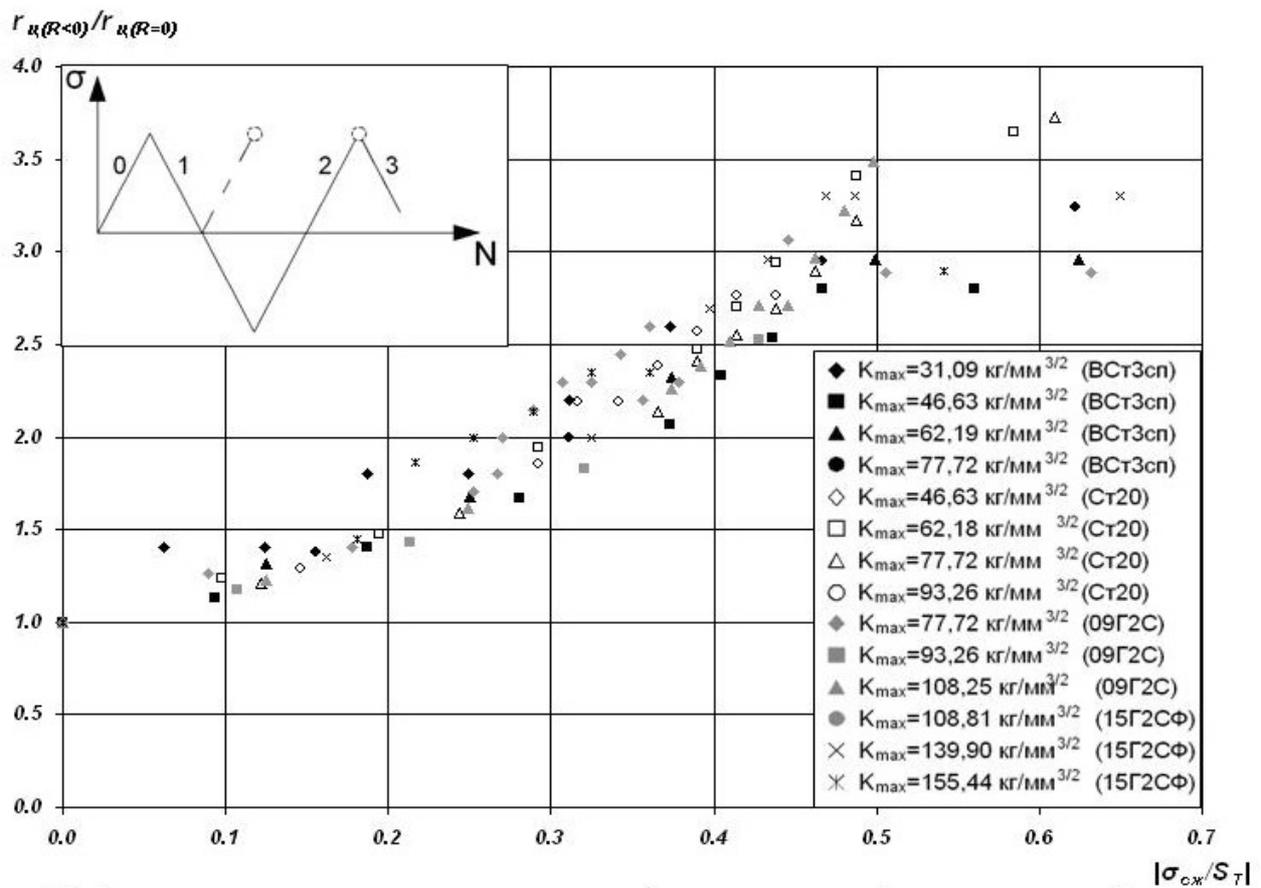


Рис. 5. Зависимость отношения $\Delta r_y^{(R<0)}/\Delta r_y^{(R=0)}$ от $|\sigma_{сж}/S_T|$

Рис. 2 иллюстрирует зависимость DS_y/DS_y^{ynp} от K_{max} (DS_y и DS_y^{ynp} – размахи напряжений в вершине трещины в случае упругопластической и упругой работ материала соответственно). Данная зависимость для циклически стабильных сталей инвариантна к марке стали, не зависит от R и с увеличением максимального КИН уменьшается.

При приложении сжимающей нагрузки берега трещины смыкаются (с этого момента трещина перестает быть концентратором напряжений) и передают силовой поток. Данный этап сопровождается накоплением потенциальной энергии в образце. При этом работа внешней нагрузки (энергия) расходуется на протекание циклических пластических деформаций сжатия в пределах монотонной пластической зоны.

Рис. 5 иллюстрирует зависимость отношения размеров зон циклических пластических деформаций $\Delta r_{\text{ц}}^{(R<0)}/\Delta r_{\text{ц}}^{(R=0)}$ ($\Delta r_{\text{ц}}^{(R\leq 0)}$ – размер зоны циклических пластических деформаций в направлении продвижения трещины при $R\leq 0$; $\Delta r_{\text{ц}}^{(R=0)}$ – то же при $R=0$) от отношения $|\sigma_{\text{сж}}/S_T|$ ($\sigma_{\text{сж}}$ – величина напряжений в полувелике сжатия; S_T – циклический предел текучести стали). Из графика видно, что увеличение сжимающей части цикла знакопеременного нагружения приводит к возрастанию размера зоны циклических деформаций. Данная зависимость для циклически стабильных сталей инвариантна к марке стали и величине K_{max} .

Протекание циклических пластических деформаций сжатия в полувелике сжатия сопровождается дальнейшим перераспределением напряжений в окрестности вершины трещины до момента пока не наступит равновесие между силами сжатия в пластически деформированной зоне и силами в упруго работающем материале вокруг нее.

Данный факт подтверждается зависимостями, приведенными на рис. 3 и 4. Из рисунков видно, что в процессе снижения нагрузки в полувелике сжатия в окрестности вершины трещины вновь образуются остаточные сжимающие напряжения, величина и протяженность которых при фиксированных значениях K_{max} тем меньше, чем больше напряжения в полувелике сжатия знакопеременного циклического нагружения. Взаимодействие остаточных сжимающих напряжений с напряжениями от внешней нагрузки при растяжении с увеличением сжимающей части цикла сопровождается ростом приведенного (эффективного) размаха напряжений (доля размаха внешних напряжений, вызывающих накопление повреждений в материале) и, как следствие, скорости РУТ. При этом отношение размера зоны протяженности остаточных сжимающих напряжений $l_{\text{ост}}$ к размеру циклической пластической зоны $\Delta r_{\text{ц}}$ для циклически стабильных сталей инвариантно к марке стали и не зависит от K_{max} .

Выводы:

1. В полуциклах разгрузки при относительной величине нагрузки $P/P_{\text{max}} = 0,54 \div 0,8$ в окрестности вершины трещины возникают остаточные сжимающие напряжения; при этом протекают два противоположных процесса – роста остаточных сжимающих напряжений по мере уменьшения нагрузки и снижения остаточных напряжений в результате перераспределения напряжений вследствие протекания циклических пластических деформаций; рост трещины возможен только в полувелике нагружения при растяжении.

2. При приложении сжимающей нагрузки берега трещины смыкаются (с этого момента трещина перестает быть концентратором напряжений) и передают силовой поток. При этом работа внешней нагрузки (энергия) расходуется на протекание циклических пластических деформаций сжатия в пределах монотонной пластической зоны. Увеличение сжимающей части цикла знакопеременного нагружения приводит к возрастанию размера зоны циклических деформаций.

3. При фиксированных значениях максимального коэффициента интенсивности напряжений величина остаточных сжимающих напряжений, формирующихся в вершине трещины в полуциклах разгрузки, их протяженность уменьшаются с увеличением сжимающей части знакопеременного цикла нагружения (уменьшением средних напряжений цикла). Взаимодействие остаточных сжимающих напряжений с напряжениями от внешней нагрузки при растяжении с увеличением сжимающей части цикла сопровождается ростом приведенного (эффективного) размаха напряжений (доля размаха внешних напряжений, вызывающих накопление повреждений в материале) и, как следствие, скорости РУТ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Silva F.S. Crack closure inadequacy at negative stress ratios // International journal of fatigue, 2004, vol. 26, № 3. – P. 241-252.
2. Silva F.S. The importance of compressive stresses on fatigue crack propagation rate // International journal of fatigue, 2005, vol. 27, № 10-12. – P. 1441-1452.
3. Емельянов О.В. Влияние сжимающих перегрузок на усталостную долговечность элементов металлоконструкций: Дис. канд. техн. наук. – М., 1990. – 181 с.
4. Шувалов А.Н. Влияние испытательной перегрузки на усталостную долговечность листовых конструкций: Дис. канд. техн. наук. – М., 1982. – 236 с.

УДК 658.012, 691.2

Коклюгина Л.А. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: the-lusy@mail.ru

Коклюгин А.В. – доцент

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

К ВОПРОСУ ВЫБОРА КОНСТРУКТИВНОГО РЕШЕНИЯ ПОКРЫТИЯ ПО КРИТЕРИЮ ВРЕМЕНИ

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются вопросы выбора конструктивного решения по критерию времени для подрядной организации в условиях проведения тендера на строительные-монтажные работы.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: эффективное конструктивное решение, критерий времени, продолжительность строительства, тендер.

Koklyugina L.A. – candidate of the technical sciences, associate professor

Koklyugin A.V. – associate professor

Kazan State University of Architecture and Engineering

FOR THE QUESTION OF CONSTRUCTIVE DECISION CHOICE BY TIME CRITERION

ABSTRACT

The article set the questions of constructive decision choice by time criterion for contractors during realization tenders on the building-construction works.

KEYWORDS: effective constructive decision, time criterion, duration of building construction, tenders.

При проведении тендеров, на которых участники предлагают свои условия по продолжительности и стоимости возведения зданий и сооружений, точность предварительной оценки продолжительности бывает достаточно низкой, поскольку основой служит опыт возведения объектов-аналогов.

На современном этапе строительства промышленных и гражданских зданий наблюдаются большие достижения в инженерно-техническом оснащении возведения зданий и сооружений: современные конструкции и материалы, техника, новые технологии, высокий уровень квалифицированных специалистов.

Однако при подготовке и управлении инвестиционным строительным процессом многие специалисты по организации строительного производства, строители-технологи, специалисты органов экспертизы и надзорных органов отмечают усредненность нормативной базы, регламентирующей состав, содержание и порядок разработки организационно-технологической документации, необходимой для производства строительного-монтажных работ. Более того, изменения в системе хозяйствования и переход к рыночной экономике очень слабо отразились на методах определения продолжительности ведения работ. Замечание, сделанное В.А. Афанасьевым в труде «Поточная организация строительства» в 1990 г., актуально до сих пор: «К сожалению, календарное планирование осуществляется, как правило, весьма поверхностно и не доводится до определения времени работы каждой бригады на каждом частном фронте... Это одна из главных причин неудовлетворительного состояния строительства... Бессмысленно надеяться на успех в строительстве без детальной разработки календарных планов так же, как надеяться на успешную работу транспорта без расписания. Опыт и интуиция руководителей не могут заменить расписания».

По мнению [1] и результатам обследования объекта N, проведенного авторами статьи, нередко наименьшие значения продолжительности и стоимости строительства, заявленные в тендерной документации, могут привести, наоборот, к увеличению продолжительности строительства и даже поставить на грань банкротства подрядную организацию. Снижается качество работ.

Следует заметить, что на сегодня каждая строительно-монтажная организация по-своему внедряет новые приемы ведения работ, использует новую технику с разной эффективностью. Неравномерное или недостаточное финансирование также ставит организации в неравные условия.

Вследствие данных и многих других причин сложно дать объективную оценку работы строительных организаций для достижения определенного производственного уровня, особенно с применением новых эффективных конструкций. Сделать же правильный выбор варианта конструктивного решения, отвечающий требованиям всех участников инвестиционного проекта при использовании традиционных критериев [2], – еще более сложная задача. А формализация по какому-либо синтезированному критерию, например, по приведенным затратам, может привести к ошибочному результату, поскольку, включая в себя частные критерии, требует правильного их согласования [3], а также прогнозирования их изменчивости в процессе функционирования системы [4].

Продолжительность строительства является одним из основных показателей на всех этапах экономической, проектной, плановой и организационной подготовки и осуществления строительства [5]. Продолжительность строительства устанавливается на раннем этапе разработки инвестиционного строительного проекта: на стадии «Эскизный проект» или «Проектная документация». От продолжительности зависит стоимость заемных средств, потери от замороженных средств и расчеты, связанные с вводом объекта в эксплуатацию. Любые изменения существенно влияют на экономические показатели проекта. Поэтому при заключении договоров подряда на строительные работы календарный план является неотъемлемой частью договора, где указываются санкции срыва сроков. В американской практике установленный срок ввода – один из основных параметров контракта [6].

Изготовление и применение новых эффективных конструкций, а также новых технологий, производственных машин и оборудования вносят свои сложности в определение продолжительности.

Продолжительность, как правило, задается заказчиком в директивно **сжатые** сроки. Для определения продолжительности составляется календарный план в составе ПОС – как обязательное приложение к договору – разработка графиков производства работ и заданий по технологическим этапам и комплексам работ. При составлении календарного плана разработчик оперирует следующими величинами: *директивная, нормативная и расчетная (плановая) продолжительность*.

Чем обоснованнее и достовернее будут эти величины, тем точнее будет обеспечена фактическая продолжительность. Как же определить продолжительность, что предлагают нормативы?

На данном этапе расчеты продолжительности строительства в ПОС выполняются по единой методике, приведенной в [7].

Для объектов, не имеющих прямых норм в СНиП 1.04.03-85*(91), предлагается *расчетный метод* определения продолжительности T_h , основанный на функциональной зависимости ее от стоимости строительно-монтажных работ C и вида объекта [5]. Зависимость вида:

$$T_h = A_1 \sqrt{C} + A_2 C, \quad (1)$$

где C – объем строительно-монтажных работ в денежном выражении в ценах 1984 г.; A_1 и A_2 – параметры уравнения, определенные по данным статистики.

Данная методика требует корректировки и совершенствования при привязке к современным ценам.

Сопоставить результаты расчетов при использовании новых эффективных конструкций, в частности, конструкций покрытия из МК по [5] не удастся, вследствие сильной усредненности и отсутствия конкретных исходных данных. Кроме того, в ней указано, что при их отсутствии для определения продолжительности используют исходные данные по объектам-аналогам, имеющим сходные объемно-планировочные, конструктивные решения, близкие объемы, площади, мощности, сметную стоимость.

Однако отличительной чертой новых конструктивных решений является отсутствие объектов-аналогов. Близкие объемы, площади, мощности не могут служить достоверным фактором определения продолжительности монтажа, поскольку новым эффективным решением может быть, например, удобство монтажа, что существенно сократит время установки конструкции.

Применение сетевых графиков, предложенное в качестве определения продолжительности строительства уникальных объектов с преобладанием новых конструкций, может установить взаимосвязь между участниками строительства. Применение компьютерных программ позволяет проводить оптимизацию сетевых графиков во времени. Можно уточнить, варьировать объемы и последовательность наиболее трудоемких работ [5].

Но, чтобы грамотно построить сетевой график, необходимы достоверные исходные данные. При их отсутствии для построения сетевых графиков и календарного плана предлагается пользоваться таблицами в МДС, извлеченными из СНИП 1.04.03-85 для отдельных, актуальных и наиболее часто строящихся типовых объектов. Даже если исходить из того факта, что по некоторым позициям продолжительность строительства в МДС приводится откорректированной с учетом достижений в области технологии и организации строительства, в таблицах даны обобщенные данные с разбивкой по периодам строительства: подготовительный период, подземная часть, надземная часть и отделочные работы. Продолжительность строительства в особых условиях, в МДС предлагается определять на основании расчетов в ПОС.

Таким образом, «круг замкнулся» – определить продолжительность монтажа новых эффективных конструкций покрытия по предлагаемой методике не представляется возможным.

Определенный интерес при нахождении продолжительности представляет *метод фотографии трудового процесса*, когда нескольким исполнителям предлагают выполнить одинаковую работу при одинаковых условиях труда при больших объемах работ [8]. В дальнейшем нарабатывается индивидуальная база трудозатрат (Q):

$$Q = t \times R, \quad (2)$$

где t – время выполнения процесса, R – трудовые ресурсы.

Исходя из условия ограничения по ресурсам, можно получить оптимальное время $t = f(R, Q)$.

Рассмотрим предложенный в [9] пример расчета показателя технологичности стропильных ферм. Для этого использовался показатель трудоемкости, рассчитанный по нормативам заводоизготовителей. Этот показатель индивидуален для каждого завода. Он зависит от серийности, наличия механизации при изготовлении определенной партии конструкции, перераспределения времени на подготовительный и основной периоды и т.д.

Из графика (рис.) видно, что реальная оценка уровня технологичности требует количественного определения возможностей завода. Только при учете фактической трудоемкости изготовления можно дать обоснованную оценку технологичности, поскольку средние показатели «сглажены» и не отражают реальной картины изменения трудоемкости.

Однако правильно подсчитать трудоемкость выполнения работ, особенно в мелкосерийном и единичном производстве, достаточно сложно. По мнению [10], почти единственным возможным методом нормирования становится субъективная оценка нормировщиком трудоемкости изделия или операции. Даже при большом опыте нормировщика часто возникают ошибки, что ведет к погрешностям в определении трудоемкости работ.

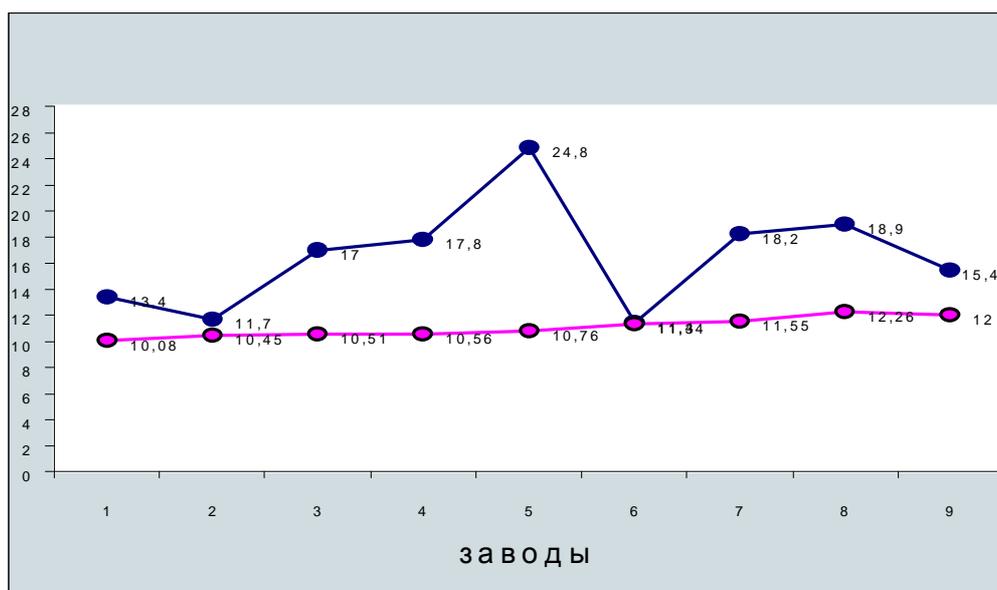


Рис. Средние показатели технологичности и удельной трудоемкости изготовления стропильных ферм

1 – трудоемкость изготовления 1 т конструкций

2 – средняя трудоемкость изготовления 1 т конструкций стропильных ферм

Калькуляционный метод заключается в разбивке всего комплекса работ на простые процессы, где определяется норма времени для каждого процесса, в дальнейшем формируется норма для всего комплекса.

Очевидно, что ни один из предложенных методов в чистом виде не может быть использован для определения продолжительности выполнения работ с применением новых конструктивных решений на этапе проведения тендеров.

Следует определить область допустимых значений времени для внесения их в характеристическую таблицу для подрядной организации всеми возможными методами. Далее выявляется вариант, наиболее близкий к реальной продолжительности.

Пример временной оптимизации методом дифференцирования

На объекте N выполняется основной процесс монтажа ферм покрытия из горячекатаных уголков одноэтажного промышленного здания трудоемкостью, определенной по актам выполненных работ согласно ТЭР 09-03:

декабрь $Q_1=3762,2$ чел.час;

январь $Q_2=5383,2$ чел.час;

март $Q_3=278,2$ чел.час.

Калькуляция затрат на используемые ресурсы:

$C_1=214,7 \times 8=1717,7$ руб./чел.дн. – оплата трудозатрат рабочих;

$C_2=5000$ руб./чел. – затраты на обустройство стройплощадки;

$C_3=672,1 \times 8=5376,8$ руб./см. – оплата машиномены работы крана;

$C_4=4000$ руб. – единовременная оплата на транспортировку крана, монтаж, демонтаж крана.

Чтобы найти оптимальную длительность процесса t^{opt} и оптимальные затраты C на оплату ресурсов:

$$C = C_1 \times Q + C_2 \times Q/t + C_3 \times t + C_4, \quad (3)$$

$$\text{находим производную: } \frac{dC}{dt} = 0, \quad -\frac{C_2 \times Q}{t^2} + C_3 = 0, \quad (4)$$

Получим расчетную продолжительность $t^{opt}=33,1$ смены, $R^{opt}=35$ чел. При ограничении на ресурсы (звено монтажников 5 чел.), $t = \frac{Q}{R}=235,6$ смен. Оптимальные затраты – 3319224 руб.

Фактическая продолжительность выполнения процесса составила 120 смен.

Таким образом, увеличение интенсивности труда привело к сокращению продолжительности фактической, по сравнению с расчетной, вдвое.

При дальнейшем обследовании объекта N по решению Арбитражного Суда РТ были выявлены нарушения директивных сроков строительства, а также отклонения от геометрических размеров, нарушения требований СНиП, что повлекло за собой необходимость выполнения дополнительных работ. Стоимость этих работ превысила эффект от сокращения сроков монтажа. Следовательно, срок, предложенный в тендерной документации, был нереально заниженным для подрядной организации и заведомо приводящим к убыткам.

Для определения продолжительности выполнения процесса вводим ограничения по продолжительности: устанавливаем интервал значений сроков выполнения работ, где T^{\min} значением, очевидно, будет директивный срок, предложенный для проведения тендера, T^{\max} – нормативное время, определенное по МДС, а точка допустимого оптимума, полученная из выражения (3), будет определять оптимальную длительность процесса.

Следующим шагом будет введение полученных данных в состав характеристических таблиц, с помощью которых по [11] можно найти оптимальное конструктивное решение покрытия.

Выводы

1. При проведении тендеров на строительные-монтажные работы инвесторы и заказчики заведомо сокращают предлагаемые сроки строительства, что приводит к выбыванию из участников тендера малых и средних строительных организаций, и предлагают условия, при которых даже крупные СМО не могут выполнить работу в срок с надлежащим и соответствующим договорным условиям качеством.
2. При подготовке тендерной документации к объектам, содержащим новые конструктивные решения, заявленный срок исполнения договора должен попадать в интервал, полученный по расчетам методом временной оптимизации, а также усредненным методом по нормативам и другими возможными методами. Только тогда заявленный срок будет наиболее реально отражать ход ведения строительные-монтажных работ.
3. Анализируя результаты расчетов, можно сделать вывод, что наиболее приемлемым для подрядной организации будет конструктивное решение, которое не требует больших затрат на оплату машино-смен работы крана, затрат на обустройство стройплощадки, а именно дополнительных укрупнительных стенов, механизмов, приспособлений, оснастки и др. при минимальной трудоемкости.
4. При получении оптимального решения, полученного путем нахождения компромисса между всеми участниками инвестиционного строительного процесса, необходимо ввести коэффициент надежности для подрядной организации согласно теории организационно-технологической надежности, т.к. результат определения продолжительности будет находиться в интервале допустимых значений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гук В.В. О проектировании технологических процессов в строительстве // Жилищное строительство, 2002, № 12. – С. 2-5.
2. Кузнецов И.Л. Выбор оптимального конструктивного решения в системе легких металлических конструкций. – Казань: Каз. инж.-стр. ин-т, 1990. – 89 с.
3. Коклюгина Л.А. Оценка и выбор конструктивного решения металлических конструкций для реализации инвестиционного проекта // Автореф. дис. кандидата техн. наук. – Казань: КГАСА, 2000. – 21 с.
4. Исаев А.В., Кузнецов И.Л. Вариантность критериев оптимальности при синтезе рационального конструктивного решения на примере стальных стропильных ферм // Известия КазГАСУ, 2009, № 1 (11). – С. 92-98.
5. МДС 12-43.2008 Нормирование продолжительности строительства зданий и сооружений.
6. Дикман Л.Г., Дикман Д.Л. Организация строительного производства в США. – М.: Изд-во АСВ, 2004. – 376 с.
7. Пособие к СНиП 1.04.03-85* прил. 3. Расчетный метод определения продолжительности строительства объектов, не имеющих прямых норм в СНиП 1.04.03-85*.
8. Болотин С.А., Вихров А.Н. Организация строительного производства – М.: Изд. центр «Академия», 2007. – 208 с.
9. ЦНИИПроектстальконструкция. Материалы по металлическим конструкциям. / Сб. статей под ред. Мельникова, вып. 18. – М.: Стройиздат, 1975.
10. Бешелев С.Д. Экспертные оценки в принятии плановых решений. – М.: Экономика, 1976. – 79 с.
11. Коклюгина Л.А. Выбор конструктивного решения в процессе реализации инвестиционного проекта: Учебное пособие. – Казань, 2003. – 45 с.

УДК 691.33

Крупин В.П. – инженер

E-mail: vol-pin@mail.ru

Шмелев Г.Н. – кандидат технических наук, профессор

E-mail: shmelev@kgasu.ru

Хусаинов Д.М. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: xdmt@mail.ru

Козлов М.В. – кандидат технических наук, старший преподаватель

E-mail: maxim@mi.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Сунгатуллин А.Р. – аспирант

Жерехов В.В. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: dr.jekil@rambler.ru

Казанский государственный технический университет им. А.Н. Туполева

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕТРОВОЙ НАГРУЗКИ НА РЕКЛАМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ, УСТАНОВЛИВАЕМЫЕ НА КРЫШЕ ЗДАНИЯ

АННОТАЦИЯ

Проанализированы существующие нормы проектирования для определения ветровой нагрузки на рекламные конструкции, устанавливаемые на крыше здания. Проведен численный эксперимент, по результатам которого построены графики зависимости аэродинамического коэффициента c_e в зависимости от положения рекламной конструкции на крыше здания и угла действия ветровой нагрузки. Определены положения рекламной конструкции с максимальными значениями ветровой нагрузки. Выявлены наиболее неблагоприятные направления угла действия ветровой нагрузки.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ветровые нагрузки, рекламные конструкции, численное моделирование.

Krupin V.P. – engineer

Shmelev G.N. – candidate of technical sciences, professor

Khusainov D.M. – candidate of technical sciences, associate professor

Kozlov M.V. – candidate of technical sciences, senior lecturer

Kazan State University of Architecture and Engineering

Sungatullin A.R. – post-graduate student

Zherehov V.V. – candidate of technical sciences, associate professor

Kazan State Technical University

USE OF SOFTWARE SYSTEMS FOR DETERMINING WIND LOAD ON ADVERTISING DESIGN SEPARATELY ON THE ROOF

ABSTRACT

Existing design standards for determining wind loads on advertising design, mounted on the roof of the building. The numerical experiment, the results of which are constructed plots of aerodynamic coefficient c_e , depending on the position of an advertising structure on the roof of the building and the angle of the wind load. Are set forth in the advertising design with maximum values of wind loads. Not revealed the most favorable direction of the angle of the wind load.

KEYWORDS: wind loads, advertising design, numerical simulation.

При проектировании рекламных конструкций доминирующим из рассматриваемых воздействий являются ветровые нагрузки. Для определения нормативного значения средней составляющей ветровой нагрузки w_m в зависимости от эквивалентной высоты z_e над поверхностью земли, согласно [1], следует применять формулу:

$$w_m = w_0 k(z_e) c, \quad (1)$$

где w_0 – характеристическое значение ветрового давления;

$k(z_e)$ – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления для высоты z_e ;

c – аэродинамический коэффициент.

Характеристическое значение ветрового давления w_0 и коэффициент $k(z_e)$ приведены в соответствующих таблицах [1] и принимаются в зависимости от ветрового района и типа местности. Значение аэродинамического коэффициента c принимается по приложению В.1 [1], где приведены основные возможные схемы зданий и конструкций, в случаях, не предусмотренных в данном приложении, аэродинамические коэффициенты необходимо принимать по справочным данным или на основе результатов продувок моделей сооружений в аэродинамических трубах.

Так, значение аэродинамического коэффициента внешнего давления c_e для отдельно стоящей рекламной конструкции принимается по приложению В1.1.2 [1], в зависимости от размеров щита и высоты его установки, при этом эти значения полностью совпадают с полученными по [2]. Если же рассматривать систему рекламной конструкции, установленной на крыше здания, то данные для определения или похожих схем, которые можно было бы взять за аналог, как в [1], так и в [2], отсутствуют. Сложность определения указанного коэффициента заключается в том, что его значение зависит от формы конструкции, угла действия ветрового потока, положения рассматриваемой конструкции относительно здания. Согласно [1, 3] в таких случаях рекомендуется экспериментальное определение c_e , путем продувания тел в аэродинамической трубе. Это связано с серьезными финансовыми затратами и не всегда экономически обосновано для всех рассматриваемых задач. Кроме того, при экспериментальном определении указанных параметров огромное значение имеет сама постановка задачи, требующая соблюдения критериев подобия.

Благодаря развитию компьютерных технологий и математических методов моделирования взаимодействия потока с телом, в данном случае воздуха, появилась возможность получать c_e математическим путем (численным экспериментом). Так, с помощью прикладных программных комплексов (CFX, Fluent, Star SD, AerEcoPlate, AnSys, Лира, Scad, MicroFe и др.) в области расчета строительных конструкций можно более точно, относительно нормативных требований, смоделировать ветровое воздействие и определить реакцию конструкции.

Для определения c_e крышной рекламной конструкции (КРК) (устанавливаемой на крыше здания) нами был выполнен численный эксперимент с помощью пакета программ «Fluent», основанного на методе конечных элементов. В качестве результатов численного моделирования рассматривалось изменение значения c_e . Расчетная сетка строилась на программном обеспечении Gambit, которое позволило построить сложную тетраэдральную сетку с использованием функции роста, что помогло использовать сетку максимально эффективно в интересующей нас области и не использовать интерфейсные поверхности. После этого сетка импортировалась в сам решатель Fluent, где были заданы граничные условия и интересующие нас условия проведения расчета. Применяемый программный продукт использует несколько основных моделей турбулентности. К сожалению, на данный момент не существует универсальной модели турбулентности для широкого диапазона течений. Выбор модели турбулентности зависит от характера турбулентного потока, требуемой точности, доступных вычислительных ресурсов и временных затрат, необходимых на процесс моделирования. Для адекватного выбора модели турбулентности необходимо четко представлять свойства и ограничения каждой модели турбулентности. По результатам пробного тестирования наиболее подходящей оказалась RANS модель k-epsilon RNG.

При выполнении численного эксперимента размеры здания и КРК оставались постоянными ($H_{зд} = B_{зд} = 9$ м, $L_{зд} = 24$ м и $h = 3$ м, $b = 6$ м.), при этом изменялось положение щита на крыше здания (x_1, y_1, a) и угол действия ветровой нагрузки (α).

Эксперимент проходил в пять этапов:

- 1 – изменение зазора a между КРК и крышей здания;
- 2 – изменение положения КРК вдоль оси x – поперек здания;
- 3 – изменение положения КРК вдоль оси y – вдоль здания;
- 4 – изменение угла действия ветровой нагрузки α ;

5 – определение c_e для КРК, расположенной в плоскости фасада, по центру и в углу здания, при направлении действия ветровой нагрузки под углом α $0^\circ, 45^\circ, 135^\circ, 225^\circ, 315^\circ$.

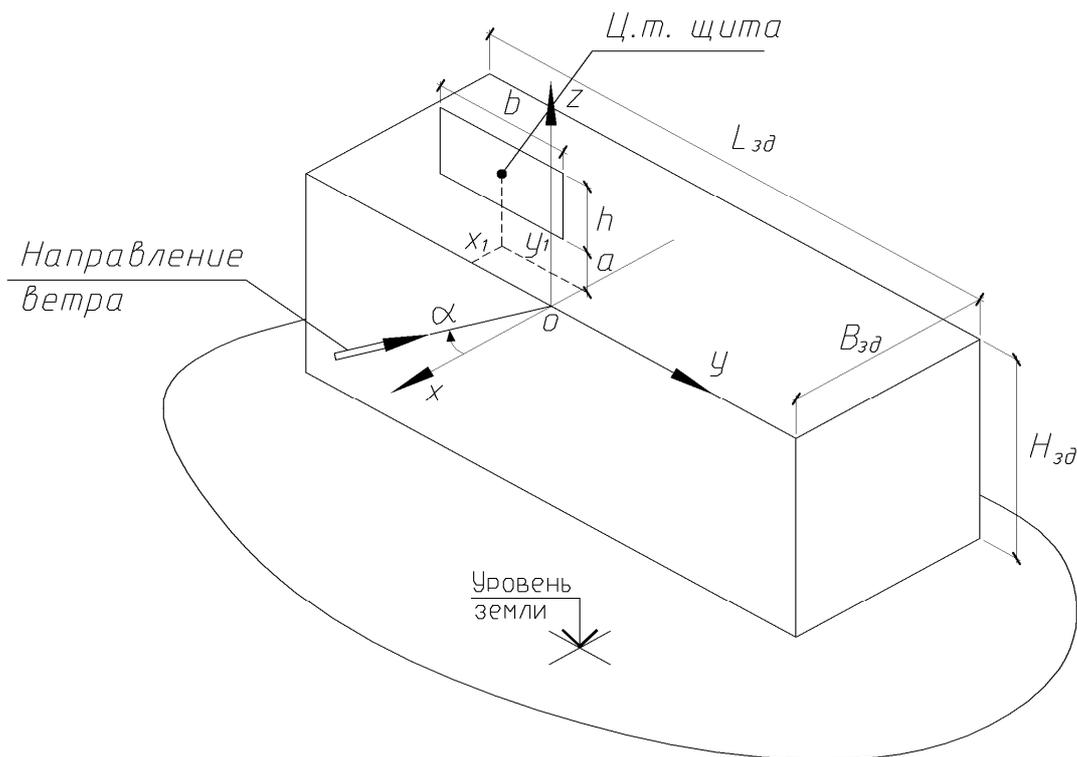
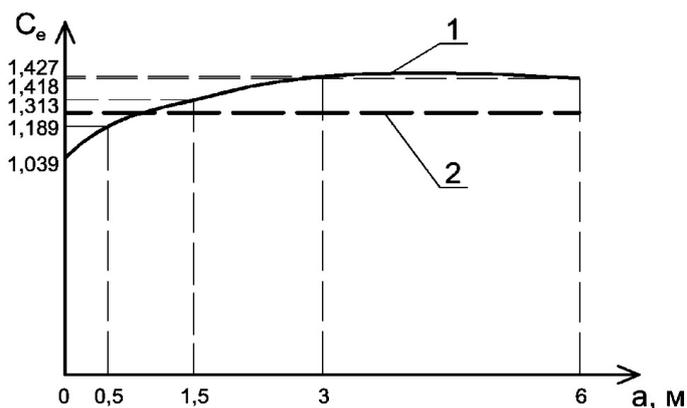


Рис. 1. Схема установки КРК

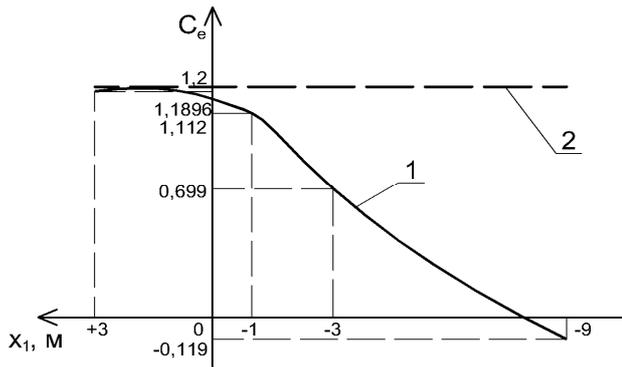
При выполнении 1-го этапа $x_1=0, y_1=0, \alpha=0$, а изменялось значение зазора a между КРК и крышей. По полученным данным построен график зависимости c_e от зазора a и для сравнения показано значение c_e для отдельно стоящего рекламного сооружения, расположенного на высоте 9,5 м. Из графика видно, что при $a=0$ значение c_e меньше, чем для отдельно стоящей рекламной конструкции, но с увеличением зазора показатель c_e становится больше, пока при достижении 6 м не начинает медленно снижаться.



1 – КРК, расположенная на крыше здания ($x_1=0, y_1=0, \alpha=0$);
 2 – Отдельно стоящая рекламная конструкция

Рис. 2. График зависимости значения аэродинамического коэффициента c_e от зазора a

На 2-ом этапе $y_1=0, a=0.5$ м, $\alpha=0$, а изменялось значение параметра x_1 , КРК перемещалась по крыше относительно наветренной стороны здания вперед (+) и в глубь здания (-). По полученным данным построен график зависимости значения c_e от x_1 . По результатам численного эксперимента можно сделать вывод, что при выносе КРК вперед значение c_e приближается к значению c_e для отдельно стоящей рекламной конструкции, а при передвижении его вглубь уменьшается вплоть до отрицательного значения.



1 – КРК, расположенная на крыше здания ($y_1=0, a=0.5 \text{ м}, \alpha=0$);
 2 – Отдельно стоящая рекламная конструкция

Рис. 3. График зависимости значения аэродинамического коэффициента c_e от x_1

3-ий этап $x_1=0, a=0.5 \text{ м}, \alpha=0$, а изменялось значение параметра y_1 , КРК перемещалась по крыше вдоль наветренной стороны от центра к углу здания. По полученным данным построен график зависимости значения c_e от y_1 . По графику видно, что при перемещении КРК к углу здания значение c_e увеличивается до 1,238.

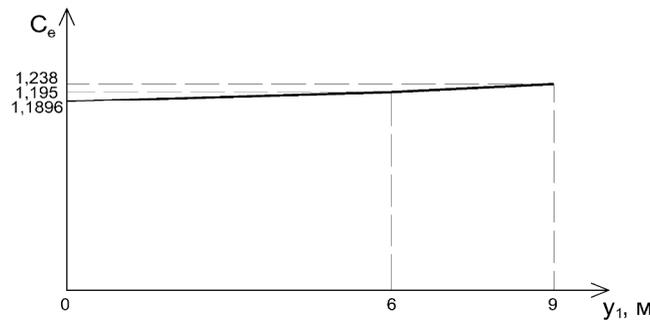


Рис. 4. График зависимости значения аэродинамического коэффициента c_e от y_1

По результатам первых трех этапов получается, что максимальное значение c_e соответствует положению КРК, расположенной в углу здания. Исходя из этого, на 4-ом этапе для положения КРК $x_1=0, y_1=9 \text{ м}, a=0.5 \text{ м}$ изменялось направление ветра (угол α). По полученным значениям построен график зависимости c_e от α . Анализ результатов моделирования показывает, что максимальное значение c_e возникает при угле $\alpha=45^\circ$. При изменении направления ветровой нагрузки от 0 до 45° коэффициент c_e увеличивается в 1,5 раза, а при дальнейшем увеличении α до 90° резко уменьшается практически до 0 .

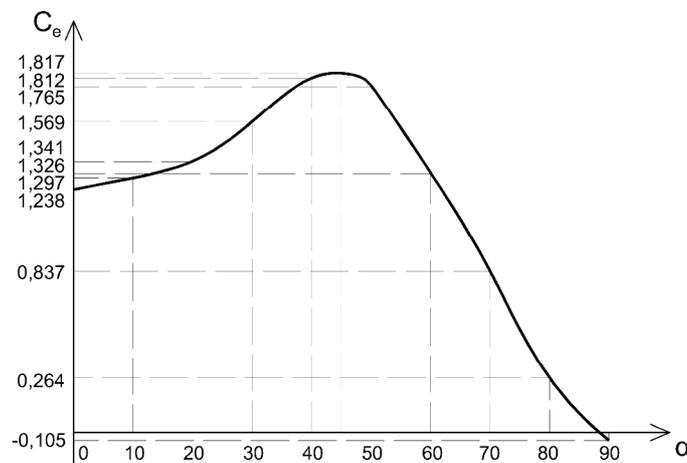
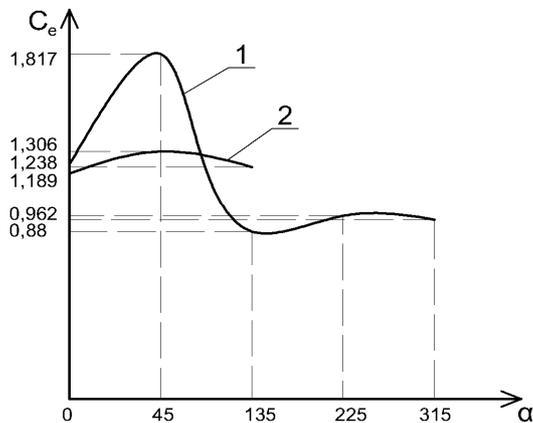


Рис. 5. График зависимости значения аэродинамического коэффициента c_e от α

Исходя из четвертого этапа моделирования, максимальное значение аэродинамического коэффициента c_e получается при угле действия ветровой нагрузки 45° . Поэтому на 5-ом этапе рассматривалось два положения КРК на крыше здания, по центру ($x_1=0, y_1=0\text{ м}, a=0.5\text{ м}$) и в углу здания ($x_1=0, y_1=9\text{ м}, a=0.5\text{ м}$), а угол направления действия ветровой нагрузки α принимался $0^\circ, 45^\circ, 135^\circ, 225^\circ, 315^\circ$. По полученным результатам построен график зависимости значения c_e от α для двух положений КРК.



1 – КРК, расположенная на крыше здания на углу ($x_1=0, y_1=9\text{ м}, a=0.5\text{ м}$);
2 – КРК, расположенная на крыше здания по центру ($x_1=0, y_1=0, a=0.5\text{ м}$)

Рис. 6. График зависимости значения c_e от α для двух положений КРК на крыше здания

Из графика (рис. 6) видно, что для КРК, установленной на крыше здания по центру, максимальное значение аэродинамического коэффициента c_e получается так же, как и для углового положения при направлении угла действия ветровой нагрузки $\alpha = 45^\circ$.

По результатам проделанных численных экспериментов можно сделать ряд выводов:

1. При увеличении зазора a между КРК и крышей здания значение аэродинамического коэффициента c_e увеличивается до 1,427.
2. При выносе КРК вперед за наветренную плоскость здания значение аэродинамического коэффициента c_e увеличивается, а при передвижении его вглубь уменьшается.
3. При перемещении КРК по крыше вдоль наветренной стороны здания от центра к углу значение аэродинамического коэффициента c_e увеличивается до 1,238.
4. Максимальное значение аэродинамического коэффициента c_e возникает при направлении угла действия ветровой нагрузки $\alpha = 45^\circ$, при расположении КРК как на углу, так и по центру здания.
5. Значение максимального аэродинамического коэффициента c_e для углового положения КРК на крыше здания на 39 % больше того же коэффициента при установке по центру здания, что соответствует 1,817.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СТО 36554501-015-2008 «Нагрузки и воздействия».
2. EN 1991-1-4 Eurocode 1: Actions on structures. – Part 1-4: General actions. – Wind actions. – Brussels: CEN, 2002. – 54 p.
3. СНиП 2.01.07-2003 «Нагрузки и воздействия».

УДК 624.012.35/45

Мирсаяпов И.Т. – доктор технических наук, профессор

Замалиев Ф.С. – кандидат технических наук, доцент

Замалиев Э.Ф. – инженер

E-mail: ezamaliiev@yandex.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

УЧЕТ ПОДАТЛИВОСТИ КОНТАКТА СЛОЕВ ПРИ РАСЧЕТАХ ПРОЧНОСТИ И МАЛОЦИКЛОВОЙ ВЫНОСЛИВОСТИ СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

АННОТАЦИЯ

Предлагается методика расчета сталежелезобетонных изгибаемых элементов с учетом податливости контакта слоев при малоцикловых нагружениях. Дается распределение напряжений и деформаций в нормальном сечении при податливости сопряжения и приводятся зависимости для вычисления усилий и напряжений для любого этапа малоциклового нагружения. Показана сходимость теоретических и экспериментальных данных.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: сталежелезобетонные конструкции, прочность и малоцикловая выносливость, податливость контакта.

Mirsayapov I.T. – doctor of technical sciences, professor

Zamaliiev F.S. – candidate of technical sciences, associate professor

Zamaliiev E.F. – engineer

Kazan State University of Architecture and Engineering

CONTACT LAYERS COMPLIANCE ACCOUNTING FOR CALCULATION OF STRENGTH AND STEELCONCRETE ELEMENTS LOW-CYCLE ENDURANCE

ABSTRACT

The calculating technique of steelconcrete bent elements into account a layers contact pliability at lowcycled loadings is offered. Distribution of pressure and deformations in normal section at pliability of coupling and dependences for calculation of efforts and pressure for any stage of lowcycled loadings are given. Shown the convergence of theoretical and experimental data.

KEYWORDS: steelconcrete constructions, durability and lowcycled endurance, contact pliability.

При проектировании сталежелезобетонных перекрытий проектанты используют методы расчета железобетонных конструкций, расчеты выполняют в предположении упругой работы материалов и без учета податливости соединения слоев. Необходимость учета податливости слоев особо проявляется при различных режимах нагружения.

Существующие методы расчета прочности нормальных сечений стержневых сталежелезобетонных изгибаемых элементов при статических и циклических нагружениях, основанные на аналитических и эмпирических методах, учитывают те или иные особенности поведения сталежелезобетонных конструкций и не в состоянии в должной степени оценивать их несущую способность [1]. Учет особенностей изменения напряженно-деформированного состояния сечений и фактические режимы деформирования бетона и стали в составе сталежелезобетонных изгибаемых элементов при различных режимах нагружения стал требованием времени.

Перспективной является методика, базирующаяся на расчетной модели, отражающей действительную работу сталежелезобетонных конструкций в зоне действия максимальных изгибающих моментов, и позволяющая учитывать действительное напряженно-деформированное состояние конструктивного элемента и реальные режимы деформирования бетона и стали [2,3]. В этом случае учитываются все основные факторы, влияющие на прочность сталежелезобетонных конструкций, что приводит к повышению их надежности и несущей способности.

При расчете прочности нормальных сечений исходим из следующих предпосылок:

- рассматриваются сечения, нормальные к продольной оси элемента;

- в качестве расчетных принимаются нормальные напряжения в монолитном бетоне плиты и в стальной балке;
- связь между осевыми напряжениями и относительными деформациями бетона представляется в виде диаграмм « σ - ϵ », трансформированных, при необходимости, для учета влияния вида и режима нагружения [2];
- связь между осевыми напряжениями и относительными деформациями стали принимается в виде диаграмм « σ - ϵ »;
- для средних деформаций бетона плиты и стальной балки считается справедливой гипотеза плоских сечений.

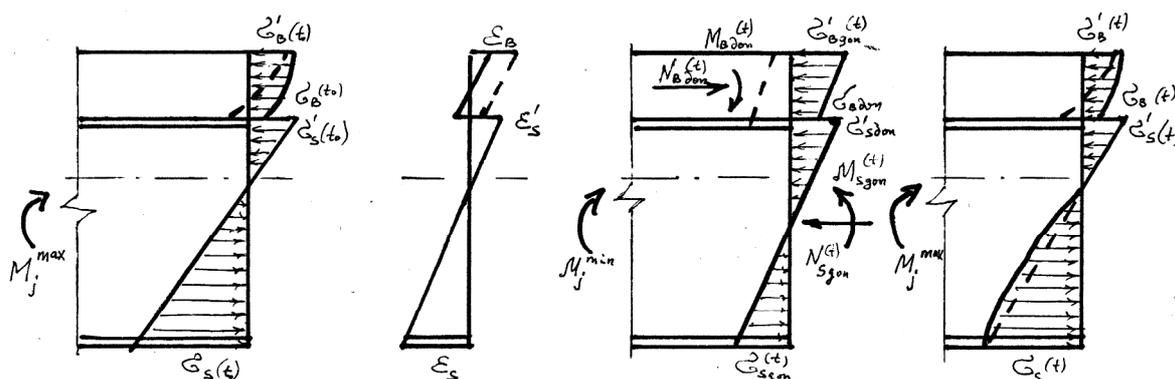


Рис. 1. Распределение напряжений и деформаций при податливости сопряжения

Исходя из гипотезы плоских сечений и трансформированных диаграмм зависимостей « σ_B - ϵ_B » и « σ_s - ϵ_s » по соответствующим деформациям определяются напряжения в бетоне монолитной плиты и в стальной балке. По напряжениям в бетоне σ_B и напряжениям в стали σ_s определяются внутренние усилия в сечении для любого рассматриваемого уровня и режима нагружения:

$$N_x = \int \sigma_B [\epsilon_B (x_i) + \Delta \epsilon] V (x) dx + \sigma_s (\epsilon_s' - \Delta \epsilon) A_s' - \sigma_s (\epsilon_s + \Delta \epsilon) A_s \tag{1}$$

$$M_z = \int \sigma_B [\epsilon_B (x_i) + \Delta \epsilon] V (x) \left(x_i - \frac{h \cdot m}{2} \right) dx + \sigma_s (\epsilon_s' - \Delta \epsilon) A_s' Z_2 - \sigma_s (\epsilon_s + \Delta \epsilon) A_s Z_3, \tag{2}$$

где $\Delta \epsilon$ – относительная величина податливости шва;

$\sigma_B (\epsilon_B)$, $\sigma_s (\epsilon_s)$ – зависимости «напряжение-деформация» бетона и стали;

$\epsilon_B (x_i)$ – закон изменения деформаций по высоте сечения;

$V (x)$ – функция изменения ширины поперечного сечения бетонной плиты по высоте;

x_i – высота сжатой зоны для рассматриваемого вида и режима нагружения;

$Z_1 = x_i - j \left(\frac{h \cdot m}{2} \right)$ – расстояние от центра тяжести эпюры нормальных напряжений в бетоне до

нейтральной оси;

Z_2 – расстояние от центра тяжести эпюры нормальных напряжений сжатой части стальной балки до нейтральной оси;

Z_3 – расстояние от центра тяжести эпюры нормальных напряжений в растянутой зоне стальной балки до нейтральной оси.

Вычисления внутренних усилий по формулам (1), (2) выполняются методом последовательных приближений, пока не выполнится условие:

$$| \Delta N_x | \leq \delta,$$

где δ – заданная точность вычислений.

Прочность сталежелезобетонной конструкции на всех стадиях нагружения оценивается, исходя из условия:

$$M_j + \Sigma \Delta M_{sj} + \Delta M_{bj} \leq M_z; \tag{3}$$

где M_j – изгибающий момент от максимального значения внешней нагрузки в рассматриваемом режиме нагружения,

$\Sigma \Delta M_{sj} = \Delta M_{sj}' + \Delta M_{sj}$ – дополнительный изгибающий момент вследствие возникновения и развития остаточных деформаций в стальной балке, в верхней и нижней частях сечения,

ΔM_{bj} – дополнительный изгибающий момент вследствие возникновения дополнительных напряжений в бетоне сжатой зоны плиты,

M_z – вычисляется на основе трансформированных диаграмм деформирования материалов.

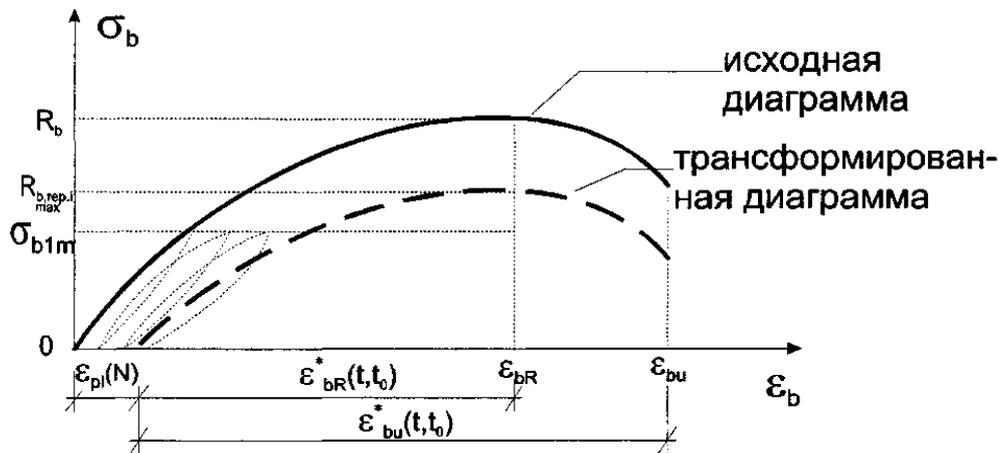


Рис. 2. Исходные и трансформированные диаграммы деформирования бетона при стационарном режиме циклического нагружения

Для описания диаграмм деформирования бетона при малоцикловом нагружении в качестве исходной использована диаграмма « σ_b - ϵ_b » для случая однократного кратковременного статического нагружения [4]. Аналитические зависимости для описания диаграмм деформирования бетона при малоцикловом нагружении получаются путем трансформирования исходных диаграмм при кратковременном статическом нагружении. Трансформированные диаграммы по виду принимаются аналогичными исходной диаграмме с учетом следующих дополнительных положений (рис. 2):

- в качестве параметров основной узловой точки диаграммы принимаются напряжения в бетоне, равные пределу выносливости $R_{b,rep}$, и деформации, отвечающие деформациям в вершине диаграммы при статическом нагружении $\epsilon_{b,rep} = \epsilon_{bR}$;

- для дополнительной узловой точки, определяющей границы диаграмм, деформации принимаются равными предельным деформациям при статическом нагружении $\epsilon_{bu,rep} = \epsilon_{bu}$, а напряжения вычисляются по базовым зависимостям;

- координаты начала диаграмм принимаются переменными, а именно – смещенными на величину, равную деформациям виброползучести в рассматриваемый момент времени $\epsilon_{pl}^b(N)$;

- угол наклона диаграмм принимается с учетом изменения модуля упругости бетона при циклическом нагружении.

Зависимость между координатой вершины диаграммы, количеством циклов нагружения и коэффициентом асимметрии цикла напряжений имеет вид:

$$S_{bi}(t, t_0) = R_{b,rep} = k_g R_b - \frac{\lg N}{\lg 10^7} \left[k_g - \frac{k_{rb}^T}{1 - r_{bt} \left(1 - \frac{k_{rb}^T}{k_g} \right)} \right], \quad (4)$$

где k_{pb}^T – относительный предел усталости на базе 10^7 циклов нагружений;

k_g – коэффициент динамического упрочнения бетона.

Деформации виброползучести бетона в рассматриваемый момент времени вычисляется по формуле [2]:

$$\epsilon_{pl}^b(N) = C_{\infty}(t, t) \cdot s_b^{\min}(t, t) [1 - e^{-g(t-t)}] + C_{\infty}(t, t) \cdot s_b^{\max}(t, t_0) (1 - r_{bt}) [1 - (1 - a)^N], \quad (5)$$

где a – функция упругопластических свойств бетона и скорости нагружения;

$C_{\infty}(t, \tau)$ – предельная мера ползучести бетона.

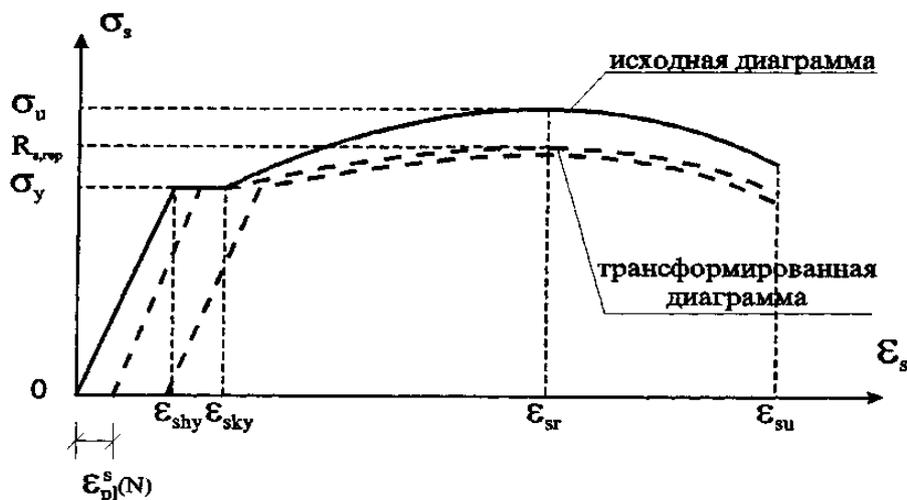


Рис. 3. Исходная и трансформированная диаграммы деформирования стали при расчете малоциклового выносливости

Для описания диаграммы деформирования стали при малоцикловом нагружении в качестве исходной использована диаграмма « σ_s - ϵ_s » для случая однократного кратковременного статического нагружения. Трансформированные диаграммы по виду принимаются аналогичными исходной диаграмме с учетом следующих дополнительных положений (рис. 3):

- в качестве параметров основной узловой точки диаграммы принимаются напряжения в стали, равные пределу выносливости $R_{s,rep}$, и деформации, отвечающие деформациям в вершине диаграммы при статическом нагружении $\epsilon_{s,rep} = \epsilon_{sr}$;
- для дополнительной узловой точки, определяющей границы диаграмм, деформации принимаются равными предельным деформациям при статическом нагружении $\epsilon_{su,rep} = \epsilon_{su}$, а напряжения вычисляются по базовым зависимостям;
- координаты начала диаграмм принимаются переменными, а именно – смещенными на величину, равную пластическим деформациям в рассматриваемый момент времени $\epsilon_{pl}^s(N)$.

Зависимость между координатой вершины диаграммы, количеством циклов нагружения и коэффициентом асимметрии цикла напряжений имеет вид:

$$\epsilon_{si}(t, t_0) = R_{s,rep} = k_{gs} S_u - \frac{\lg N}{\lg 2 \cdot 10^6} \left[k_{gs} S_u - R_{s,rep} \right] \tag{6}$$

где $R_{s,rep}$ – предел выносливости стали на базе $2 \cdot 10^6$ циклов нагружений;

k_{gs} – коэффициент динамического упрочнения стали.

В общем случае пластические деформации стали при малоцикловом нагружении вычисляются по формуле:

$$\epsilon_p^s(N) = \sigma_s^{\max}(t, t_0) \cdot \Phi(\sigma_s^{\max}, \sigma_u, \rho_s, N, \omega), \tag{7}$$

где $\Phi(\sigma_s^{\max}, \sigma_u, \rho_s, N, \omega)$ – мера виброползучести стали.

Мера ползучести стали определяется по формуле:

$$\Phi(\sigma_s^{\max}, \sigma_u, \rho_s, N, \omega) = \frac{1}{\sigma_u} \left(0,022 - 0,012 \frac{\sigma_u}{\sigma_s^{\max}} \right) \frac{k_{gs1}}{k_{gsi}} \left[1 + 0,1 \left(\frac{\sigma_u}{\sigma_s^{\max}} + 0,1 \rho_s \right) \right]^N N^{0,1},$$

где k_{gs1} – коэффициент динамического упрочнения стали при частоте приложения 1 Гц;

k_{gsi} – коэффициент динамического упрочнения стали при произвольной частоте нагружения

$$k_{gsi} = 1 + 0,27 \frac{\omega}{0,998};$$

$\dot{\epsilon}_s$ – скорость изменения деформаций.

Дополнительные изгибающие моменты в бетоне полки и в стальной балке определяются по формулам:

$$\Delta M_{sj} = \sigma_{s,доп}(t) A_s \cdot Z_1; \tag{8}$$

$$\Delta M'_{sj} = \sigma'_{s,доп}(t) A'_s \cdot Z_2; \tag{9}$$

$$M_{bj} = 0,5[\sigma_{b,доп}(t) + \sigma'_{b,доп}(t)] \times h_b \cdot b_n \cdot Z_3 \tag{10}$$

Дополнительные напряжения запишутся в виде (рис. 1):

$$\sigma'_{s,доп}(t) = [\alpha' \sigma_{b,доп}(t) + \sigma'_s(t_0)] \times [1 + (1 + \psi)c]; \tag{11}$$

$$\sigma_{s,доп}(t) = \left\{ [\sigma_{b,доп}(t) \cdot h - \sigma'_{b,доп}(t) \cdot h_s] \cdot \frac{\alpha' \gamma}{h_b} + \sigma_s(t_0) \varphi_t \right\} \cdot [1 + (1 - \psi)B]; \tag{12}$$

$$\sigma'_{b,доп}(t) = \left(\frac{W_1 W_5 - W_2 W_3}{W_3 W_6 - W_1 W_4} \right) \cdot [1 + (1 - \psi)A]; \tag{13}$$

$$\sigma_{b,доп}(t) = \left(\frac{\omega_2 \omega_4 - \omega_1 \omega_3}{\omega_3 \omega_6 - \omega_1 \omega_4} \right) \cdot [1 + (1 - \psi)C]; \tag{14}$$

где

$$\psi = \left(\frac{\text{ch} \lambda x}{\text{ch} \lambda l_0 - 1} \right);$$

$$\lambda = \sqrt{E_{cu} \left(\frac{1}{A_b E'_b(t)} + \frac{1}{A_s E'_s(t)} + \frac{a^2}{E_b} \right)};$$

$$A = \left(\frac{2 - h}{Z} \right) \cdot \left(\frac{2h_b^3 + 3h_b^2 h_s + \alpha h_s^3}{2h_b^3 + 2\alpha' h_s^3} \right);$$

$$\alpha' = \frac{E'_s(t)}{E'_b(t)};$$

$$C = \left(\frac{\alpha' h_s (h_b + h_s)}{\alpha' h_s^2 - h_b^2} \right) \cdot \left(\frac{4h_b^3 + 3h_b^2 h_s + \alpha h_s^3}{h_b^3 + \alpha' h_s^3} \right);$$

$$B = \frac{1}{\alpha' \left(1 + \frac{1}{n} \right) \cdot \left(\frac{2}{n^3} + \frac{3}{n^2} - \frac{1}{\alpha'} \right)} \cdot \left(\frac{1}{n^3} + \frac{1}{\alpha'} \right) \cdot \left(\frac{1}{n^2} + \frac{2}{\alpha' n} + \frac{1}{\alpha'} \right);$$

$$n = \frac{h_b}{h_s};$$

$$\omega_1 = A_b y_b - n' \gamma A_s y_s;$$

$$\omega_2 = \frac{A_s h_b \varphi_t [\sigma'_s(t_0) y_s + \sigma'_s(t_0) y'_s]}{h_s};$$

$$\omega_3 = A_b y_b (y'_s + y_b) + I_b + n' \gamma I_s;$$

$$\omega_4 = A_b y_b (y'_s + y_b) - I_b - n' \gamma I_s;$$

$$\omega_5 = \frac{I_s h_b \varphi_t [\sigma'_s(t_0) + \sigma'_s(t_0)_s]}{h_s};$$

$$\omega_6 = A_b y_b + n' \gamma A_s (y'_s + h_b);$$

$$\gamma = \frac{1}{2} \left[\frac{1 + E_b(t_0)}{E_b(t)} + (1 + \alpha) \varphi_t \right];$$

$$\alpha = 0,5 \xi_1(t);$$

$$n' = \frac{E_b(t)}{E'_b(t)};$$

$$\varphi_t = C^*(t, \tau) \cdot E_b(t_0);$$

$$C^*(t, \tau) = \frac{\sum \epsilon_b^{pl}(N)}{\sigma_b(t_0)};$$

$$\sum \epsilon_b^{pl}(N) = \frac{\epsilon_b^{pl}(N) + x \cdot \epsilon_s^{pl}(N \cdot \psi_{\epsilon l})}{h - x};$$

E_{cu} – модуль деформации сдвига по плоскости сопряжения;

$E'_b(t)$, $E'_s(t)$ – модуль деформации бетона и стали при упругопластическом деформировании.

Уравнения (1-3) справедливы для всех стадий напряженно-деформированного состояния элемента, включая и стадию разрушения.

Прочность нормального сечения считается обеспеченной при удовлетворении условия (3).

Коэффициенты асимметрии цикла напряжений в бетоне сжатой зоны плиты (ρ_{bt}) и в растянутой части стальной балки (ρ_{st}) в рассматриваемый момент времени t представляются в виде:

$$\rho_{bt} = \frac{M_j^{max} \rho_M + \Delta M_{bj}}{M_j^{max} + \Delta M_{bj}}; \rho_{st} = \frac{M_j^{max} \rho_M + \Delta M_{sj}}{M_j^{max} + \Delta M_{sj}};$$

где $\rho_M = \frac{M_j^{min}}{M_j^{max}}$.

Изложенная методика опробована при расчете малоциклового выносливости и прочности по нормальным сечениям сталежелезобетонных балок, испытанных авторами. Экспериментальные балки имели разные диаметры и шаг анкерных связей между бетонной плитой и стальным прокатом. Сопоставление результатов расчета и эксперимента представлено на рис. 4.

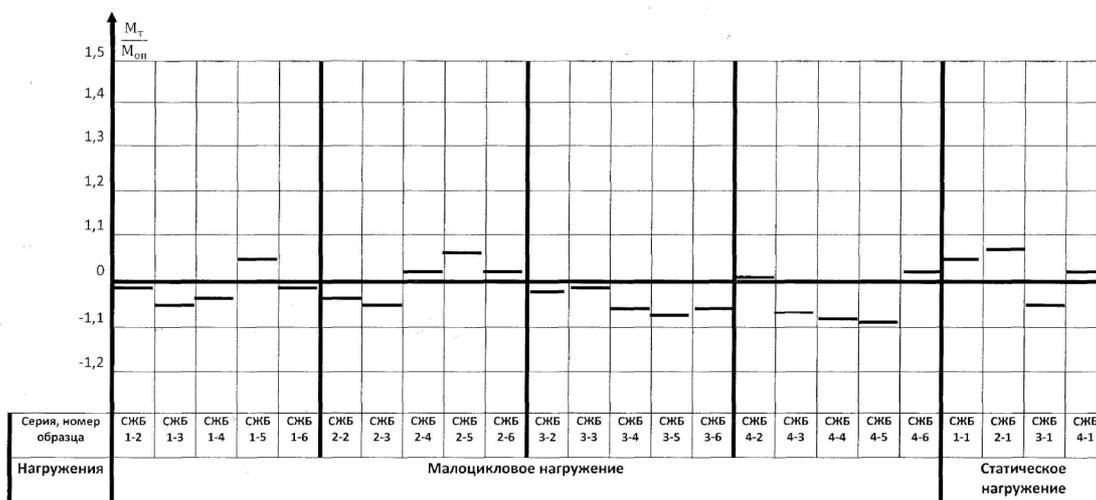


Рис. 4. Сопоставление опытных и расчетных значений выносливости и прочности нормальных сечений сталежелезобетонных балок при расчете с учетом податливости соединения

Об эффективности предлагаемой методики можно судить по результатам аналитической обработки:

а) деформационный метод расчета с учетом податливости соединения при малоцикловом нагружении $M_T/M_{оп}=1,0075$;

б) деформационный метод расчета с учетом податливости соединения при статическом нагружении $M_T/M_{оп}=1,0035$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП 2.05.03-84*. Мосты и трубы. – М.: Стройиздат, 1996. – 210 с.
2. Карпенко Н.И., Мухамедиев Т.А., Петров А.Н. Исходные и трансформированные диаграммы деформирования бетона и арматуры // Напряженно-деформированное состояние бетона и железобетонных конструкций. – М.: НИИЖБ, 1986. – С. 7-25.
3. Карпенко Н.И., Мухамедиев Т.А. Диаграммы деформирования бетона для развития методов расчета железобетонных конструкций с учетом режимов нагружения // Эффективные материалоемкие железобетонные конструкции. – М.: НИИЖБ, 1988. – С. 4-18.
4. Залесов А.С., Мирсаяпов И.Т. Расчет изгибаемых железобетонных элементов на выносливость с учетом аналитических диаграмм деформирования бетона и арматуры // Бетон и железобетон, 1993, № 4. – С. 22-24.

УДК 624.019; 624.072

Хусайнов Д.М. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: xdmt@mail.ru

Шмелев Г.Н. – кандидат технических наук, профессор

E-mail: shmelev@kgasu.ru

Козлов М.В. – кандидат технических наук, старший преподаватель

E-mail: maxim-kozlov@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЕТРОВОЙ НАГРУЗКИ В г. КАЗАНИ

АННОТАЦИЯ

По имеющимся данным многолетних метеорологических наблюдений для г. Казани, определены законы распределения Вейбула и Гумбеля для описания скоростей ветра, ветрового давления и максимальных значений ветровой нагрузки. Определен период повторяемости нормативных и расчетных значений ветровой нагрузки для г. Казани. Предложено учитывать уменьшение ветровой нагрузки на рекламные конструкции г. Казани с периодом эксплуатации не более 5 лет. Определен коэффициент возможного уменьшения ветрового давления. Выполнена проверка использования полученного закона Гумбеля для прогноза средних значений максимальных скоростей ветра за период 10 лет. Приведено графическое представление плотностей распределения Вейбула и Гумбеля для ветровой нагрузки в г. Казани.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ветровая нагрузка, вероятность возникновения ветровой нагрузки, законы распределения ветровой нагрузки.

Khusainov D.M. – candidate of technical sciences, associate professor

Shmelev G.N. – candidate of technical sciences, professor

Kozlov M.V. – candidate of technical sciences, senior lecturer

Kazan State University of Architecture and Engineering

DETERMINATION OF PROBABILITY CHARACTERISTICS OF WIND LOAD IN KAZAN

ABSTRACT

According to data of long-term meteorological observations in city of Kazan laws of Gumbel and Weibull have been defined for description wind speed, wind pressure and maximum wind load. The repetition period of normal and estimated wind loads for the city of Kazan has been defined. It has been offered to reduce the wind load on the advertising constructions in Kazan with maintenance period less than 5 years. The coefficients of a possible decrease in wind pressure have been determined. The test of Gumbel law has been done for predicting the mean values of the maximum wind speed for a period of 10 years. The graphic representation of the density distribution of Weibull and Gumbel for wind load in the city of Kazan has been made.

KEYWORDS: wind load, the probability of occurrence of wind load, the distribution of wind load.

При решении задач определения характеристик надежности строительных и рекламных сооружений в г. Казани, таких как вероятность безотказной работы, актуальной является задача точного описания распределений величин действующих нагрузок. Для ветровой нагрузки в г. Казани эта задача заметно упрощается, благодаря многолетним данным наблюдений, представленных в справочнике по климату СССР с 1936 по 1980 гг. [1, 2]. По этим данным средняя скорость ветра $V = 4.3$ м/с, стандарт $S_V = 2.4$ м/с, коэффициент вариации $n = 0.6$.

Для описания ветровой нагрузки в вероятностном виде в различных работах [3, 4, 5] рекомендуется применять распределение Вейбула, при описании значений максимальных скоростей ветра и ветрового давления рекомендуется распределение Гумбеля. В таблице 1 приведены вероятности различных скоростей ветра для г. Казани, определенные по таблице 12 [1].

Таблица 1

Результаты наблюдений

V, м/с	интервал									
	0-1	2-3	4-5	6-7	8-9	10-11	12-13	14-15	16-17	18-21
Вероятность	0.177	0.441	0.714	0.887	0.96	0.979	0.994	0.997	0.999	0.9995

Функция распределения скорости имеет вид:

$$F(V) = 1 - e^{-c \times V^b} \quad (1)$$

С плотностью распределения:

$$f(V) = c \times b \times V^{b-1} \times e^{-(c \times V^b)} \quad (2)$$

Тогда по данным таблицы 1 можно определить параметры распределения для г. Казани:

$$c = 0.195;$$

$$b = 1.222.$$

Ветровое давление w (кг/м²) определяется в зависимости от случайной величины – скорости ветра V (м/с) по условию $w = 0.061 \times V^2$ (кг/м²) и также является случайной величиной. Так как скорость ветра описывается законом распределения Вейбула, то соответственно значение ветрового давления описывается тем же законом.

Функция распределения ветрового давления имеет вид:

$$F(w) = 1 - e^{-c_1 \times w^{b_1}} \quad (3)$$

С плотностью распределения:

$$f(w) = c_1 \times b_1 \times w^{b_1-1} \times e^{-(c_1 \times w^{b_1})}, \quad (4)$$

где для ветрового давления в г. Казани:

$$c_1 = 1.061;$$

$$b_1 = 0.611.$$

Наибольший интерес представляют два значения:

$w_n = 30$ кг/м² – нормативное ветровое давление для II-го ветрового района, соответствующее скорости ветра $V = 21.9$ м/с;

$w_p = 42$ кг/м² – расчетное ветровое давление для II-го ветрового района, соответствующее скорости ветра $V = 25.9$ м/с.

Вероятность неперевышения этих значений по закону Вейбула равна:

$$F(w_n = 30) = 1 - e^{-1.061 \times 30^{0.611}} = 0.9998$$

$$F(w_p = 42) = 1 - e^{-1.061 \times 42^{0.611}} = 0.99997$$

Кроме того, скорость ветра связана с другой характеристикой ветровой нагрузки – периодом повторяемости – формулой:

$$V = b \sqrt{\frac{1}{c} \times \ln \frac{\bar{t}}{t}} \quad (5)$$

где \bar{t} – период повторяемости;

$t = (1 - F(V)) \times \bar{t}$ – условная зона корреляции;

$(1 - F(V))$ – вероятность превышения скорости V .

Можно убедиться, используя формулу (5), что период повторяемости для нормативной ветровой нагрузки для г. Казани составляет 10 лет:

$$V = 1.222 \sqrt{\frac{1}{0.195} \times \ln \frac{10}{0.002 \times 10}} = 21.9 \text{ м/с}$$

где $V = 21.9$ м/с – скорость, соответствующая ветровому давлению $w_n = 30$ кг/м².

Коэффициент надежности ветровой нагрузки в соответствии с работой [3] может быть записан как:

$$g = \frac{w_p}{w_n} = \left(\frac{\ln \frac{\bar{t}_p}{t}}{\ln \frac{\bar{t}_n}{t}} \right)^{2/b} = 1.4 \quad (6)$$

Оценим период повторяемости для расчетной ветровой нагрузки для г. Казани:

Для значений $b = 1.222$ и $t = 1$ сутки из условия (6) можно найти период повторяемости для значения расчетной ветровой нагрузки в г. Казани $\bar{t}_p = 22026$ суток, что ≈ 60 лет.

Графическое представление плотности распределения среднего значения ветровой нагрузки для г. Казани приведено на рисунке 1.

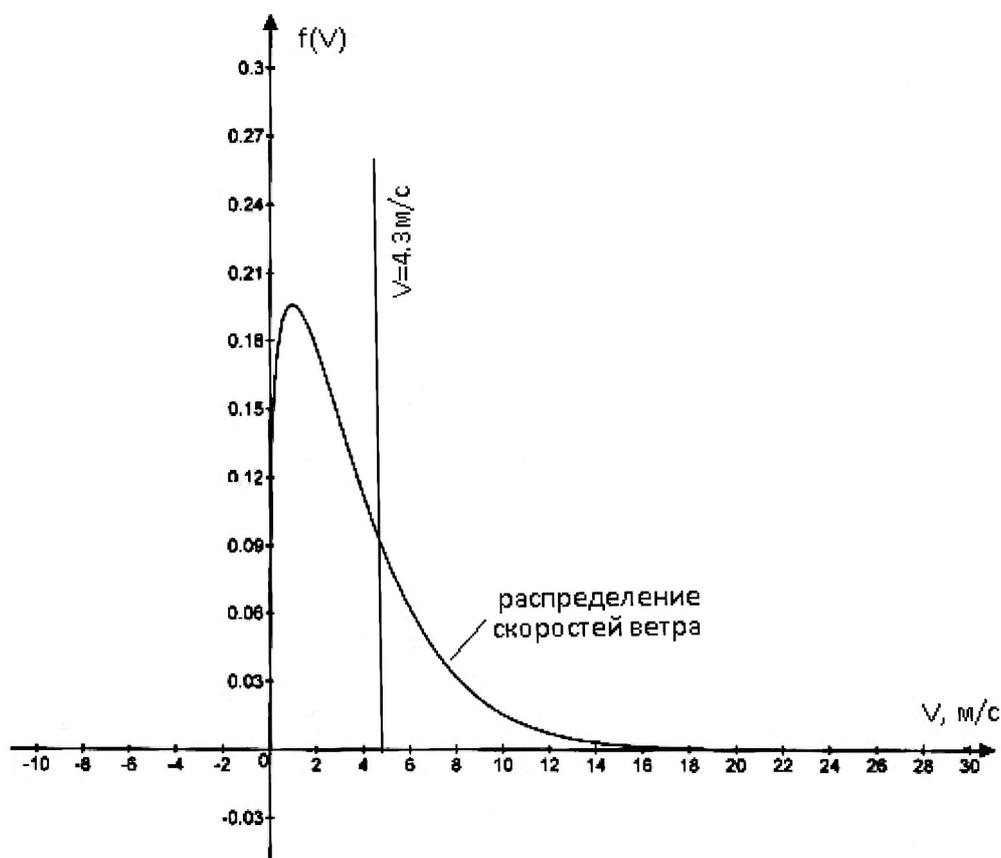


Рис. 1. Плотность распределения скоростей ветра для г. Казани

Интересной представляется задача оценки возможного уменьшения значений ветровой нагрузки для конструкций с «коротким» периодом эксплуатации, например для временных рекламных объектов со сроком службы не более 5 лет. Вероятность возникновения за период эксплуатации временных конструкций значительных по величине скоростей ветра должна быть меньше, чем это представляется в [6].

Для периода повторяемости $\bar{t} = 5$ лет по условию (5) скорость ветра, соответствующая этому периоду повторяемости, будет равна:

$$V = 1.222 \sqrt{\frac{1}{0.195} \ln\left(\frac{5}{0.002}\right)} = 20.52 \text{ м/с,}$$

что соответствует давлению ветра:

$$w = \frac{V^2}{16} = 26.3 \text{ кг/м}^2.$$

Введем коэффициент k , равный:

$$k = \frac{w_u(t = 10 \text{ лет})}{w_p(t = 5 \text{ лет})} = \frac{30}{26.3} = 1.14 \quad (7)$$

Значение k может быть рассмотрено, как значение коэффициента, учитывающего возможность уменьшения величины ветровой нагрузки для конструкции в г. Казани со сроком эксплуатации не более 5 лет.

При описании ветровых максимумов в г. Казани используется закон Гумбеля. В таблице 2 приведены данные по максимальной скорости ветра, взятые из таблицы 3.15 [2].

Таблица 2

Значение максимальной скорости ветра за время наблюдения

Период, месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Год
Скорость, м/с	20	24	20	18	17	17	15	16	18	20	20	20	24

Функция распределения закона Гумбеля имеет вид:

$$F(V) = e^{-e^{\frac{V-a}{b_2}}} \quad (8)$$

Плотность распределения закона Гумбеля имеет вид:

$$f(V) = \frac{1}{b} \times e^{-\frac{V-a}{b_2}} \times e^{-\frac{a-V}{b_2}} \quad (9)$$

где

$$b_2 = \frac{s}{1.283};$$

$s = 2.4$ – стандарт скорости ветра по [1];

$$a = \bar{V} - \frac{0.575}{1.283} \times s = \bar{V} - 0.448 \times s$$

\bar{V} – средняя максимальная скорость по результатам наблюдений месячных и годовых максимумов скорости ветра.

Для Казани, по данным наблюдения, среднее значение ветровых максимумов и стандарт равны:

$$\bar{V} = 18.75 \text{ м/с};$$

$$s = 2.4;$$

Тогда для г. Казани:

$$b_2 = 1.87;$$

$$a = 17.675.$$

Распределение Гумбеля позволяет делать прогнозы величин для времени t .

В соответствии с данными работы [4] можно записать:

$$\bar{V}(t) = \bar{V} - \frac{0.58}{1.283} \times s + \frac{s}{1.283} \times \ln(t) \quad (10)$$

Тогда для г. Казани среднее значение максимальных скоростей ветра для периода $t = 10$ лет будет равно:

$$\bar{V}(t = 10 \text{ лет}) = 18.75 - \frac{0.58}{1.283} \times 2.4 + \frac{2.4}{1.283} \times \ln 10 = 21.97 \text{ м/с},$$

то есть равно величине скорости ветра, соответствующей нормативному ветровому давлению.

Полученный прогноз соответствует определениям, приведенным в работе [5], где нормативное ветровое давление рассматривается как среднее максимальных ветровых давлений для соответствующего периода повторяемости ветровой нагрузки.

Графическое представление плотности распределения максимальных значений ветровой нагрузки для г. Казани приведено на рисунке 2.

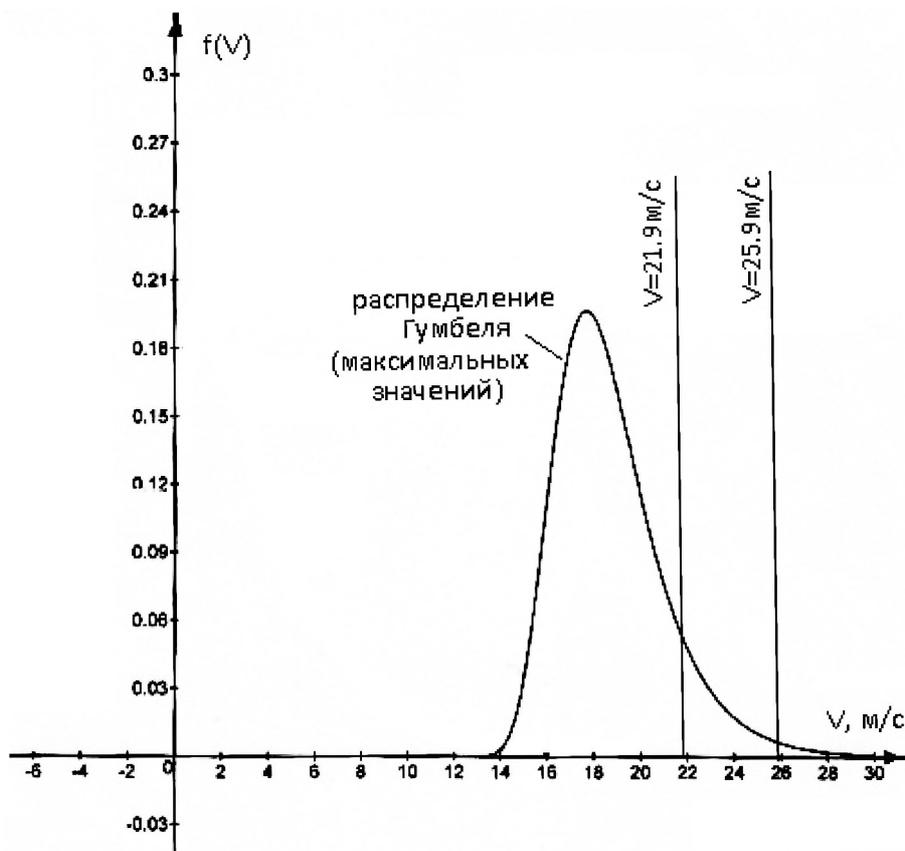


Рис. 2. Плотность распределения максимальных скоростей ветра для г. Казани

Полученные и приведенные в данной статье параметры законов распределения скоростей и ветровых давлений могут быть использованы для решения задач определения характеристики надежности строительных и рекламных сооружений в г. Казани.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник по климату СССР. Выпуск 12, часть III. Ветер. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – 412 с.
2. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Выпуск 12. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – С. 486.
3. Веселов Ю.А., Демченко Д.Б. Основы надежности строительных конструкций. – Ростов-на-Дону: Терра, 2001. – 384 с.
4. Лычев А.С. Надежность строительных конструкций. – М.: Изд-во АСВ, 2008. – 168 с.
5. Барштейн М.Ф. Воздействие ветра на высотные сооружения // Строительная механика и расчет сооружений, 1959, № 1. – С. 21-24.
6. СНиП 2.01.07-85*. Нагрузки и воздействия. – М.: Госстрой, 2002. – 92 с.
7. Пичугин С.Ф. Описание ветровой нагрузки // Известия вузов, 1985, № 4. – С. 45-48.

УДК 624.014

Чесноков А.В. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: avchesnokov@lipetsk.ru

Михайлов В.В. – доктор технических наук, профессор

E-mail: mmvv46@rambler.ru

Липецкий государственный технический университет

Сабитов Л.С. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: sabitov-kgasu@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

ДВУХПОЯСНАЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЁННАЯ ТРОСОВАЯ СИСТЕМА С КОНСТРУКТИВНЫМ ЗАЗОРОМ

АННОТАЦИЯ

Рассмотрена двухпоясная тросовая система, включающая балку жёсткости и имеющая конструктивный зазор. Преимущество данного решения в том, что балка жёсткости, изготовленная из обычной строительной стали, включается в работу лишь при развитии повышенных деформаций, а высокопрочная тросовая основа работает более эффективно на внешнюю нагрузку вследствие полного использования несущей способности и минимизации резервов. Предлагаются расчётные формулы для подбора основных параметров системы.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: двухпоясная тросовая система, балка жёсткости, конструктивный зазор, повышенная деформативность, контактная нагрузка.

Chesnokov A.V. – candidate of technical sciences, associate professor

Mikhailov V.V. – doctor of technical sciences, professor

Lipetsk State Technical University

Sabitov L.S. – candidate of technical sciences, associate professor

Kazan State University of Architecture and Engineering

TWO-LEVEL PRESTRESSED CABLE SYSTEM WITH DESIGN CLEARANCE

ABSTRACT

Two-level cable system including hard girder and design clearance is concerned. The advantages of the system are the following: the girder, made of usual constructional steel, begins to work in case if large deformations occur, and high-strength cable structure carries external load in more effective way using its total load carrying capacity. The solution formulas for obtaining the primary system parameters are given.

KEYWORDS: two level cable system, hard girder, design clearance, high deformations, contact load.

Тросовые системы, обладая очевидными преимуществами, среди которых выделяются лёгкость, архитектурная выразительность и способность перекрывать значительные пролёты, имеют также существенный недостаток: повышенную деформативность под воздействием внешних несимметричных и неравномерных нагрузок. Разгрузка части пролёта (например, очистка снега), перекрытого тросовой системой, может значительно ухудшить её работу, вызвав кинематические перемещения, которые способны превысить упругие деформации от равномерной нагрузки.

В связи с повышенной деформативностью тросовых систем расчёт по второй группе предельных состояний выходит на первый план: сечения элементов подбираются из условия ограничения прогибов системы, что приводит к неэффективному использованию высокопрочных тросов, работающих на внешнюю нагрузку со значительным запасом по прочности.

Применение жёсткой балки в качестве стабилизирующего элемента тросовой системы [1-3] лишь отчасти решает проблему: элемент повышенной жёсткости, изготавливаемый из менее прочной стали, чем трос, воспринимает большую часть внешней нагрузки, а тросовая составляющая полученной системы работает с запасом по прочности.

Предлагаемое решение (рис. 1) позволяет полностью использовать прочностные характеристики элементов системы, вместе с тем, ограничивая прогибы от действия внешних нагрузок.

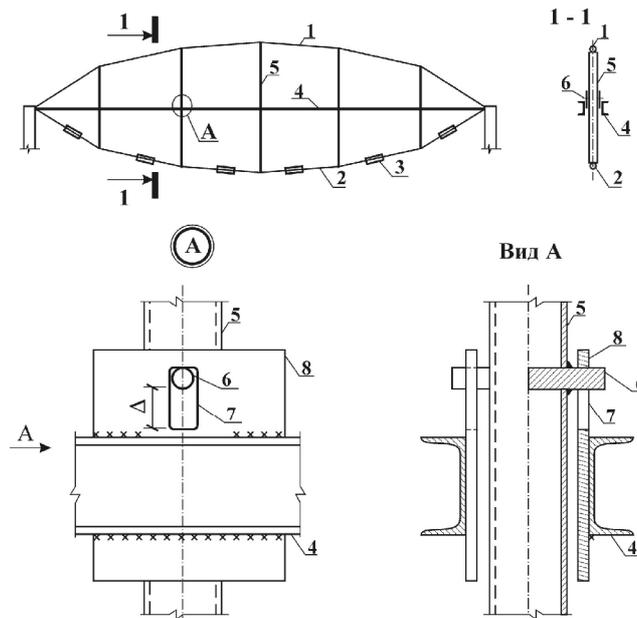


Рис. 1. Тросовая ферма с конструктивным зазором

Система состоит из верхнего 1 и нижнего 2 поясов, выполненных из стальных тросов, стоек-распорок 5, объединяющих пояса 1 и 2 между собой, балки жёсткости 4, средств создания предварительных напряжений 3. Отличие от аналогичных решений – наличие конструктивного зазора между балкой жёсткости и тросовой фермой. К распоркам 5 приварены фиксаторы 6 в виде штырей, проходящие в пазы 7 переходных пластин 8. Пазы 7 имеют строго определённую длину, зависящую от диаметра фиксатора 6 и конструктивного зазора Δ.

Преимущество данного решения заключается в том, что балка жёсткости включается в работу не сразу, а лишь при развитии повышенных деформаций. Таким образом, балка жёсткости, уменьшая деформативность системы, воспринимает меньшую часть внешней нагрузки, в соответствии со своими не высокими прочностными характеристиками, а высокопрочная тросовая основа работает на внешнюю нагрузку с минимальными резервами, что повышает эффективность применения высокопрочных сталей.

Исследования показали, что на этапе создания предварительных напряжений в системе балка жёсткости не должна включаться в работу. После напряжения поясов пластины 8 навешиваются на фиксаторы 6 и привариваются к балке 4.

Работа системы иллюстрируется рисунком 2. На действие симметричного нагружения тросовая ферма с балкой и конструктивным зазором работает аналогично обычной двухпоясной тросовой ферме. Под действием несимметричной нагрузки и больших стрелках верхнего и нижнего поясов, перемещения в четверти пролёта обычной тросовой фермы значительно превышают перемещения в предлагаемой системе. С другой стороны, перемещения в одиночной балке (без тросовой фермы) больше допустимых перемещений, а напряжения превышают её расчётное сопротивление.

При расчёте предлагаемой системы использовались следующие условия:

- условия обеспечения прочности элементов (1), (2), (3);
- условия обеспечения совместности деформаций (4), (5);
- условие ограничения прогибов (6).

$$\frac{N_c}{A_c \cdot R_{y_c}} = 1, \tag{1}$$

$$\frac{N_n}{A_n \cdot R_{y_c}} = 1, \tag{2}$$

$$\frac{M_b}{W_b \cdot R_{y_b}} \leq 1, \tag{3}$$

$$\omega_{n2} = -\omega_{c2}, \tag{4}$$

$$\omega n_2 = \Delta\Delta + \omega b_2, \tag{5}$$

$$\omega n_2 = \Omega_{lim}, \tag{6}$$

где N_c, N_n, M_b – усилия в стабилизирующем и несущем поясах, а также изгибающий момент в балке от расчётной нагрузки; A_c, A_n, W_b – искомые геометрические характеристики: площади сечений стабилизирующего и несущего поясов, а также момент сопротивления балки жёсткости; R_{y_c}, R_{y_b} – расчётные сопротивления материала поясов и балки жёсткости; $\omega c_2, \omega n_2, \omega b_2$ – перемещения в середине пролёта стабилизирующего и несущего поясов, а также балки жёсткости; $\Delta\Delta$ – искомая величина конструктивного зазора; Ω_{lim} – максимально допустимый прогиб, задаваемый СНиП и конструктивными соображениями.

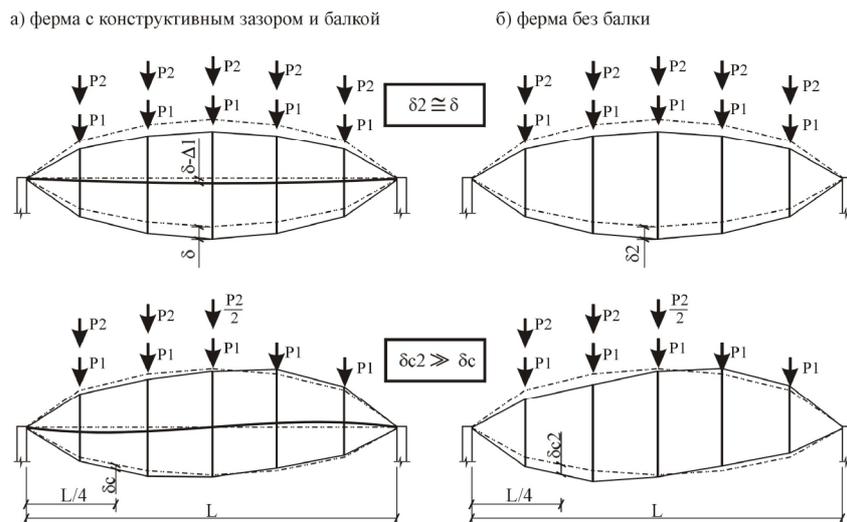


Рис. 2. Работа тросовой фермы

Формулы (1), (2) можно записать в виде:

$$\frac{N_c}{E A_c \cdot R_c} = 1, \tag{7}$$

$$\frac{N_n}{E A_n \cdot R_n} = 1, \tag{8}$$

где N_c, N_n – распоры в стабилизирующем и несущем поясах; $E A_c, E A_n$ – продольные жёсткости поясов; R_c, R_n – коэффициенты, определяемые по формулам (9), (10).

$$R_c = \frac{R_{y_c} \cdot \gamma_c}{E_c \cdot K_{h_c}}, \tag{9}$$

$$R_n = \frac{R_{y_c} \cdot \gamma_c}{E_c \cdot K_{h_n} \cdot \gamma_f}, \tag{10}$$

где γ_c – коэффициент условий работы элемента; E_c – модуль упругости троса; K_{h_c}, K_{h_n} – коэффициенты перехода от распора к продольному усилию в стабилизирующем и несущем поясах, соответственно, определяемые по формуле (11); γ_f – коэффициент надёжности по внешней нагрузке.

$$K_h = \sqrt{16 \cdot f_L^2 + 1}, \tag{11}$$

где f_L – отношение стрелки пояса к пролёту, принимается от 1/30 до 1/10.

Для расчёта прогибов тросовой системы использовалось уравнение (13.25) [4]:

$$\omega^3 + 3 \cdot y_0 \cdot \omega^2 + \left(3 \cdot y_0^2 - \frac{A_n}{B_n} \cdot M_1^2 \right) \cdot \omega + \left(y_0^3 - \frac{A_n}{B_n} \cdot M_1^2 \cdot y_0 - \frac{M_1^3}{B_n} \right) = 0, \tag{12}$$

где ω – прогиб в середине пролёта; y_0 – начальная стрелка провеса пояса; M_1 – балочный момент в середине пролёта; A_n , B_n – коэффициенты, зависящие от характера и интенсивности нагрузки.

Формула (12) после преобразований, с учётом равномерного характера распределения внешней нагрузки, приняла вид:

$$\omega^3 + 3 \cdot y_0 \cdot \omega^2 + \left(2 \cdot y_0^2 + \frac{3 \cdot p_0 \cdot L_1^4}{64 \cdot y_0 \cdot EA} \right) \cdot \omega + \left[\frac{-3}{64} \cdot L_1^4 \cdot \frac{(p_1 - p_0)}{EA} \right] = 0, \quad (13)$$

p_0 и p_1 – внешние нагрузки, соответствующие начальному провесу y_0 и перемещению ω ; L_1 – пролёт; EA – продольная жёсткость пояса.

Для верхнего пояса перемещение на стадии предварительных напряжений определено из формулы (13), при условиях:

$$p_0 = 0, \quad p_1 = q_n, \quad (14)$$

где q_n – заданное предварительное напряжение (начальная контактная нагрузка между поясами).

Формула (13) преобразована к виду:

$$\omega c_0 = \frac{3}{128} \cdot \frac{L_1^4 \cdot q_n}{EA_c \cdot f_0 c^2} - \frac{\omega c_0^2 \cdot (\omega c_0 + 3 \cdot f_0 c)}{2 \cdot f_0 c^2}, \quad (15)$$

где ωc_0 – искомое перемещение верхнего пояса при преднапряжении; $f_0 c$ – начальная стрелка стабилизирующего пояса.

При условиях (7) и (16)

$$H_c = \frac{q_n \cdot L_1^2}{8 \cdot (f_0 c + \omega c_0)}, \quad (16)$$

после преобразования формулы (15), принимая, что:

$$\frac{\omega c_0^3}{2 \cdot f_0 c^3} = 0, \quad (17)$$

получено перемещение верхнего пояса при преднапряжении:

$$\omega c_0 = \frac{-16 \cdot f_0 c^2 + 3 \cdot L_1^2 \cdot R_c + \sqrt{(16 \cdot f_0 c^2 - 3 \cdot L_1^2 \cdot R_c)^2 + 288 \cdot f_0 c^2 \cdot L_1^2 \cdot R_c}}{48 \cdot f_0 c}. \quad (18)$$

С учётом (7), (16) и (18) получена жёсткость верхнего пояса:

$$EA_c = \frac{q_n \cdot L_1^2}{8 \cdot (f_0 c + \omega c_0) \cdot R_c}. \quad (19)$$

При условиях (4), (6), (20) из формулы (13) получена контактная нагрузка q_{c2} на стабилизирующий пояс при действии внешней нагрузки на систему:

$$p_0 = q_n, \quad p_1 = q_{c2}, \quad (20)$$

$$q_{c2} = \frac{64 \cdot \alpha_2 \cdot EA_c}{3 \cdot L_1^4} - \alpha_3, \quad (21)$$

где α_2 и α_3 – параметры, вычисляемые по формулам (22), (23):

$$\alpha_2 = -\Omega \lim^3 + 3 \cdot (f_0 c + \omega c_0) \cdot \Omega \lim^2 - 2 \cdot (f_0 c + \omega c_0)^2 \cdot \Omega \lim, \quad (22)$$

$$\alpha_3 = \frac{q_n \cdot (\Omega \lim - f_0 c - \omega c_0)}{f_0 c + \omega c_0}. \quad (23)$$

При условиях (6), (24) из формулы (13) получена зависимость жёсткости несущего пояса EA_n от контактной нагрузки q_{n2} на него при действии внешней нагрузки на систему:

$$p_0 = q_n, \quad p_1 = q_{n2} + p, \quad (24)$$

$$EA_n = \frac{3 \cdot L_1^4}{64 \cdot \alpha_4} \cdot (q_{n2} + \alpha_5), \quad (25)$$

где α_4 и α_5 – параметры, вычисляемые по формулам (26), (27):

$$\alpha_4 = \Omega_{lim}^3 + 3 \cdot (f_{0n} - \omega_{c0}) \cdot \Omega_{lim}^2 + 2 \cdot (f_{0n} - \omega_{c0})^2 \cdot \Omega_{lim}, \quad (26)$$

$$\alpha_5 = p - qn \cdot \left(1 + \frac{\Omega_{lim}}{f_{0n} - \omega_{c0}} \right). \quad (27)$$

Распор в несущем поясе вычисляется по формуле:

$$H_n = \frac{(qn_2 + p) \cdot L_1^2}{8 \cdot (f_{0n} - \omega_{c0} + \omega_{n2})}. \quad (28)$$

При условиях (8) и (28) получена зависимость жёсткости несущего пояса EAn от контактной нагрузки qn_2 на него при действии внешней нагрузки на систему:

$$qn_2 + p = EAn \cdot \alpha_1, \quad (29)$$

где α_1 – параметр, вычисляемый по формуле:

$$\alpha_1 = \frac{8 \cdot (f_{0n} - \omega_{c0} + \Omega_{lim}) \cdot R_n}{L_1^2}. \quad (30)$$

После совместного преобразования (25) и (29) получена жёсткость несущего пояса EAn и контактная нагрузка qn_2 :

$$EAn = \frac{\alpha_5 - p}{\frac{64}{3} \cdot \frac{\alpha_4}{L_1^4} - \alpha_1}, \quad (31)$$

$$qn_2 = \frac{3 \cdot L_1^4 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_1 - 64 \alpha_4 p}{64 \alpha_4 - 3 \cdot L_1^4 \cdot \alpha_1}. \quad (32)$$

Нагрузка, передаваемая поясами на балку, составит:

$$q_b = q_{c2} - q_{n2}. \quad (33)$$

Момент в середине пролёта балки:

$$M_b = \frac{q_b \cdot L_1^2}{8}. \quad (34)$$

Из формул (3) и (34) находится требуемый момент сопротивления балки. Подобрав по сортаменту необходимый профиль, вычисляется величина конструктивного зазора:

$$\Delta \Delta = \Omega_{lim} - \frac{5}{384} \cdot q_b \cdot \frac{L_1^4}{E_{Ib}}, \quad (35)$$

где E_{Ib} – жёсткость балки на изгиб.

Полученные формулы позволяют определить основные параметры системы (жёсткостные характеристики, контактные нагрузки, конструктивный зазор) в зависимости от заранее заданного предварительного напряжения qn . Фактическая деформативность системы от несимметричной нагрузки должна быть проверена в любом программном комплексе нелинейного расчёта. Не выполнение требований второго предельного состояния ведёт к необходимости повышения начального напряжения qn . Преимущество предлагаемой методики расчёта заключается в том, что, не считая геометрических размеров конструкции, которые зачастую задаются архитектурными, а не конструктивными соображениями, в системе остаётся только один независимый параметр – преднапряжение, что значительно упрощает решаемую задачу.

Применение тросовой системы с конструктивным зазором имеет целью уменьшение деформаций от внешних нагрузок и повышение эффективности работы высокопрочных стальных канатов. Под воздействием несимметричной нагрузки в тросовых фермах могут возникнуть значительные перемещения, во много раз превышающие деформации от равномерного нагружения равной или даже большей интенсивности. Данные перемещения, называемые кинематическими, не связаны с изменением длин элементов и меняют лишь форму системы. С другой стороны, усилия в элементах тросовой системы, подверженной действию не симметричной нагрузки, меньше, чем при полном равномерном нагружении. Таким образом, работа системы может быть описана двумя моделями: большие деформации при относительно малых усилиях и, наоборот, большие усилия при незначительных деформациях. Высокопрочные стальные тросы, имеющие пониженные модули упругости, по сравнению с обычными сталями, не способны воспринимать ни сжимающие, ни

изгибающие усилия, как нельзя лучше подходят для «второй модели поведения», но не для первой, когда высокая прочность не требуется, но нужна повышенная жёсткость.

Рассмотренное конструктивное решение состоит из двух принципиально разных элементов: жёсткая балка, стабилизирующая кинематические перемещения, и тросовая ферма, воспринимающая основную часть внешней нагрузки. Применение конструктивного зазора позволяет «автоматически» переключаться между разными моделями работы системы, что ведёт к сокращению расхода дорогостоящих материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.с. 2182208 Российская Федерация, Е04С 3/10. Предварительно напряжённая пространственная шпренгельная ферма / В.В. Егоров, Е.Н. Алексашкин, М.П. Забродин, В.В. Веселов (Российская Федерация). – Заяв. 24.01.2001. Оpubл. 10.05.2002.
2. А.с. 2186914 Российская Федерация, Е04С 3/10. Предварительно-напряжённая шпренгельная ферма / В.В. Егоров (Российская Федерация). – Заяв. 05.04.2001. Оpubл. 10.08.2002.
3. Беленя Е.И. Предварительно напряжённые несущие металлические конструкции. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1975. – 416 с.
4. Беленя Е.И., Стрелецкий Н.Н., Ведеников Г.С., Клепиков Л.В., Морачевский Т.Н. Металлические конструкции. Специальный курс. / Под ред. Е.И. Беленя. Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1991. – 687 с.

УДК 624.138.22:624.152

Гончаров Б.В. – доктор технических наук, профессор**Гареева Н.Б.** – доктор технических наук, профессор**Галимнурова О.В.** – кандидат технических наук, доцент**Башлыков А.В.** – аспирантE-mail: galimnurova@mail.ru

Уфимский государственный нефтяной технический университет

О РАСЧЕТЕ ФУНДАМЕНТОВ-ОБОЛОЧЕК НА ВЫТРАМБОВАННОМ ГРУНТОВОМ ОСНОВАНИИ

АННОТАЦИЯ

Рассматривается метод устройства фундамента-оболочки на основании из уплотненного грунтового «целика», повторяющего внутреннюю форму железобетонной оболочки, образуемого специальным коническим штампом. Приводятся результаты полевых и численных исследований, положенные в основу метода расчета несущей способности. Показаны результаты определения характера и величины уплотняемой зоны грунта в основании фундамента оболочки, по данным зондирования массива и после уплотнения. Представлены также результаты численных исследований, выполненных для жесткой плиты с диаметром, равным диаметру штампа, используемые для оценки ожидаемой осадки фундамента-оболочки. Предлагается динамический метод оценки несущей способности по данным вытрамбовки основания. Предложен расчет ожидаемой осадки фундамента-оболочки по данным расчета с использованием компьютерной программы или «метода послойного суммирования». Кратко представлена технико-экономическая эффективность нового типа фундамента для производственных зданий.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: фундамент-оболочка, вытрамбованное основание, динамический метод, несущая способность, осадка фундамента.

Goncharov B.V. – doctor of technical sciences, professor**Gareeva N.B.** – doctor of technical sciences, professor**Galimnurova O.V.** – candidate of technical sciences, associate professor**Bashlykov A.V.** – post-graduate student

Ufa State Petroleum Technical University

ON THE DESIGN OF THE FOUNDATION-SHELL ON THE COMPACTED SOIL BASE

ABSTRACT

Method of the foundation-shell construction on the compacted soil «block» base is presented. The soil «block» is formed with a special tapered stamp and corresponds to the inner form of the reinforced concrete shell. Results of in-situ and numerical tests are shown to be the basis of the method of the bearing capacity design. The results of the determination of the form and size of the soil zone under compaction in the foundation-shell base by data of soil mass CPT and after the compaction are shown. The results of the numerical tests for the rigid raft, the diameter of which is equal to the stamp diameter are also presented to estimate the expected foundation-shell settlement. The dynamic method of the bearing capacity estimation by data of the base compactness and design of the expected foundation-shell settlement are suggested.

KEYWORDS: foundation-shell, compacted base, dynamic method, bearing capacity, foundation settlement.

Программа правительства РФ по развитию малого и среднего предпринимательства требует значительного увеличения объемов производственных зданий, преимущественно быстро монтируемых, из легких несущих и ограждающих конструкций. Это требует разработки облегченных конструкций фундаментов взамен монолитных и столбчатых фундаментов, а также

новых технологий их устройства с уменьшением объемов работ и сроков проектирования и строительства.

Одним из перспективных видов фундаментов, позволяющих решить эти задачи, являются конические фундаменты-оболочки с экономией бетона и высокой удельной несущей способностью материала. Но главным вопросом, сдерживающим их широкое применение, следует считать значительные затраты ручного труда при устройстве грунтового основания для внутренней полости фундамента-оболочки.

Для повышения эффективности фундаментов-оболочек Уфимским государственным нефтяным техническим университетом совместно с институтом «БашНИИстрой» разработан способ устройства фундаментов-оболочек на вытрамбованном грунтовом основании. Вначале сваебойный агрегат дизель-молотом вытрамбовывает в грунтовом массиве с помощью специального штампа скважину-котлован с уплотненным коническим основанием. Затем штамп извлекается из котлована и на основание устанавливается конический фундамент-оболочка из железобетона.

Опытная проверка технологии проводилась в полевых условиях на площадках с залеганием глинистых грунтов, имеющих индекс текучести $0,10 < I_L < 0,60$. Во всем интервале грунтов использовался универсальный трамбуемый штамп диаметром $D = 1,1$ м с углом наклона образующей $\alpha = 45^\circ$. Результаты опытных вытрамбовок показали, что грунтовый «целик» основания при глубине погружения штампа более 1,5 м формируется полностью и при снятии штампа после извлечения остается без трещин и отрывов грунта, что позволяет устанавливать оболочку на основание без дополнительной зачистки.

Основной характеристикой фундамента-оболочки при проектировании является величина несущей способности при вертикальном нагружении. Эта величина может быть получена путем статических испытаний или расчетным путем. Так как характер деформирования грунта при ударном уплотнении штампом с конической полостью осложняется кумулятивным эффектом, теория расчета будет весьма сложна и пока не разработана.

Предлагается по опыту применения забивных свай [1] использовать динамический метод определения несущей способности по данным вытрамбовки котлована штампом.

Для получения расчетной формулы деформирование грунта при последнем ударе молота по наголовнику штампа принимается подобным процессу погружения сваи (рис. 1).

Соотношение сопротивления при динамическом нагружении R_D и статическом R_S записывается в виде

$$R_D = b \cdot R_S, \tag{1}$$

где b – опытный коэффициент, больше единицы.

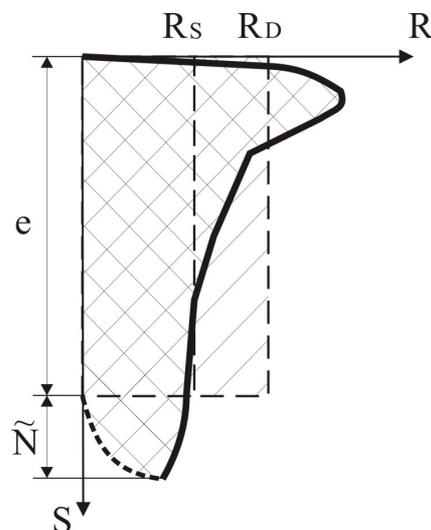


Рис. 1. Графическая интерпретация уравнения

Динамическая формула выводится из уравнения энергетического баланса с учетом, что в нашем случае металлический штамп можно считать абсолютно жестким телом и вся энергия удара тратится на деформирование грунта

$$R_s = \frac{\mathcal{E}}{b(e+c/2)}, \quad (2)$$

где \mathcal{E} – энергия удара молота; e – остаточный отказ; c – величина упругого перемещения.

Предлагается расчетная формула для определения предельной вертикальной нагрузки на фундамент-оболочку

$$F_u = \frac{K \cdot \mathcal{E}}{e+c/2}, \quad (3)$$

где $K = 1/\beta$ – коэффициент, учитывающий долю энергии удара, использованную на деформирование грунта.

Величина коэффициента «К» определялась опытным путем в полевых условиях. Площадка испытаний сложена тугопластичными суглинками с характеристиками, приведенными в таблице 1.

Таблица 1

Характеристики грунта опытной площадки

Плотность ρ , г/см ³	Влажность ω	Коэффициент пористости e	Индекс текучести I_L	Угол внутреннего трения φ , град.	Сцепление c , МПа	Лобовое сопротивление q_s , МПа
1,89	0,26	0,81	0,24	18	0,023	2,2

На площадке выполнена вытрамбовка котлована под фундаменты-оболочки и проведены статические испытания, при этом величина предельной нагрузки на фундамент-оболочку принята по Руководству [2]. Результаты вытрамбовки приведены в таблице 2, а результаты статических испытаний показаны на рис. 2. В таблице 2 приведена также величина упругого перемещения по результатам измерения упругих перемещений в подобных глинистых грунтах при погружении дизель-молотом объемного штампа, имеющего лобовую площадь $A = 1,0 \text{ м}^2$ [3].

Таблица 2

Результаты вытрамбовки на опытной площадке

Энергия удара молота кДж	Отказ e , м	Упругое перемещение C , м	Предельная нагрузка кН	Величина коэффициента K
25	0,014	0,008	270	0,18

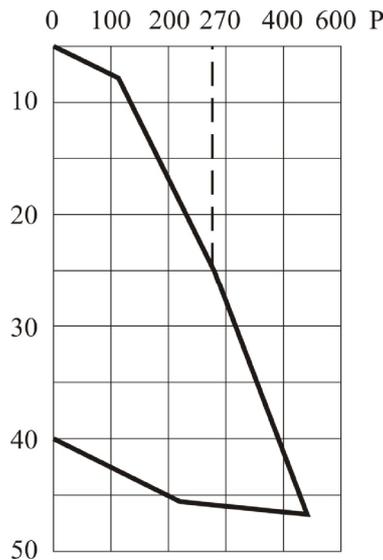


Рис. 2. График статических испытаний штампа после вытрамбовки

Следует отметить, что полученная величина $K = 0,18$ одного порядка с величиной $K = 0,12$, полученной при вытрамбовке ФВК в грунтах с сопротивлением зондированию 2 МПа [4]. Некоторое увеличение при вытрамбовке штампом с полостью можно объяснить кумулятивным эффектом.

Для практического применения экспресс-метода определения предельной вертикальной нагрузки на фундамент-оболочку предлагается формула

$$F_u = \frac{0,2 \cdot \mathcal{E}}{e + 0,004}, \tag{4}$$

где F_u – предельная нагрузка, кН; \mathcal{E} – энергия удара дизель-молота, кДж; e – величина остаточного отката, м; 0,004 – средняя величина упругого перемещения, м.

Наличие у штампа полости предполагает кумулятивный эффект при пластическом течении грунта во время удара молота. По этой причине характер уплотнения грунтового массива ниже подошвы штампа должен отличаться от принятых моделей при расчетах осадок жестких фундаментов.

Для оценки зон уплотнения при вытрамбовке котлована использованы результаты статического зондирования. Вытрамбовка котлована и зондирование грунта выполнены на площадке проведения статических испытаний штампа. Зондирование выполнено зондирующей установкой С-832М со стандартной скоростью зонда. На рис. 3а представлен план расположения скважин зондирования, а на рис. 3б – приближенная картина разреза уплотненной зоны.

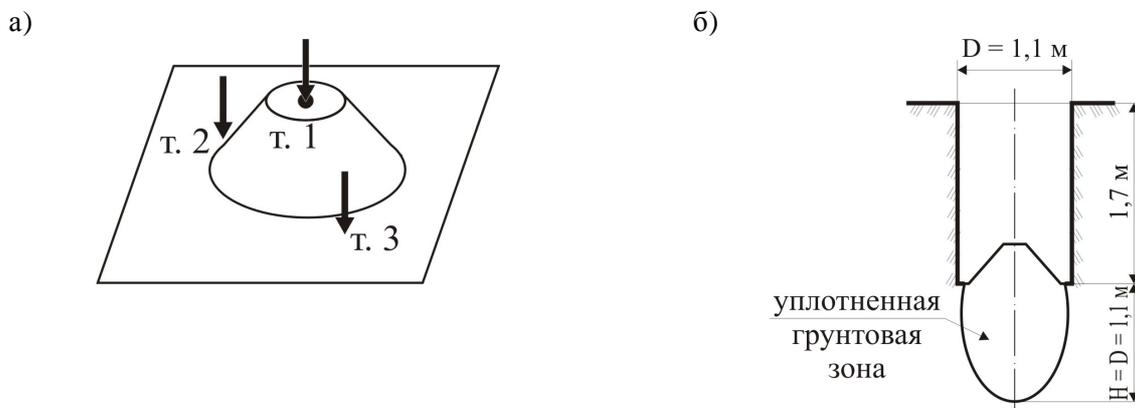


Рис. 3. Результаты зондирования в месте погружения штампа: а) расположение скважин зондирования до уплотнения грунта и после уплотнения; б) схема уплотненной зоны грунта

Такой сложный характер зон уплотнения грунта при вытрамбовке вызывает значительные трудности для разработки метода расчета осадки фундамента-оболочки на вытрамбованном основании. Предложена методика использования приближенных данных расчетных методов осадки круглых плит на грунте естественного залегания, сравниваемых с осадкой фундамента-оболочки на уплотненном грунте. Для опытной площадки результаты приведены на рис. 4 и в табл. 3.

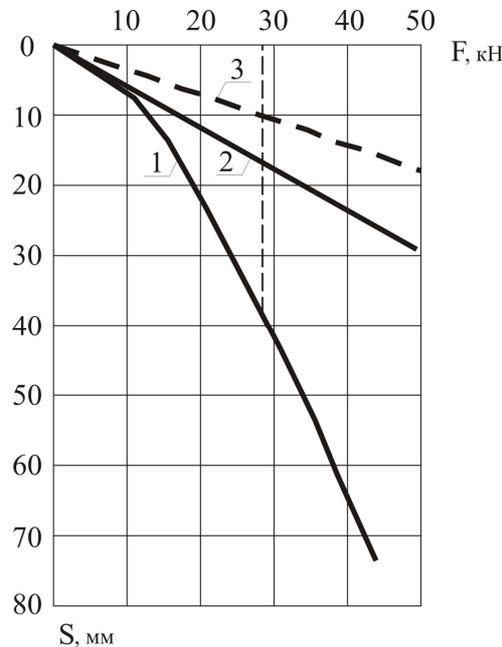


Рис. 4. График сравнительных величин расчетных и опытных осадок

Таблица 3

Результаты сравнения натуральных испытаний и численных исследований

№ на рис. 4	Методы определения осадки	Величина осадки	Величина коэффициента η
1	Статические испытания	40	1,0
2	Расчет по программе «PLAXIS»	16	2,5
3	Расчет по СП 50-101-2003	10	4,0

Таким образом, величину ожидаемой осадки можно определять как расчетным путем, так и по характеристикам грунта в естественном залегании:

$$S_0 = h \cdot S_p, \tag{5}$$

где η – коэффициент, учитывающий проскальзывание уплотненного ядра;
 S_p – расчетная осадка.

Выполненные исследования позволили обосновать расчетную базу для проектирования фундаментов производственных зданий с нагрузкой на колонну до 500 кН.

Разработаны и предложены для практического проектирования:

- экспресс-метод определения предельной нагрузки на фундамент-оболочку по данным вытрамбовки основания без проведения статических испытаний;
- метод оценки ожидаемой осадки фундамента-оболочки по характеристикам грунта естественного залегания.

Новая технология и конструкция фундаментов в виде фундаментов-оболочек на вытрамбованном основании позволяют значительно снизить расход железобетона, уменьшить объем земляных работ, сократить продолжительность устройства фундаментов при снижении трудовых затрат.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Терцаги К. Теория механики грунтов – М.: Госстройиздат, 1961. – 503 с.
2. НИИОСП, Руководство по проектированию и устройству фундаментов в вытрамбованных котлованах. – М.: Стройиздат, 1981.
3. Гончаров Б.В., Ковалев В.Ф. О прогнозе колебаний грунта при забивке свай по данным зондирования // Основания, фундаменты и механика грунтов, 1995, № 1. – С. 16-17.
4. Гончаров Б.В., Галимнурова О.В., Гареева Н.Б. О динамическом методе оценки несущей способности фундаментов в вытрамбованных котлованах // Основания, фундаменты и механика грунтов, 2009, № 1. – С.11-13.

УДК 624.131.4.001.4:006.354

Карпов Д.Ф. – аспирант

E-mail: karpov_denis_85@mail.ru

Синицын А.А. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: nee-energo@yandex.ru

Белянский Д.А. – ассистент

E-mail: dimcherch@inbox.ru

Вельсовский А.Ю. – старший преподаватель

E-mail: vau@mh.vstu.edu.ru

Вологодский государственный технический университет

РАСЧЁТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ ПРИ ИСКУССТВЕННОМ ОТТАИВАНИИ МЁРЗЛОГО ГРУНТА

АННОТАЦИЯ

В работе рассмотрен способ получения, обработки и анализа информации о динамике изменения теплофизических свойств исследуемого объекта на примере изучения характера распределения температурных полей в мерзлом грунте при его искусственном оттаивании с целью дальнейшего проектирования новой установки для аварийно-ремонтных служб. Представлены физическая модель оттаивания мерзлого грунта и схема контрольно-измерительного оснащения экспериментальной установки. Приведены результаты лабораторных исследований по оттаиванию мерзлого грунта в виде эмпирических температурных полей и характеристик нового технического средства.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: мерзлый грунт, искусственное оттаивание, температурное поле, тепловой поток, система измерений.

Karpov D.F. – post-graduate student

Sinitsyn A.A. – candidate of technical science, associate professor

Belyansky D.A. – assistant

Velsovsky A.Yu. – senior lecturer

Vologda State Technical University

COUNT AND EXPERIMENTAL STUDY OF THE DISTRIBUTION OF TEMPERATURE FIELDS DURING ARTIFICIAL THAWING OF FROZEN SOIL

ABSTRACT

The work is devoted to the method of obtaining, processing and analyzing of the information concerning the evolution of changes of the thermophysical properties of the object under analysis, it deals with the study of the distribution of temperature fields in the frozen soil during its artificial thawing for the purpose of further development of a new device for construction and emergency work. It represents the physical model of the thawing of frozen soil and the scheme of control and test equipment of the experimental device. It also shows the results of laboratory studies on the thawing of frozen soil in the form of empirical temperature fields and characteristics of a new technical gear.

KEYWORDS: frozen soil, artificial thawing, temperature field, heat flow, system of measures.

Актуальность

Современный город нельзя представить без инженерных систем и коммуникаций, которые являются «артериями», связывающими источники энергии и потребителей. При этом нарушение их функционирования ведет к остановке всей энергосистемы. Поэтому своевременное и оперативное устранение аварий и отказов этих систем является главной задачей аварийно-ремонтных служб. В зимний период основной проблемой является разработка мёрзлого грунта для выявления места аварии.

Для мерзлых грунтов характерным является значительное увеличение трудоемкости их разработки вследствие повышенной механической прочности. Кроме того, мерзлое состояние грунта усложняет технологию, ограничивает применение некоторых типов землеройных машин,

способствует быстрому износу их деталей и рабочих механизмов. Поэтому особо актуально применение специализированных технических средств для оттаивания мерзлого грунта, причем требования к времени размораживания, энергоэффективности технологии и технике безопасности являются основополагающими при выборе оптимального способа.

Оттаивание мерзлого грунта – сложный термодинамический процесс, протекающий в неоднородной капиллярно-пористой среде и осложненный наличием фазовых переходов грунтовой влаги [1, 2]. При прогреве грунта под воздействием тепловой энергии нагревателя происходит плавление льда, перераспределение образовавшейся при этом влаги и перемещение границы оттаивания. Интенсивность процесса и формирование температурного поля зависят от грунтовых условий и тепловых характеристик нагревателя [3]. Более подробно концепция разработки таких нагревателей приведена в работе [4].

Таким образом, особую актуальность приобретают знания термоградиентных характеристик (температурных и градиентных полей), которые при дальнейших исследованиях позволяют определять термодинамические и теплофизические свойства исследуемого объекта – мерзлого грунта (коэффициенты теплопроводности, теплоотдачи, температуропроводности и др.), моделировать нестационарные процессы тепломассопереноса в мерзлых и талых грунтах, а также проектировать энергоустановки по их оттаиванию для дальнейших ремонтных работ.

За последние десятилетия опубликовано большое количество монографий и научно-исследовательских работ, посвященных вопросам теплофизики и механики мерзлых грунтов. Значительный вклад в становление и развитие механики мерзлых грунтов как науки внесли Н.А. Цытович, М.И. Сумгин и многие другие ученые.

В работах А.Р. Павлова [5] и Т.А. Сагала [6] проводится математическое моделирование процессов тепломассопереноса при фазовых переходах для различных видов грунтов. Исследование характера распределения температурных полей в этих трудах не рассматривалось, хотя и представляет научный интерес.

Проводимые исследования по данному направлению, включающие анализ существующей научно-технической литературы и патентные исследования, позволили обобщить наиболее распространенные методы оттаивания мерзлого грунта, выявить их достоинства и недостатки. Целью этих исследований являлся выбор оптимального направления для дальнейшей работы по разработке требуемого устройства.

Существует большое количество искусственных способов отогрева грунта в зависимости от источника тепла и теплоносителя. Кроме того, выделяют группы устройств по направлению распространения теплоты в грунте: поверхностное оттаивание, оттаивание сверху вниз, глубинное оттаивание снизу вверх, радиальное оттаивание, а также комбинированный способ. Все методы имеют различный принцип действия и свою специфику. Структурная схема способов отогрева мерзлого грунта представлена на рис. 1.

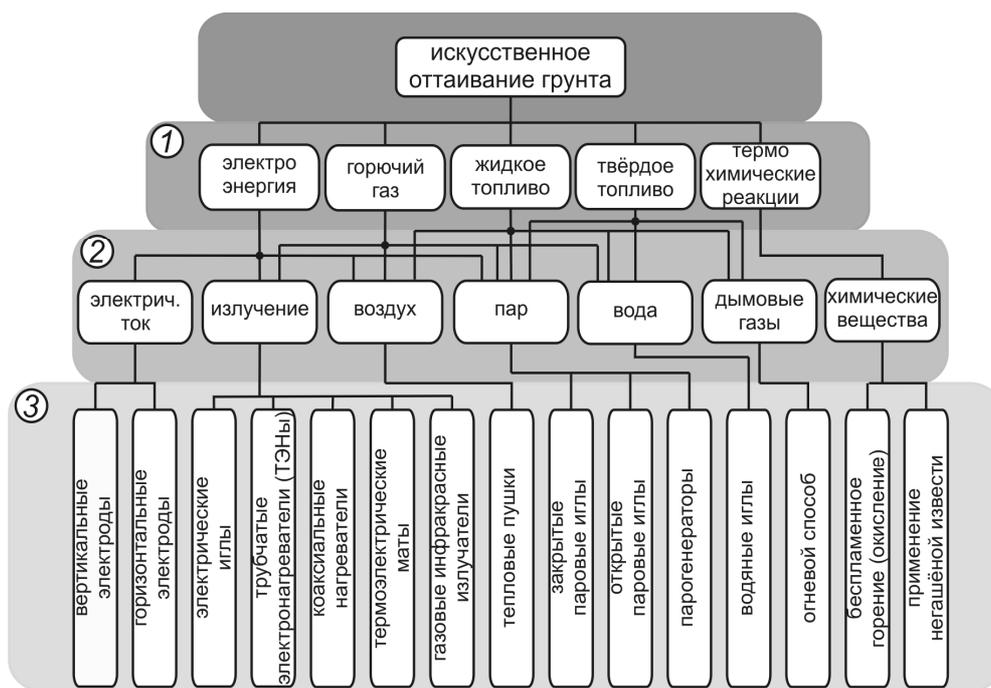


Рис. 1. Структурная схема искусственных методов оттаивания мерзлого грунта:
1 – источник энергии, 2 – рабочее тело, 3 – метод оттаивания

Физическая модель

Мерзлый грунт представляет собой сложную трехфазную полидисперсную гетерогенную систему, основу которой составляют твердые частицы разнообразной формы, величины и состава. Промежутки между твердыми частицами могут быть заполнены средой различного агрегатного состояния: влагой, газом, паром и льдом, или тем и другим одновременно [2]. Оттаивание мерзлого грунта – это сложный термодинамический процесс, протекающий в неоднородной капиллярно-пористой среде и осложненный наличием фазовых переходов грунтовой влаги. При прогреве грунта под воздействием тепловой энергии происходит плавление льда, перераспределение образовавшейся при этом влаги и перемещение границы оттаивания.

В работе Ю.К. Зарецкого [7], наряду с комплексным подходом к оценке напряженно-деформированного состояния оснований и грунтовых сооружений, дана структурная схема фазовых зон грунта при переходе его из твердомерзлого в талое состояние. При таком переходе, помимо твердомерзлой и талой зон, выделяются промежуточные оттаивающая и пластичномерзлая зоны (рис. 2 А).

Модель подвода тепловой энергии к мерзлому грунту, включающая источник тепловой энергии в виде теплового потока Q , направленного перпендикулярно в центр поверхности грунта с зоной нагрева диаметром D , представлена на рис. 2 Б. Для последующей схемы измерений выбрано 27 точек замера температуры мерзлого грунта $Tg_{i,j}$ ($i = 1..9, j = 1..9$), расположенные таким образом, что составляют объемную измерительную матрицу шириной и длиной, $L = 300\text{мм}$, высотой $B = 100\text{мм}$.

Шаг измерений по длине $l_1 = 150\text{мм}$, $b_1 = 50\text{мм}$.

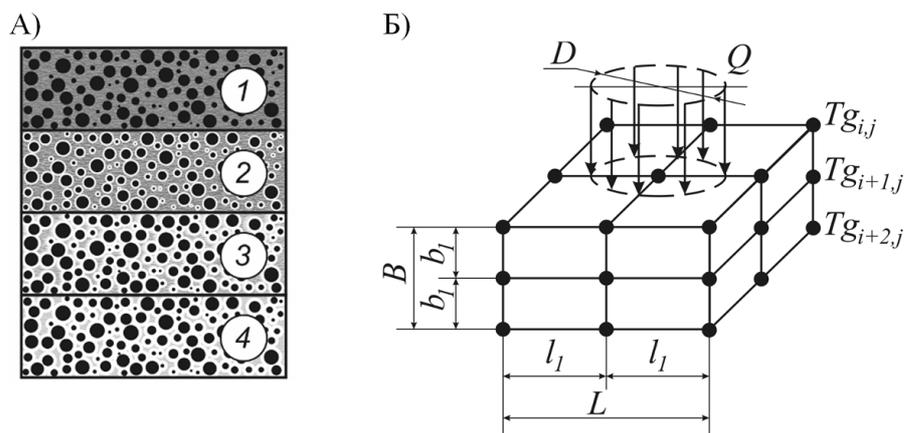


Рис. 2. Модель оттаивания мерзлого грунта: А – схема расположения зон оттаивания, Б – схема подвода тепловой энергии мерзлому грунту. 1 – талая зона, 2 – оттаивающая зона, 3 – пластичномерзлая зона, 4 – твердомерзлая зона

Система измерений

Одним из вопросов измерения температурных полей распределения тепловой энергии в сплошной насыпной среде является организация размещения датчиков, съема и сохранения информации о параметрах температур. В качестве основного инструмента для измерения температурных полей в объекте моделирования выбрана система Celsius (система аналогово-цифрового преобразования измерений параметров различных сред). Система состоит из платы, датчиков и программного обеспечения для отображения и записи температурных данных на ПК. Система Celsius разработана на кафедре теплогазоснабжения и вентиляции Вологодского ГТУ и апробирована при исследовании тепловых потоков теплоэнергетических объектов и систем (рис. 3).

На рис. 3 представлена схема установки термодатчиков, размещаемых в исследуемом грунте с помощью специальной рамки. Расстояния по ширине, длине и высоте указаны выше в соответствии с моделью, представленной на рис. 2 Б. Работы по созданию экспериментального образца мерзлого грунта к лабораторным исследованиям включали в себя:

- 1) подготовку необходимых элементов (форм для грунта, решеток с термопарами для измерения температурных полей, блока преобразующей аппаратуры и компьютера для снятия и регистрации показаний термопар);

2) подготовку грунта (высушивание до постоянной массы, перемешивание с целью получения однородной среды, увлажнение, укладку и послойное уплотнение в подготовленную форму);

3) подготовку стационарной холодильной камеры (типа КХН-1) к испытаниям, установку промораживаемых форм с грунтом и задание температурного режима (от -4 до -6 °С) для равномерного его промораживания.

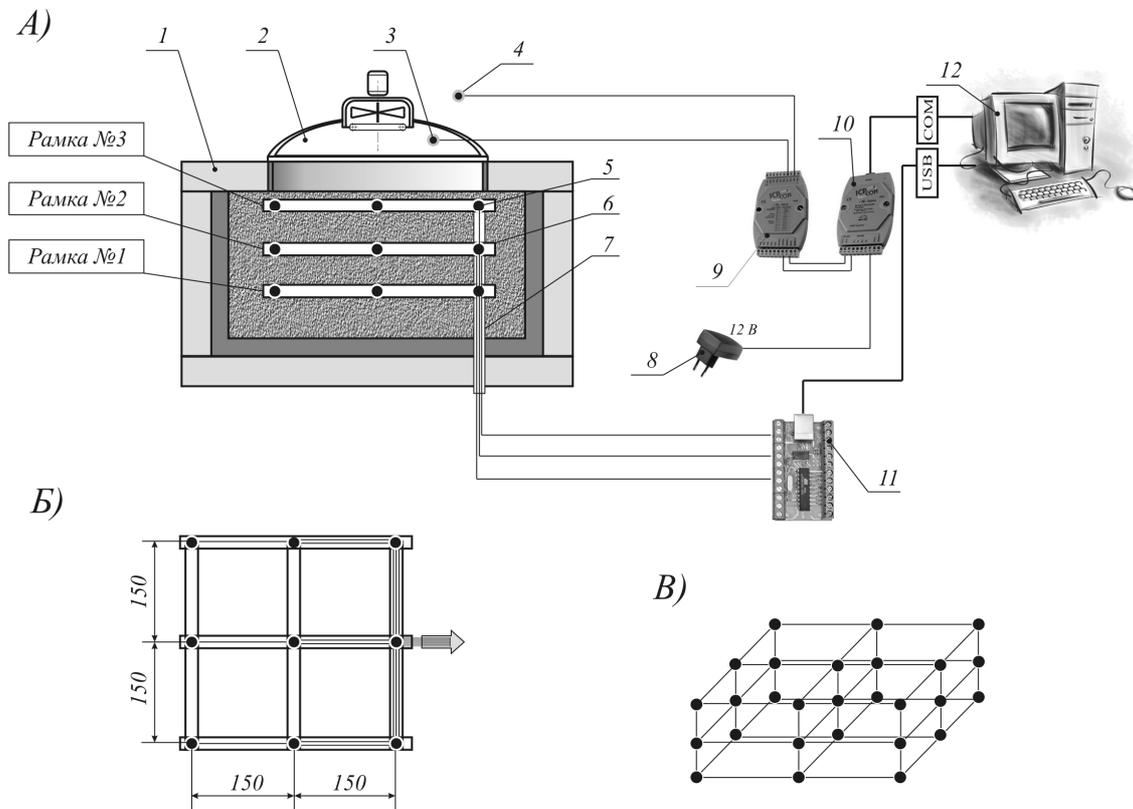


Рис. 3. Схема контрольно-измерительного оснащения экспериментальной установки по изучению динамики изменения параметров мерзлого грунта при его искусственном оттаивании:
 А – схема измерения, Б – схема рамки для датчиков, В – схема размещения датчиков температуры мерзлого грунта.
 1 – теплоизолированный короб с мерзлым грунтом, 2 – радиационно-конвективная установка, 3 – датчик температуры внутреннего воздуха типа ТСП, 4 – датчик температуры наружного воздуха типа ТСП, 5 – датчик температуры мерзлого грунта типа DS18B20, 6 – рамка для датчиков, 7 – теплогидроизолированный кабель, 8 – AC-DC адаптер 12 В, 9, 10 – блок аналогово-цифрового преобразователя, 11 – плата аналогово-цифрового преобразователя, 12 – персональный компьютер

Температурный диапазон в процессе испытаний: грунта – -5...+83 °С (точность измерений: ±0,06 °С), внутреннего воздуха – 0...300 °С (точность измерений: ±0,01 °С), наружного воздуха – 18...+30 °С (точность измерений: ±0,06 °С).

Измерения температуры грунта производились с помощью платы аналогово-цифрового преобразователя (далее – плата АЦП). Устройство использовано в качестве центральной части системы сбора и передачи данных с датчиков температуры DS18B20. Плата АЦП имеет 8 каналов подключения, что обеспечивает цифровой вход для подключения до 32 датчиков температуры типа DS18B20.

Измерение температуры внутреннего и наружного воздуха производилось посредством термопреобразователей сопротивления. В качестве устройства, преобразующего электрические импульсы, идущие от термопреобразователей сопротивления (хромель-алюмелевый ХА (К)), применялся блок аналогово-цифрового преобразователя ICPCON I-7014.

Плата и блок построены на основе микроконтроллера. Для отображения информации приборы подключались к ПК, где в режиме реального времени отображался процесс измерения температуры. Разработанная схема измерений с помощью системы «блок-плата АЦП» – простой, но достаточно точный способ получения информации о характере изменения температуры среды во времени с возможностью мониторинга и сохранения данных для дальнейшего анализа.

Результаты эксперимента

В ходе эксперимента определялся характер распределения тепловой энергии в объеме мерзлого грунта при его искусственном поверхностном радиационно-конвективном оттаивании. Эксперимент проводился при следующих условиях: потребляемая электрическая мощность – 1300 Вт; установленный температурный режим – 250 °С; диаметр зоны оттаивания – 330 мм. Производилось оттаивание мерзлого песчаного грунта плотностью 1,6 г/см³ и влажностью 30..35 % при начальной температуре материала – 1,8 °С и средней температурой окружающего воздуха 21 °С.

Порядок проведения эксперимента заключался в следующем: размещение установки на поверхности мерзлого грунта и ее включение на требуемую мощность; нагрев мерзлого грунта с отслеживанием температур в заданных точках согласно схеме (рис. 3); удаление установки при полном оттаивании испытуемого грунта.

Температурные данные, полученные с помощью термодатчиков, были комплексно обработаны и систематизированы в матричный формат. Для наглядного представления и автоматизации процесса обработки данных авторами была разработана программа TermoCUBE, реализующая динамическое распределение температурных полей в исследуемом объеме грунта. Результаты эксперимента приведены на рис. 4.

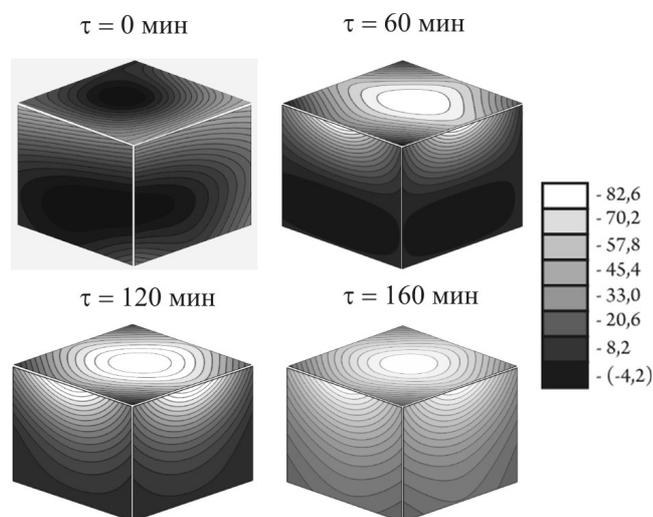


Рис. 4. Изотермические поверхности распределения теплового потока в мерзлом грунте при его искусственном оттаивании

На рис. 4 условно изображено распределение температур в объеме исследуемого мерзлого грунта в разные моменты времени: 0, 60, 120 и 160 мин. Изменение температур в диапазоне -5...+83 °С представлена в виде градации серого. Анализ полученных результатов распределения температурных полей в мерзлом грунте с помощью программы TermoCUBE позволил определить динамику теплопереноса в грунте при его искусственном поверхностном прогреве, а также время, необходимое для оттаивания мерзлого грунта. Учитывая результаты экспериментальных данных при проектировании реальной установки по оттаиванию мерзлых грунтов, а также ее технико-экономических расчетов, получены следующие технические характеристики, представленные в таблице.

Таблица

Технические характеристики новой установки по оттаиванию мерзлых грунтов

№ п/п	Характеристика	Ед. изм.	Значение
1	Тепловая мощность	кВт	15
2	КПД	%	92,5
3	Расход газа (сжиженного)	кг/ч	1,17
4	Время отогрева	3	ч
5	Площадь оттаивания	1 x 1	м
6	Глубина оттаивания	1,5	м
7	Вес установки	кг	110

Таким образом, проведенные в работе расчетно-экспериментальные исследования распределения температурных полей в мерзлом грунте при его искусственном оттаивании позволили определить время и мощность проектируемой установки. Разработанные программы для снятия и обработки информации о распределении температурных данных в исследуемом объекте станут неотъемлемым инструментарием при дальнейших научных исследованиях.

Работа проводится при поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 гг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сеницын А.А., Карпов Д.Ф., Суханов И.А. Решение проблемы оттаивания мерзлых грунтов при подготовительных строительных работах в условиях малоэтажной застройки // Малоэтажное строительство в рамках Национального проекта «Доступное и комфортное жилье – гражданам России»: технологии и материалы, проблемы и перспективы развития в Волгоградской области: материалы Международной научно-практической конференции, 15-16 декабря 2009 г. Волгогр. гос. архит.-строит. ун-т. – Волгоград: ВолГАСУ, 2009. – С. 99-101.
2. Цытович Н.А. Механика мерзлых грунтов. – М.: Высшая школа, 1973. – 446 с.
3. Игонин В.И., Карпов Д.Ф., Павлов М.В. Определения термодинамических свойств ограждающих конструкций методом теплосилового нагружения // Материалы II ежегодных смотров-сессий аспирантов и молодых ученых по отраслям наук: в 2-х т. – Вологда: ВоГТУ, 2008, т. 1: Технические науки. – С. 210-218.
4. Вельсовский А.Ю., Сеницын А.А., Карпов Д.Ф. Разработка концепции создания радиационно-конвективной мобильной установки для оттаивания мерзлых грунтов // Вузовская наука – региону: Материалы восьмой всероссийской научно-технической конференции. В 2-х т. – Вологда: ВоГТУ, 2010, т. 1. – С. 162-167.
5. Павлов А.Р. Математическое моделирование процессов тепломассопереноса при фазовых переходах: учеб. пособие. – Якутск, 2001. – 55 с.
6. Сагала Т.А., Кологривов М.М. Применение математических моделей нестационарной теплопроводности с фазовым переходом компонента в расчетах размораживания насыпного груза // Холодильная техника и технология, 2008, № 3. – С. 46-51.
7. Зарецкий Ю.К. Вязкопластичность грунтов и расчеты сооружений. – М.: Стройиздат, 1988. – 352 с.

УДК 697.9

Бройда В.А. – кандидат технических наук, доцентE-mail: broida@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

РАСЧЕТ НАГРУЗКИ ТЕПЛООБМЕННИКА ФЭНКОЙЛА С УЧЕТОМ УСТАНОВЛИВАЮЩЕГОСЯ СОСТОЯНИЯ ВОЗДУХА В ПОМЕЩЕНИИ

АННОТАЦИЯ

Итерационным способом рассчитывается состояние влажного воздуха в помещении. Учитываются поступления теплоты и влаги, подача приточного воздуха и характеристики теплообменника фэнкойла. Соответственно найденному состоянию воздуха определяется нагрузка теплообменника фэнкойла и характеристики его работы.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: фэнкойл, теплообменник, состояние воздуха.

Broyda V.A. – candidate of sciences, assistant professor

Kazan State University of Architecture and Engineering

LOAD CALCULATION OF FANCOIL'S HEAT EXCHANGER WITH CONSIDERATION OF STEADY AIR CONDITIONS IN THE ROOM

ABSTRACT

Conditions of the humid inside air are calculated iteratively. The feed of heat and moisture, supply air and characteristics of the fan coil's heat exchanger are considered. According to the previously found air conditions, load of fan coil's heat exchanger and his operation characteristics are determined.

KEYWORDS: fan coil, heat exchanger, air conditions.

Введение

Кондиционирование воздуха в многоквартирных зданиях может осуществляться многозональными системами с вентиляторными кондиционерами-доводчиками – фэнкойлами. В помещения подается минимальный расход обработанного наружного воздуха, обычно определяемый по санитарной норме. Часто состояние приточного воздуха, подаваемого центральной системой кондиционирования, определяется из условия поглощения выделений влаги в помещениях. Такие системы не предназначены для точного поддержания влажности воздуха, они обеспечивают лишь не превышение границы нормативной влажности. Точное поддержание заданных температур в отдельных помещениях осуществляется охлаждением воздуха в теплообменниках фэнкойлов.

При подборе фэнкойлов исходят из их необходимой холодопроизводительности, которая должна покрывать избытки теплоты в помещении. Задаются температурой и относительной влажностью (или температурой по мокрому термометру t_M) внутреннего воздуха в пределах оптимальных норм, выбирают типоразмер фэнкойла и уточняют с помощью таблиц, номограмм или коэффициентов пересчета его явную и полную холодопроизводительности, расход холодной воды и другие характеристики.

Имеются компьютерные программы для подбора фэнкойлов, с помощью которых находятся все необходимые характеристики. Но результаты расчета по программе, так же, как и ручного подбора, зависят от состояния воздуха в помещении, которым задаются.

Температурно-влажностные условия в помещении устанавливаются в результате выполнения балансов поступления теплоты и влаги в помещение, подачи воздуха с определенным состоянием и охлаждения и осушения воздуха в теплообменнике фэнкойла. Поэтому равновесное состояние влажного воздуха может отличаться от принятого вначале.

В свою очередь, характеристики работы теплообменника фэнкойла также зависят от состояния воздуха. Задачу, увязывающую устанавливаемое состояние воздуха с характеристиками теплообменника, имеющиеся программы подбора не решают.

Существуют методы расчета теплообменников для процессов охлаждения и осушения воздуха («мокрого» охлаждения), основывающиеся на эмпирических зависимостях для коэффициентов явной и полной теплопередачи [1 и др.]. Другой подход [1, 2 и др.] – это замена процесса «мокрого» охлаждения в теплообменнике на эквивалентный процесс «сухого» охлаждения. Могут дополнительно привлекаться закономерности для числа единиц переноса NTU и другие зависимости. Обычно разработчики программ подбора фэнкойлов не раскрывают конкретных положений расчета.

Целью данной работы является построение способа расчета, который позволяет находить устанавливаемое равновесное состояние воздуха в помещении и определять характеристики работы теплообменника фэнкойла при этих условиях.

Основная часть

Для достижения поставленной цели применяются:

- закономерности состояния влажного воздуха (они общеизвестны [3] и здесь не приводятся);
- один из способов для описания теплопередачи в теплообменнике, работающем в режиме охлаждения и осушения воздуха;
- необходимые балансовые уравнения (некоторые из них приводятся ниже).

Балансы помещения по явной и полной теплоте выражаются уравнениями (1–2). Предполагается отдельная подача потока воздуха, подготовленного в центральном кондиционере, и потока воздуха, обработанного в фэнкойле (в фэнкойл воздух забирается из помещения). Считается, что параметры воздуха в объеме помещения одинаковы. Оба эти положения не обязательны, они принимаются для определенности рассматриваемой задачи.

$$\Delta Q_{\text{я}} - G_{\text{п}} \cdot c \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{п}}) - Q_{\text{фя}} = 0, \quad (1)$$

$$\Delta Q_{\text{п}} - G_{\text{п}} \cdot (i_{\text{в}} - i_{\text{п}}) - Q_{\text{фп}} = 0, \quad (2)$$

где $\Delta Q_{\text{я}}, \Delta Q_{\text{п}}$ – избытки явной и полной теплоты в помещении, кДж/ч; $Q_{\text{фя}}, Q_{\text{фп}}$ – явная и полная холодопроизводительности теплообменника фэнкойла, кДж/ч; $G_{\text{п}}$ – расход приточного воздуха, подаваемого в помещение от центрального кондиционера, кг/ч; $t_{\text{в}}, i_{\text{в}}$ – параметры воздуха в помещении: температура, энтальпия, °С, кДж/кг; $t_{\text{п}}, i_{\text{п}}$ – параметры приточного воздуха, °С, кДж/кг; $c = 1,005$ кДж/(кг·К) – удельная теплоемкость воздуха.

В данном решении используется способ, основанный на применении эмпирических зависимостей для коэффициентов явной $k_{\text{я}}$ и полной $k_{\text{п}}$ теплопередачи (Вт/(м²·К)) [1]

$$k_{\text{я}} = A_1 \cdot (vR)^{m_1} \cdot w^{n_1} \cdot T^{p_1}, \quad (3)$$

$$k_{\text{п}} = A_2 \cdot (vR)^{m_2} \cdot w^{n_2} \cdot T^{p_2}, \quad (4)$$

$$Q_{\text{фя}} = 3,6 \cdot k_{\text{я}} \cdot F \cdot \Delta t_{\text{сл}}, \quad (5)$$

$$Q_{\text{фп}} = 3,6 \cdot k_{\text{п}} \cdot F \cdot \Delta t_{\text{сл}}, \quad (6)$$

где $(vR), w$ – массовая скорость воздуха в теплообменнике фэнкойла и скорость воды в его трубках, соответственно кг/(м²·с), м/с; $T = (t_{\text{в}} - t_{\text{м}})/(t_{\text{в}} - t_{\text{х1}})$ – температурный параметр; $A_1, A_2, m_1, m_2, n_1, n_2, p_1, p_2$ – эмпирические константы; F – площадь теплопередачи теплообменника, м²; $t_{\text{х1}}$ – температура холодной воды, °С; $\Delta t_{\text{сл}} = (\Delta t_{\text{в}} - \Delta t_{\text{м}}) / \ln(\Delta t_{\text{в}} / \Delta t_{\text{м}})$ – средняя логарифмическая разность температур воздуха и воды, °С; $\Delta t_{\text{в}}, \Delta t_{\text{м}}$ – наибольшая и наименьшая разности температур воздуха и воды на входе и выходе теплообменника фэнкойла, °С.

Параметры воздуха (температура и энтальпия) после обработки в теплообменнике фэнкойла:

$$t_{\text{ф}} = t_{\text{в}} - Q_{\text{фя}} / (c \cdot G_{\text{в}}), \quad (7)$$

$$i_{\text{ф}} = i_{\text{в}} - Q_{\text{фп}} / G_{\text{в}}, \quad (8)$$

Температура обратной отепленной воды

$$t_{\text{х2}} = t_{\text{х1}} + Q_{\text{фп}} / c_{\text{в}} \cdot G_{\text{в}}, \quad (9)$$

где $G_{\text{в}}, G_{\text{в}}$ – расход воздуха, расход холодной воды, проходящих через теплообменник фэнкойла, кг/ч; $c_{\text{в}} = 4,187$ кДж/(кг·К) – теплоемкость воды.

Решение задачи находится итерационным способом. Задаются: состояние наружного и внутреннего воздуха, расход приточного воздуха, избытки явной (полной) теплоты и выделения влаги в помещении. Предварительно определяется состояние приточного воздуха, поступающего от воздухоохладителя центрального кондиционера, достаточное для удаления влаговыведений, оцениваются необходимые температуры холодной воды [4, 5].

Путь решения следующий:

- находятся избытки явной теплоты, с учетом подачи охлажденного приточного воздуха, выбирается фэнкойл с теплообменником, который обеспечивает достаточную явную холодопроизводительность;

- определяются параметры воздуха после обработки в теплообменнике, температура уходящей отепленной воды;

- уточняется состояние воздуха в помещении, установившееся в результате применения выбранного теплообменника – этим завершается первый шаг итерации;

- при уточненных условиях находятся новые характеристики работы теплообменника (коэффициенты теплопередачи, средняя логарифмическая разность температур, холодопроизводительности по явной и полной теплоте, температура уходящей отепленной воды);

- итерационный процесс повторяется до требуемой сходимости результатов. Обычно достаточно до нескольких десятков итерационных шагов. В некоторых случаях, когда первоначальные приближения далеки от устанавливающегося равновесного состояния, может потребоваться большее число итераций. Начиная со 2 шага, ручные вычисления и трудоемки, и неточны, поэтому используется компьютерная программа, которая разработана для описанной модели расчета.

Пример

Исходные данные. Наружный воздух: температура $t_H=30,0$ °С, энтальпия $i_H=65,0$ кДж/кг. Внутренний воздух: температура $t_B=25,0$ °С, относительная влажность $j_B=60$ % ($d_B=11,98$ г/кг, $i_B=55,6$ кДж/кг, $t_M=19,4$ °С). Избытки явной теплоты $\Delta Q_{Я}=4000$ Вт (14400 кДж/ч), выделения влаги $W=900$ г/ч (0,9 кг/ч), избытки полной теплоты $\Delta Q_{П} = \Delta Q_{Я} + W \cdot r = 14400 + 0,9 \cdot 2500 = 16650$ кДж/ч (4625Вт), где $r=2500$ кДж/кг – скрытая теплота парообразования. Расход наружного воздуха, подаваемого центральным кондиционером $G_{П}=580$ кг/ч, его влагосодержание, необходимое для ассимиляции влаги $d_{П} = d_B - W / G_{П} = 12,98 - 900/580 = 10,4$ г/кг. Температура приточного воздуха определяется по методикам [4, 5] $t_{П}=16,77$ °С ($i_{П}=43,23$ кДж/кг). Температуры холодной воды и отепленной воды, достаточные для охлаждения и осушения [4, 5] $t_{Х1}=9$ °С, $t_{Х2}=14$ °С.

Решение

1. Требуемая явная холодопроизводительность теплообменника фэнкойла равна избыткам явной теплоты с учетом подачи охлажденного приточного воздуха

$$Q_{\phi Я} = \Delta Q_{Я} - G_{П} \cdot c \cdot (t_B - t_{П}) = 14400 - 580 \cdot 1,005 \cdot (25 - 16,8) = 9603 \text{ кДж/ч} = 2667 \text{ Вт}.$$

Такой холодопроизводительности отвечает теплообменник с площадью поверхности теплопередачи $F=18,38$ м², площадью сечения для прохода воздуха $F_B=0,08425$ м², площадью сечения трубок для прохода воды $F_W=0,0002688$ м². При массовой скорости воздуха $v_r=3,5$ кг/(м²·с) и скорости воды в трубках $w=0,8$ м/с, температурном факторе $T = (25 - 19,4) / (25 - 9) = 0,35$, коэффициенты теплопередачи (значения эмпирических констант приведены в [1]) составляют:

$$k_{Я} = 11,05 \cdot (3,5)^{0,56} \cdot 0,8^{0,2} \cdot 0,35^{0,25} = 16,40 \text{ (Вт/(м}^2 \cdot \text{К))},$$

$$k_{П} = 10,25 \cdot (3,5)^{0,29} \cdot 0,8^{0,22} \cdot 0,35^{-0,6} = 27,68 \text{ (Вт/(м}^2 \cdot \text{К))}$$

Предварительно принимается температура воздуха на выходе из теплообменника $t_{\phi} = 16$ °С, вычисляются: $\Delta t_B = 25 - 14 = 11$ °С и $\Delta t_M = 16 - 9 = 7$ °С, $\Delta t_{СЛ} = (11 - 7) / \ln(11/7) = 8,85$ °С.

Холодопроизводительности теплообменника составляют: явная $Q_{\phi Я} = 16,4 \cdot 18,38 \cdot 8,85 = 2667$ Вт=9603 кДж/ч, полная $Q_{\phi П} = 27,68 \cdot 18,38 \cdot 8,85 = 4502$ Вт=16209 кДж/ч.

Расход воздуха через теплообменник $G_B = 3600 \cdot v_r \cdot F_B = 3600 \cdot 3,5 \cdot 0,08425 = 1061,5$ кг/ч,

расход холодной воды $G_W = 3600 \cdot r_w \cdot w \cdot F_W = 3600 \cdot 1000 \cdot 0,8 \cdot 0,0002688 = 774$ кг/ч.

2. Состояние воздуха на выходе из теплообменника определяется по формулам (7, 8):

$$t_\phi = 25 - 9603 / (1,005 \cdot 1061,5) = 16,0 \text{ } ^\circ\text{C}, \quad i_\phi = 55,6 - 16209 / 1061,5 = 40,3 \text{ кДж/кг},$$

его влагосодержание $d_\phi = 9,57$ г/кг.

В теплообменнике происходит охлаждение и осушение воздуха. В помещении устанавливаются иные параметры воздуха, которые можно определить, решая совместно (2 и 7):

$$t_B = \frac{\Delta Q_{\text{Я}} + c \cdot (G_{\text{II}} \cdot t_{\text{II}} + G_B \cdot t_\phi)}{c \cdot (G_{\text{II}} + G_B)} = \frac{14400 + 1,005 \cdot (580 \cdot 16,77 + 1061,5 \cdot 16)}{c \cdot (580 + 1061,5)} = 25,0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

и аналогично решая (1 и 8):

$$i_B = \frac{\Delta Q_{\text{II}} + G_{\text{II}} \cdot i_{\text{II}} + G_B \cdot i_\phi}{G_{\text{II}} + G_B} = \frac{16650 + 580 \cdot 43,2 + 1061,5 \cdot 40,3}{580 + 1061,5} = 51,5 \text{ кДж/кг},$$

чему отвечает влагосодержание воздуха в помещении $d_B = 10,4$ г/кг. Соответственно несколько изменяются условия теплопередачи в теплообменнике ($t_M, T, k_{\text{II}}, k_{\text{Я}}, \Delta t_{\text{СЛ}}$).

3. С помощью компьютерной программы реализуется итерационный процесс. Равновесное устанавливаемое состояние воздуха в помещении: $t_B = 24,4 \text{ } ^\circ\text{C}$, $j_B = 50,6 \%$, $d_B = 9,77$ г/кг, $i_B = 49,42$ кДж/кг, $t_M = 17,2 \text{ } ^\circ\text{C}$ – заметно отличается от принятого вначале. Состояние воздуха после теплообменника фэнкойла: $t_\phi = 15,13 \text{ } ^\circ\text{C}$, $d_\phi = 8,67$ г/кг, $i_\phi = 37,12$ кДж/кг – также изменилось. При этом меняются промежуточные расчетные величины, такие как: перепады температур, коэффициенты теплопередачи, холодопроизводительности, температура отепленной воды. Окончательные значения холодопроизводительностей: $Q_{\text{фЯ}} = 2757$ Вт, $Q_{\text{фII}} = 3627$ Вт. Температура отепленной воды $t_{\text{Х2}} = 13,03 \text{ } ^\circ\text{C}$, в теплообменнике также происходит процесс охлаждения и осушения воздуха.

4. Выше рассмотрено нерегулируемое охлаждение воздуха в фэнкойле. Выбранный теплообменник соответствовал первоначально принятым условиям, но при уточненных условиях его холодопроизводительность оказалась немного выше требуемой и в помещении устанавливается температура ниже заданной. Поддержание заданной температуры воздуха в помещении может осуществляться регулированием, например двухпозиционным регулированием подачи холодной воды с помощью трехходового клапана. При таком регулировании расходы воздуха и воды через теплообменник не изменяются, но теплообменник работает только часть времени.

Расчет регулируемого процесса для тех же исходных условий дает следующие результаты. Состояние воздуха в помещении: $t_B = 25,0 \text{ } ^\circ\text{C}$, $j_B = 49,5 \%$, $d_B = 9,85$ г/кг, $i_B = 50,2$ кДж/кг, $t_M = 17,46 \text{ } ^\circ\text{C}$. Состояние воздуха после теплообменника в периоды его работы: $t_\phi = 15,35 \text{ } ^\circ\text{C}$, $d_\phi = 8,72$ г/кг, $i_\phi = 37,47$ кДж/кг. Холодопроизводительности теплообменника в периоды работы: $Q_{\text{фЯ}} = 2859$ Вт, $Q_{\text{фII}} = 3753$ Вт; средние по времени – $Q_{\text{фЯ}} = 2667$ Вт, $Q_{\text{фII}} = 3501$ Вт; температура отепленной воды $t_{\text{Х2}} = 13,17 \text{ } ^\circ\text{C}$. Изображения рассмотренных процессов показаны на рис. 1.

5. Типоразмерные ряды фэнкойлов ограничены, поэтому обычно невозможно подобрать фэнкойл, точно соответствующий требуемой холодопроизводительности, и выбирается немного более мощный аппарат.

По условиям предыдущего примера выбран фэнкойл с более производительным теплообменником: поверхность теплопередачи $F = 21,14 \text{ м}^2$, площадь сечения для прохода воздуха $F_B = 0,09686 \text{ м}^2$, площадь сечения трубок $F_W = 0,000309 \text{ м}^2$. При тех же скоростях воздушного и водяного потоков расходы воздуха и воды составят: $G_B = 1220,8$ кг/ч, $G_W = 890,4$ кг/ч. При тех же температурных условиях его начальная явная холодопроизводительность на 15 % выше требуемой. На рис. 2 показаны процессы, проходящие в таком теплообменнике.

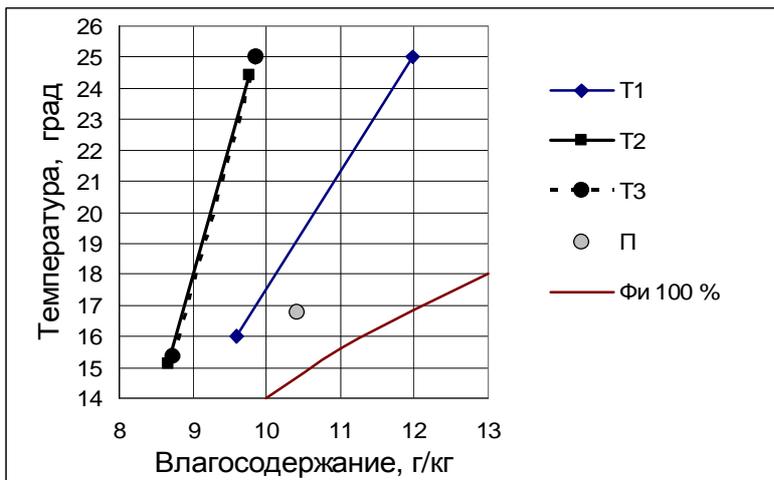


Рис. 1. Процессы охлаждения и осушения воздуха в теплообменнике фэнкойла

Точками показаны начальные и конечные состояния воздуха: Т1 – нерегулируемый процесс в начальной фазе расчета, Т2 – нерегулируемый процесс в конечной фазе расчета, Т3 – процесс при регулировании в конечной фазе расчета; П – состояние приточного воздуха

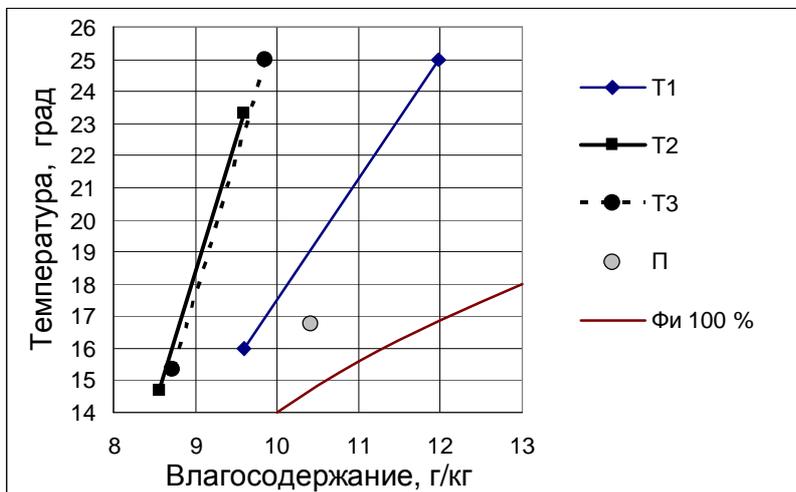


Рис. 2. Процессы охлаждения и осушения воздуха в теплообменнике фэнкойла большей производительности

Точками показаны начальные и конечные состояния воздуха: Т1 – нерегулируемый процесс в начальной фазе расчета, Т2 – нерегулируемый процесс в конечной фазе расчета, Т3 – процесс при регулировании в конечной фазе расчета; П – состояние приточного воздуха

Начальные расчетные состояния воздуха на входе и выходе теплообменника совпадают с рассмотренными ранее. В режиме без регулирования при работе такого теплообменника устанавливаются заметно более низкая температура в помещении ($t_B = 23,3 \text{ }^\circ\text{C}$) с несколько меньшим влажосодержанием ($d_B = 9,60 \text{ г/кг}$), его холодопроизводительности: $Q_{\text{ФЯ}} = 2939 \text{ Вт}$, $Q_{\text{ФП}} = 3881 \text{ Вт}$. В режиме регулирования параметры работы близки к параметрам менее мощного аппарата.

Таким образом, в результате итерационного расчета определяются: состояние воздуха в помещении, состояние воздуха, обработанного в теплообменнике фэнкойла, явная и полная холодопроизводительности теплообменника и другие характеристики его работы в режимах без регулирования и в режимах поддержания заданной температуры.

Заключение

Предложен итерационный способ расчета состояния влажного воздуха в помещении, который учитывает избытки теплоты и влаги, состояние подаваемого приточного воздуха, характеристики теплообменника фэнкойла. Способ может базироваться на имеющихся методах расчета таких теплообменников и предполагает компьютерную реализацию. В результате определяется нагрузка и характеристики работы теплообменника, соответствующие устанавливаемому состоянию воздуха в помещении. Предложенный способ позволяет точнее определять расчетное состояние воздуха в помещении и затраты холода и энергии на работу системы кондиционирования воздуха.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баркалов Б.В., Карпис Е.Е. Кондиционирование воздуха в промышленных, общественных и жилых зданиях. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1982. – 312 с.
2. Бялый Б.И. Тепломассообменное оборудование воздухообрабатывающих установок ООО «Вега». – М.: ООО «Инфорт», 2005. – 278 с.
3. Богословский В.Н., Кокорин О.Я., Петров Л.В. Кондиционирование воздуха и холодоснабжение. Учебник для вузов. – М.: Стройиздат, 1985. – 367 с.
4. Белова Е.М. Системы кондиционирования воздуха с чиллерами и фэнкойлами. – М.: Евроклимат, 2006. – 398 с.
5. Бройда В.А. Системы кондиционирования воздуха, использующие чиллеры и фэнкойлы: Учебн. пособие. – Казань: КГАСУ, 2009. – 211 с.

УДК 628.512.621.928

Зиганшин М.Г. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: mjihanshin@mail.ru

Зиганшин А.М. – кандидат технических наук, доцент

Гильфанов Р.М. – кандидат технических наук, доцент

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

РАСЧЕТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ОСАЖДЕНИЯ ВЗВЕСИ В АППАРАТАХ С ВРАЩАТЕЛЬНЫМ ДВИЖЕНИЕМ МУЛЬТИФАЗНЫХ ПОТОКОВ. ЧАСТЬ 2. КРИТЕРИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЦИКЛОННОЙ СЕПАРАЦИИ

АННОТАЦИЯ

Методами теории подобия – анализа размерностей и приведения к безразмерному виду дифференциальных уравнений, описывающих сепарацию частиц из криволинейных потоков, получены критериальные характеристики, позволяющие определять расчетным путем конструктивные размеры аппаратов по требуемой степени очистки потока.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: теория подобия, сепарация частиц, критериальные характеристики, эффективность очистки.

Ziganshin M.G. – candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: mjihanshin@mail.ru

Ziganshin A.M. – candidate of technical sciences, associate professor

Gilfanov R.M. – candidate of technical sciences, associate professor

Kazan State University of Architecture and Engineering

SETTLEMENT PARAMETERS OF THE SUSPENSION SEDIMENTATION IN DEVICES WITH THE ROTARY MOTION OF MULTIPHASE FLOWS. PART 2. CRITERIA OF CYCLONIC SEPARATION EFFICIENCY

ABSTRACT

Methods of the theory of similarity, the analysis of dimensions and reduction to a dimensionless kind of the differential equations describing separation of particles from curvilinear streams, are received the criteria characteristics, allowing to define a settlement way the constructive sizes of devices on demanded degree of a stream clearing.

KEYWORDS: the similarity theory, separation of particles, criteria characteristics, efficiency of clearing.

В прикладных исследованиях рассматривается, как правило, монодисперсная взвесь сферических элементов, не взаимодействующих друг с другом, и их результаты нуждаются в тарировке на базе опытных данных. В этом случае наиболее целесообразно представление результатов теоретических исследований в виде безразмерных симплексов или комплексов (критериальных параметров).

Анализ экспериментальных исследований по учету и способам определения влияния суспензии на характеристики турбулентного потока проведен в [1]. В работе показано, что из применявшихся безразмерных параметров усиление или ослабление турбулентности из-за содержания взвеси в потоке наиболее успешно категоризируется при помощи интуитивно предложенного соотношения d_p/l_e . Этот параметр представляет собой отношение диаметра частицы, d_p , к характерному размеру больших вихрей, l_e . В то же время отмечается, что параметр d_p/l_e не описывает влияния изменения плотности материала частицы и не показывает величины изменения турбулентности. Также показано, что одиночные параметры и ряд безразмерных симплексов, предложенных различными исследователями, еще менее эффективны как критерии классификации изменения мультифазных

потоков, чем d_p/l_c . Для точного предсказания и описания влияния взвеси на изменение турбулентности авторы [1] используют другие физические подходы.

Ими предлагаются критерии, полученные путем представления и анализа уравнения Навье-Стокса как уравнения, описывающего совместное движение взвешенных частиц и потока. Посредством приведения его к безразмерному виду и методом анализа размерностей получен параметр, модернизирующий критерий Стокса. Он позволяет находить области (сочетания) параметров потока и частиц, где происходит гашение и усиление турбулентности. По сути, это области, в которых частицы движутся несогласованно и согласованно с турбулентными вихрями, которые можно рассматривать как естественные образования с вращательным движением потока.

В работе [1] уравнение движения для потока жидкости, содержащей дисперсные включения, авторы конструируют, записав уравнение Навье-Стокса для отдельно взятого бесконечно малого объема:

$$\frac{DU_i}{Dt} = -\frac{1}{r_f} \cdot \frac{\partial P}{\partial x_i} + n \cdot \frac{\partial^2 U_i}{\partial x_j \cdot \partial x_j} - \frac{1}{r_f} \cdot f_i, \quad (2.1)$$

где U_i , f_i , P , ρ_f , ν – скорость жидкости; силу, связанную с частицами, попавшими в бесконечно малый объем, в i -ом направлении; давление; плотность; кинематическую вязкость жидкости, соответственно.

Общую силу влияния жидкости на частицы, оказавшиеся внутри выделенного бесконечно малого объема ΔV_{cell} , в i -ом направлении f_i авторы [1] формулируют как сумму поверхностных сил по этим частицам следующим образом:

$$f_i = \frac{\lim_{\Delta V_{cell} \rightarrow 0}}{\Delta V_{cell}} \frac{1}{\Delta V_{cell}} \int S(\vec{e}_i, \vec{n}_s) dS, \quad (2.2)$$

где единичные вектора e_i и n_s ориентированы соответственно в i -ом и нормальном к поверхности направлениях; ΔV_{cell} – величина выделенного бесконечно малого объема.

При этом выражение для силы f_i трактуется как дельта функция. Указанную силу определяют подобно дельта функции Дирака – она значима на поверхности частиц, когда размеры бесконечно малого объема стремятся к нулю ($\Delta V_{cell} \rightarrow 0^+$), и остается нулем везде вне поверхности частиц. Вместе с тем сила f_i не может определяться внутри частиц, так как выражение (2.1) конструируется только для сплошной (как бы однородной) фазы. Поэтому приходится обуславливать, что это выражение можно масштабировать на основе среднеобъемного значения f_i . При этом авторы [1] ссылаются на метод сцепления моментов инерции точечных сил, рассмотренный в работах [2, 3], где использован подобный прием.

С учетом рассмотренных допущений авторы работы получают подходящие безразмерные параметры для классификации изменения турбулентности. После выполнения соответствующих преобразований уравнение (2.1) записывается в безразмерном виде:

$$\frac{DU_i^*}{Dt^*} = -\frac{\partial P^*}{\partial x_i^*} + \frac{1}{Re_L} \cdot \frac{\partial^2 U_i^*}{\partial x_j^* \cdot \partial x_j^*} - \frac{\Theta}{Pa_{Re}} \cdot f_i^{*Re}, \quad (2.3)$$

где $Pa_{Re} = \left[(Re_L^2 / Re_p) (r_p / r_f) (d_p / L)^3 \right] / 18$, ρ_f – плотность жидкости, ρ_p – плотность частицы, d_p – диаметр частицы, L – наибольший масштаб по размеру, $\Theta = \rho_p / \rho_f$ – отношение, через которое выражается масса частиц в единичном объеме; f_i^{*Re} – безразмерная сила, основанная на числе Рейнольдса и на плотности частицы ρ_p ; все остальные характеристики со звездочками* – соответствующие безразмерные величины.

Уравнение (2.3) содержит три безразмерных параметра Re_L , Θ , Pa_{Re} . В соответствии с [1], параметрами, определяющими затухание или усиление турбулентности, являются Re_L и Pa_{Re} , а параметр Θ считается оказывающим влияние только на величину изменения турбулентной кинетической энергии. Экспериментального подтверждения затухания или усиления турбулентности, которое имело бы место только из-за изменения значения этого параметра, авторами [1] не обнаружено.

В наших исследованиях, которые проводились одновременно с [1], решалась обратная задача. Искались условия, при которых взвешенные частицы могут следовать по линиям тока в искусственно созданных вращающихся потоках, и условия, при которых они сходят с линий тока.

Нами получены сходные безразмерные параметры, определяющие поведение дисперсной части турбулентных потоков.

Практической целью исследований было нахождение параметров для расчетной оценки конструктивного и энергетического совершенства аппаратов, в которых реализуется вращательное движение двухфазного потока. В последнее время предлагаются все новые и новые конструкции таких сепараторов. При этом низкие свойства по очистке и высокая затрата энергии, чем у традиционных конструкций циклонных и вихревых сепараторов, выясняются только при эксплуатации. Так происходит потому, что сейчас степень отделения взвеси в циклонных сепараторах устанавливается опытным путем. В аппаратах с вращательным движением потока степень осаждения возрастет, если добиться увеличения момента инерции частиц. Возрадут и энергетические затраты на очистку. Теоретическое определение степени осаждения позволило бы определять оптимальные параметры очистных устройств на стадии конструирования.

В данной части работы рассматривается задача теоретического расчета эффективности инерционного осаждения частиц из вращающегося потока аэрозоля в циклонах возвратно-поточного типа. Двухфазный поток в циклоне или вихревом аппарате представляет собой крупную унитарную вращающуюся систему. Ее геометрия принципиально задается конструкцией аппарата, а энергетика – энергией входящего потока. Вследствие этого ряд параметров такого вращательного движения мультифазной системы определяется более однозначно, чем при ее вращении внутри естественных турбулентных вихрей потока.

Масштаб вращательного движения мультифазного потока в аппарате соизмерим с его поперечным размером, что на несколько порядков превышает линейный масштаб турбулентности Колмогорова. Энергетические параметры вращающегося потока соизмеримы с величиной его энергии на входе в аппарат. В таких условиях для описания процесса сепарации целесообразно использовать систему из уравнения Навье-Стокса для движения однофазного потока $\rho_L du/d\tau = \rho_{0L}(1 - \beta\theta)g - \nabla p + \mu \nabla^2 u$ и уравнения движения частиц $m_p d\dot{w}/d\tau = \dot{F}$, основанного на законе Ньютона.

В упомянутых уравнениях u – скорость потока (тангенциальная компонента), м/с; ρ_L , ρ_{0L} – текущая и начальная плотность жидкости, кг/м³; β – температурный коэффициент объемного расширения, К⁻¹, θ – разность текущей и начальной температуры потока, К; μ – динамический коэффициент вязкости потока, Па·с; τ – время, с; m_p , \dot{w} – масса, кг, и скорость, м/с, частицы; \dot{F} – равнодействующая всех сил, которые могут влиять на ее движение, Н.

При постановке задачи использовался ряд общепринятых упрощений. Не учитываются различия размеров и форм взвешенных частиц, их взаимодействия и влияние на объем, и плотность потока. Существенны сила сопротивления потока, в котором она движется, и сила тяжести. В турбулентных потоках действующие силы могут возникать также за счет энергии турбулентных вихрей. Эпизодически могут иметь место специфичные силы. Решить уравнение движения для общего случая невозможно. Анализ действующих сил показал, что за базовое можно принять взаимодействие силы инерции частицы в криволинейном движении с центробежной силой, создаваемой потоком через воздействие на частицы сил вязкости.

Вследствие использования упрощений теоретический результат нуждается в градуировке по опытным данным. Для этого в работе использованы официальные паспортные характеристики серийных циклонных сепараторов – диаметр отсекаания D_{50} и дисперсия размеров улавливаемых частиц σ_d . Это наиболее надежная и широко известная информация, установленная посредством строгих испытаний по стандартным методикам на заводах-изготовителях и многократной последующей проверки при эксплуатации. На ее основе процесс выделения частиц из потока, как достоверно свершившийся факт, исследуется в целом. Движущуюся систему рассматриваем с позиции принципа Остроградского-Гамильтона: для действительного начавшегося движения интеграл функции Лагранжа L (полной энергии как суммы кинетической и потенциальной) за промежуток времени Δt от начального до конечного момента движения принимает экстремальное значение. Можно получить искомый параметр осаждения посредством сопоставления энергетических характеристик потока и частицы в виде их действий как произведения энергий на характерное время. Для физической адекватности найденного параметра действительному процессу необходимо принять к рассмотрению характерный этап сепарации. Физически это момент схода частицы с линии тока, до которого векторы скоростей потока и частицы совпадают. Влияние на эффективность осаждения

дальнейшего перемещения частиц до осаждения на стенке уточняется посредством сопоставления полученного критерия с паспортными характеристиками циклона.

Одна из проблем, затрудняющих получение аналитической зависимости, заключается в сложности математической трактовки реальной трехмерной траектории частиц и потока в циклонах. С учетом того, что центростремительное ускорение движущейся по винтовой линии точки совпадает с нормальным ускорением ее проекции на окружности такого же радиуса, движение потока в пределах кольцевого канала циклона упрощается до вращения в плоскости его поперечного сечения (рис. 1).

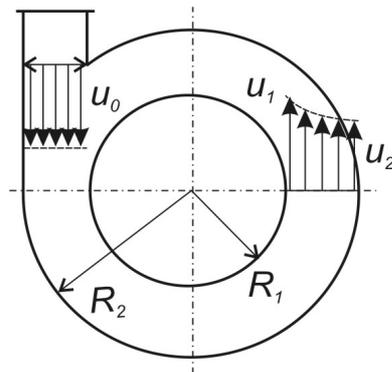


Рис. 1. Двумерная схема движения потока в циклоне:
 u_0 – скорость потока на входе в циклон;
 u_1, u_2 – скорости на внутренней и внешней границах
кольцевого канала с радиусами R_1, R_2

В двумерной задаче, в поперечном сечении циклона, радиальное распределение тангенциальных скоростей описывается уравнением $uR^k = \text{const}$, где u – скорость потока на расстоянии R от центра вращения. Значение k по различным эмпирическим соотношениям, приводимым, например в [4], находится в пределах 0.5-0.65. Далее использована модель вращения потока $uR^{0.5} = \text{const}$. По характеру описания движения это модель безвихревого потока, занимающая промежуточное положение между потенциальным движением по круговым траекториям ($k = 1, uR = \text{const}$) и ламинарным вращением с $u \rightarrow 0$ ($k = 0, u = \text{const}$). Поэтому в рамках принятой модели силы, возникающие из-за турбулентности потока, в момент схода частицы с линии тока правомерно не учитывать.

Комплексы, характеризующие сепарацию частицы, будут представлены в безразмерном виде. Они следуют из 2 уравнений, формулирующих изучаемый процесс. Это уравнение Навье-Стокса (движения криволинейного потока, несущего частицы) с учетом модели вращения $uR^{0.5} = \text{const}$ и соответствующими радиальными градиентами скоростей и давлений, и уравнение движения частицы на основе закона Ньютона, в котором результирующая сила тождественна силе сопротивления. При получении безразмерных параметров использованы основные методы теории подобия – анализа размерностей и масштабных преобразований.

Принятую модель вращения конкретизируют, сопоставив расход газа в кольцевом канале высотой H на входе циклона и на некотором расстоянии от входа:

$$uR^{0.5} = u_0 \left(R_2^{0.5} + R_1^{0.5} \right) / 2. \tag{2.4}$$

В (2.4) представляется форма радиального градиента скорости. Причиной его появления служит созданная потоком центростремительная сила. Связь между ней и градиентом скорости определяет соотношение между создающими ее силами вязкости и инерционными силами частиц, которые возникают при вовлечении их в движение потока. Эту связь удобно представить через описание неравномерности радиального распределения давлений $p = P/S$, Па, в потоке (P – сила давления, H , направленная нормально к площадке S , m^2):

$$\text{grad } p = dp/dR = dm (du/d\tau) / dv = \rho_G du/d\tau, \tag{2.5}$$

где m – масса, кг, объема v , m^3 , несущего потока, и ρ_G – его плотность. С учетом принятых упрощений $du/d\tau \approx u^2/R$, $dp = (\rho_G u^2/R) dR$, и окончательно

$$dp = \left[\rho_G u_0^2 \left(R_2^{0.5} + R_1^{0.5} \right)^2 / 4 \right] \frac{dR}{R^2}, \text{ Па.} \tag{2.6}$$

Выделим группу постоянных величин $\rho_G u_0^2 (R_2^{0.5} + R_1^{0.5})^2 / 4$, Па·м. Она образует характерный параметр f_R , который будем рассматривать как градиент силы в радиальном направлении вращающегося потока, Н/м. В этом направлении u_0 и ρ_G на входе аппарата неизменны. Поэтому начальные градиенты силы f_R для циклонов любого типа имеют свои строго определенные величины, численно характеризуют и поток, и аппарат. Параметр f_R будет использован как базовый для получения характеристики энергетического совершенства завихрительных устройств. Отношение

$$f_R / u_0 = \rho_G u_0 (R_2^{0.5} + R_1^{0.5})^2 / 4 = a_c, \text{ Па·с}, \quad (2.7)$$

можно представить как действие над единицей объема потока в аппарате, соответствующее интегралу функции Лагранжа L (полной энергии движущегося потока) по характерному времени. Потенциальная энергия в пределах кольцевого канала циклона изменяется несущественно. При стационарности сепарации удельное действие a_c можно представить произведением начальной удельной кинетической энергии $\rho_G u_0^2 / 2$ на характерное для конструкции аппарата время $(R_2^{0.5} + R_1^{0.5})^2 / (2u_0)$.

Посредством масштабирования a_c легко привести к безразмерному виду, отнеся к естественному масштабу удельного (на единицу объема) действия потока – динамическому коэффициенту вязкости μ . Физически отношение a_c / μ показывает, сколько единиц энергии поступает с потоком. Также выявляется достаточность поступившей энергии для формирования потока в циклоне с соответствующими геометрическими параметрами. Результатом является безразмерный комплекс, характеризующий действие над вращающимся в циклоне потоком, структура которого соответствует критерию Рейнольдса:

$$\text{Re}_c = a_c / \mu = f_R / u_0 \eta = \rho_G u_0 (R_2^{0.5} + R_1^{0.5})^2 / (4\mu). \quad (2.8)$$

В Re_c входят основные характеристики потока и циклона. Это безразмерный энергетический параметр потока и одновременно – безразмерная характеристика энергетического совершенства аппарата как завихрителя. Параметр Re_c может быть получен и непосредственно путем приведения уравнения Навье-Стокса для газовой фазы как несжимаемой жидкости к безразмерному виду. Сопоставив с Re_c аналогичную характеристику действия частиц в потоке, можно найти критериальный параметр осаждения взвеси из него. Энергетическую характеристику f_{Rp} частицы получим из уравнения радиального градиента действующей на нее центростремительной силы F_1 . Частицы промышленной пыли приемлемо считать сферическими. За редким исключением они имеют компактную форму. Для частицы диаметром D_p и плотностью ρ_p :

$$f_{Rp} = dF_1 / dR_2 = F_1 / R_2 = \pi (\rho_p - \rho_G) D_p^3 u_0^2 / (6R_2^2) \text{ Па·м}. \quad (2.9)$$

В (2.9) учтена масса $\rho_G \pi D_p^3 / 6$ вытесненного частицей объема газа. Для промышленных выбросов это уточнение ничтожно мало, но существенно при очистке жидких сред.

Учтем в удельном действии частицы a_p интенсивность ее вовлечения во вращательное движение потока. При отсутствии посторонних воздействий на частицы поток реализует свое действие через вязкость, т.е. через удары молекул об их поверхность. Если передаваемый импульс достаточен, они приобретут направление и скорость окружающих молекул, т.е. параметры несущей линии тока. При определении a_p учтем влияние вязкости через время релаксации $\tau_p = (\rho_p - \rho_G) D_p^2 / 18\mu$, используя как характерный скоростной масштаб скорость $u_{p\tau_p} = D_p / \tau_p$. Она представляет зависимость инерционных свойств и сопротивления частицы от ее параметров и параметров потока. Это скорость, с которой частица за время релаксации проходила бы расстояние, равное ее диаметру, порядок которой для мелких частиц составляет $(1 \dots 10^{-1})$ м/с, для средних и крупных – $(10^{-2} \dots 10^{-3})$ м/с. Итак, удельное действие частицы

$$a_p = f_{Rp} / u_{p\tau_p} = 3\pi\mu (u_0 \tau_p / R_2)^2, \text{ Па·с}. \quad (2.10)$$

Комплекс $\sqrt{3\pi} u_0 \tau_p / R_2$ имеет структуру числа Рейнольдса и показывает отношение инерционных сил частицы в криволинейном движении к преодолеваемым силам сопротивления. Представим его как инерционное число Re_p^{in} частицы. Тогда ее удельное безразмерное действие $a_p / \mu = (\text{Re}_p^{\text{in}})^2$. Возможность сепарации из-за того, что она не сможет следовать за линией

тока радиусом R_2 и продолжит движение по касательной, должно показать отношение безразмерных действий частицы $(Re_p^{in})^2$ и потока Re_c . Оно также дает комплекс со структурой критерия Рейнольдса:

$$\frac{(Re_p^{in})^2}{Re_c} = \frac{12\pi\mu(u_0\tau_w/R_2)^2}{\rho_G u_0 (R_2^{0.5} + R_1^{0.5})^2} \cong \frac{u_0 (\rho_p - \rho_G)^2 D_p^4}{27\rho_G R_2^3 \mu}. \quad (2.11)$$

В выводе принято распространенное значение параметра $R_1/R_2=0,59$. При другом соотношении R_1/R_2 изменится численный коэффициент в знаменателе (2.11), а комплекс $u_0 (\rho_p - \rho_G)^2 D_p^4 / \rho_G R_2^3 \mu \equiv Re_r$ останется прежним. В криволинейных потоках значения критерия Re_r должны соответствовать степени осаждения частиц пыли и могут использоваться для ее оценки. Проверка работоспособности критерия проведена по паспортным данным 11 типов возвратно-поточных циклонов, широко используемых в России для очистки промышленных выбросов. Они характеризуются достоверно известными параметрами осаждения частиц, что позволяет выполнить тарировку чисел Re_r . К примеру, один из распространенных типов циклонов – ЦН-15, имеет следующие каталожные параметры очистки (по [5]): диаметр частиц, улавливаемых на 50 %, $D_{50}=4,5 \cdot 10^{-6} м$, логарифм его дисперсии $lg\sigma_\eta=0,352$. При плотности выбросов $\rho_G=1,293 кг/м^3$, дисперсии размеров взвешенных частиц $\sigma_p=2,2$ для степени очистки 99 % параметр осаждения $x=2,4$. Диаметр D_{99} частиц, улавливаемых на 99 %, найденный из соотношения $x = lg(D_{99}/D_{50}) / \sqrt{(lg\sigma_\eta)^2 + (lg\sigma_p)^2}$, составит $70 \cdot 10^{-6} м$.

Значения Re_r при относительной скорости потока $U_0 = u_0/w_{opt}=0.5-4$ (w_{opt} – оптимальная скорость, м/с) представлены для частиц с $D_p = (2-150) \cdot 10^{-6} м$ в циклоне ЦН-15 на Рис. 2.

Расчеты показали соответствие степеням осаждения частиц определенных значений Re_r . Со степенью осаждения 99 % может быть сопоставлено число $Re_r \approx 4 \cdot 10^{-4}$, а с 50 % – $7 \cdot 10^{-9}$. Увеличению степени очистки на 10 % соответствует его рост на $\sim 8 \cdot 10^{-4}$. Изменения Re_r аналогичны для всех типоразмеров одного вида циклонов. Прослеживается также зависимость от энергетических затрат: $Re_{r,99}$ уменьшается с увеличением сопротивления аппарата. Это можно видеть по ЦН-24, имеющему наименьшее сопротивление среди циклонов ЦН. Следует заметить, что в структуру Re_r коэффициент гидравлического сопротивления циклона не входит.

Расчеты чисел Re_r по другим типам циклонов показали, что для них также прослеживается корреляция $Re_{r,99}$ от энергетических затрат: с увеличением сопротивления $Re_{r,99}$ снижается. К примеру, в циклоне ВЦНИИОТ с самым низким из исследованных коэффициентом сопротивления, при оптимальной скорости потока могут быть осаждены на 50 % частицы с параметром Re_r не ниже $1,05 \cdot 10^{-7}$, а на 99 % – только крупных частиц с $Re_r > 3,3 \cdot 10^{-3}$. По (2.8) можно также находить минимальную скорость потока и соответствующие затраты энергии, обеспечивающие требуемую степень осаждения частиц данного размера в исследуемом аппарате. Предыдущий пример показывает, что для очистки в циклоне ВЦНИИОТ на 99 % частиц с размером $D_p=8.6 \cdot 10^{-6} м$, имеющих $Re_r=1,05 \cdot 10^{-7}$ при $w_{opt}=4 м/с$, надо увеличить ее на 4 порядка, что реально недостижимо.

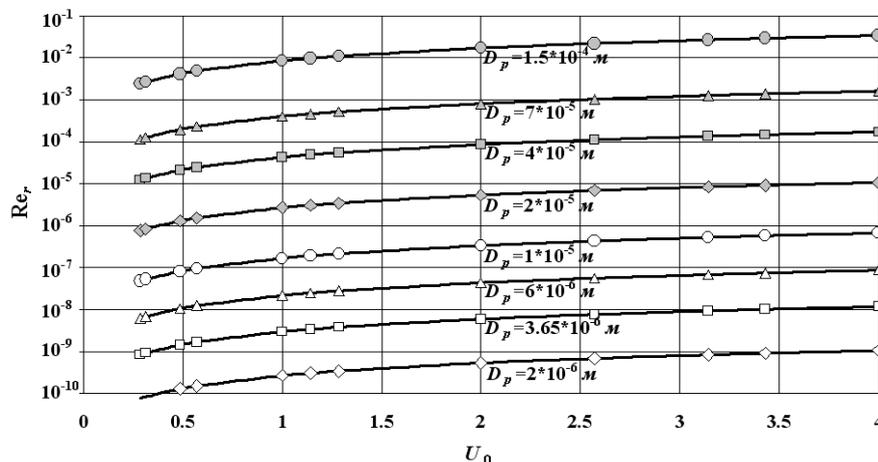


Рис. 2. Зависимость Re_r от безразмерной скорости потока U_0 для частиц диаметром $D_p = (2 \dots 150) \cdot 10^{-6} м$ в циклоне ЦН-15

Проведенные исследования показывают, что параметр Re_r позволяет находить численные значения параметров очистки в сепараторах с вращательным движением многофазных потоков расчетным путем. Несмотря на конструктивные различия рассмотренных аппаратов, их расчеты на основе Re_r приводят к результатам, близким к опытным. Поэтому значение числа Re_r для них может рассматриваться как критериальный параметр. С его помощью могут быть найдены фракционные коэффициенты очистки примеси, если известны параметры потока и конструктивные параметры аппарата, определяющие средний радиус кривизны потока.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Tanaka T., Eaton J.K. Classification of Turbulence Modification by Dispersed Spheres Using a Novel Dimensionless Number. PRL, 101, 114502 – 1-4, 2008.
2. Squires K.D., Eaton J.K. Phys. Fluids A 2, 1191, 1990.
3. Druzhinin O.A. Phys. Fluids 13-12, 3738, 2001.
4. Пирумов А.И. Аэродинамические основы инерционной сепарации. – М.: Госстройиздат, 1961. – 207 с.
5. Зиганшин М.Г., Колесник А.А., Посохин В.Н. Проектирование аппаратов пылегазоочистки. – М.: Экопресс-ЗМ, 1998. – 505 с.

УДК 532.5:621.694

Золотоносков А.Я. – аспирант

E-mail: zolotonosov@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

ПОСТРОЕНИЕ ПРОФИЛЯ СТенок КРИВОЛИНЕЙНЫХ ТЕПЛООБМЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ТРУБАХ «КОНФУЗОР-ДИФФУЗОР»

АННОТАЦИЯ

Работа посвящена описанию современных тенденций в проектировании теплообменных элементов с использованием каналов типа «конфузор-диффузор» для энерго-и ресурсосберегающих теплообменных аппаратов, показана перспективность использования элементов типа «конфузор-диффузор» с криволинейной поверхностью теплообмена, предложен алгоритм построения стенок каналов, очерченных дугой окружности.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: гидродинамика, сопряженный теплообмен, поле температур.

Zolotonosov A.Ya. – post-graduate student

E-mail: zolotonosov@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

A CONSTRUCTION PROFIL OF WALLS OF CURVILINEAR HEAT-EXCHANGE ELEMENTS OF PIPES IS «CONFUSOR-DIFFUSOR»

ABSTRACT

This paper describes current trends in the design of heat exchanger elements with the use of lines like «Confusor-Diffusor» for energy-and resource-saving heat exchangers shown promising use of elements of type «Confusor-Diffusor» with a curved heat exchange surface, an algorithm for constructing the walls of the channels outlined circle arc.

KEYWORDS: hydrodynamics, interfaced heat exchange, a field of temperatures.

Интенсификация конвективного теплообмена – наиболее бурно развивающееся в настоящее время направление теплотехнических исследований. Актуальность этих разработок очевидна: общепризнано и доказано на практике, что внедрение методов интенсификации теплообмена позволяет значительно уменьшить габаритные размеры и массу теплообменных аппаратов. А их доля в промышленной теплоэнергетике составляет до 70 % объема технологического оборудования [1].

Анализ их конструктивного оформления показал, что в промышленной практике в большинстве случаев используются теплообменные аппараты с гладкотрубными теплообменными элементами, имеющими высокий уровень морального и физического износа (до 80 %), вследствие длительного срока их эксплуатации (более 40...50 лет).

Эта проблема наблюдается в целом ряде важных отраслей промышленности, в том числе: пищевой, медицинской, химической и нефтехимической, в жилищно-коммунальной сфере, в тепловых сетях и источниках энергоснабжения, среди которых ТЭЦ, ТЭС, ГРЭС и крупные районные котельные [2].

В связи с этим внедрение в промышленность высокоэффективных теплообменных элементов типа «конфузор-диффузор» с криволинейной поверхностью теплообмена и оребренной проточной частью в энерго- и ресурсосберегающем теплообменном оборудовании, а также модернизация на их базе существующего парка теплообменного оборудования с длительными сроками эксплуатации является в настоящее время важной народно-хозяйственной задачей.

Впервые исследования каналов конфузорно-диффузорного типа проводились в 20-х годах прошлого столетия Кохом и Нуннером для труб с прямоугольной формой сечения, которые применялись в регенеративных котельных вращающихся воздухоподогревателях при ламинарном течении газового потока [3].

В 60-е годы В.К. Мигаем были проведены широкие экспериментальные исследования турбулентных течений вязкой жидкости в конфузорно-диффузорных каналах, выполненных в виде чередующихся усеченных прямых конусов с углом конусности диффузора $\alpha_{\delta} \leq 9^{\circ}$, конфузора $\alpha_{\kappa} \leq 7,5^{\circ}$ (размеры диффузорных участков вдвое меньше размеров конфузورных элементов), и даны глубокие теоретические обоснования целесообразности использования таких каналов в гравитационных теплообменных аппаратах. Там же было показано, что наибольшие коэффициенты теплоотдачи для каналов типа «конфузор-диффузор» наблюдаются в турбулентной области течения, когда критерии $Re = 8 \cdot 10^4 \dots 2 \cdot 10^5$, а увеличение теплосъема в 1,55 раза вызывает рост гидросопротивления в 2...3 раза, по сравнению с гладкой трубой [3].

Последующие работы, начатые в 2002 году [4], посвящены исследованию процессов гидродинамики и теплообмена при ламинарных течениях сред во вращающихся трубах конфузорно-диффузорного типа, выполненных в виде усеченных осесимметричных прямых конусов с углом конусности диффузора $\alpha_{\delta} = 9^{\circ}$ и конфузора $\alpha_{\kappa} = 5^{\circ}33'$.

Цель таких исследований – расширить современные представления о гидродинамических и теплообменных процессах во вращающихся каналах сложной конфигурации при ламинарных режимах течения и предложить новые направления в конструировании компактных высокоэффективных теплообменных аппаратов с вращающейся теплообменной поверхностью, обладающих большой единичной тепловой мощностью, высокими параметрами энергосбережения и низкой металлоемкостью.

В ходе таких исследований было показано, что при течении вязкой жидкости в проточной части центробежных аппаратов с вращающимся каналом конфузорно-диффузорного типа, когда в качестве одного из теплоносителей используется насыщенный водяной пар, имеет место непрерывный сброс пленки конденсата с поверхности вращающегося канала, что способствует уменьшению термического сопротивления внешней теплоотдачи в 3...10 раз. Экспериментальные исследования таких аппаратов показали также, что тепловая эффективность вращающихся конфузорно-диффузорных труб может возрасти в 1,9, а теплогидродинамическая – в 1,17 раза по отношению к вращающимся гладким трубам. Кроме того, было установлено, что критерий Нуссельта возрастает в 2,5 раза, но одновременно в 3 раза растет и коэффициент гидравлического сопротивления, по сравнению с неподвижной трубой, при этом с водной стороны, среднее значение коэффициента теплоотдачи $\bar{\alpha}_{\theta} = 1300 \text{ Вт/м}^2 \text{ К}$, а со стороны пара, вследствие срыва конденсатной пленки с поверхности вращающегося канала и перехода с пленочного режима конденсации в «пленочно-капельный» и «капельный» режим конденсации – $\bar{\alpha}_{\eta} = 21000 \dots 25000 \text{ Вт/м}^2 \text{ К}$ [5].

В этой связи авторами для снижения гидравлического сопротивления проточной части канала предлагается стенки конфузорно-диффузорных элементов спрофилировать по дуге окружности [6-8], что одновременно позволит увеличить теплообменную поверхность канала. Согласно предварительным инженерным расчетам, гидравлическое сопротивление может уменьшиться примерно в 1,2...1,5 раза, а поверхность теплообмена увеличится в среднем на 15...20 %.

Для дальнейшей интенсификации процесса теплопередачи со стороны меньшего коэффициента теплоотдачи во внутренней полости трубы устанавливаются ребра по форме «гребешок» [9], при этом внутренняя поверхность теплообмена, по нашим расчетам, вырастет в среднем на 40...45 %. Это позволит увеличить общую теплообменную поверхность в среднем на 50...60 % и соответственно сократить длину проточной части канала.

В настоящее время интенсификация теплообмена, по мнению ряда специалистов, является актуальной и перспективной проблемой только для теплоносителей с высокими значениями чисел Рейнольдса. При этом считается, что для рабочих тел с большими значениями чисел Прандтля с ростом интенсивности теплообмена существенно растут и затраты мощности. Однако экспериментальные исследования показывают, что для ламинарных режимов течения в большинстве случаев наблюдается обратный эффект – значительное увеличение интенсивности теплообмена при небольшом возрастании затрат мощности.

Кроме того, в области ламинарного режима течения возникает благоприятная ситуация, когда применение того или иного метода интенсификации (например, массовых центробежных сил) становится энергетически выгодным.

Несмотря на это, в научной литературе практически отсутствуют данные опытных и теоретических исследований ламинарных режимов течения капельных жидкостей в полях массовых центробежных сил. И это притом, что ламинарный режим, согласно последним исследованиям, является более «адаптированным» к центробежному полю. При турбулентном же течении в результате консервативного влияния массовых центробежных сил на поток, уменьшающих радиальную составляющую пульсационной скорости, наблюдается эффект снижения процессов теплообмена.

В связи с этим последующие исследования, связанные с решением задачи сопряженного теплообмена в условиях ламинарного течения, являются актуальными и направлены на разработку надежных методов инженерного расчета современных теплообменных аппаратов, усовершенствование проточной части вращающихся каналов конфузурно-диффузорного типа, снижение их гидравлического сопротивления и дальнейшего роста в них коэффициентов теплоотдачи.

Ранее были исследованы гидродинамика и теплообмен во вращающейся трубе типа «конфузор-диффузор» с прямыми стенками [5].

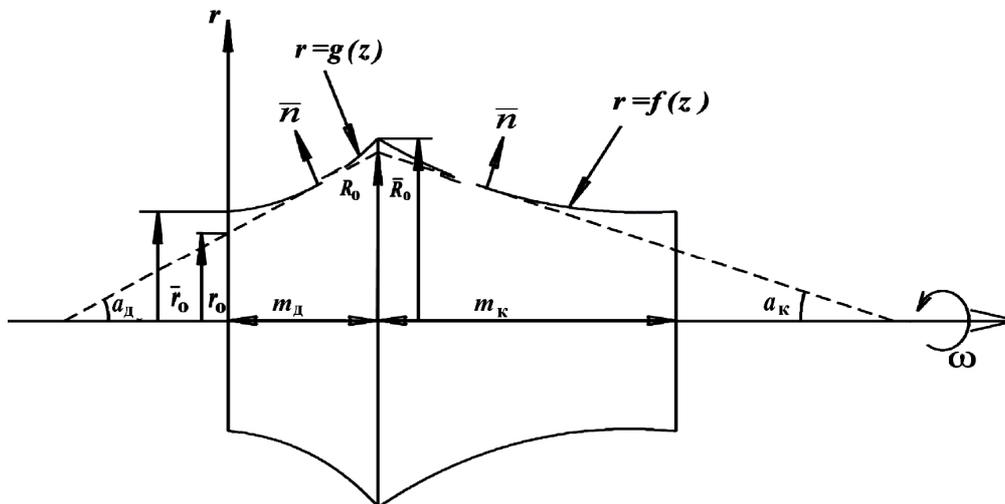


Рис. 1. Фрагмент криволинейного элемента типа «конфузор-диффузор»

Целью дальнейшего увеличения поверхности теплообмена нами предлагается выполнить контуры конфузурно-диффузорных элементов вращающейся трубы в виде криволинейных каналов, очерченных функциями: показательной или дугой окружности, касательная к которым есть уравнение прямой, совпадающая с прямыми стенками элементов типа «конфузор-диффузор» [4] (рис. 1).

Для показательных функций кривая контура диффузорного элемента в общем виде запишется в виде уравнения:

$$g(z) = A \cdot a^{Bz}, \tag{1}$$

где a – основание показательной функции ($a > 1$), A и B – постоянные коэффициенты.

Уравнение касательной к графику функции (1), проходящей через точку $(m_{\partial} / 2), g(m_{\partial} / 2)$, имеет вид:

$$r(z) - g(m_{\partial} / 2) = g'(m_{\partial} / 2)(z - m_{\partial} / 2), \tag{2}$$

где

$$g'(m_{\partial} / 2) = \text{tg} \alpha_{\partial}, \tag{3}$$

m_{∂} – длина диффузора, a_{∂} – угол раскрытия диффузора ($a_{\partial}=11^{\circ}$).

Уравнение касательной (2) должно совпадать с уравнением прямой:

$$r(z) = r_0 + tg a_{\partial} \cdot z,$$

где r_0 – входной радиус диффузора с прямыми стенками.

Откуда получим:

$$g(m_{\partial} / 2) = r_0 + (m_{\partial} / 2)tg a_{\partial}. \tag{4}$$

С учетом условий (3), (4) имеем:

$$A = \frac{tg a_{\partial}}{B \frac{m_{\partial}}{2} \cdot \ln a}, \tag{5}$$

где

$$B = \frac{2tg a_{\partial}}{\ln a \cdot (2r_0 + m_{\partial}tg a_{\partial})}. \tag{6}$$

Уравнение контура конфузорного элемента имеет вид:

$$f(z) = A \cdot a \left(\frac{m_{\partial}}{m_K} z - m_{\partial} \right),$$

где m_K – длина конфузора, а постоянные A и B определяются из условий (5), (6).

Для дуги окружности:

кривая контура диффузорного элемента описывается уравнением:

$$g(z) = b - \sqrt{R^2 - (z-a)^2}, \tag{7}$$

где (a, b) – координаты центра окружности, R – радиус окружности.

Координаты центра и радиус окружности находим с учетом соотношений (3), (4) и условия, что дуга окружности (7) проходит через точку $\bar{r}_0(z,r)$, определяемую из условия ламинарного режима течения на входе.

Кривая контура конфузорного элемента описывается тем же уравнением (7), что и для диффузора, и имеет вид:

$$f(z) = b - \sqrt{R^2 - (z-a)^2}.$$

Координаты центра и радиус окружности будем находить из условий:

$$g(0) = f(m_K),$$

$$g(m_{\partial}) = f(0),$$

$$f(m_K / 2) = R_0 - (m_K / 2)tg a_K,$$

где a_K – угол конусности конфузора ($a_K = 5^{\circ}33'$), R_0 – входной радиус конфузора с прямыми стенками.

Анализ показал, что стенки каналов, очерченные показательной функцией, позволяют увеличить поверхность теплообмена на 1 %, полиномами второго и третьего порядков соответственно на 4 и 9,6 %, а по дуге окружности в среднем на 15...20 % [4].

Построим криволинейные стенки конфузурно-диффузорных элементов, очерченные по дуге окружности, и определим геометрические координаты центра дуги окружности и ее радиус. На рис. 2 представлен геометрический профиль стенки диффузора.

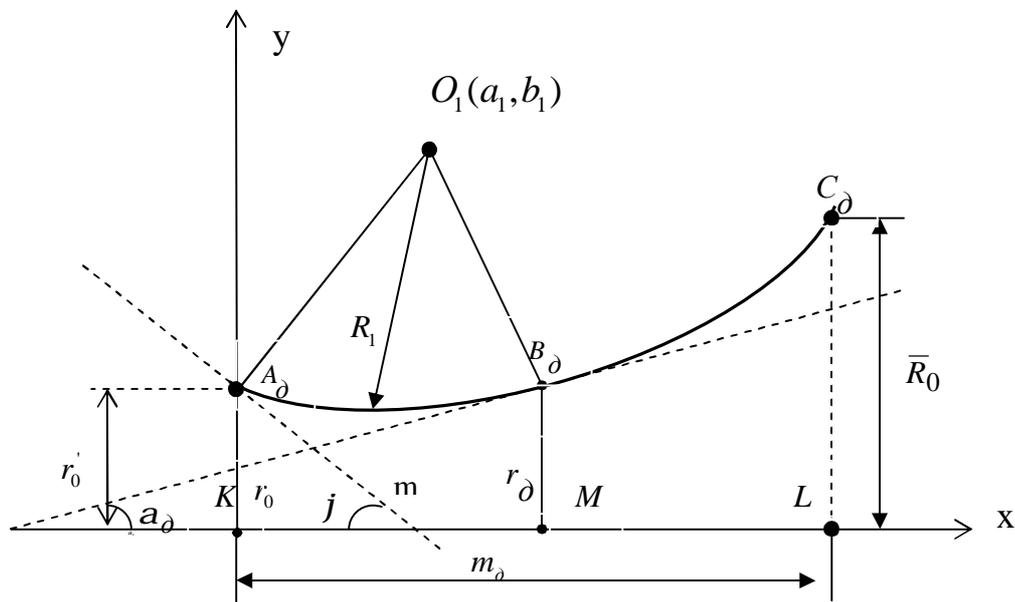


Рис. 2. Геометрический профиль стенки диффузора

a_∂ – угол конусности диффузора, r_0 – входное сечение конфузурно-диффузорной трубы с прямыми стенками, r'_0 – входное сечение конфузурно-диффузорной трубы с криволинейными стенками ($r'_0 \approx r_\partial$).

Запишем уравнение окружности:

$y = b - \sqrt{R^2 - (x - a)^2}$, где (a, b) – координаты центра окружности, R_1 – её радиус, тогда

производная y' будет иметь вид: $y' = \frac{x - a}{\sqrt{R^2 - (x - a)^2}}$.

Тангенс угла в точке m равен $tg a_\partial$, с другой стороны, его можно записать как:

$$y'(m) = \frac{m - a}{\sqrt{R^2 - (m - a)^2}} = tg a_\partial. \tag{8}$$

Из уравнения (8) выразим $(m - a)$:

$$(m - a) = tg a_\partial \sqrt{R^2 - (m - a)^2} \text{ и} \tag{9}$$

возведем в квадрат обе части уравнения (9), тогда

$$(m - a)^2 = \frac{tg^2 a_\partial \cdot R^2}{1 + tg^2 a_\partial} \Rightarrow (m - a) = \frac{R \cdot tg a_\partial}{\sqrt{1 + tg^2 a_\partial}}. \tag{10}$$

Значение функции дуги окружности в точке m можно представить в виде:

$y(m) = b - \sqrt{R^2 - (m - a)^2}$, с другой стороны $y(m) = r_0 + m \cdot \operatorname{tg} a_\partial$, тогда

$$b - \sqrt{R^2 - (m - a)^2} = r_0 + m \cdot \operatorname{tg} a_\partial \quad (11)$$

соотношение (10) подставим в (11), получим:

$$b = \frac{R}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 a_\partial}} + r_0 + m \cdot \operatorname{tg} a_\partial. \quad (12)$$

Уравнение касательной к окружности в точке $A_\partial (0, r_0')$ представим в виде:

$y - r_0' = \frac{-ax}{\sqrt{R^2 - a^2}}$, где $y' = \frac{-a}{\sqrt{R^2 - a^2}}$ производная в точке $(0, r_0')$

нормаль в точке $x = 0$ к окружности имеет вид:

$$y - r_0' = \frac{\sqrt{R^2 - a^2}}{a} \cdot x$$

Известно, что эта прямая проходит через центр окружности $O_1(a, b)$. Подставляем координаты $O_1(a, b)$ в уравнение нормали, тогда получим:

$$b - r_0' = \sqrt{R^2 - a^2}. \quad (13)$$

Неизвестные координаты центра окружности $O_1(a, b)$ и её радиус R найдем, используя соотношения (10), (11), (12), тогда будем иметь:

$$(m - a) = \frac{R \cdot \operatorname{tg} a_\partial}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 a_\partial}} \Rightarrow R = \frac{(m - a) \cdot \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 a_\partial}}{\operatorname{tg} a_\partial}. \quad (14)$$

Подставляя (14) в (12), получим:

$$b = r_0 + m \cdot \operatorname{tg} a_\partial + \frac{(m - a)}{\operatorname{tg} a_\partial}. \quad (15)$$

Вычтем из (15) соотношение (13)

$r_0 - r_0' + m \cdot \operatorname{tg} a_\partial + \frac{m - a}{\operatorname{tg} a_\partial} - \sqrt{R^2 - a^2} = 0$ и подставим значение R из уравнения (14) и,

проведя ряд преобразований, получим:

$$r_0 - r_0' + \frac{m(1 + \operatorname{tg}^2 a_\partial)}{\operatorname{tg} a_\partial} = \frac{\sqrt{(m^2 - 2am)(1 + \operatorname{tg}^2 a_\partial) + a^2} + a}{\operatorname{tg} a_\partial}. \quad (16)$$

Умножим (16) на $\operatorname{tg} a_\partial$, имеем:

$$\operatorname{tg} a_\partial (r_0 - r_0') + m(1 + \operatorname{tg}^2 a_\partial) = \sqrt{(m^2 - 2am)(1 + \operatorname{tg}^2 a_\partial) + a^2} + a. \quad (17)$$

Выразим через А выражение:

$$A = \operatorname{tg} a_{\partial} (r_0 - r_0') + m(1 + \operatorname{tg}^2 a_{\partial}) . \quad (18)$$

Проведем преобразования правой части уравнения (17), окончательно будем иметь

$$a = \frac{A^2 - m^2(1 + \operatorname{tg}^2 a_{\partial})}{2(A - m(1 + \operatorname{tg}^2 a_{\partial}))} . \quad (19)$$

Подставим (19) в соотношение (15), определим значения координаты O_1 в точке «b»:

$$b = r_0 + m \cdot \operatorname{tg} a_{\partial} + \frac{1}{\operatorname{tg} a_{\partial}} \left(m - \left(\frac{A^2 - m^2(1 + \operatorname{tg}^2 a_{\partial})}{2(A - m(1 + \operatorname{tg}^2 a_{\partial}))} \right) \right) . \quad (20)$$

Подставим найденные значения координаты «a» в соотношение (19), получим:

$$R = \frac{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 a_{\partial}}}{\operatorname{tg} a_{\partial}} \left(m - \left(\frac{A^2 - m^2(1 + \operatorname{tg}^2 a_{\partial})}{2(A - m(1 + \operatorname{tg}^2 a_{\partial}))} \right) \right) . \quad (21)$$

Вычислим численные значения координат центра окружности и её радиус дуги окружности для диффузора, подставив значения:

$a_{\partial} = 9^{\circ} \dots 11^{\circ}$, $r_0 = 6.585$ мм, $r_0' = 8.04$ мм, $m = 7.5$ мм, $A = 7.5$, тогда

$a = 3.75$, $b = 27.3$, $R = 19.6$.

Значение y в точке C_{∂} при $x = m\partial = 15$ мм равно $y = 11.22$ мм.

Параметры дуги окружности конфузора (рис. 3) определим из условия, что дуга окружности конфузора проходит через три известные нам точки, (C_K, D_K, E_K) с координатами $C_K(0, 11.22)$, $D_K(15, 8.1)$ и $E_K(30, 8.04)$.

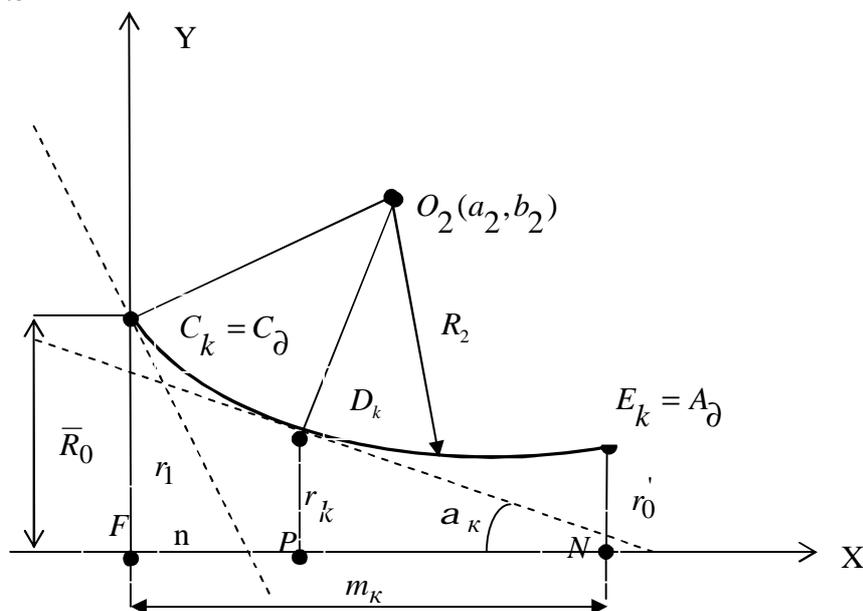


Рис. 3. Геометрический профиль стенки конфузора

Запишем систему из трех уравнений с тремя неизвестными:

$$\begin{cases} R_2^2 = a_2^2 + (11.22 - b_2)^2, \\ R_2^2 = (15 - a_2)^2 + (8.1 - b_2)^2, \\ R_2^2 = (30 - a_2)^2 + (8.04 - b_2)^2. \end{cases} \quad (22)$$

Решая уравнения (22), вычислим численные значения координат центра окружности $O_2(a_2, b_2)$ и её радиус R_2 , описывающий профиль стенок конфузора, будем иметь:

$$R_2 = 75.5, \quad a_2 = 22.8, \quad b_2 = 83.2.$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведен анализ современных тенденций в проектировании теплообменных аппаратов. Предложено в качестве теплообменных элементов для энерго-и ресурсосберегающих аппаратов теплообмена использовать каналы типа «конфузор-диффузор» с криволинейной поверхностью теплообмена, а также каналы этого типа с оребренной проточной частью. Показано, что использование каналов с криволинейной поверхностью позволит увеличить поверхность теплообмена в среднем на 15...20 %, а в каналах с оребренной проточной частью внутренняя поверхность теплообмена вырастет в среднем на 40...45 %. Это позволит увеличить общую теплообменную поверхность оребренного канала в среднем на 50...60 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Назмеев Ю.Г. Теплообмен при ламинарном течении жидкости в дискретно-шероховатых каналах. – М.: Энергоиздат, 1998. – 376 с.
2. Золотоносов А.Я. Перспективы совершенствования энергосберегающей теплообменной аппаратуры на объектах теплоэнергетики // Тезисы докладов Всероссийского смотр-конкурса научно-технического творчества студентов высших учебных заведений «Эврика-2006». – Новочеркасск: ФЮРГТУ, 2006. – С. 289-291.
3. Мигай В.К. Повышение эффективности современных теплообменников. – Л.: Энергия, 1980. – 143 с.
4. Золотоносов А.Я., Золотоносов Я.Д. Теоретические и экспериментальные исследования гидродинамики и теплообмена в неподвижных и вращающихся каналах различной формы / ВИНТИ. – М., 2010. – 128 с. – Деп. в ВИНТИ 02.08.2010, № 476 – В 2010.
5. Золотоносов А.Я., Золотоносов Я.Д. Конвективный теплообмен при ламинарном течении вязкой жидкости в аппаратах с вращающейся теплообменной поверхностью типа «конфузор-диффузор» / ВИНТИ. – М., 2007. – 103 с. – Деп. в ВИНТИ 16.02.2007. № 143 – В 2007.
6. Патент № 2306518 РФ, МПК F28D 11/00 Аппарат для проведения процессов тепломассообмена / Я.Д. Золотоносов, А.Я. Золотоносов. – № 2006105076/06; заявл. 17.02.06; опубл. 20.09.07; Бюл. № 26.
7. Патент на полезную модель № 64750 РФ, МПК F28D 7/00, F28D 11/04 Теплообменный элемент / А.Я. Золотоносов, Я.Д. Золотоносов. – № 2007107173/22 заявл. 26.02.2007; опубл. 10.07.07; Бюл. № 7.
8. Патент на полезную модель № 92162 РФ, МПК F28D 7/00, F28D 11/04 Аппарат для проведения процессов теплообмена / А.Я. Золотоносов – № 200913855/22; заявл. 20.10.09; опубл. 10.03.10; Бюл. № 7.
9. Аппарат для проведения процессов теплообмена / Я.Д. Золотоносов, А.Я. Золотоносов. – № 2010124171/06; заявл. 11.06.10; пол. реш. 3.07.10.

УДК 532.5:621.694

Золотоносов А.Я. – аспирант

Золотоносов Я.Д. – доктор технических наук, профессор

E-mail: zolotonosov@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛООБМЕННЫХ УСТРОЙСТВ ТИПА «ТРУБА В ТРУБЕ» С ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ПОВЕРХНОСТЬЮ «КОНФУЗОР-ДИФФУЗОР»

АННОТАЦИЯ

Работа посвящена методике проведения экспериментальных исследований сопряженного теплообмена в аппаратах с вращающейся поверхностью «конфузор-диффузор» с использованием самых современных приборов и методик. Определен алгоритм исследования основных параметров процесса и предложен общий вид критериального уравнения для расчета коэффициентов теплоотдачи в каналах «конфузор-диффузор» с криволинейной поверхностью теплообмена и оребренной проточной частью.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: гидродинамика, сопряженный теплообмен, поле температур.

Zolotonosov A.Ya. – post-graduate student

Zolotonosov Ya.D. – doctor of technical sciences, professor

Kazan State University of Architecture and Engineering

THE PROCEDURE OF HEAT EXCHANGERS TYPE «PIPE IN PIPE» WITH ROTATING SURFACE «CONFUSOR-DIFFUZOR»

ABSTRACT

The work is devoted to methods for experimental studies of the conjugate heat transfer in apparatus with a rotating surface «confuser diffuser» with using the most modern equipment and techniques. Detected algorithm research of the basic parameters of the process and proposed a general form of criterial equations for calculating heat transfer coefficients in channels «Confusor–Diffusor» with a curved surface of the finned heat transfer and flow-through part.

KEYWORDS: hydrodynamics, interfaced heat exchange, a field of temperatures.

Современное состояние проблем энерго- и ресурсосбережения на объектах промтеплоэнергетики и в системах теплоснабжения выдвигает на первый план вопросы совершенствования и модернизации существующих технологических процессов и их аппаратного оформления.

В этой связи приобретают весьма важное значение исследования, касающиеся разработки и проектирования широкого класса теплообменной аппаратуры гравитационного и ротационного типов на базе теплообменных элементов типа «конфузор-диффузор» [1].

Работы, касающиеся исследований процессов гидродинамики и теплообмена в ротационных аппаратах типа «труба в трубе» каналом «конфузор-диффузор», в условиях ламинарного течения сред, впервые появились у нас в стране в 2002 году [2].

В ходе таких исследований было установлено:

1. На основе полной системы уравнений движения и неразрывности, с учетом уравнений баланса сил давления и трения, а также условия постоянства расхода в сечении канала, построена математическая модель течения вязкой жидкости для вращающихся каналов типа «конфузор-диффузор» с углами конусности диффузора и конфузора, не превышающих $9-11^{\circ}$.

2. В теплообменных устройствах типа «труба в трубе» с вращающейся поверхностью «конфузор-диффузор» в условиях движения насыщенного водяного пара и жидкости обеспечивается непрерывный сброс пленки конденсата с поверхности вращающейся трубы «конфузор-диффузор», способствующий уменьшению термического сопротивления внешней теплоотдачи в 3...10 раз, а

высокие коэффициенты теплоотдачи, наблюдаемые во вращающихся каналах, делают возможным их применение в качестве элементов высокоинтенсивных компактных теплообменников, позволяющих изменять интенсивность теплообмена при неизменном расходе теплоносителей за счет скорости вращения поверхности теплообмена.

3. На основе итерационно-сеточного и вариационно-разностного методов предложены алгоритмы численной реализации задачи течения вязкой жидкости в канале типа «конфузор-диффузор». Получены обобщенные решения в виде осевой, радиальной, окружной составляющих вектора скорости и давления для вращающихся и неподвижных каналов, определен характер распределения полей температур в жидкости и стенке канала.

4. На базе исследований процессов гидродинамики установлено, что на кромке стыка диффузора с конфузуром имеет место область активной циркуляции, интенсивность которой по длине канала непрерывно возрастает, вызывая в этих зонах «скачок давления»; расчетные значения поля скоростей в элементах трубы описываются кривыми распределения скорости – усеченной параболой в диффузоре и параболическим профилем – в конфузуре. Перепад давления по длине вращающегося канала определяется гидросопротивлением последовательно расположенных в нем элементов, особенностями гидродинамики в них, ростом давления в диффузоре и падением – в конфузуре.

5. В ходе исследований конвективного теплообмена во вращающемся канале «конфузор-диффузор» установлено, что на участке трубы, равной первой трети длины канала, кривые распределения температуры имеют трапецеидальный профиль, по мере продвижения жидкости вдоль канала происходит выравнивание температурного поля и трапецеидальный профиль трансформируется в параболический, кроме того, перенос тепла от стенок канала в ядро потока с увеличением центробежных сил становится более интенсивным. Длина участка тепловой стабилизации $L_{тр}$ для ламинарного режима во вращающейся трубе типа «конфузор-диффузор»

может быть принята $L_{тр} = 38d_{экв}$, где $d_{экв}$ – эквивалентный диаметр конфузорно-диффузорного модуля.

6. Установлено, что коэффициенты теплоотдачи и гидросопротивления во вращающемся канале типа «конфузор-диффузор» увеличиваются с ростом угловой скорости вращения трубы, при этом число Нуссельта может возрасти в 2,5 раза, коэффициент гидравлического сопротивления – в 3 раза, по сравнению с неподвижной трубой «конфузор-диффузор». Для расчета коэффициентов теплоотдачи и гидравлического сопротивления получены критериальные уравнения.

Ранее полученные результаты открывают широкую перспективу дальнейших теоретических и экспериментальных исследований, касающихся усовершенствования конфигурации проточной части канала. Это позволит снизить гидравлическое сопротивление в канале и увеличить поверхность теплообмена, при этом:

- стенки конфузорно-диффузорной трубы предлагается выполнить криволинейными с плавными входными кромками [4];

- для интенсификации процесса теплопередачи со стороны меньшего коэффициента теплоотдачи в проточной части канала установить оребрение [5].

Поскольку гидродинамика и теплообмен в таких каналах при ламинарном режиме течения ранее не исследовались, особый научный и практический интерес представляют:

- теоретические исследования процессов сопряженного теплообмена, на базе математических моделей, включающих уравнения неразрывности, полных уравнений движения и энергии, уравнений теплопроводности Лапласа для стенок канала и уравнением Пуассона для оребрения, дополненных условиями однозначности (начальными и граничными условиями) и условиями сопряжения;

- алгоритм численной реализации задачи сопряженного теплообмена для определения поля скоростей и температур в стенках канала, ребрах и проточной части трубы, и перепадов давления в зависимости от чисел закрутки, критериев Рейнольдса и Пекле;

- разработка экспериментальной установки и методики проведения эксперимента для проверки адекватности математической модели;

- разработка надежных методов инженерного расчета аппаратов гравитационного и ротационного типов для определения их конструктивных размеров и технологических характеристик.

Следует отметить, что математические модели для центробежных теплообменных аппаратов с трубами типа «конфузор-диффузор» являются универсальными, поскольку могут быть использованы для расчетов гидродинамики и теплообмена для неподвижных конфузорно-диффузорных труб, если угловую скорость вращения W положить равной нулю и для неподвижных гладких труб, если положить $w = 0$ и углы наклона касательных к кривым, описывающих стенки диффузора – a_o и конфузора – a_k соответственно равны нулю [2].

Для проверки адекватности математической модели и определения коэффициентов теплоотдачи во вращающемся канале типа «конфузор-диффузор» была разработана специальная экспериментальная установка (рис. 1).

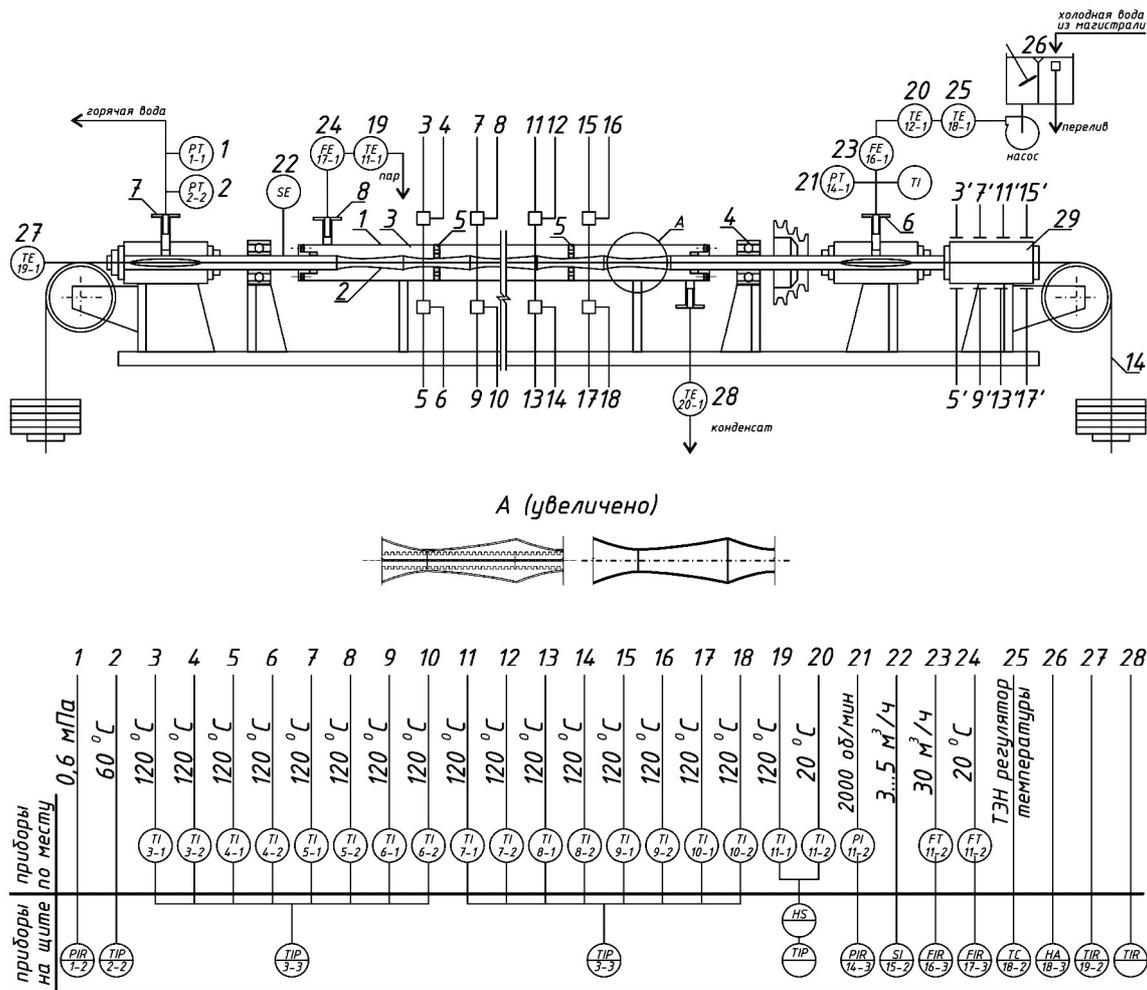


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

Основным элементом установки является теплообменник с вращающейся рабочей поверхностью типа «труба в трубе». Внешняя труба 1 диаметром 51 мм, толщиной стенки 2,5 мм и длиной 1530 мм выполнена из нержавеющей стали.

Внутренним элементом теплообменника является аксиально вращающаяся труба 2 конфузорно-диффузорного типа длиной 1530 мм и толщиной стенки 1 мм. Для проведения эксперимента труба 2 выполняется в трех вариантах: из стали, латуни, меди. Для уменьшения тепловых потерь в окружающую среду поверхность теплообменника покрыта тепловой изоляцией 3. Вращение внутренней трубы обеспечивается с помощью клиноременной передачи от электродвигателя. В целях исключения вибраций при вращении труба 2 теплообменника монтируется на двух внешних опорах в длинных подшипниковых узлах 4, а внутри трубы 1 фиксируется на трех фасонных втулках 5, выполненных из фторопласта.

Вода из магистрали подается через уравнильный бачок, снабженный переливом и перемешивающим устройством для обеспечения равномерного распределения температуры жидкости по объему. Для нагрева и поддержания постоянства температуры жидкости в баке установлены ТЭН и терморегулятор 26. Циркуляция жидкости осуществляется циркуляционным насосом. Вода поступает во вращающийся канал 2 через патрубок 6. Для создания равномерного поля скоростей в потоке перед входом в проточную часть канала 2 установлена распределительная решетка. Вывод воды из трубы 2 осуществляется через патрубок 7.

Настоящей методикой предусматривается измерение температуры воды в центре проточной части канала 2. В этом случае замеры температур производятся малоинерционной железно-константановой термопарой Fe-CuNi «i» (27), смонтированной на натянутой струне 14 и перемещающейся вдоль оси трубы. Положение термопары в струне фиксируется с помощью координатника. Это позволяет сканировать параметры температур вдоль всей оси проточной части канала 2.

Скорость вращения трубы 2 замеряется маркерным бесконтактным датчиком ОПД-18М-1МР (22) и регистрируется счетчиком импульсов СИ-8 (0,1 мс, 8000 Гц) в диапазоне от 200 до 800 об/мин.

Расходы воды и пара замеряются с помощью диафрагм ДКС 0,6-20 (23, 24), укомплектованных измерительными преобразователями 7MF45321GA001BA1 дифференциального давления серии DS SITRANS погрешностью $\pm 0,25\%$.

Для замера давления воды на входе и выходе из трубы 2 используются преобразователи МИДА-ДИ-13П-ЕХ-01 (1,21) с пределом измерения 0-0,6 МПа и погрешностью $\pm 0,25\%$, укомплектованные безбумажным самописцем LOGOSCREEN типа 95501/11/888, 888-51-25/020,258.12 свободно программируемых каналов.

Для измерения входных и выходных значений температур воды и пара используются малоинерционные железно-константановые термопары Fe-CuNi «i» (2, 19, 20, 28). Данные результатов измерения регистрируются безбумажным самописцем LOGOSCREEN типа 95501/11/888, 888-51-25/020, 258.12 свободно программируемых каналов погрешностью $\pm 0,1\%$.

Температуры внешней стенки (со стороны пара) и внутренней стенки (со стороны воды) вращающейся конфузorno-диффузорной трубы 2 и температура пара в межтрубном пространстве измеряются малоинерционными железно-константановыми термопарами Fe-CuNi «i» диаметром термоэлектродных проводов 0,1 мм (3..18). Чувствительные элементы термопреобразователей для пара (4,6,8,10,12,14,16,18) устанавливаются в средней части межтрубного пространства и посредством термопарных кабелей жестко фиксируются с помощью гаек в специальных штуцерах, смонтированных на внешней стенке неподвижной трубы. Каждая термопара комплектуется вторичным прибором TURCK IM34-11EX-i погрешностью $\pm 0,1\%$.

Чувствительные элементы термопар (3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17) для контроля температур на внешней, внутренней стенках трубы 2 и на вершинах ребер монтируются в трубе и боковых стенках ребер и фиксируются сплавом Вуда. Термопарные кабели ш 1 мм укладываются в углубления внешней стенки вращающейся трубы и закрепляются скобами. Концы термоэлектродного провода термопар TURCK IM34-11EX-i выводятся на токосъемник 29 серии IST SRO85 фирмы Kubler и через неподвижные клеммы токосъемника соединяются с вторичными приборами LOGOSCREEN погрешностью $\pm 0,1\%$.

Настоящей методикой предусматривается измерение температуры воды в центре проточной части канала 2. В этом случае замеры температур производятся малоинерционной железно-константановой термопарой Fe-CuNi «i» (27), смонтированной на натянутой струне 14 и перемещающейся вдоль оси трубы. Положение термопары в струне фиксируется с помощью координатника. Это позволяет сканировать параметры температур вдоль всей оси проточной части канала 2.

Скорость вращения трубы 2 замеряется маркерным бесконтактным датчиком ОПД-18М-1МР (22) и регистрируется счетчиком импульсов СИ-8 (0,1 мс, 8000 Гц) в диапазоне от 200 до 800 об/мин.

Для проведения экспериментальных исследований в каналы 1,2 (рис. 1) соответственно подаются насыщенный водяной пар и вода. По достижении стационарного режима работы установки, который в эксперименте считается достигнутым после 3-4 кратной смены объемов воды и пара в проточной части каналов, и отсосе воздуха из межтрубного пространства, при заданной скорости

вращения и определенных расходах воды и пара, замеряются значения давлений воды на входе и выходе из трубы, температуры воды и пара, а также температуры стенок трубы 2.

Обозначим температуры пара на входе T_n^I и выходе T_n^{II} ; температуры пара T_{ni}^I и T_{ni}^{II} ($i=1..4$), измеренные с помощью термопар (4, 6), (8, 10), (12, 14), (16, 18) (рис. 1); температуры внешней стенки трубы 2 Θ_i^I и Θ_i^{II} ($i=1..4$), измеренные с помощью термопар (3, 5), (7, 9), (11, 13), (15, 17) (рис. 1); температуры воды на входе T^I и выходе T^{II} ; массовые расходы пара G_n и воды G .

Площадь наружной поверхности теплообмена конфузурно-диффузорной трубы определяется по выражению (рис. 2):

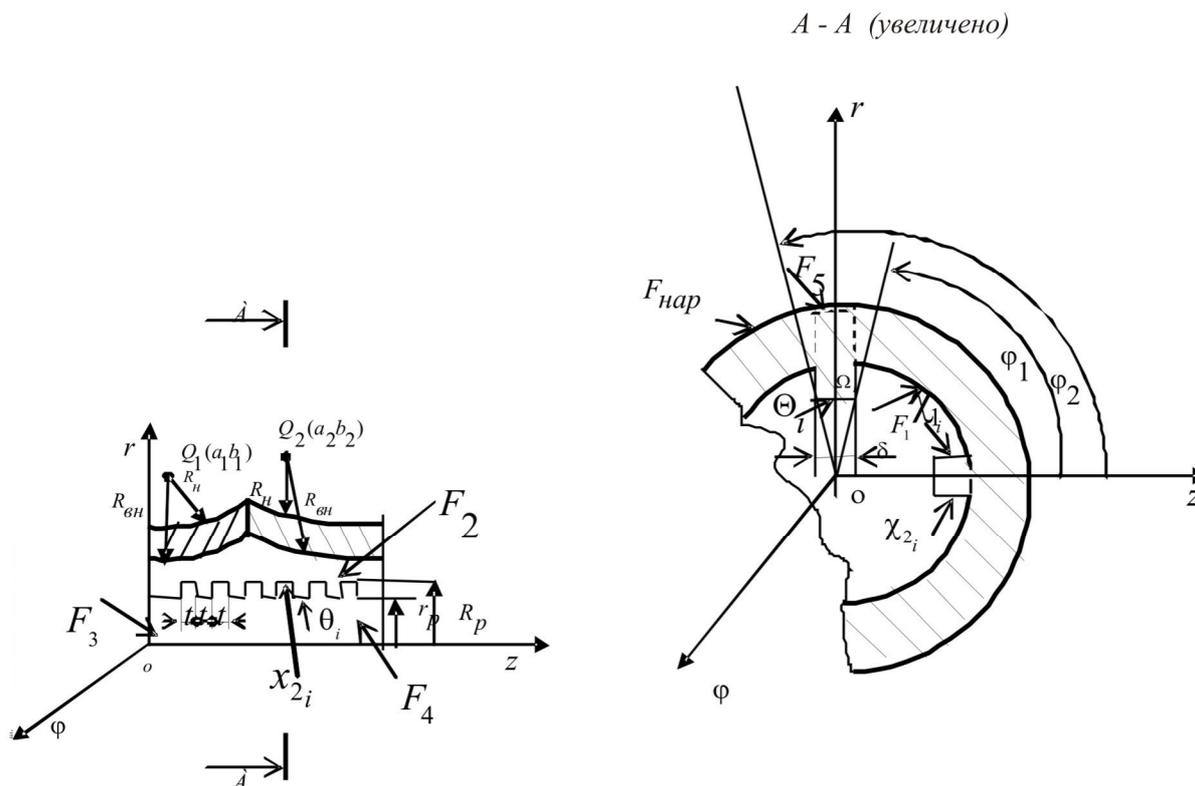


Рис. 2. Схема ребра типа «гребешок»

$$F_{нар.} = 2p \left(\int_{z_1}^{z_2} \frac{bR}{\sqrt{R^2 - (z-a)^2}} dx - \int_{z_1}^{z_2} R dz \right) \tag{1}$$

Площадь внутренней поверхности теплообмена рассчитывается по уравнению

$$F_{внутр} = F_1 + F_2 - F_3 - F_4 + \Omega + f + q, \tag{2}$$

где F_1 – поверхность между ребрами, $F_{бок.} = F_2 - F_3$ боковая поверхность ребра, Ω, f, q – поверхности (рис. 2) R и $R_{вн}$ – внешние и внутренние радиусы дуги окружности конфузурно-диффузорных элементов; a, b – координаты центра окружности радиусом R ; t – шаг между гребешками ребра, d – толщина ребра, $h = R_p - r_p$ – высота гребешков, n – количество гребешков.

$$\text{где } F_1 = 2p \left(\int_{z_1}^{z_2} \frac{bR_{\text{вн}}}{\sqrt{R_{\text{вн}}^2 - (z-a)^2}} dz - \int_{z_1}^{z_2} R_{\text{вн}} dz \right);$$

$$F_2 = 8 \int_{z_1}^{z_2} (b - \sqrt{R_{\text{вн}}^2 - (z-a)^2}) dz - 8r_p (z_2 - z_1)n; \quad \Omega = 8dn \left(R_p - r_p \right);$$

$$f = 4tdn; \quad q = 4tdn; \quad F_5 = 4d \int_{z_1}^{z_2} \frac{R_{\text{вн}}}{\sqrt{R_{\text{вн}}^2 - (z-a)^2}} dz.$$

Среднюю температуру пара находим как среднюю арифметическую:

$$T_{n,cp} = (T_n' + \sum_{i=1}^4 0,5(T_{ni}^I + T_{ni}^{II}) + T_n'') / 6. \tag{3}$$

Среднюю температуру внешней и внутренней поверхностей F_H конфузорно-диффузорного канала определяем как средневзвешенную:

$$\Theta_{cp} = \sum_{i=1}^4 0,5(\Theta_i^I + \Theta_i^{II}) F_i / F_H, \tag{4}$$

где F_i – часть поверхности F_H , содержащая i -ое сечение.

Среднюю температуру воды находим по формуле:

$$T_{cp} = T_{n,cp} - \Delta T, \tag{5}$$

где ΔT – среднелогарифмический температурный напор между паром и водой при противотоке:

$$\Delta T = \frac{(T_n'' - T_n') - (T_n' - T_n'')}{\ln \frac{T_n'' - T_n'}{T_n' - T_n''}}. \tag{6}$$

Количество переданного тепла определяется по изменению температуры воды:

$$Q = Gc_p(T_n'' - T_n'), \tag{7}$$

где удельная теплоемкость воды c_p определяется по средней температуре T_{cp} .

Для контроля теплового баланса количество переданного тепла, от пара к воде, находим по уравнению:

$$Q_n = G_n(r + c_{pк}(T_n' - T_n'')), \tag{8}$$

где удельная теплота парообразования r определяется по средней температуре $T_{n,cp}$, удельная теплоемкость конденсата $c_{pк}$ – по температуре T_n'' .

Средний коэффициент теплоотдачи от пара к стенке вращающейся трубы определим как:

$$a_1 = \frac{Q_n}{F_H(T_{n,cp} - \Theta_{cp})}. \tag{9}$$

Коэффициент теплопередачи определим из выражения

$$Q = \frac{T_n - T_{cp}}{\frac{1}{a_1 F_H} + \frac{dc}{l F_H} + \frac{1}{a_{np} F_{вн}}};$$

где $a_{np} = \frac{a_p F_p \cdot h + a_2 F_H}{F}$, $F_p = F_2 + F_3 + F_6$ – площадь поверхности ребра,

$F_H = F_1$ – площадь неоребреной части поверхности со стороны оребрения,

$F = F_1 + F_2 + F_3 + F_6$; a_2 – коэффициент теплоотдачи от неоребреной части поверхности со стороны оребрения.

Обработка результатов исследования конвективного теплообмена производится в форме безразмерной зависимости вида

$$Nu_{np} = A \cdot N^k \cdot Re^m \left(\frac{t}{h} \right)^c \cdot Pr_{ж}^{0,43} \left(\frac{Pr_{ж}}{Pr_c} \right)^{0,25}, \quad (10)$$

где Nu , Re , – отнесены к средней температуре воды T_{cp} и рассчитываются по формулам:

$$Nu = \frac{ad}{l} \frac{\text{э}}{\text{л}}; \quad Re = \frac{4G}{pd_{\text{э}} gm}; \quad N = \frac{wd}{2u_z} = \frac{wd^2}{2Reu}$$

Pr , Pr_c – отнесены к средним температурам воды T_{cp} и стенки Θ_{cp} .

По измеренному перепаду давления Δp вычисляется коэффициент гидравлического сопротивления X :

$$x = \frac{p^2 d^5}{8L} g^2 r \frac{\Delta p}{G^2}. \quad (11)$$

Коэффициент теплоотдачи от внутренней стенки к воде определим из выражения [3]:

$$Nu = 0,37 N^{0,49} Re^{0,43} Pr_{ж}^{0,43} \left(\frac{Pr_{ж}}{Pr_c} \right)^{0,25}, \quad (12)$$

$$a_2 = \frac{Nu l}{d_{\text{э}}} \frac{\text{ж}}{\text{э}},$$

где $d_{\text{э}} = \frac{4V}{F_{\text{внутр}}}$; $F_{\text{внутр}} = F_1 + F_2 - F_3 + \Omega + f + q$;

$$V = V_1 - V_2 - V_3,$$

где

$$V_1 = p \left\{ b^2 z - 2b \left[\frac{1}{2} [(z-a)\sqrt{R^2 - (z-a)^2} + R^2 \arcsin \frac{z-a}{R}] \right] + R^2 z - \frac{z^3}{3} + az^2 - a^2 z \right\} \Bigg|_{z_1}^{z_2};$$

$$V_2 = 4d \left[bz - \frac{1}{2} [(z-a)\sqrt{R^2 - (z-a)^2} + R^2 \arcsin \frac{z-a}{\sqrt{R^2 - (z-a)^2}}] \right] \Bigg|_{z_1}^{z_2}; \quad V_3 = 4ntd \left(R_p - r_p \right)$$

Определим средний коэффициент теплоотдачи $\bar{\alpha}_{2cp}$ по ребру:

$$\bar{\alpha}_{2cp} = \frac{\frac{1}{F q_i q_i} \iint a_{1i}(j, z) r_{\partial} dzdj + \frac{1}{F f_i f} \iint a_{2i}(j, z) R_{\partial} dzdj + \frac{1}{F \Omega_i \Omega} \iint a_{3i}(r, j) drdj + \frac{1}{F c_i c_{1i}} \iint a_{4i}(r, z) drdz + \frac{1}{F c_i c_{2i}} \iint a_{42i}(r, z) drdz}{\sum_{i=1}^m m_i} \quad (13)$$

Тогда коэффициент эффективности определим по выражению [7]:

$$\eta_{\bar{\alpha}_2} = \frac{\alpha_{np}}{\bar{\alpha}_{2cp}}.$$

Таким образом, предлагаемая методика исследований позволит подтвердить адекватность математической модели реальному процессу теплообмена и определить значения поля скоростей, температур и давлений по длине вращающейся трубы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Золотонос А.Я., Золотонос Я.Д. Конвективный теплообмен при ламинарном течении вязкой жидкости в аппаратах с вращающейся теплообменной поверхностью типа «конфузор-диффузор» / ВИНТИ. – М., 2007 – 103 с. – Деп. в ВИНТИ 16.02.2007. № 143 – В 2007.
2. Золотонос А.Я., Золотонос Я.Д. Теоретические и экспериментальные исследования гидродинамики и теплообмена в неподвижных и вращающихся каналах различной формы / ВИНТИ. – М., 2010. – 128 с. – Деп. в ВИНТИ 02.08.2010, № 476 – В 2010.
3. Горская Т.Ю. Гидродинамика ламинарного течения вязкой жидкости в теплообменных устройствах с вращающейся поверхностью типа «конфузор-диффузор». // Дис... канд. техн. наук. – Казань, 2004. – 110 с.
4. Патент 2306518 РФ, МПК F28D 11/00 Аппарат для проведения процессов тепломассообмена / Я.Д. Золотонос, А.Я. Золотонос, № 2006105076/06; опубл. 20.09.07, Бюл. 26.
5. Аппарат для проведения процессов теплообмена / Золотонос Я.Д., Золотонос А.Я. № 2010124171/06; заявл. 1106.10; пол. реш. 3.07.10.
6. Золотонос А.Я., Золотонос Я.Д. Теплообмен в аппарате типа «труба в трубе» с вращающейся теплообменной поверхностью «конфузор-диффузор» и оребренной проточной частью // Известия КазГАСУ, 2010, № 1(13). – С. 194-205.
7. Ройзен Л.И., Дулькин И.Н. Тепловой расчет оребренных поверхностей. – М.: Энергия, 1977. – 256 с.

УДК 532.517

Посохин В.Н. – доктор технических наук, профессор

E-mail: posohin@kgasu.ru

Кареева Ю.Р. – аспирант

E-mail: kareeva_87@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Маклаков Д.В. – доктор физико-математических наук, профессор

E-mail: Dmitri.Maklakov@ksu.ru

Казанский (Приволжский) федеральный университет

РАСЧЕТ ТЕЧЕНИЯ В ЗОНЕ РАЗВОРОТА ПЛОСКОЙ СТРУИ В ТУПИКЕ

АННОТАЦИЯ

В рамках теории потенциальных течений идеальной жидкости определяется поле скорости в зоне разворота плоской стесненной струи в тупике.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: плоская струя, тупик, зона разворота, идеальная жидкость, конформные преобразования.

Posokhin V.N. – doctor of technical sciences, professor

Kareeva J.R. – post-graduate student

Kazan State University of Architecture and Engineering

Maklakov D.V. – doctor of physical and mathematical sciences, professor

Kazan (Volga Region) Federal University

CALCULATION OF THE FLOW IN THE U-TURN ZONE OF THE PLANE JET NEAR THE CHANNEL

ABSTRACT

In the framework of the potential flow theory of an ideal fluid the velocity field in the U-turn zone of a plane jet near the dead end of a channel is determined.

KEYWORDS: plane jet, impasse, turn area, ideal fluid, conformal transformations.

Известно, что ширина струи в тупике возрастает до некоторого сечения, после чего следует зона разворота; струя распадается, образуя обратный поток [1].

Воспользовавшись схемой, предложенной Г.Н. Абрамовичем [2], попытаемся рассчитать характеристики течения в зоне разворота. Симметричная половина тупика показана на рис. 1а. Отрезки OF и OC – начало и конец зоны разворота. Твердая стенка (разрез MOA) разделяет струю и обратный поток. Детали течений до и после разворота не учитываем, полагая, что в бесконечно удаленных точках М и А расположены, соответственно, источник и сток интенсивностью $L/2$ (L – расход воздуха в сечении струи, где ширина ее максимальна). Течение полагаем потенциальным.

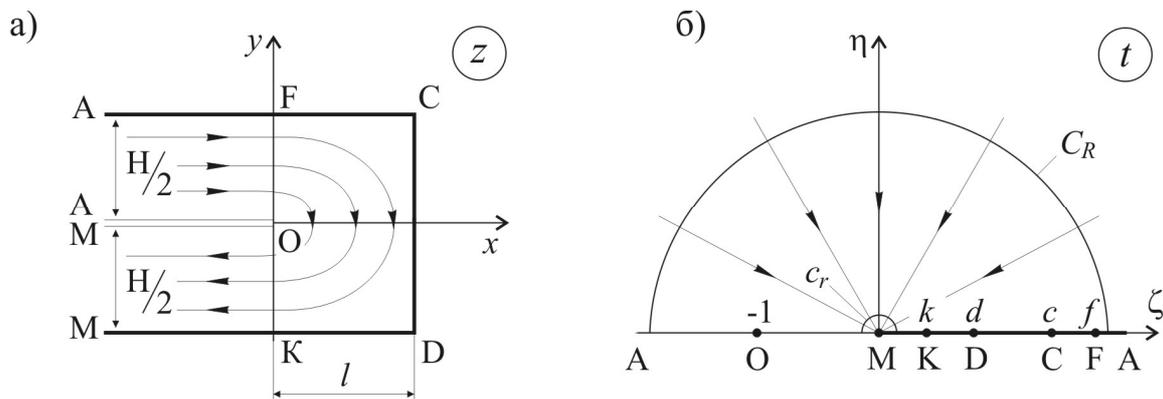


Рис. 1

Для решения воспользуемся теорией функций комплексной переменной. Отобразим область течения в физической плоскости $z = x + iy$ на верхнюю полуплоскость $t = x + iy$ с указанным на рисунках 1а, 1б соответствием точек. В плоскости t имеем простое течение: сток в начале координат – точка М и источник на бесконечности в точке А.

Отображение находится с помощью формулы Кристоффеля-Шварца, которая в нашем случае имеет вид

$$\frac{dz}{dt} = -\frac{H}{2p} \cdot \frac{t+1}{t\sqrt{(t-d)(t-c)}}; z = C_1 \int \frac{(t+1)dt}{t\sqrt{(t-d)(t-c)}} + C_2 = C_1 \int_{-1}^t \frac{(t+1)dt}{t\sqrt{(t-d)(t-c)}}, \quad (1)$$

где C_1, d, c – неизвестные параметры отображения.

Используем теорию вычетов, согласно которой

$$z = C_1 \int_{C_r} \frac{dz}{dt} dt = C_1 \pi i \operatorname{Res} \frac{dz}{dt} (t=0). \quad (2)$$

Здесь $\operatorname{Res} \frac{dz}{dt} (t=0)$ – вычет функции $\frac{dz}{dt}$ в точке М ($t=0$); C_r – полуокружность бесконечно малого радиуса (рис. 1б).

Опуская подробности, запишем сразу значение вычета

$$\operatorname{Res} \frac{dz}{dt} (t=0) = -\frac{1}{dc}.$$

В точке М ($t=0$) z совершает скачок на $iH/2$ (рис.1а) и согласно (2) $\frac{iH}{2} = -C_1 \frac{ip}{dc}$.

Отсюда следует, что

$$C_1 = -\frac{H\sqrt{dc}}{2p}. \quad (3)$$

Вычислим контурный интеграл (1) по полуокружности C_R бесконечного радиуса. При $t \rightarrow \infty$ подынтегральное выражение упрощается. Учтем также, что в точке А z совершает скачок на $-iH/2$. В результате имеем:

$$\frac{iH}{2} = C_1 \int_{C_r} \frac{dt}{t}.$$

Параметрическое уравнение окружности C_R запишется в виде

$$t = Re^{i\alpha} (R \rightarrow \infty, 0 \leq \alpha \leq \pi).$$

Используем известную формулу для вычисления контурных интегралов

$$\int_{C_k} f(t) dt = \int_0^p f[t(a)] t'(a) da$$

и находим

$$z = \int_{C_R} f(t) dt = \int_0^p C_1 \frac{Re^{ia}}{Re^{ia}} ida = C_1 \pi i.$$

Таким образом, $C_1 p i = -i \frac{H}{2}$ и значит

$$C_1 = -\frac{H}{2p}, \quad \sqrt{dc} = 1. \quad (4)$$

Используя полученный результат, после взятия интеграла (1), имеем

$$z = -\frac{H}{2p} \left[2 \ln(\sqrt{t-d} + \sqrt{t-c}) + 2 \ln(\sqrt{dt-1} + \sqrt{ct-1}) - \ln t - 4 \ln(\sqrt{1+c} + \sqrt{1+d}) - ip \right]. \quad (5)$$

В точке С $t = c$, $z = l + i \frac{H}{2}$, поэтому

$$z = l + i \frac{H}{2} = -\frac{H}{2p} \left[\ln(c-d) + \ln(c^2-1) - \ln c - \ln(\sqrt{1+c} + \sqrt{1+c})^4 - ip \right]. \quad (6)$$

Выделяя действительную часть (6), после преобразований, получаем

$$c = \left(\frac{1 + e^{\frac{pl}{H}}}{1 - e^{\frac{pl}{H}}} \right)^2, \quad d = \left(\frac{1 - e^{\frac{pl}{H}}}{1 + e^{\frac{pl}{H}}} \right)^2. \quad (7)$$

Таким образом, определены параметры отображения d, c и коэффициент C_1 .

Найдем теперь комплексный потенциал и комплексную сопряженную скорость течения. Очевидно, что комплексный потенциал

$$W = j + iy = -\frac{L}{2p} \ln t, \quad \frac{dW}{dt} = -\frac{L}{2p} \frac{1}{t} \quad (8)$$

Комплексная сопряженная скорость –

$$\frac{dW}{dz} = v_x - iv_y = \frac{dW}{dt} \frac{dt}{dz}. \quad (9)$$

Объединяя равенства (1), (8), получаем

$$\frac{dW}{dz} = \frac{L}{H} \frac{\sqrt{(t-d)(t-c)}}{t+1}. \quad (10)$$

Уравнения (5), (10), в принципе, дают решение поставленной задачи.

Найдем скорость на отрезке FC – ось течения где $z = x + i \frac{H}{2}$, $\frac{dW}{dz} = v_x$, $c \leq t \leq f$. Из (5)

имеем

$$x = -\frac{H}{2p} \left[2 \ln \sqrt{t-d} + \sqrt{t-c} + 2 \ln(\sqrt{ct-1} + \sqrt{dt-1}) - \ln t - 4 \ln(\sqrt{1+d} + \sqrt{1+c}) \right]. \quad (11)$$

При $x=0$ отсюда определяем параметрическую координату точки $F(t=f)$. Далее, задавая значения t в интервале $c \leq t \leq f$, по уравнениям (10), (11) находим распределение скорости на ФС.

На отрезке CD $z = l + iy$, $\frac{dW}{dz} = -v_y$, $c \leq t \leq d$.

Выделяя мнимые части уравнений (5), (10), имеем

$$y = -\frac{H}{2p} \left(2 \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{c-d}{t-d}} + 2 \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{1-dt}{ct-1}} - p \right); \tag{12}$$

$$v_y = -\frac{L}{H} \frac{at(1+t)(c-d)}{(bt+an+tdb)^2 + (nt-ab+tnc)^2}, \tag{13}$$

где $a = \sqrt{t(d+c)-t^2-1}$, $b = \sqrt{ct-1}$, $n = \sqrt{1-dt}$.

На отрезке DK $z = x - i\frac{H}{2}$, $\frac{dW}{dz} = v_x$, $t_k \leq t \leq d$.

В точке К $x=0$ и уравнение принимает вид

$$x = -\frac{H}{2p} \left[2 \ln(\sqrt{d-t} + \sqrt{c-t}) + 2 \ln(\sqrt{1-ct} + \sqrt{1-dt}) - \ln t - 4 \ln(\sqrt{1+d} + \sqrt{1+c}) \right] = 0. \tag{14}$$

Отсюда определяется параметрическая координата t_k .

На этом отрезке равенство (10) принимает вид

$$\frac{dW}{dz} = v_x = -\frac{L}{H} \frac{a_1 b_1 + a_1 n_1}{(b_1 + n_1)(a_1 - t) + t d n_1 + t d b_1}, \tag{15}$$

где $a_1 = \sqrt{t^2 - t(d+c) + 1}$, $b_1 = \sqrt{1-tc}$, $n_1 = \sqrt{1-td}$.

Задавая $t_k \leq t \leq d$, по уравнениям (14) (15) определяем координаты x и соответствующие им значения скорости v_x .

На рис. 2 проведены графики зависимостей параметров c, d, f, k от безразмерного параметра l/H .

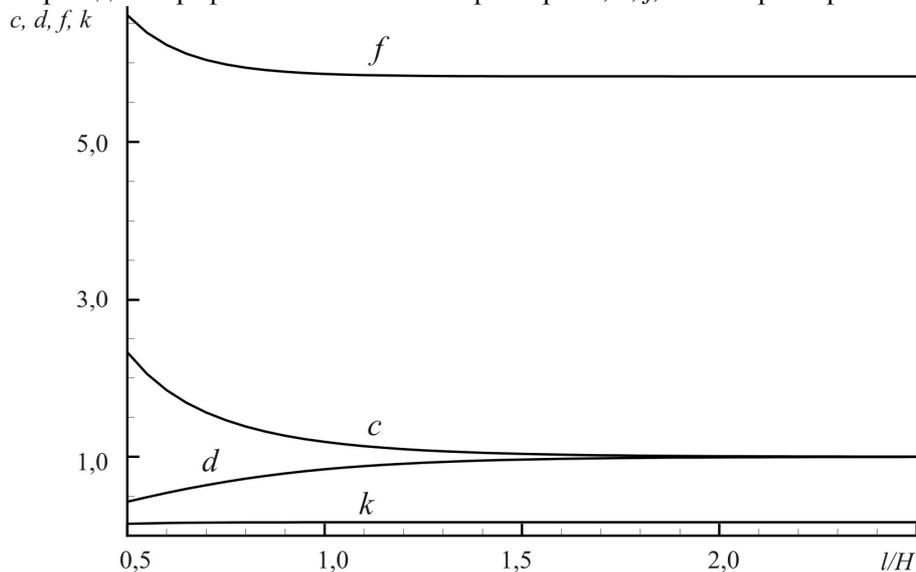


Рис. 2. Зависимость параметров c, d, f, k от l/H

Рис. 3 иллюстрирует результаты расчета относительной скорости для тупиков по приведенным выше формулам. Напомним, что L – расход в стесненной струе в сечении, за которым следует зона разворота.

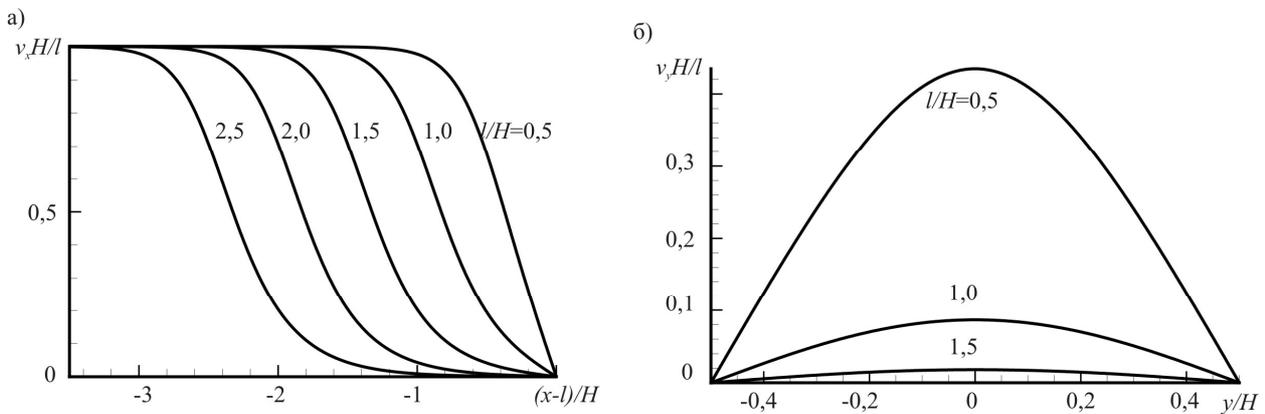


Рис. 3. Распределение скоростей на стенках тупиков при различных l/H : а – отрезок FC; б – отрезок CD

Полученные результаты могут быть использованы для расчета воздухораспределения в помещениях при тупиковой схеме подачи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бахарев В.А., Трояновский В.Н. Основы проектирования и расчета отопления и вентиляции с сосредоточенным выпуском воздуха. – М.: Профиздат, 1958. – 215 с.
2. Абрамович Г.Н. Теория турбулентных струй. – М.: Физматгиз, 1960. – 715 с.

УДК 69.057; 658.382.3

Садрtdинов И.К. – директор

E-mail: tatkomen1@yandex.ru

Республиканское производственное объединение «ТАТКОММУНЭНЕРГО»

Мусаев А.М. – кандидат технических наук, доцент

Сафиуллин Р.Г. – кандидат технических наук, доцент

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

ПУТИ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССОВ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ПОТОКОВ В ГАЗООЧИСТНЫХ И ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СООРУЖЕНИЯХ

АННОТАЦИЯ

Рассматривается конструкция многоступенчатого «модульного комплекса» для пылегазозолоулавливания из дымовых и агрессивных газов. Высокие центробежные ускорения в сочетании с селективными адсорбентами обеспечивают полноту улавливания пыли, золы и нейтрализации газов. В основе модулей лежит использование высокоскоростных закрученных потоков, создаваемых тангенциальными гидродинамическими ускорителями (ГДУ). Приводится методика расчета ГДУ, оснащенных насадками Лаваля, и габаритов «модульных» секций.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: модуль, сепараторы, циклоны, центрифуги, пылегазозолоулавливание, парниковые газы, диоксиды, атмосферный воздух, экология.

Sadrtdinov I.K. – director

RPO «TATKOMMUNENERGO»

Musaev A.M. – candidate of technical sciences, associate professor

Safiullin R.G. – candidate of technical sciences, associate professor

Kazan State University of Architecture and Engineering

THE WAYS OF INTENSIFICATION OF PROCESSES AND ECONOMIC EXPEDIENCY OF USING A HIGH-SPEED FLOW IN A GAS CLEANING APPARATUS AND VENTILATION

ABSTRACT

The design of a multistage «modular complex» for catching the dust out the corrosive gases is considered. High centrifugal acceleration in a combination with selective adsorbents provides a completeness of catching of a dust, ashes and neutralization of gases. In a basis of modules the using of the high-speed twirled flows created by hydrodynamic accelerators (HDA) lays. The method of calculating the HDA, equipped with a Laval nozzle, is given and dimensions of «modular» sections is resulted.

KEYWORDS: module, separator, cyclones, centrifuge, smog and gas cleaning, aggressive gases, dioxides, atmospheric air, ecology.

В последние десятилетия особенно ярко проявились природные катаклизмы, связанные с изменением климата. Споры ученых о том, какие факторы влияют на глобальное потепление, пока не имеют достаточных обоснований. Тем не менее, никто не может отрицать разрушительное влияние человеческой деятельности. Этому сопутствуют проблемы, связанные с постоянно возрастающей мощностью теплогенерирующих агрегатов, автотранспорта, космических программ и варварской эксплуатацией водных и лесных ресурсов.

Более 60 % добываемых топливных ресурсов используется промышленностью и теплогенерирующими агрегатами. При этом процессы сжигания не достаточно организованы. В большинстве случаев при сжигании органического топлива используется пламень диффузного типа – с целью исключения возможности проскока пламени и взрывов. Топливо часто подается частично перемешанным с воздухом, и последующее его горение происходит одновременно с подмешиванием воздуха, не всегда обеспечивающим полноту сгорания углеводородов. При этом возникает проблема очистки больших объемов продуктов сгорания не только от различных взвесей, но и от продуктов неполного сгорания парниковых двухатомных газов.

Многие производственные процессы и средства для очистки газов формируются на основе «модульного принципа», использующего схемы безотходного производства, стандартизированного пылегазоулавливающего оборудования и систем вентиляции. Одним из таких современных «модулей» можно считать комплекс «печь Ванюкова» [1], сочетающий сжигание ТБО с пылегазоулавливанием, в схему которого включены: котел-утилизатор, серия циклонов, сухой электрофильтр, дымосос, скруббер, мокрый электрофильтр и вытяжная труба. Вся эта система очистки дымовых газов занимает практически 2/3 объема самого производства и его стоимости. Недостатками такого «модульного комплекса», собранного из разнородного очистного оборудования, являются большие габаритные размеры устройств, их низкая индивидуальная производительность и малые скорости газовых потоков в аппаратах, ограничивающие их возможности при необходимости очистки больших объемов дымовых и агрессивных газов.

Основным в указанном комплексе аппаратов для очистки газов является процесс сухой сепарации частиц в циклонах, которые начали разрабатываться с 1885 года и практически не изменили своего облика и принципа работы [2]. Центробежная сила, воздействующая на частицу, определяет равновесное положение частицы в потоке и ее сепарацию:

$$F_{ц} = c_1 d_q^3 (\rho_q - \rho_g) \omega^2 / r, \quad (1)$$

где c_1 – постоянная; d_q – диаметр частицы; ρ_q и ρ_g – плотности частицы и среды (газа); ω – окружная скорость частицы; r – радиус ее вращения.

Из формулы, в частности, следует, что большие центробежные силы и, соответственно, высокая эффективность процесса сепарации достижимы при высокой окружной скорости частиц. Однако следует отметить, что увеличение скорости вращения в циклонах не дает желаемого эффекта ввиду того, что увеличивается кинетическая энергия турбулентности, которая усиливает процесс обратного перемешивания отсепарированного пылевого потока с выходящим из аппарата «чистым» газом [2]. Кроме того, при больших скоростях входа большая часть пыли выпадает на относительно коротком расстоянии от входного патрубка, где она в большом количестве накапливается на цилиндрической стенке циклона и увеличивает его сопротивление, которое достигает 2.0ч2.5 кПа. Поэтому рабочее значение скорости на входе в циклон ограничивают 16ч30 м/с в зависимости от его диаметра.

В представленной статье рассматриваются принципы конструирования эффективных модульных аппаратов, максимально использующих центробежную силу для улучшения характеристик пылезологазоочистного оборудования. Основные задачи, которые возникают при проектировании таких «модулей», – увеличение скорости вращения и времени пребывания загрязненного потока внутри аппарата.

Подобные задачи сегодня успешно решаются в циклонных прокалочных камерах, в которых термообработке подвергаются дисперсные материалы. Скорость потока на входе в камеры достигает 30ч190 м/с при значениях числа Рейнольдса $Re = (2ч4)Ч10^5$ [3]. Значительно более высокие центробежные ускорения достигаются в центрифугах – машинах, в которых осуществляется разделение неоднородных систем в высокоинтенсивном центробежном поле [4], превышающем по ускорению естественное осаждение частиц пыли в десятки тысяч раз. Например, в газовых центрифугах для разделения изотопов вследствие высокой скорости вращения ротора линейная скорость на периферии может превышать 600 м/с. При этом продукт концентрируется у стенки камеры под большим давлением, а у оси ротора образуется так называемое «вакуумное ядро» (В.Я.), обеспечивающее дополнительную осевую циркуляцию газа внутри ротора.

Однако указанные устройства весьма сложны конструктивно и имеют высокую стоимость. Так, основным рабочим элементом в центрифуге является быстро вращающийся вокруг оси пустотелый ротор, отделочные покрытия, термообработка и точность исполнения которого принимаются по авиационным стандартам. Высоко качество исполнения и стоимость целого ряда вспомогательных устройств, таких как: опоры ротора, магнитные подшипники, двигатели и др. Каждое из этих устройств уникально. Согласованность работы узлов центрифуги требует тонкой настройки и высококвалифицированного обслуживания. Отмеченные особенности практически исключают использование центрифуг для процессов сепарирования взвеси из дымовых и агрессивных газов, однако способ достижения создаваемых ими мощных центробежных полей остается перспективной задачей для исследований и конструктивных разработок.

В предлагаемом «модуле центрифугирования» с целью сохранения перечисленных выше положительных качеств центрифуги решено использовать неподвижный корпус – цилиндр с вырезанным сектором в 90°. Цилиндрический корпус устанавливается на боковые листы бункера на уровне, отстоящем на 20° ниже горизонтальной оси корпуса. С правой стороны боковой лист приваривается заподлицо, а с левой – внахлестку к корпусу. В этом случае на левой стороне над бункером нависает часть корпуса в виде направляющего обтекаемого потоком «крыла» (см. рис. 1 и 2). При центрифугировании газовых потоков «крыло» направляет осажденные на стенках корпуса шлам и капельную жидкость в бункеры.

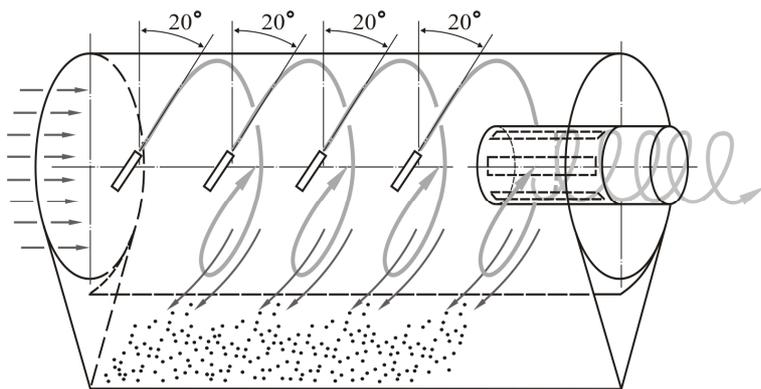


Рис. 1. Схема выделения взвеси центрифугированием газа в неподвижном корпусе при использовании высокоскоростных гидродинамических струй

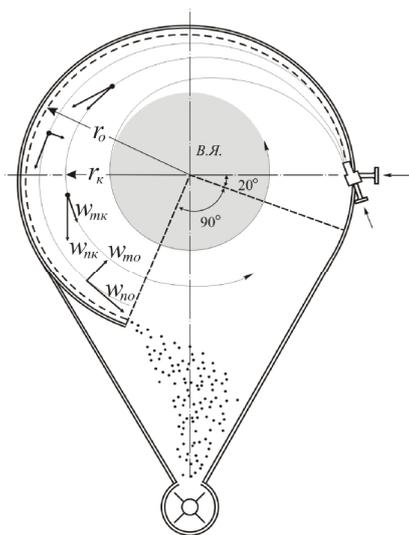


Рис. 2. Схема ввода высокоскоростной струи в неподвижный корпус центрифуги

Процесс центрифугирования дымовых и агрессивных газов в предлагаемом устройстве осуществляется за счет нагнетания гидродинамических высокоскоростных струй, направленных тангенциально внутрь неподвижного корпуса и спутно потокам очищаемых газов [5]. Для обеспечения линейного перемещения потока газов и образования «вакуумного ядра» по оси корпуса, гидродинамические струи подаются с наклоном в 20°-22° к вертикальной плоскости по ходу движения основных потоков внутри корпуса. Спиральное движение струи позволяет постоянно сбрасывать уплотненные шламы с внутренней полости неподвижного корпуса в бункеры, не перемещая их по всему корпусу, как в типовых центрифугах.

Закономерности гидродинамических процессов, происходящих в цилиндрическом корпусе «модуля центрифугирования», можно рассматривать в аналогии с циклонными прокалочными камерами, работающими при значительных скоростях потоков [3]. Схема движения потоков в корпусе предлагаемого «модуля» показана на рис. 2.

Объем потока газа, проходящего через поперечное сечение корпуса, может быть определен из уравнения:

$$V_2 = 2\pi r_o w_{mo} L = 2\pi r_k w_{mk} L_6, \tag{2}$$

где r_o – радиус корпуса; L_6 – длина активного витка газового вихря; r_k – текущий радиус; $w_{mk} = w_{mo} r_o / r_k$ – радиальная скорость потока.

Результирующий вектор скорости смещается относительно вектора окружной скорости на угол α , что обуславливает перемещение потока газа к оси, а частиц пыли и капель конденсата – к периферии камеры:

$$\text{tg}\alpha = w_{mk} / w_{nk} = w_{mo} / w_{no}, \tag{3}$$

где $w_{nk} = w_{no} r_o / r_k$ – окружная скорость вихревого движения.

Условия движения частицы по круговой траектории описываются уравнением, которое отражает равенство силы давления газа на частицу и центробежной силы, действующей на нее:

$$\Psi \frac{\pi d_q^2}{4} \frac{w_{mk}^2}{2} \rho_z = \frac{\pi d_q^3}{6} \frac{w_{mk}^2}{r_k} \rho_q, \quad (4)$$

где $\Psi = 24v_q / d_q w_{mk} \rho_z$, а физические свойства газа принимаются при усредненной температуре потока.

Потери напора при входе потока в аппарат оцениваются по формуле

$$\Delta P_1 = \frac{\rho_z}{2} \left(\frac{V_z}{\mu F_0} \right)^2, \quad (5)$$

где $\mu = 0.85$ – коэффициент расхода; F_0 – наименьшее поперечное сечение сопла Лавала.

Потери напора при образовании вихря могут быть рассчитаны по формуле

$$\Delta P_2 = \frac{\rho_z}{2} \left[\left(\frac{D_0}{d_1} \right)^2 - 1 \right] w_{no}^2, \quad (6)$$

где D_0 – диаметр цилиндрического корпуса; d_1 – диаметр выходного патрубка сепаратора.

Из выражений (5) и (6) следует, что основное гидродинамическое сопротивление сосредоточено в неподвижной камере, поэтому можно принять предлагаемую в работе [6] упрощенную формулу, справедливую для области $Re = (24) \cdot 10^5$ (при скорости воздуха на входе в камеру в диапазоне 30–190 м/с):

$$\Sigma \Delta P = 0.07 \left(\frac{\Sigma F_0}{F_k} \right), \quad (7)$$

где ΣF_0 – суммарная площадь отверстий для выхода высокоскоростных струй сжатого воздуха; F_k – площадь поперечного сечения камеры.

Ведущая роль в процессе центрифугирования в рассматриваемом «модуле» отводится гидродинамическим ускорителям (ГДУ) с соплами Лавала, в которых скорость истечения сжатого воздуха превышает число Маха ($M > 1$). Угол раскрытия факела струи в открытой атмосфере составляет $21^\circ \text{ч} 23'$, а в стесненных условиях корпуса установки достигает 50° . Скорость истечения сжатого воздуха из сопла Лавала гидродинамического ускорителя можно определить по формуле для адиабатического истечения [7]:

$$\omega_1 = \varphi \sqrt{2g \cdot \frac{k}{k-1} \cdot \frac{P_1}{\gamma_z} \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]}, \text{ м/с}, \quad (8)$$

где γ_z – удельный вес газа перед соплом при давлении P_1 , кг/м³; φ – коэффициент истечения (для сопла с цилиндрической частью и углом $\beta = 45^\circ$ при $l/d = 0.18$ $\varphi = 0.75$, при $l/d = 0.56$ $\varphi = 0.9$); k – показатель адиабаты (для двухатомных газов и воздуха $k=1.4$); g – ускорение силы тяжести, м/с²; P_1 – давление сжатого воздуха перед соплом, 0.4–0.6 МПа; P_2 – давление перед выходом из сопла, равное 101300 Па.

Определим скорость истечения воздуха из патрубка ГДУ, оформленного в виде сопла Лавала, и секундные расходы сжатого воздуха в условиях истечения в среду с давлением, близким к атмосферному, т.е. где давление ниже критического. Как известно, при таком режиме истечения на выходе из сопла устанавливается давление, равное критическому, и скорость истечения оказывается равной критической, а расход – максимальным. Критическая скорость истечения может быть определена по формуле:

$$\omega_{kp} = \sqrt{2 \frac{k}{k+1} RT_0}, \text{ м/с}, \quad (9)$$

где R – газовая постоянная; T_0 – температура газа, °К.

Для сравнения – скорость звука в выходном сечении сопла:

$$a_{зв} = \sqrt{kRT_2}, \quad (10)$$

где $T_2 = T_0 \beta^{\frac{k-1}{k}}$, $\beta = \frac{P_{ср}}{P_0}$ – отношение давлений.

Расход сжатого воздуха на единичный ГДУ определяется по формуле:

$$m = m_{\max} = f \sqrt{2 \frac{k}{k+1} \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{2}{k+1}} \cdot \frac{P_1}{V_0}}, \quad (11)$$

где P_1 – давление воздуха перед соплом, МПа; f – сечение сопла, м²; V_0 – удельный объем воздуха перед соплом, м³/кг

$$V_0 = \frac{h_1 - u_1}{P_1}, \quad (12)$$

здесь h_1 – энтальпия, кДж/кг; u_1 – внутренняя энергия, кДж/кг.

Для двухатомных газов имеем следующие параметры при стандартных условиях: энтальпия $h_1 = 283.2$ кДж/кг; внутренняя энергия $u_1 = 209.2$ кДж/кг. Из зависимости для идеального состояния газа $h = u + RT$ находим газовую постоянную:

$$R = \frac{h - u}{T} = \frac{(283.2 - 209.1) \cdot 10^3}{297.6} = 252.4 \text{ кДж/кг}^\circ\text{К},$$

где $T = 273.6 + 20 = 293.6$ °К.

Отношение давлений истечения $P_{ист} = 0.5$ МПа и среды, в которую происходит истечение $P_{ср} = 0.1$ МПа, составляет $\beta = 0.5/0.1 = 5$. Тогда критическое давление для воздуха $P_{кр} = 0.528$ МПа. Проверим, действительно ли установится критическая скорость на выходе из сопла:

$$P_0 = P_{кр} - P_{ист} = 0.528 - 0.5 = 0.028 \text{ МПа}.$$

Следовательно, давление среды ниже критического, и скорость струи должна быть близкой к звуковой:

$$a_{зв} = \sqrt{kRT_г} = \sqrt{1.4 \cdot 252.4 \cdot 293.6} = 322.1 \text{ м/с}.$$

Удельный объем воздуха при давлении $P_{ист} = 0.5$ МПа определяем по формуле:

$$V_г = \frac{h - u}{P_{ист}} = \frac{(283.2 - 209.1) \cdot 10^3}{5 \cdot 10^5} = 0.148 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

Удельный объем воздуха внутри конуса ускорителя, т.е. в зоне истечения составит:

$$V_2 = \frac{h - u}{P_2} = \frac{(283.2 - 209.1) \cdot 10^3}{1 \cdot 10^5} = 0.741 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

Изменение температуры сжатого воздуха:

$$T_2 = T_0 \frac{2}{k+1} = 293.6 \frac{2}{1.4+1} = 244.6 \text{ }^\circ\text{К}.$$

Определим реальную скорость истечения воздуха по формуле (9):

$$\omega_{кр} = \sqrt{2 \frac{k}{k+1} RT_0} = \omega_2 = \sqrt{2 \frac{1.4}{1.4+1} 252.4 \cdot 293.6} = 272.2 \text{ м/с}.$$

Таким образом, можно считать, что устанавливается скорость истечения, равная местной скорости звука $a_{зв}$.

При диаметре сопла $d = 15$ мм расчетная площадь выходного сечения $f = 0.000176$ м². Тогда по формуле (11) расход сжатого воздуха на единичный ГДУ:

$$m = 0.000176 \sqrt{2 \frac{1.4}{1.4+1} \left(\frac{2}{1.4+1} \right)^{\frac{2}{1.4+1}} \cdot \frac{5 \cdot 10^5}{0.0139}} = 0.1348 \text{ кг/с или } 485,3 \text{ кг/ч}.$$

После приведения к нормальным условиям объемный расход для индивидуальной ГДУ составит:

$$V = 485.3 \cdot 1.293 = 627.5 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Выбор компрессорных установок осуществляется по величине общего расхода V . Суммарные объемы ресиверов выбираются на 30-40 % больше исходной производительности компрессоров.

Таким образом, определены основные технические характеристики агрегата центрифугирования, который может быть использован в «модульном комплексе» для очистки газов вместо типовых циклонных устройств большого диаметра. В частности, скорость на выходе из сопла ГДУ составляет более 270 м/с. Дальнейшие поиски базовой установки велись с учетом задачи обеспечения большой пропускной способности по газовым потокам, а также задачи повышения эффективности очистки дымовых и агрессивных газов с одновременным снижением металлоемкости, энергетических и стоимостных затрат.

Результатом анализа поставленных задач является предлагаемая установка для проведения глубокого пылегазозолоулавливания, собранная по модульной схеме (рис. 3). В «модульном комплексе» использован единый корпус – труба большого диаметра с подводящими и отводящими трубами и бункерами для отвода пыли и шлама. Корпус разделен на отдельные комплектовочные секции, такие как: пылесадительная камера, камера каталитической нейтрализации газов, многофункциональная адсорбционная «камера центрифугирования», а также тягодутьевая установка, в основании которой расположена гравитационная камера для улавливания конденсата и шлама.

На рисунке 3 схематично представлен «модульный комплекс» пылегазоуловителя, соответствующий авторскому патенту [8]. Устройство включает цилиндрический корпус большого диаметра, разделенный на 4 комплектовочных модуля (I, II, III, IV).

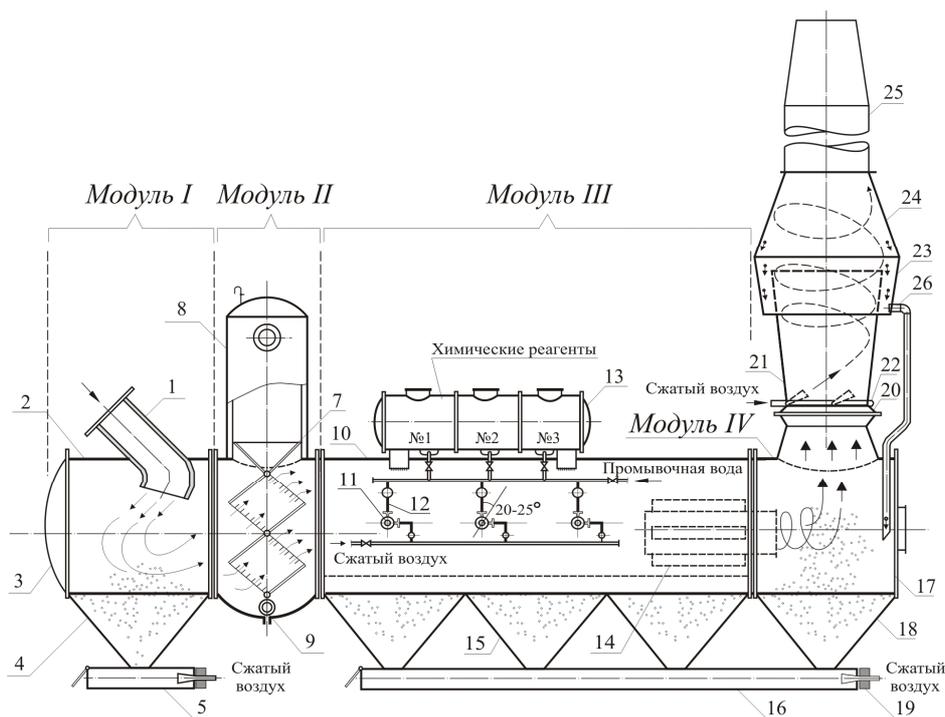


Рис. 3. «Модульный комплекс» тягодутьевого пылегазозолоулавливания из дымовых и агрессивных газов

Каждый модуль выполняет определенную функцию как ступень разделения и очистки газа и может комплектоваться в «модульный комплекс» в зависимости от производственной потребности.

Модуль I – пылесадительная камера для первичной очистки газов. Она состоит из вводной трубы 1 с коленом, введенным под углом 30° к корпусу 2 пылесадительной камеры, отбойной диафрагмы 3, сборного бункера 4 и пневмотранспортной трубы 5. Скоростной режим в пылесадительной камере находится в пределах 2.5-10 м/с. Осаждение пылевых частиц осуществляется за счет гравитационных сил и изменения направлений движения потока.

Первично очищенный методом гравитации высокотемпературный поток направляется в модуль II. Модуль II – камера каталитической нейтрализации газов – состоит из собственно камеры 6, кассет 7, выполненных в виде ромбовидных ячеек с двумя противоположными непроницаемыми стенками, двумя другими – проницаемыми: пористыми или сетчатыми. Камера каталитической нейтрализации газов снабжена дозатором 8, расположенным в верхней части камеры 6 и узлом пневмотранспорта 9, назначение которого – возврат адсорбента-катализатора в дозатор 8.

Учитывая универсальность «модульного комплекса» для использования в различных отраслях промышленности, а также на мусоросжигающих заводах и коммунальных теплогенерирующих установках, была принята противоточная схема движения таблетизированных катализаторов в кассетах с различным по составу заполнением. Каталитический способ очистки газовых выбросов позволяет при невысоких температурах самого потока, т.е. при небольших расходах энергии, очищать большие объемы дымовых и технологических газов. В составе технологических газов в виде паровоздушных смесей могут содержаться этиловый спирт, толуол, ксилол, фенол, ацетат, парафиновые углеводороды, а также другие органические вещества. Подбор катализаторов для окисления выполняется в зависимости от состава примеси. Например: для толуола и ксилола можно использовать меднохромовые системы на силикагеле при температуре потока 350-500°. При окислении других сочетаний органических примесей могут использоваться выпускаемые производством катализаторы: медные, меднохромовые, кобальтовые, кобальтохромовые и палладиевые, массивные и нанесенные на основу и т.д.

Особое место сегодня отводится нейтрализации вредных примесей в продуктах сгорания твердых бытовых отходов. На МСЗ поступают отходы различной природы, в состав которых входят тяжелые металлы и органические вещества, содержащие хлор. Диоксины, присутствующие в выбросах, в основном, образуются из хлорбензолов и хлорфенолов, как пример – поливинилхлорид (ПВХ) – из семейства пластмасс. Кроме того, в выбросах присутствуют ультрамелкие частицы (менее 0.1 мкм). Зарубежные фирмы используют известные методы улавливания диоксинов – с помощью фильтров с диспергированными частицами угля в пластике ADIOX; отработанные фильтры сжигаются [9]. Для обеспечения бесконтактного метода эксплуатации в качестве основы предлагается использовать кокс, обкатанный в активированном угле. Это позволяет снизить износ и повысить температурную устойчивость каталитической массы. Отработанный материал брикетируется и сжигается при высоких температурах.

Очищенный от определенных химических компонентов сбросный газ поступает в цилиндрический корпус 10 модуля III. Горизонтальный высокотемпературный поток газов со скоростью 2.5-10 м/с перемещается в зону действия гидродинамических ускорителей 11, где высокоскоростные потоки сжатого воздуха внедряются в дымовые и агрессивные газы тангенциально под углом 20-25° к вертикали. Суммарный поток приобретает поступательно-вращательное движение. При этом возникают интенсивные инерционные силы, воздействующие на пылевые частицы, выделяющие их из потока.

Для увеличения эффективности инерционного осаждения мелких частиц и дополнительной нейтрализации газообразных примесей в струю сжатого воздуха инжектируют дозированное количество воды или химических растворов из безнапорных емкостей 13 через дозаторы 12. В результате интенсивного вращения суммарного потока газов со скоростью, превышающей 80 м/с, мелкие частицы пыли и распыленные адсорбенты создают плотный пограничный слой во внутренней полости корпуса 10. Приторможенная инерционными силами уплотненная масса сбрасывается в бункеры 15. На выходе из секции весь газ проходит через сепаратор 14 и передается в следующую секцию.

Модуль IV – тягодутьевая установка [10] – имеет в основании гравитационную камеру 17 для улавливания остаточного конденсата и шлама, сборный бункер 18, узел инжектора 19, предназначенный для транспортирования конденсата и шлама через трубы пневмотранспорта 16. Над гравитационной камерой 17 расположена выводная труба, на которой смонтирована тягодутьевая установка 20 с вихревым конусом 21, в основании которой установлен распределительный пояс 22 для подачи сжатого воздуха. Верх вихревого конуса 21 охватывает конус-карман 23, на который насажен сборный конус 24, переходящий в сбросную трубу 25. В нижнюю часть конуса-кармана 23 введена трубка 26 для сброса конденсата и шлама, сепарированного вихревым потоком в гравитационную камеру 17.

«Модульный комплекс», как многоступенчатая пылегазозолоулавливающая установка, может работать автономно, без дымососов, за счет разрежения, создаваемого в «камере – центрифуге» (модуль III) и тягодутьевой установке (модуль IV), работающей на сжатом воздухе по принципу «торнадо».

Таким образом, в предлагаемом многосекционном модуле пылегазозолоулавливания проводятся разделение и очистка газов с использованием высокоскоростных потоков сжатого воздуха при высоких центробежных скоростях, соответствующих уровню центрифугирования. Гидродинамические ускорители, установленные тангенциально под углом 20-25° к вертикали, внедряют высокоскоростные потоки сжатого воздуха во внутреннюю полость цилиндрического корпуса и создают вихревой (закрученный) поток, образуя разрежение (тягу), что снижает общее аэродинамическое сопротивление установки. Использование сухой каталитической нейтрализации химических примесей с выбором адсорбентов расширяет универсальность «модульного комплекса», особенно при улавливании диоксинов и полиароматических углеводородов.

Возможность дозированного диспергирования воды или адсорбентов позволяет совместить процессы сухого, конденсационного и мокрого пылегазозолоулавливания путем подбора оптимальных адсорбентов и адсорбентов в зависимости от состава дымовых и агрессивных газов.

Последняя ступень очистки газа оформлена в виде безопасной тягодутьевой установки. Кроме очистки и охлаждения газа, перед выбросом в атмосферу им обеспечивается тяга во всей полости «модульного комплекса», что позволяет работать автономно без использования тяжелых тягодутьевых устройств в зоне высоких температур. Автономность работы тягодутьевой установки обеспечивается кинетической энергией вихревых потоков в «камере центрифугирования» и в безопасной вентиляционной установке. Подпитка энергией вихревых потоков осуществляется сжатым воздухом от компрессорной установки.

Выводы

Комплектация очистных устройств в «модульный комплекс» позволяет создать универсальную многоступенчатую установку, которая обеспечивает полноту улавливания пыли, золы и нейтрализации газов. Секционная, «модульная» схема компоновки позволяет снизить металлоемкость, стоимость устройства и обслуживания. Простота конструктивного исполнения модулей позволяет изготавливать их в неспециализированных производственных условиях.

Практическая реализация «модульного комплекса» позволяет повысить эффективность разделения и очистки дымовых и агрессивных газов в широких пределах дисперсности пыли и газообразных загрязнителей, значительно снизить степень загрязнения атмосферы, а также затраты на строительство и обслуживание очистных сооружений.

«Модульный комплекс» и все его узлы сконструированы на основе запатентованных авторских разработок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Заводы по переработке твердых бытовых и промышленных отходов в барботируемом расплаве шлака с использованием печей Ванюкова. URL: <http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/8954html>.
2. Гупта А., Лили Д., Сайред Н. Закрученные потоки. – М.: Мир, 1987. – 588 с.
3. Каутиус В. Опыты работы горизонтальных циклонных топок. Циклонные топки / Пер. с нем. Под ред. М.А. Наджарова. – М. – Л.: Госэнергоиздат, 1958. – 152 с.
4. Лукьяненко В.М., Тарансу А.В. Промышленное оборудование. Промышленные центрифуги. – М.: Энергоатомиздат, 1974. – 376 с.
5. Садртдинов И.К., Мусаев А.М., Сафиуллин Р.Г. К расчету аппаратов для термокинетической очистки дымовых и агрессивных газов на основе высокоскоростных воздушных струй // Известия КазГАСУ, 2010, № 1(13). – С. 219-222.
6. Мазуров Д.Я., Малкин Ю.Е., Захаров Г.В. и др. Разработка и перспектива использования циклонных печей для скоростного обжига мелкоизмельченных материалов / В кн.: Циклонные энерготехнологические процессы и установки. – М.: Металлургия, 1967. – С. 98-101.
7. Андрианова Т.Н., Дзамнов Б.В., Зубарев В.Н., Ремизов С.А. Сборник задач по технической термодинамике. – М.: Энергоиздат, 1981. – 240 с.
8. Патент РФ № 96025. Модуль тягодутьевого пылегазозолоулавливания из дымовых и агрессивных газов. Мусаев А.М., Садртдинов И.К. Гос. регистр. 20.07. 2010.
9. Газоочистка ADIOX. URL: <http://www.zaobt.ru/solutions/waste/adiox>.
10. Патент РФ № 2365819. Способ безопасного усиления тяги в дымовых и вентиляционных каналах и устройство безопасного усиления тяги дымовых и вентиляционных каналов. Мусаев А.М. Гос. регистр. 27.08.2009.

УДК 628.33

Адельшин А.Б. – доктор технических наук, профессор

Адельшин А.А. – кандидат технических наук, доцент

Урмитова Н.С. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: a566pm@rambler.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ УСТАНОВОК ОЧИСТКИ НЕФТЕПРОМЫСЛОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЗАКРУЧЕННЫХ ПОТОКОВ

АННОТАЦИЯ

В статье представлены новые технологические и технические решения установок очистки нефтепромысловых сточных вод (НСВ) на основе применения закрученных потоков, которые могут быть использованы при модернизации, совершенствовании существующих и разработке новых установок очистки НСВ.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: нефтепромысловые сточные воды, установка, гидроциклоны, сливные камеры, закрученный поток, отстаивание, очистка воды.

Adelshin A.B. – doctor of technical science, professor

Adelshin A.A. – candidate of technical sciences, associate professor

Urmitova N.S. – candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: a566pm@rambler.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

NEW TECHNOLOGICAL AND TECHNICAL RESOLUTIONS OF OIL-FIELD SEWAGE (OFS) CLEANING PLANT ON THE BASIS OF SWIRLING FLOWS USAGE

ABSTRACT

In the article new technological and technical resolutions of oil-field sewage (OFS) cleaning plant on the basis of swirling flows usage are given, which may be used during modernization, perfect of current and development of new oil-field sewage (OFS) cleaning plant.

KEYWORDS: oil polluted waste water, plant, hydrocyclones, drain chambers, swirling flow, settling water purification.

Технология очистки нефтепромысловых сточных вод (НСВ) с использованием закрученных потоков предполагает последовательную, наиболее полную, эффективную реализацию всех стадий механизма разрушения, очистки нефтяных эмульсий по следующим схемам:

1) гидроциклоны – цилиндрические камеры верхнего и нижнего сливов – подвижная инверсирующая жидкая гидрофобная контактная масса (ЖКМ) – отстойник (рис. 1) [1, 2];

2) гидроциклоны – цилиндрические камеры нижних сливов – ЖКМ – отстойник (рис. 2) [3];

3) напорное трубчатое распределительное кольцо – гидроциклоны – цилиндрические камеры верхнего и нижнего сливов – напорные трубчатые сборные кольца верхнего и нижнего сливов – ЖКМ – отстойник – гидродинамический коалесцирующий фильтр – отстойник (рис. 3) [4];

4) напорное трубчатое распределительное кольцо – гидроциклоны – цилиндрические камеры верхнего и нижнего сливов – отстойник (первая зона отстаивания) – гидродинамический коалесцирующий фильтр – отстойник (вторая зона отстаивания) (рис. 4) [5];

5) напорное трубчатое распределительное кольцо – гидроциклоны – цилиндрические камеры верхнего и нижнего сливов – ЖКМ – отстойники – гидродинамический коалесцирующий фильтр – отстойники (рис. 5) [6];

6) гидроциклоны – совмещенная нефтесборная камера верхних сливов гидроциклонов – цилиндрические камеры нижних сливов гидроциклонов – ЖКМ – отстойник (первая зона отстаивания) – гидродинамический коалесцирующий фильтр – отстойник (вторая зона отстаивания) (рис. 6) [7];

7) напорное трубчатое распределительное кольцо – гидроциклоны – цилиндрические камеры верхнего и нижнего сливов – напорные трубчатые сборные кольца верхнего и нижнего сливов – ЖКМ – отстойник (первая зона отстаивания) – гидродинамический коалесцирующий фильтр – отстойник (вторая зона отстаивания) (рис. 7) [8];

8) напорное трубчатое распределительное кольцо – гидроциклоны – цилиндрические камеры верхнего и нижнего сливов – напорные трубчатые сборные кольца верхнего и нижнего сливов – ЖКМ – отстойник (первая зона отстаивания) – гидродинамический коалесцирующий фильтр – трубчатый дырчатый телескопический распределительный коллектор – отстойник (вторая зона отстаивания) (рис. 8) [9].

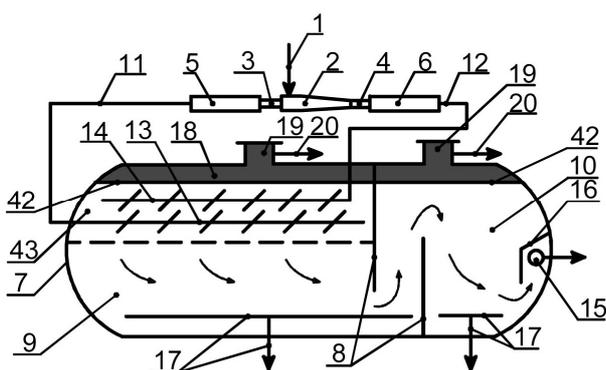


Рис. 1

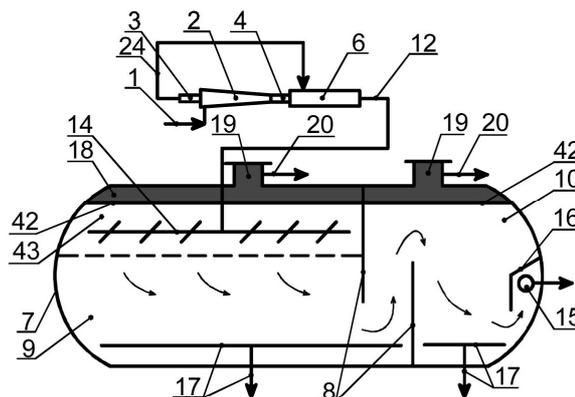


Рис. 2

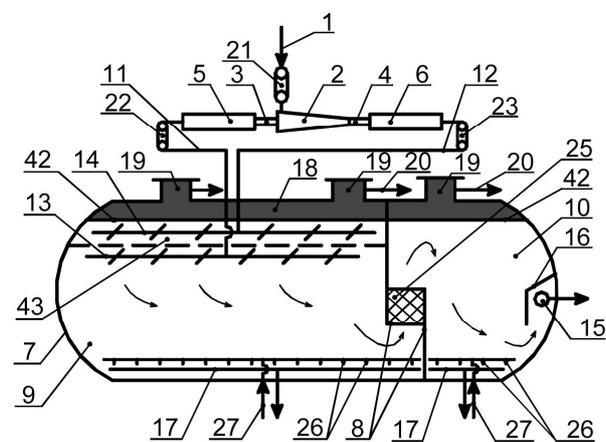


Рис. 3

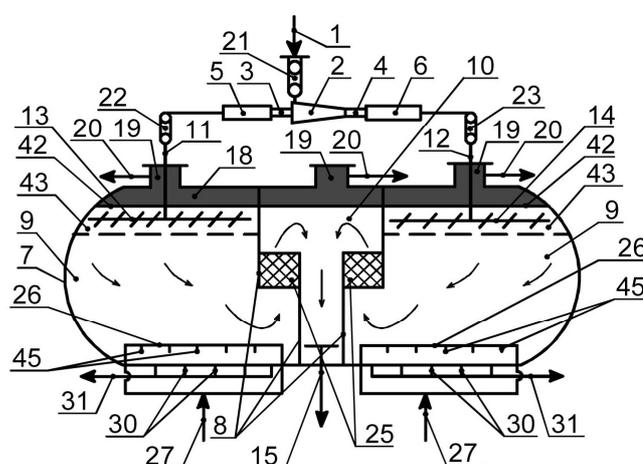


Рис. 4

При этом последовательное осуществление всех стадий очистки НСВ состоит в предварительном разрушении бронирующих оболочек на каплях нефти, укрупнении и уменьшении полидисперсности капель нефти за счет гидродинамической обработки исходной НСВ в закрученных потоках гидроциклона, цилиндрических камер сливов гидроциклона и ее последующей очистки в объеме подвижной инверсирующей гидрофобной контактной массы высококонцентрированной нефти и отстаивания, далее обработки в гидродинамических саморегенерирующих коалесцирующих фильтрах (насадках) с гидрофобной крупнозернистой загрузкой и ее последующей очистки отстаиванием.

На основе проведенных исследований нами разработаны различные технологические и технические решения устройств (установок) типа БГКО (блок гидроциклон – камеры сливов – отстойник) для очистки НСВ. На рис. 1-8 представлены конструктивные решения этих установок [1-10].

Представленная на рис. 1 установка типа БГКО [1, 2] направлена на повышение эффективности очистки НСВ. Решение задачи достигается тем, что на выходе верхнего и нижнего сливов гидроциклона установлены цилиндрические камеры, в которых осуществляется гидродинамическая обработка НСВ последовательно во

всех областях закрученного потока. При этом для исключения влияния гидростатического столба жидкости на процессы дробления и коалесценции капель нефти, гидроциклон 2 и цилиндрические камеры 5, 6 установлены горизонтально.

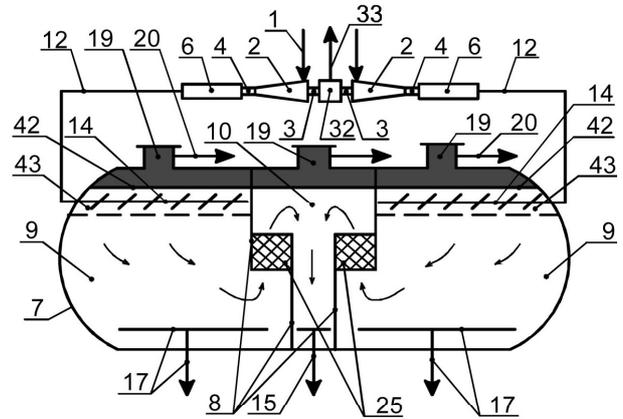
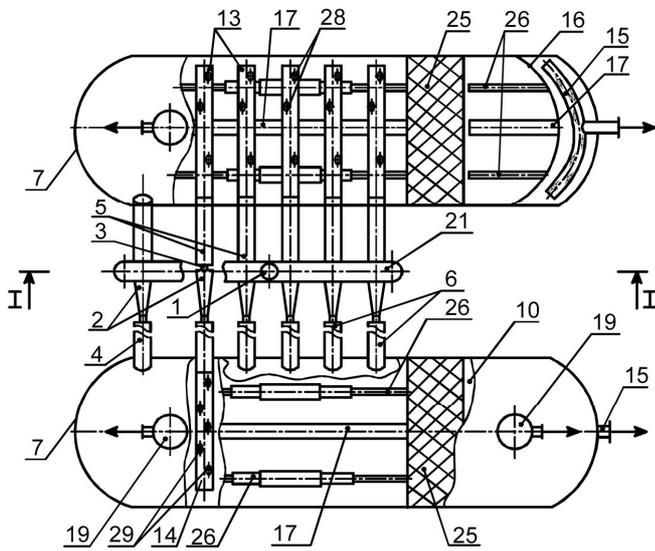


Рис. 6

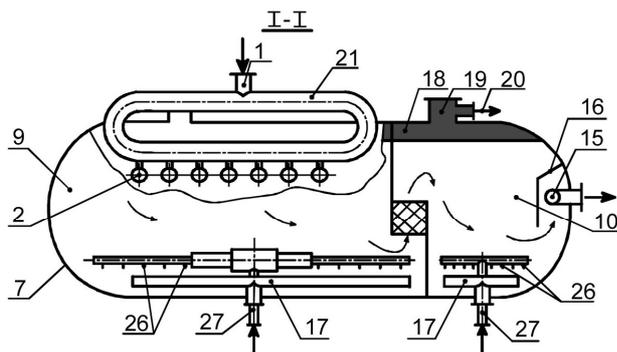


Рис. 5

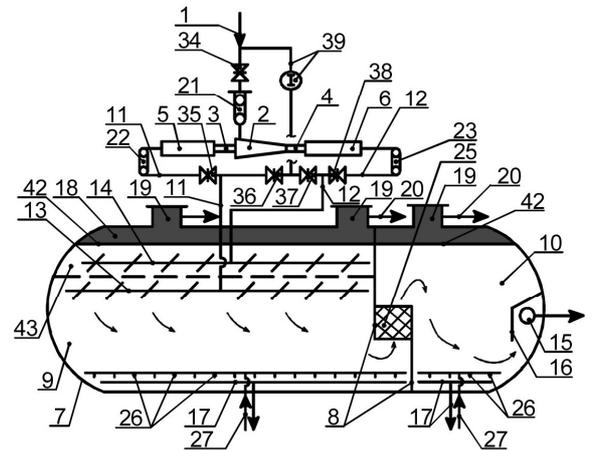


Рис. 7

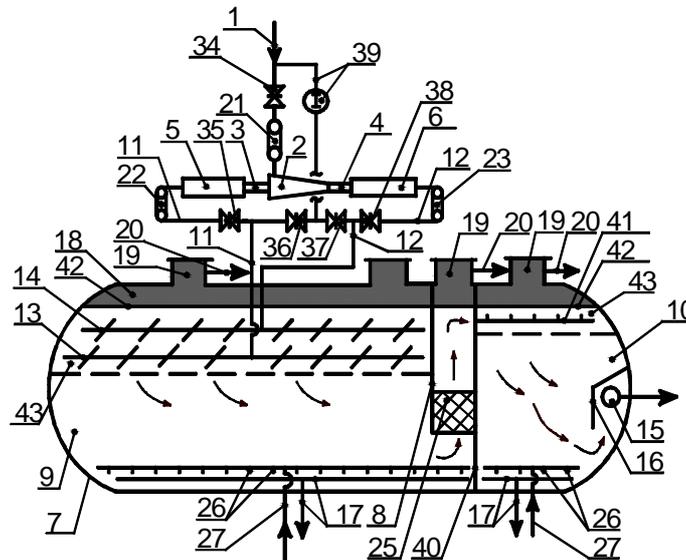


Рис. 8.

В установках очистки НСВ (рис. 1-8) исходная вода поступает в высокотурбулентном режиме ($Re > 10^5$) в гидроциклон 2, где при турбулентном режиме осуществляется ($Re \approx 30000-40000$) гидродинамическая обработка НСВ в поле центробежных сил, в результате чего разрушаются бронирующие оболочки; происходит дробление, укрупнение (коалесценция), уменьшение полидисперсности частиц нефти; разделение НСВ на два потока. В установке очистки НСВ (рис. 1) [1, 2] поток, обогащенный нефтью из верхнего слива 3, поступает в цилиндрическую камеру 5, поток из нижнего слива 4 поступает в цилиндрическую камеру 6. Поток поступает в цилиндрические камеры 5 и 6 в виде закрученных струй, энергия которых используется для дальнейшей гидродинамической обработки НСВ. Движение жидкости в камерах осуществляется в развитом, но более мягком турбулентном режиме ($Re \approx 1 \cdot 10^4$), происходит дальнейшее укрупнение капель нефти. Объем отстойника 7 разделен перегородками 8 на секции 9 и 10. Далее НСВ из камер 5 и 6 через распределители 13 и 14 поступает в верхнюю зону 18 секции 9 отстойника 7 в слой 43 высококонцентрированной по нефти (ЖКМ) с умеренным перемешиванием содержимого. В слое нефти 43 происходит укрупнение капель нефти и ее отстаивание – расслоение НСВ на нефть и воду. Уловленная нефть удаляется через нефтесборники 19 к трубопроводам 20. Очищенная вода удаляется из секции 10 отстойника 7 через устройство 15. Нефтьшлам накапливается на дне отстойника 7 и отводится через устройства 17 [1, 2].

При горизонтальном расположении гидроциклона и цилиндрических камер соотношение диаметра цилиндрической камеры 3 верхнего слива D_B гидроциклона 2 к диаметру верхнего сливного патрубка d_B составляет $D_B : d_B = 4,5$ ч 5, а отношение диаметра камеры нижнего слива 4 гидроциклона 2 D_H к диаметру патрубка нижнего слива, гидроциклона 2 d_H составляет $D_H : d_H = 3$ ч 4, при этом соотношение длин камер верхнего 5 и нижнего 6 сливов гидроциклона 2 к их диаметрам равно 10 ч 30. Указанные диапазоны изменений соотношений геометрических параметров камер, патрубков обуславливают оптимальный режим процесса коалесценции капель нефти в камерах. При $D_B / d_B < 4,5$ и $D_H / d_H < 3$ эффект укрупнения капель нефти ухудшается вследствие того, что часть энергии закрученного потока, предназначенного для реализации процесса коалесценции капель нефти вследствие увеличивающегося стеснения струи, расходуется на трение о стенку камеры. При увеличении $D_B / d_B > 4,5$ и $D_H / d_H > 4$ эффект укрупнения капель также ухудшается вследствие того, что часть энергии закрученного потока рассеивается в увеличенных объемах камер. При соотношении длины камеры к их диаметрам меньше 10 эффект укрупнения капель нефти ухудшается вследствие незавершенности процесса коалесценции из-за недостаточной длины камер, при увеличении соотношений более 30 эффект укрупнения капель нефти увеличивается незначительно на ≈ 5 %, но вместе с тем увеличивается металлоемкость, энергоемкость и габаритные размеры установки очистки НСВ.

Вышеописанное устройство получило дальнейшее совершенствование в разработанной нами установке БГКО (рис. 2) [3]. Здесь повышение эффекта очистки НСВ достигается тем, что патрубок отвода верхнего слива 3 тангенциально подсоединен к цилиндрической камере нижнего слива гидроциклона 6 в направлении закрученного потока в камере нижнего слива и на расстоянии, равном 1,0-1,1 диаметра камеры от ее переднего торца. Место ввода потока разрушенной эмульсии из верхнего слива 3 в камеру 6 обусловлено тем, что закрученная струя при истечении из патрубка 4 нижнего слива в камеру 6 при внезапном расширении образует зону, распространяющуюся в объеме камеры 6 от торца ее на некоторое расстояние и со значительной потерей напора, что дает возможность подачи эмульсии из верхнего слива во внутрь камеры 6.

Подача потока НСВ, обогащенного нефтью, из верхнего слива в камеру 6, в которой распространяется закрученная струя, представляющая собой относительно мелкодисперсную и низкоконцентрированную эмульсию, интенсифицирует процесс коалесценции в камере 6, так как с увеличением концентрации нефти укрупнение капель нефти происходит более интенсивно. Кроме этого, при возврате эмульсии верхнего слива в камеру 6 увеличивается общий расход и интенсивность турбулентности общего потока, интенсивность закрутки и длина закрученного потока в камере 6; происходит быстрое подмешивание потока эмульсии из верхнего слива к потоку нижнего слива и совместная дополнительная по времени и интенсивности гидродинамическая обработка общего закрученного потока эмульсии в камере 6. Все это способствует более полному и быстрому завершению процесса коалесценции и сглаживанию полидисперсности частиц нефти, а, следовательно, повышению эффекта очистки НСВ.

Одно из конструктивных решений аппарата типа БГКО (рис. 3) [4] направлено на повышение эффекта очистки НСВ. Устройство работает следующим образом. Исходная НСВ по трубопроводу 1 через напорное трубчатое распределительное кольцо 21 подается в гидроциклоны 2, далее поток из верхних и нижних сливов 3 и 4 направляется в цилиндрические камеры верхнего и нижнего сливов 5 и 6, отсюда через напорные трубчатые сборные кольца 22 и 23 трубопроводы 11 и 12 и распределители 13 и 14 в слой высококонцентрированной нефти 43 в зону турбулентного перемешивания, где происходит интенсивная коалесценция капель нефти, переход укрупнившихся капель в слой уловленной нефти 18, контактная очистка НСВ от нефти. При этом распределитель верхнего слива 13 верхней своей плоскостью расположен на уровне границы раздела фаз «вода – высококонцентрированная эмульсия», а распределитель нижнего слива 14 верхней своей плоскостью расположен на границе фаз «нефть – высококонцентрированная эмульсия», а отверстия распределителей расположены в верхней части ответвлений в шахматном порядке и под углом не более 45° к вертикальной оси ответвления. Все это способствует непрерывному разрушению промежуточного слоя на границе указанных выше фаз.

Для удаления накопившегося осадка со дна отстойника 7 в напорную систему разрыхления и смыва осадка 26 по трубопроводу 27 подается под напором вода, которая, вытекая из сопел, разрыхляет и смывает осадок к сборной дырчатой системе 17, далее осадок отводится в осадконакопитель.

Мелкодисперсные частицы нефти, вынесенные потоком воды из первой зоны отстаивания 9, укрупняются в слое коалесцирующего фильтра 25, расположенного между перегородками 8, и всплывают во второй зоне отстаивания 10, накапливаются в верхней части этой зоны, а далее удаляются через нефтесборник 19 и патрубок 20.

Очищенная вода удаляется из зоны 10 через дугообразные отбойник 16 и коллектор 15.

Комплексная гидродинамическая обработка НСВ в закрученных потоках, совмещенная с интенсивной очисткой в подвижной контактной гидрофобной инверсирующей массе 43; равномерное распределение потока исходной НСВ, равномерный сбор очищенной воды и осадка; непрерывное гидродинамическое разрушение и исключение формирования промежуточного слоя, достаточно полное и быстрое удаление осадка в любое время при исключении ручного труда и простоя установок очистки; улучшение условия эксплуатации, компактность и высокоиндустриальность устройства в изготовлении и монтаже дают возможность для создания эффективной технологии и аппаратов очистки НСВ.

Однако в установках БГКО (рис. 1, 3) [1, 2, 4], вследствие перемешивания потоков НСВ верхнего и нижнего сливов друг с другом и эмульсией, содержащейся в верхней части отстойника, отличающихся по фазово-дисперсным характеристикам, образуется эмульсия с относительно высокой полидисперсной внутренней нефтяной фазой. Штуцующие устройства, местные сопротивления могут привести к передиспергированию частиц нефти. Разрушение бронирующих оболочек капель нефти, агрегативных частиц механических примесей и образование при этом тонкодиспергированных частиц ускоряет восстановление и упрочнение бронирующих оболочек на тонкодиспергированных частицах нефти. Эти обстоятельства могут привести к снижению эффекта коалесценции и, как следствие, эффекта очистки НСВ.

С учетом указанных выше обстоятельств разработано устройство БГКО (рис. 5), в котором повышение эффекта очистки НСВ достигается за счет совершенствования конструкции распределительных устройств и размещения их в двух отдельных отстойниках, а также размещения в отстойниках гидродинамических коалесцирующих насадок [6].

Исходная НСВ из напорного трубчатого распределительного кольца 21 поступает в гидроциклоны 2, далее в цилиндрические камеры верхних сливов 5 и трубчатые дырчатые коллекторы 13 первого отстойника 7, а из цилиндрических камер нижних сливов 6 в трубчатые дырчатые коллекторы 14 второго отстойника 7, далее равномерно распределенный поток струй эмульсии мгновенно через отверстия подается в слой высококонцентрированный по нефти эмульсии. При этом упрочение и проявление упругих свойств бронирующих оболочек на каплях нефти, их влияние на процесс коалесценции практически отсутствуют.

Повышение эффекта очистки НСВ от нефти достигается тем, что при поступлении потоков эмульсии в виде закрученных струй в камеры 5 и 6, снабженные дырчатыми распределительными коллекторами 13 и 14, увеличивается время гидродинамической обработки НСВ в закрученном потоке. Кроме того, подача предварительно гидродинамически разрушенной НСВ в гидроциклонах 2

и камерах 5 и 6 непосредственно в линейные распределительные коллекторы 13 и 14 дает возможность максимально исключить прохождение НСВ через различные штуцерирующие устройства и местные сопротивления, что приводит к увеличению эффективности коалесценции, следовательно, эффекта очистки НСВ.

В полости гидроциклонов 2, камер 5 и 6 и на их сливах образуются полидисперсные потоки НСВ, отличающиеся внутренними фазово-дисперсными характеристиками, а именно: полидисперсность эмульсии верхнего слива всегда больше (2-3 и более раз) полидисперсности эмульсии нижнего слива [10]. Смешение таких потоков и одновременный совместный ввод их в отстойник определяют существование в общем потоке целого спектра разных диаметров капель нефти, что ухудшает условия их коалесценции и снижает эффект очистки НСВ. Поэтому раздельный ввод эмульсии верхнего и нижнего сливов в отдельно стоящие отстойники (рис. 5) способствует повышению эффекта очистки НСВ.

Укрупнение мелкодисперсных частиц нефти в потоке воды из первой зоны отстаивания, удаление очищенной воды и осадка из установки осуществляются аналогично описанной выше установке [4].

Достоинством устройства являются высокая стабильность и полнота завершения процессов коалесценции и очистки НСВ при неравнозначных количественных и качественных параметрах исходной НСВ; высокоиндустриальность его изготовления и монтажа; возможность для создания эффективной технологии очистки НСВ.

На рис. 4, 9, 10 представлено устройство БГКО и его конструктивные элементы, в котором повышение эффекта очистки НСВ достигается за счет совершенствования конструкции и размещения устройств распределения исходной НСВ, сбора и удаления очищенной воды; устройств рыхления и смыва, сбора и удаления осадка со дна отстойника, а также и размещения гидродинамических коалесцирующих насадок [5].

В данной конструкции отстойник разделен на три отсека 9 и 10. НСВ из камер 5 и 6 поступает в напорные кольца 22, 23, далее по трубопроводам 11, 12 в распределители 13, 14 и через закручивающее устройство 44 в виде равномерно распределенного потока широко закрученных эмульсий (рис. 9) подается в высококонцентрированный по нефти слой (НСВ) 43 в секциях 9 отстойника 7.

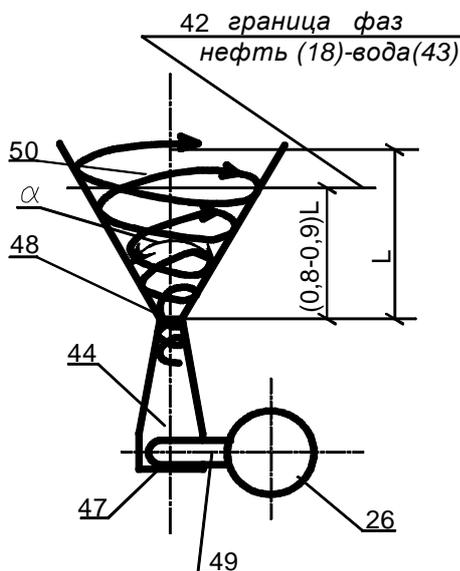


Рис. 9

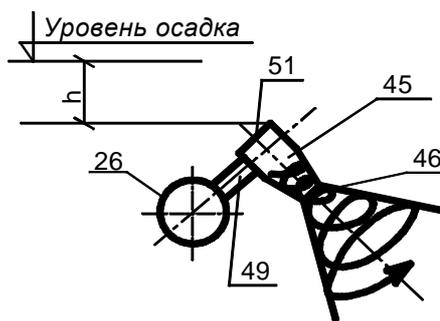


Рис. 10

В области границы фаз «нефть (18) – слой высококонцентрированной по нефти эмульсии (43)» закрученные струи эмульсии создают зону турбулентного перемешивания с одновременным вовлечением эжектируемой части эмульсии с окружающих слоев. Происходит интенсивное перемешивание содержимого слоя высококонцентрированного по нефти 43 и потока струй НСВ, интенсифицируется процесс эффективной коалесценции капель нефти, переход укрупнившихся

капель нефти в слой уловленной нефти 18, в результате осуществляется эффективная контактная очистка НСВ от нефти. Мелкодисперсные частицы нефти, вынесенные потоком воды из секций 9 отстойника 7, вместе с потоком воды поступают в коалесцирующие насадки 25, расположенные между перегородками 8, и при фильтрации в направлении снизу-вверх частицы нефти укрупняются и всплывают в зоне 10.

Для удаления осадка со дна секций отстойника 7 в напорные кольцевые коллекторы 26 по кольцевым трубопроводам и патрубкам под напором вода, которая, вытекая из закручивающих устройств 45 (рис. 10) с одновременным вовлечением эжектируемой части осадка с окружающих слоев, перемешивает, разрыхляет и смывает его к патрубкам 30, далее взмученный и смытый осадок по трубопроводам 31 отводится в осадконакопитель.

При этом закручивающее устройство 45 выполнено в виде цилиндрического гидроциклона сходящим соплом 46 (рис. 10), направленным в стороны патрубков 30 отвода осадка (рис. 4).

Закручивающие устройства (рис. 9, 10) разработаны в виде цилиндрических гидроциклонов, с одним наглухо закрытым торцом (поз. 47, 51) и другим открытым (поз. 46, 48), выполненными в виде сходящего сопла, присоединенными попеременно разносторонними к их цилиндрической части корпуса тангенциальными патрубками 49 с направленными вверх открытыми концами сопел, расположенными ниже уровня границы фаз «нефть (18) – слой высококонцентрированной по нефти эмульсии (43)» (рис. 9), со сходящим соплом 46 (рис. 10), направленным в стороны патрубков 30 отвода осадка (рис. 4).

На выходе из сопла 48 образуется широкая закрученная струя 50 (рис. 9) с большим углом расширения (α), дальностью (L) и повышенной эжекционной способностью. Все это предотвращает образование промежуточного слоя, способствует созданию подвижной «свежеразрушенной» инверсирующей поверхности границы «нефть-вода» и повышению эффекта очистки.

Предлагаемое устройство компактное, позволяет удалять осадок без отключения аппарата из работы и без нарушения нормальной его работы; уменьшить количество аппаратов при большой производительности, сократить длину трубопроводов обвязки и количества арматуры; дает возможность для создания эффективной технологии очистки НСВ.

На рис. 6 представлено устройство типа БГКО, в котором повышение эффекта очистки НСВ достигается за счет объединения напорных гидроциклонов в единую конструкцию со стороны верхних сливов гидроциклонов при помощи совмещенной нефтесборной камеры; при этом крайние секции отстойника имеют равные объемы и одинаковую конструкцию; а также за счет совершенствования конструкции и размещения устройств распределения исходной НСВ, сбора и удаления очищенной воды и размещения гидродинамических коалесцирующих насадок [7].

Исходная НСВ (рис. 6) по патрубкам 1 под напором подается в гидроциклоны 2. Происходит распределение НСВ на два потока практически с одинаковыми фазово-дисперсными характеристиками: потоки из нижних сливов 4 гидроциклонов 2 поступают в нефтесборную камеру 32, откуда удаляются через патрубок для отвода нефти 33. Потоки эмульсии из нижних сливов гидроциклонов поступают в камеры 6 в виде закрученных струй и далее в распределители 14. Через закручивающие устройства (аналогично рис. 9) распределителя 14 в виде равномерно распределенного потока широко закрученных струй эмульсия подается в высококонцентрированный по нефти слой НСВ 43. В области границы фаз «нефть (18) – слой высококонцентрированной по нефти эмульсии (43)» закрученные струи эмульсии создают зону турбулентного перемешивания с одновременным вовлечением эжектируемой части эмульсии с окружающих слоев 18 и 43 и потока струй НСВ; интенсифицируется процесс эффективной коалесценции капель нефти, переход укрупнившихся капель нефти в слой уловленной нефти 18, в результате осуществляется контактная очистка НСВ от нефти.

Представленная разработка (рис. 7) направлена на повышение надежности работы устройства эффекта очистки НСВ, за счет совершенствования конструкции, технологической схемы подачи, регулирования, отключения и включения в работу батареи гидроциклонов с цилиндрическими камерами верхнего и нижнего сливов гидроциклонов без полного отключения аппарата из работы [8].

НСВ по трубопроводу 1 (рис. 7) подается через напорное трубчатое распределительное кольцо 21 в гидроциклоны 2. Потоки из верхних сливов 3, 4 гидроциклонов 2 поступают в цилиндрические камеры 5, 6. Далее из камер 5, 6 потоки поступают в напорные трубчатые сборные кольца 22, 23, а далее по трубопроводу 11, 12 в распределители 13 и 14, и из него в виде равномерно распределенного

потока в слой высококонцентрированной по нефти эмульсии 43, где происходит интенсивная коалесценция капель нефти, переход укрупнившихся капель нефти в слой уловленной нефти 18, контактная очистка НСВ от нефти.

Для удаления накопившегося осадка со дна отстойника 7 в напорную систему разрыхления и смыва осадка 26 по трубопроводу 27 подается под напором вода, которая, вытекая из сопел, разрыхляет и смывает осадок к сборной дырчатой системе 17, далее осадок отводится в осадконакопитель.

Очищенная вода из отстойников удаляется через систему сбора и отвода очищенной воды 15, уловленная нефть отводится через нефтесборники 19 и устройство отвода уловленной нефти 20.

Для проведения ремонта, профилактики, ликвидации аварий, замены отдельных элементов, узлов в батарее гидроциклонов 2 камер 5 и 6, распределительных 13, 14 и сборных 22, 23 напорных колец и т.д. закрывают задвижки 34, 35, 38, открывают задвижки 36 и 37. Исходная НСВ под напором из трубопровода подачи 1 поступает в закручивающий сужающий канал камеры, образуются затопленные струи, касательные к внутренней поверхности обводного трубопровода, в канале в целом образуется стабильный закрученный высокотурбулентный поток, с постоянно увеличивающейся скоростью вращения и закрутки, а на выходе из камеры на некотором расстоянии образуются область затухания закрученного потока и область переходная на осевое потенциальное течение. Все это способствует увеличению дальности закрученного потока и времени гидродинамической обработки НСВ в объеме закрученного потока и разрушению бронирующих оболочек и коалесценции нефтяных частиц, повышению эффекта очистки.

При этом часть исходной НСВ по обводному трубопроводу 39, трубопроводу-перемычке, трубопроводу 11 через открытую задвижку 36 поступает в распределитель 13 и из него в виде равномерно распределенного потока в слой высококонцентрированной по нефти эмульсии 43, где происходит контактная очистка НСВ от нефти.

Другая часть исходной НСВ по трубопроводу-перемычке через открытую задвижку 37 по трубопроводу 12 поступает в распределитель 14, а из него в виде равномерно распределенного потока непосредственно к нижней поверхности слоя нефти 18, т.е. в зону турбулентного перемешивания 43. Потоки, выходящие из распределителя 13 и 14, интенсивно перемешиваются в слоях высококонцентрированной по нефти эмульсии 43 и нефти 18, что повышает эффективность контактной очистки НСВ.

Дальнейшая очистка НСВ, удаление очищенной воды, уловленной нефти и осадка происходят аналогично вышеописанному. Таким образом, в указанных выше режимах работа устройства не прекращается. Для возврата устройства в нормальный проектный режим работы открывают задвижки 34, 35 и 38 и закрывают задвижки 36 и 37.

Достоинствами предлагаемого устройства являются высокие надежность, эффект очистки, возможность удаления осадка и проведения ремонтно-профилактических и аварийных работ без прекращения работы устройства.

На рис. 8 [9] представлена более усовершенствованная конструкция установки очистки НСВ (рис. 7) [8] с целью улучшения эффекта очистки НСВ за счет разделения отстойника 7 сплошной перегородкой 40 на две секции 9 и 10 с трубчатым дырчатым телескопическим коллектором - распределителем 41 во второй зоне отстаивания (секция 10).

НСВ по трубопроводу 1 (рис. 8) подается через напорное трубчатое распределительное кольцо 21, в гидроциклоны 2. Поток из верхних и нижних сливов 3, 4 гидроциклонов 2 поступает в цилиндрические камеры 5, 6. Далее из камер 5,6 поток поступает в напорные трубчатые сборные кольца 22, 23, а далее по трубопроводу 11, 12 в распределители 13 и 14, и из него в виде равномерно распределенного потока в слой высококонцентрированной по нефти эмульсии 43, где происходит интенсивная коалесценция капель нефти, переход укрупнившихся капель нефти в слой уловленной нефти 18, контактная очистка НСВ от нефти.

После коалесцирующей загрузки 25 НСВ через трубчатый дырчатый телескопический коллектор - распределитель 41, снабженный соплами, установленными перпендикулярно телескопическому коллектору и направленными вверх, поступают в секцию 10 в слой высококонцентрированной по нефти 43. Уловленная нефть из секций 9 и 10 удаляется через нефтесборники 19 и патрубков 20. Очищенная вода удаляется из секции 10 через отбойник 16 и систему сбора и отвода очищенной воды 15.

Работы по проведению ремонта, профилактики, ликвидации аварий, замены отдельных элементов, узлов в батареях гидроциклонов, камер, распределительных и сборных напорных колец производятся аналогично предыдущей установке очистки НСВ (рис. 7) [8].

Дальнейшая очистка НСВ, удаление очищенной воды, уловленной нефти и осадка, ввод в аварийный и вывод из аварийного режимов происходят аналогично вышеописанному.

Достоинствами предлагаемого устройства являются высокая надежность, более высокий эффект очистки, возможность удаления осадка и проведения ремонтно-профилактических и аварийных работ без прекращения работы устройства.

Приведенные выше конструктивные решения установок могут быть использованы при модернизации, совершенствовании и разработке новых установок очистки НСВ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент РФ № 2189360. Бюл. № 26 от 20.09.2002 г. Устройство для очистки нефтесодержащих сточных вод. Адельшин А.Б., Потехин Н.И., Адельшин А.А.
2. Патент РФ № 2227791. Бюл. № 12 от 27.09.2004 г. Устройство для очистки нефтесодержащих сточных вод. Адельшин А.Б., Потехин Н.И., Адельшин А.А., Каюмов Р.А.
3. Патент РФ № 2248327. Бюл. № 8 от 20.03.2005 г. Устройство для очистки нефтесодержащих сточных вод. Адельшин А.Б., Потехин Н.И., Адельшин А.А.
4. Патент РФ № 2253623. Бюл. № 16 от 10.06.2005 г. Устройство для очистки нефтесодержащих сточных вод. Адельшин А.Б., Потехин Н.И., Адельшин А.А.
5. Патент РФ № 2257352. Бюл. № 21 от 27.07.2005 г. Устройство для очистки нефтесодержащих сточных вод. Адельшин А.Б., Потехин Н.И., Адельшин А.А.
6. Патент РФ № 2255903. Бюл. № 19 от 10.07.2005 г. Устройство для очистки нефтесодержащих сточных вод. Адельшин А.Б., Потехин Н.И., Адельшин А.А., Каюмов Р.А., Урмитова Н.С.
7. Патент РФ № 2303002. Бюл. № 20 от 20.07.2007 г. Устройство для очистки нефтесодержащих сточных вод. Адельшин А.Б., Адельшин А.А.
8. Патент РФ № 2313493. Бюл. № 36 от 27.12.2007 г. Устройство для очистки нефтесодержащих сточных вод. Адельшин А.А., Адельшин А.Б., Файзуллин Р.Н., Сахапов Н.М.
9. Решение о выдаче патента на изобретение № 2009117173/05(023554) от 10.06.2010 г. Устройство для очистки нефтесодержащих сточных вод. Адельшин А.А., Адельшин А.Б.
10. Адельшин А.А. Моделирование процессов и разработка установок очистки нефтесодержащих сточных вод на основе использования закрученных потоков. // Дис. канд. техн. наук. – Пенза, 2009. – 181 с.

УДК 628.3

Адельшин А.Б. – доктор технических наук, профессор

E-mail: a566pm@rambler.ru

Нуруллин Ж.С. – доцент

Бусарев А.В. – кандидат технических наук, доцент

Селюгин А.С. – кандидат технических наук, доцент

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

К ВОПРОСУ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ПОДГОТОВКИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

АННОТАЦИЯ

Рассмотрено современное состояние и пути интенсификации работы водопроводных очистных станций путем применения новых высокоэффективных коагулянтов и флокулянтов. Приведена схема и дано описание экспериментальной установки для подготовки питьевой воды. Рассмотрены вопросы моделирования технологических аппаратов, входящих в состав экспериментальной установки.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: водопроводные очистные сооружения, коагулянты, флокулянты, экспериментальная установка, критерии подобия, моделирование аппаратов для подготовки питьевой воды.

Adelshin A.B. – doctor of technical sciences, professor

Nurullin Zh.S. – associate professor

Busarev A.V. – candidate of technical sciences, associate professor

Selugin A.S. – candidate of technical sciences, associate professor

Kazan State University of Architecture and Engineering

TO THE QUESTION OF MODELING THE PROCESSES OF PREPARATION OF POTABLE WATER

ABSTRACT

The current state and ways of an intensification of work of water clearing stations by application new highly effective coagulants and flocculants are considered. The scheme is resulted and the description of experimental installation for potable water preparation is given. Questions of modeling of the technological devices being included in experimental installation are considered.

KEYWRDDES: water treatment facilities, coagulants, flocculants, experimental installation, criteria of similarity, modeling of devices for potable water preparation.

Одной из важнейших проблем нашего времени является обеспечение населения питьевой водой гарантированного качества в соответствии с современными нормативными требованиями. Существующие водопроводные очистные сооружения (ВОС) в большинстве своем не являются достаточным барьером по задержанию ряда химических веществ, бактериологических загрязнений, соединений азота, фосфора, солей тяжелых металлов, гидробионтов, фенолов, нефтепродуктов и т.д. Обследование 150 водоканалов городов России показало, что при использовании поверхностных вод в 33 % случаев требуется применение методов глубокой очистки воды; в 52 % случаев необходимо совершенствование реагентной обработки воды и существующих традиционных методов ее очистки; в 15 % случаев качество поверхностных вод удовлетворительное и необходимости в дополнительных методах очистки нет, но требуется совершенствование принятых методов очистки с применением современных технологий [1].

Исследования по интенсификации работы ВОС ведутся в различных направлениях. Внедрение новых технологий, аппаратов и сооружений водоподготовки требует больших материальных затрат; менее затратным является применение новых более эффективных реагентов – коагулянтов и флокулянтов.

На российском рынке водоподготовки предлагается широкий выбор высокоэффективных реагентов как зарубежного, так и отечественного производства. Применение органических полимерных коагулянтов (по сравнению с неорганическими) позволяет значительно уменьшить дозу коагулянта; они не добавляют в воду растворенных металлов (алюминия или железа), не изменяют рН очищенной воды, образуют меньше осадка, более удобны в эксплуатации.

Современные флокулянты позволяют улучшить качество воды, уменьшить время отстаивания, повысить эффективность фильтрации, но из-за сложного химического состава обрабатываемой воды требуется проведение экспериментальных исследований для определения степени функциональности флокулянта в зависимости от его молекулярной массы и заряда.

Кроме того, для промышленного применения новых типов реагентов необходимо установить их дозу, время контакта с обрабатываемой водой и другие эксплуатационные характеристики, поэтому более безопасным и рациональным является исследование процессов водоподготовки на экспериментальной установке, моделирующей действующие водопроводные очистные сооружения.

По заданию МУП «Водоканал» г. Казани кафедрой водоснабжения и водоотведения КазГАСУ разработан технический проект экспериментальной установки, предназначенной для моделирования процессов подготовки питьевой воды на V очереди Волжского водозабора г. Казани производительностью 125 тыс.м³/сут. Технология подготовки питьевой воды на Волжском водозаборе г. Казани включает первичное хлорирование, коагулирование, отстаивание и фильтрацию воды и, согласно [2], рекомендуется при мутности исходной воды до 1500 мг и цветности до 120 градусов по платиново-кобальтовой шкале. На сегодняшний день, по данным анализов, фактическая мутность речной воды в районе водозабора в основном не превышает 100 мг/л, а цветность – 120 градусов.

Для совершенствования процессов эксплуатации существующих водопроводных очистных сооружений Волжского водозабора г. Казани разработана экспериментальная установка, технологическая схема которой приведена на рисунке 1. Данная установка предназначена для исследования новых реагентов и совершенствования процессов подготовки питьевой воды.

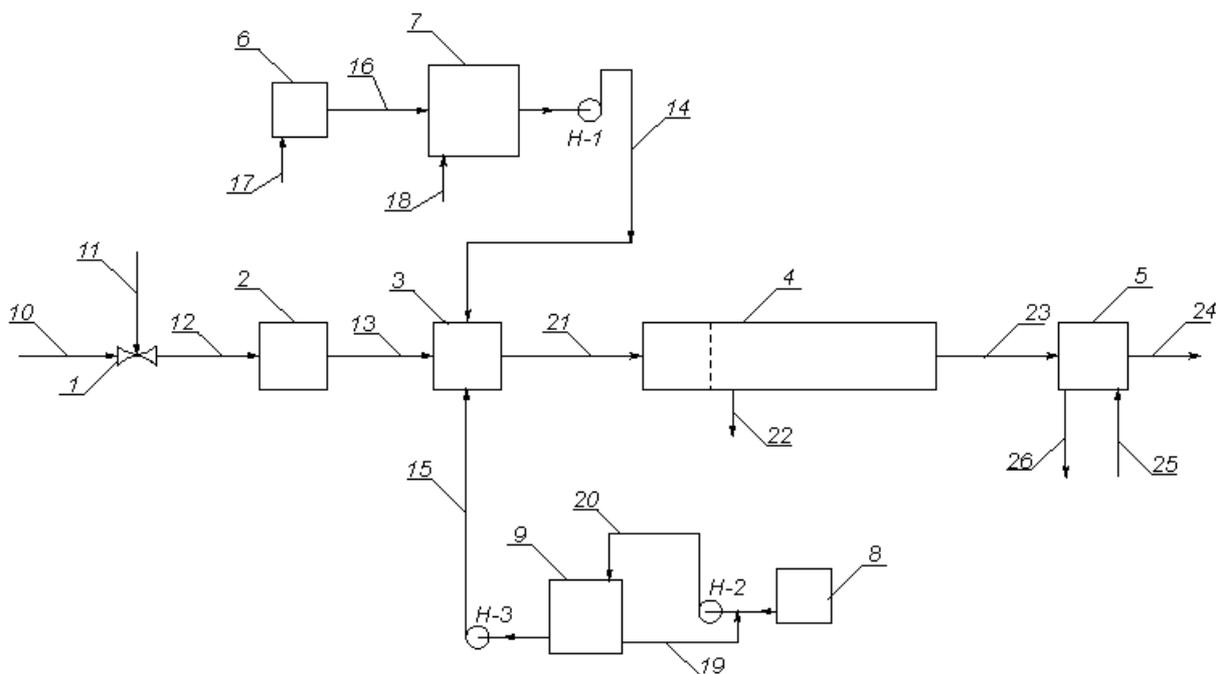


Рис. 1. Технологическая схема экспериментальной установки

В состав установки входят: струйный насос 1, контактная камера 2, модель вихревого смесителя 3, модель горизонтального отстойника со встроенной камерой хлопьеобразования 4, модель скорого фильтра 5, растворный 6 и расходный 7 баки коагулянта, растворный 8 и расходный 9 баки флокулянта, трубопроводы, насосы и запорно-регулирующая арматура.

Исходная речная вода от насосной станции I подъема по трубопроводу 10 подается в струйный насос 1, в который по трубопроводу 11 подводится хлорная вода. В струйном насосе происходит смешение речной воды с хлорной. Смесь хлорной и речной воды по трубопроводу 12 поступает в контактную камеру 2, в которой осуществляется контакт хлора с сырой водой с целью снижения цветности воды и окисления органических примесей, затрудняющих процесс последующей коагуляции взвеси. Из контактной камеры 2 вода по трубопроводу 13 самотеком поступает в модель вихревого смесителя 3. По трубопроводу 14 в смеситель подается раствор коагулянта, а по трубопроводу 15 – раствор флокулянта.

Концентрированный раствор коагулянта готовится в растворном баке 6 и по трубопроводу 16 поступает в расходный бак 7, в котором производится разбавление раствора коагулянта водопроводной водой до рабочей концентрации. Приготовленный таким образом раствор коагулянта насосом-дозатором Н-1 подается в модель смесителя 3. Перемешивание растворов коагулянта в растворном 6 и расходном 7 баках предусмотрено сжатым воздухом, подаваемым по воздухопроводам 17 и 18.

Концентрированный раствор флокулянта готовится в растворном баке 8, оборудованном механической мешалкой. Насосом Н-2 он по трубопроводу 19 перекачивается в расходный бак 9, где разбавляется водопроводной водой и далее насосом-дозатором Н-3 по трубопроводу 15 дозируется в обрабатываемую воду. Усреднение концентрации раствора флокулянта в расходном баке 9 предусмотрено путем гидравлического перемешивания. Для этого раствор реагента насосом Н-2 забирается из нижней части емкости по трубопроводу 19 и закачивается по трубопроводу 20 в его верхнюю часть.

Обработанная реагентами вода по трубопроводу 21 подается в модель горизонтального отстойника со встроенной камерой хлопьеобразования 4. В камере хлопьеобразования происходит укрупнение взвешенных примесей, которые затем выделяются из воды путем осаждения в отстойнике. Осадок, задержанный в отстойнике 4, по трубопроводу 22 периодически сбрасывается на обработку в систему производственной канализации очистной станции, а осветленная вода по трубопроводу 23 поступает в модель скорого фильтра 5 с однослойной песчаной загрузкой.

Очищенная в скором фильтре 5 вода отводится по трубопроводу 24. Периодически, по мере загрязнения, фильтрующая загрузка фильтра промывается чистой водопроводной водой, которая подводится по трубопроводу 25 от водопровода очистной станции. Отработанная промывная вода по трубопроводу 26 сбрасывается в систему производственной канализации.

Ввиду того, что экспериментальная установка предназначена для совершенствования технологических процессов подготовки питьевой воды на Волжском водозаборе г. Казани, проведение на ней исследований подразумевает полное подобие экспериментальной установки существующим очистным сооружениям.

Полное подобие физической модели реальному объекту достигается при выполнении условий геометрического, кинематического и динамического подобия [3].

Геометрическое подобие гидравлических систем означает подобие всех поверхностей, ограничивающих и направляющих поток, т.е. соотношение основных линейных размеров этих систем остается неизменным. Математически условие геометрического подобия может быть представлено в виде [3, 4]:

$$a_i = e_n/e_m = const, \quad (1)$$

где a_i – масштаб моделирования;

e_n – линейный размер реального объекта, мм;

e_m – линейный размер модели, мм.

Кинематическое подобие гидравлических систем в общем виде означает, что безразмерные поля скоростей в рассматриваемых потоках должны быть одинаковы, т.е. отношения скоростей всех соответствующих частиц жидкости, участвующих в движении, должны быть равны между собой, а траектории движения в сравниваемых системах геометрически подобны. Математически условие кинематического подобия имеет вид [3]:

$$V_n/V_m = const, \quad (2)$$

где V_n – скорость движения жидкости в соответствующей точке реального объекта, м/с;

V_m – скорость движения жидкости в модели, м/с.

Динамическое подобие, кроме соблюдения условий геометрического и кинематического подобия, означает пропорциональность сил, действующих в соответствующих точках потока [2]. При отнесении к этим силам давления, вязкости, сил тяжести и инерции динамическое подобие обуславливается равенством критериальных сил Эйлера (Eu), Рейнольдса (Re), Фруда (Fr) и Струхала (St). Математически условие динамического подобия имеет вид [3, 4].

$$\left. \begin{aligned} Eu &= const; \\ Re &= const; \\ Fr &= const; \\ St &= const. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

При моделировании гидравлических систем на практике число критериев, определяющих динамическое подобие, как правило, меньше четырех. Так, например, одновременное моделирование по критериям Рейнольдса и Фруда невозможно. Поэтому для гидравлических систем, в которых движение жидкости осуществляется в безнапорном режиме, наиболее важным является соблюдение критерия подобия Фруда [3].

При моделировании процессов работы отстойников различных типов часто применяется принцип Сурина [5]. Как показали многочисленные экспериментальные исследования для достижения в первом приближении подобия отстойников достаточно, чтобы соблюдалось геометрическое подобие модели и реального объекта, а также в модели использовалась та же вода, что и в реальном отстойнике. Принцип Сурина позволяет обойти невозможность на практике одновременно соблюсти условие геометрического подобия и добиться равенства чисел Рейнольдса в натурном и модельном сооружениях.

Анализ априорной информации показывает, что оптимальная производительность экспериментальной установки подготовки питьевой воды равна 2 л/с. Увеличение производительности установки ведет к увеличению габаритных размеров аппаратов, в нее входящих. Снижение производительности установки приводит к такому уменьшению габаритов аппаратов подготовки воды, при котором на гидродинамике будет значительно сказываться пристеночный эффект, что, в свою очередь, может исказить результаты экспериментальных исследований.

Для смешения исходной речной воды с хлорной водой рассчитан и запроектирован струйный насос (эжектор) (рис. 2).

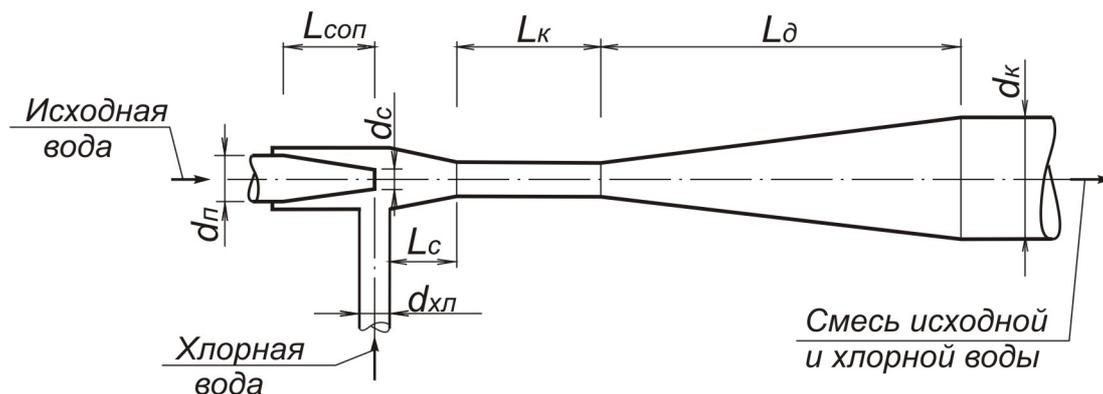


Рис. 2. Расчетная схема струйного насоса

Основные конструктивные размеры эжектора при производительности по исходной воде 2 л/с составляют: диаметр трубопровода исходной воды – $d_{п} = 50$ мм; диаметр трубопровода хлорной воды – $d_{хл} = 10$ мм; диаметр сопла струйного элемента – $d_{с} = 12$ мм; диаметр камеры смешения – $d_{к} = 15$ мм; длина сопла – $L_{соп} = 19$ мм; длина камеры смешения – $L_{к} = 90$ мм; длина диффузора – $L_{д} = 390$ мм; расстояние между соплом и камерой смешения – $L_{с} = 390$ мм.

Контактная камера рассчитана на пятиминутное пребывание смеси исходной и хлорной воды. В качестве контактной камеры принят вертикальный стальной резервуар с размерами в плане 500×400 мм высотой 3 м. Для обеспечения требуемого времени контакта воды с хлором движение воды в камере организуется по лабиринтной схеме, для чего она оборудуется перегородками, при этом конструкцией предусмотрена возможность регулирования жидкости в течение 2, 3, 4 и 5 минут.

Для смешения речной воды с растворами реагентов запроектирован вертикальный смеситель объемом 0,12 м³, рассчитанный на пребывание воды в течение одной минуты. Верхняя часть смесителя призматическая, квадратная в плане с длиной стороны 225 мм, а нижняя часть сооружения – пирамидальная. Общая высота смесителя с учетом высоты бортов составляет 3,0 м.

Для осветления воды в составе экспериментальной установки запроектирована модель горизонтального отстойника со встроенной камерой хлопьеобразования, с рассосредоточенным сбором осветленной воды и гидравлическим удалением осадка (рис. 3).

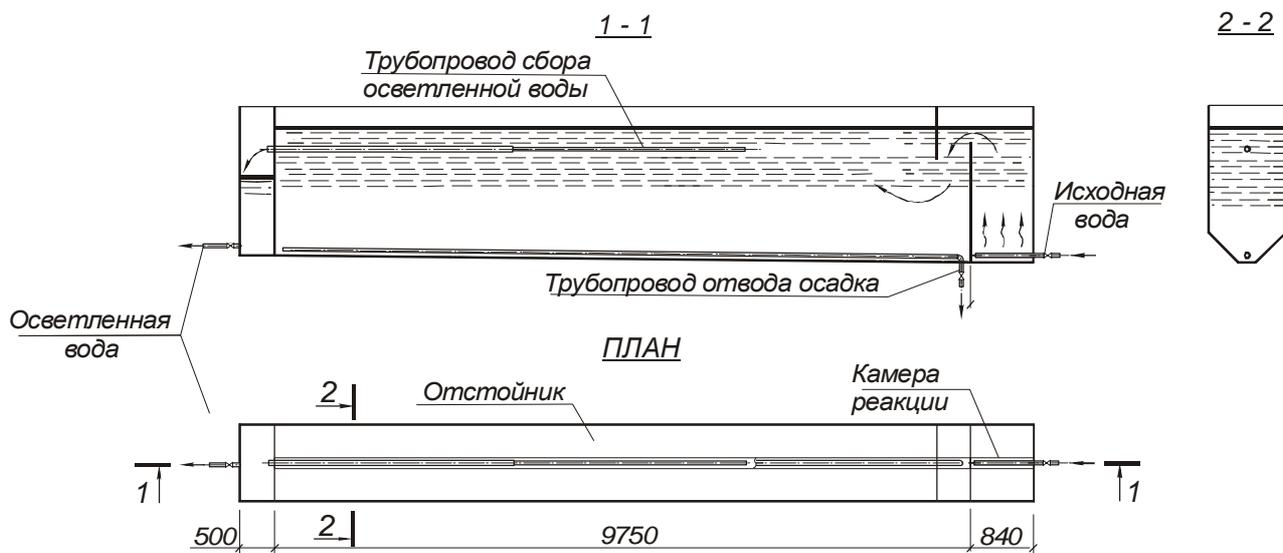


Рис. 3. Схема горизонтального отстойника с камерой хлопьеобразования

Из условий динамического подобия (равенства соответствующих критериальных чисел) масштаб моделирования – a при проектировании горизонтальных отстойников определен по формуле [3]:

$$a = [Q / (N_{омс} \cdot Q_p)]^{0,4}, \tag{4}$$

где Q – производительность моделируемых сооружений;

$N_{омс}$ – число моделируемых сооружений;

Q_p – расчетная производительность модельной установки.

При производительности V очереди водоочистной станции Волжского водозабора 1447 л/с, десяти секциях отстойников и производительности модельной установки 2 л/с.

$$a = [1447 / (10 \cdot 2)]^{0,4} = 5,54$$

Габаритные размеры модели горизонтального отстойника в плане, при масштабе моделирования 5,54 и размерах натурного сооружения 54×6 м, составляют:

- длина модели отстойника, м – 9,75;
- ширина модели отстойника, м – 1,08;
- рабочая глубина модели отстойника, м – 1,78.

Дно отстойника имеет продольный уклон к началу сооружения в размере 0,01. С учетом этого общая высота модели отстойника в начале сооружения составляет 2,3 м, в конце сооружения – 2,2 м.

В начале сооружения располагается полупогруженная перегородка на расстоянии 0,5 м.

Сбор осветленной воды в отстойнике осуществляется телескопической дырчатой трубой длиной на 2/3 длины сооружения.

Система удаления осадка из отстойника принята аналогично системе удаления осадка существующих отстойников V очереди очистной станции Волжского водозабора. Удаление осадка производится под гидростатическим давлением перфорированным трубопроводом без выключения отстойника из работы. Трубопровод располагается у дна сооружения по всей его длине с выпуском осадка в начале отстойника.

Перед отстойником устраивается встроенная камера хлопьеобразования со слоем взвешенного осадка, которая по конструкции аналогична камерам хлопьеобразования отстойников Волжского водозабора.

Длина камеры хлопьеобразования при ширине, равной ширине отстойника, равна 0,84 м. Высота камеры хлопьеобразования принята равной отстойника, т.е. 2,3 м. Подача воды в камеру хлопьеобразования предусмотрена по перфорированному трубопроводу диаметром 70 мм.

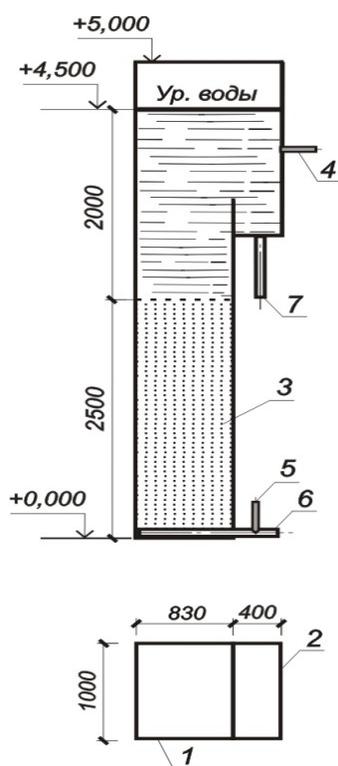


Рис. 4. Схема скорого фильтра

Для окончательной очистки воды в составе экспериментальной установки запроектирована конструкция модели скорого фильтра (рис. 4), которая аналогична конструкции скорых фильтров водопроводных очистных сооружений Волжского водозабора г. Казани и состоит из собственно фильтра 1 и бокового кармана 2.

Модель фильтра прямоугольная в плане размерами 1000×830 мм, общей высотой 5 метров.

Подача исходной воды в модель фильтра 4 и отвод отработанной промывочной воды 7 производится через боковой карман шириной 400 мм, расположенный по ее длинной стороне.

Дренажно-распределительная система скорого фильтра щелевая, в составе 32 дренажных колпачков, аналогичных используемым в натуральных сооружениях.

Растворные и расходные баки по приготовлению коагулянта и флокулянта рассчитаны и запроектированы на непрерывную суточную работу экспериментальной установки. В качестве растворного бака флокулянта предусмотрено использование стандартного аппарата с эллиптическим днищем объемом 0,063 м³, оборудованного механической лопастной мешалкой.

В качестве рекомендации по использованию данной экспериментальной установки очистки природной воды предлагается проведение исследований не только эффективности применения различных видов коагулянтов и флокулянтов, но и различных технологических схем и комбинаций применяемых реагентов, а также усовершенствования конструкций отдельных сооружений очистки и технологии очистки воды.

По качественным показателям, в отдельные периоды года, исходная вода характеризуется повышенной перманганатной окисляемостью и цветностью, а также периодически отмечается наличие фенольных соединений.

Исходя из этого, на экспериментальной установке предусмотрена возможность проведения исследований по эффективности различных видов технологии первичного хлорирования, а именно влиянию дозы первичного хлора и времени ее контакта на эффективность работы последующих сооружений очистки. Данная методика проверки эффективности первичного хлорирования заложена в конструкции контактного резервуара, который рассчитан на пятиминутное пребывание обрабатываемой воды и позволяет отводить воду, обработанную хлором через две, три, четыре и пять минут. Эти исследования необходимы в связи с тем, что в настоящее время существуют определенные затруднения, связанные с эффективностью коагуляции, что вызывает нарекания на неудовлетворительную работу горизонтальных отстойников и последующую повышенную нагрузку

по содержанию взвешенных веществ в воде, поступающей на окончательную очистку на скорые фильтры, что может быть связано с недостаточностью времени контакта первичного хлора с исходной водой. Изменяя дозу хлора и время его контакта с водой, возможно проведение исследований по определению влияния этих факторов на процесс последующей очистки.

Кроме этого, при появлении в исходной воде соединений фенола на установке возможно проведение исследований по первичному хлорированию с преаммонизацией, что также возможно с применением данной конструкции контактной камеры экспериментальной установки.

Для повышения эффективности работы горизонтального отстойника и увеличения его производительности возможно проведение исследований по технологии тонкослойного отстаивания. Для этого модель горизонтального отстойника можно оборудовать тонкослойными блоками различной конструкции и определить эффективность их применения.

Для анализа эффективности работы скорых фильтров можно рекомендовать проведение исследований с использованием различных видов фильтрующих материалов, различного гранулометрического состава и при разных технологических параметрах работы сооружения. Конструкция модели скорого фильтра позволяет проведение исследований по очистке воды фильтрованием с использованием двухслойной загрузки, состоящей из различных сочетаний фильтрующих загрузок, в частности, кварцевого песка и активированного угля. Эта схема очистки воды может быть использована для улучшения качества очищенной воды и выявления барьерной роли фильтров, связанных с ухудшением качества исходной воды при неблагоприятных и чрезвычайных ситуациях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адельшин А.Б., Селюгин А.С., Адельшин А.А., Хисамеева Л.Р. Некоторые аспекты состояния систем водоснабжения и водоотведения в Республике Татарстан и пути их совершенствования / «Инвестиционные подходы к естественнонаучным исследованиям и образованию»: Материалы Всероссийской науч.-практ. конф. (Казань, 12-13 марта 2009 г.). – Казань: ТГГПУ, 2009. – С. 182-193.
2. СНиП 2.04.02-84*. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Введ.01.01.85. – М.: ФГУП ЦПП Госстроя России, 2004. – 128 с.
3. Карелин В.Я., Минаев А.В. Насосы и насосные станции: Учеб. для вузов. – М.: Стройиздат, 1986. – 320 с.
4. Лабораторный практикум по водоотведению и очистке сточных вод: Учебное пособие / В.И. Калицун и [др.]. – М.: Стройиздат, 2000. – 272 с.
5. Байков Н.М., Позднышев Г.Н., Мансуров Р.И. Сбор и промысловая подготовка нефти, газа и воды. – М.: Недра, 1981. – 262 с.

УДК 620.1:691.32

Ерофеев В.Т. – доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РААСН

E-mail: fac-build@adm.mrsu.ru

Богатов А.Д. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: bogatovad@mail.ru

Богатова С.Н. – старший преподаватель

E-mail: bogatovasn@mail.ru

Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева

Смирнов В.Ф. – доктор биологических наук, профессор

E-mail: protectfun@mail.ru

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

ВЛИЯНИЕ СТАРЕНИЯ ВЯЖУЩИХ НА ИХ БИОЛОГИЧЕСКУЮ СТОЙКОСТЬ*

АННОТАЦИЯ

Проведено исследование влияния старения некоторых вяжущих под воздействием различных внешних факторов на их биологическую стойкость. Экспериментально показано, что стеклощелочное вяжущее и строительные растворы на основе жидкого стекла обладают повышенной устойчивостью в биологически агрессивных средах. Установлены потенциальные биодеструкторы, способные к заселению на поверхностях рассматриваемых материалов при их эксплуатации в воздушно-сухих условиях.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: бой стекла, цемент, эпоксидная смола, жидкое стекло, микроорганизмы, биологическое сопротивление, агрессивная среда, старение.

Erofeev V.T. – doctor of technical sciences, professor, corresponding member RAACS

Bogatov A.D. – candidate of technical sciences, associate professor

Bogatova S.N. – senior lecturer

Mordovian State Ogarev University

Smirnov V.F. – doctor of biological sciences, professor

Nizhny Novgorod State Lobachevsky University

INFLUENCE OF AGEING KNITTING ON THEIR BIOLOGICAL FIRMNESS

ABSTRACT

Researches of influence of aging of some knitting under influence of various external factors on their biological firmness are conducted. It is experimentally shown that glass alkali knitting and building solutions on the basis of liquid glass possess the raised stability in biologically excited environments. It is established that potential biodestructures are capable to settle on surfaces of considered materials at their operation in air-dry conditions.

KEYWORDS: glass fight, cement, epoxide pitch, liquid glass, microorganisms, biological resistance, an excited environment, aging.

Биологическая коррозия становится определяющим фактором надежности и долговечности зданий и сооружений. Проблеме изучения влияния воздействия микроскопических грибов и продуктов их метаболизма на свойства строительных материалов в последнее время начинает уделяться все большее внимание. Это связано с тем, что мицелиальные грибы, бактерии, актиномицеты в процессе своей жизнедеятельности способны, если не полностью разрушить конструкцию, то, во всяком случае, значительно снизить эксплуатационные характеристики материалов, использованных для ее получения. Ущерб, причиняемый экономике страны, измеряется в этом случае сотнями тысяч, а возможно, и миллионами долларов.

* Печатается при поддержке РФФИ – грант 09-08-13742 офиц. «Исследование влияния факторов старения композиционных строительных материалов на их биодеградацию и биосопротивление».

Биоразрушениям подвержены практически все материалы: металлические, каменные, бетонные и т.д. [1-3]. Поэтому исследования биодegradации и биологического сопротивления строительных материалов, которые в процессе эксплуатации в различных областях промышленности, строительства, сельского хозяйства подвергаются разрушающему действию различных живых организмов, являются актуальными.

Данные литературы свидетельствуют, что более 40 % общего объема биоразрушений связано с деятельностью микроорганизмов – бактерий и грибов [4-6]. Бактерии развиваются при обильном содержании влаги в материалах, например, при соприкосновении их с жидкостью (градирни, резервуары, трубопроводы, коллекторы и т. д.). При отсутствии капельно-жидкой среды развитие бактерий подавляется, и они уступают место грибам, которые также развиваются при влажности выше 75 %. Оптимум влажности для них 95-98 %. В то же время известно, что грибы и споры многих бактерий сохраняют жизнеспособность и в высушенном состоянии. Известно несколько сотен видов грибов, способных вызывать повреждения различных промышленных и строительных материалов. Доминирующие в процессах биоразрушений виды мицелиальных грибов, относящиеся к классу гифомицетов, следующие: *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus terreus*, *Penicillium cyclopium*, *Penicillium funiculosum*, *Penicillium chrysogenum*, *Paecilomyces varioti*, *Chaetomium globosum*, *Trichoderma viride* [7, 8].

На рост грибов и их физиологическую активность влияют многие факторы внешней среды: температура, кислотность, степень аэробности среды, свет, влажность, давление и др. Основным же фактором, способствующим развитию грибов на материале или конструкции, является вода. Если материал имеет незначительную влажность, то сначала появляются менее требовательные к влажности грибы, а затем уже появляются более влаголюбивые виды или такие, для которых первые микромицеты являются питательной средой. Влага может вноситься за счет самих микробных клеток, которые содержат ее 80 % и более. Рост отдельных видов грибов могут стимулировать воздушные среды, содержащие аммиак, углекислоту, этанол и другие соединения.

Повреждение материалов грибами начинается, как правило, с небольших участков. Даже на биостойких материалах могут наблюдаться мелкие колонии мицелиальных грибов, поселяющихся на загрязнениях биологического происхождения. Особенно благоприятны для роста микромицетов условия повышенной влажности и затрудненного воздухообмена. Такие условия нередко создаются при эксплуатации различного оборудования в закрытых помещениях. В этом случае рост грибов не прекращается до полного исчерпания источника питания, после чего погибшая колония служит источником питания для других микроорганизмов [9].

В наших исследованиях испытания материалов на грибостойкость и фунгицидные свойства проводились в соответствии с ГОСТ 9.049-91 по двум методам: 1 (без дополнительных источников питания) и 3 (на твердой питательной среде Чапека-Докса). Их сущность заключалась в выдерживании материалов, зараженных спорами плесневых грибов, в оптимальных для их развития условиях с последующей оценкой грибостойкости и фунгицидности образцов. Методом 1 устанавливалось, является ли материал питательной средой для микромицетов. Методом 3 определялись наличие у материала фунгицидных свойств и влияние внешних загрязнений на его грибостойкость. В качестве характеристики для оценки микробиологической стойкости материалов рассматривалась обрастаемость их грибами. Оценку грибостойкости проводили по пятибалльной шкале. Материал считается грибостойким, если он получает оценку от нуля до двух по методу 1 и обладает фунгицидными свойствами, если на поверхности и на краях образцов наблюдается рост грибов, оцениваемый 0 и 1 баллом.

В табл. 1 приведены полученные нами результаты исследований, показывающие сравнительные данные биологической стойкости некоторых видов вяжущих.

Результаты исследований свидетельствуют о том, что из испытанных материалов только стеклощелочное вяжущее и строительные растворы на основе жидкого стекла обладают фунгицидными свойствами, которые сохраняются с течением времени при условии эксплуатации в воздушно-сухих условиях. Причиной высокой биостойкости вяжущего на основе боя стекла является повышенный уровень водородного показателя системы. Что же касается образцов строительного раствора на основе жидкого стекла, то в качестве отвердителя был использован кремнефтористый натрий, который, как известно, обладает хорошим фунгицидным действием.

Таблица 1

Результаты исследования биостойкости вяжущих

Материал	Метод 1	Метод 3	Результат
<i>после набора марочной прочности</i>			
Вяжущее стеклощелочное	0	0 (R = 45 мм)	фунгициден
Портландцементный камень	0	3	грибостоек
Отвержденная эпоксидная смола	2	5	грибостоек
Строительные растворы на основе жидкого стекла	0	0 (R=8 мм)	фунгициден
<i>после выдерживания в течение 3 месяцев в воздушно-сухих условиях</i>			
Вяжущее стеклощелочное	0	0 (R=15 мм)	фунгициден
Портландцементный камень	0	3	грибостоек
Отвержденная эпоксидная смола	2	5	грибостоек
Строительные растворы на основе жидкого стекла	0	0 (R=15 мм)	фунгициден

R – радиус зоны ингибирования роста грибов

Далее нами были проведены исследования по изучению влияния процесса старения вяжущих под воздействием агрессивных факторов окружающей среды на их биологическую стойкость. Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2

Биостойкость вяжущих после выдерживания в агрессивной среде

Состава	Метод 1	Метод 3	Результат
Срок экспонирования 1 месяц			
вода			
Вяжущее стеклощелочное	0	3	грибостоек
Портландцементный камень	1	4	грибостоек
Отвержденная эпоксидная смола	1	4	грибостоек
Строительные растворы на основе жидкого стекла	0	2	грибостоек
2 % раствор серной кислоты			
Вяжущее стеклощелочное	0	4	грибостоек
Портландцементный камень	2	4	грибостоек
Отвержденная эпоксидная смола	2	4	грибостоек
Строительные растворы на основе жидкого стекла	0	2	грибостоек
2 % раствор едкого натра			
Вяжущее стеклощелочное	0	2	грибостоек
Портландцементный камень	1	3	грибостоек
Отвержденная эпоксидная смола	1	4	грибостоек
Срок экспонирования 3 месяца			
вода			
Вяжущее стеклощелочное	0	2	грибостоек
Портландцементный камень	0	4	грибостоек
Отвержденная эпоксидная смола	2	5	грибостоек
Строительные растворы на основе жидкого стекла	0	0 (R = 12 мм)	фунгициден
2 % раствор серной кислоты			
Вяжущее стеклощелочное	0	3	грибостоек
Портландцементный камень	4	4	негрибостоек
Отвержденная эпоксидная смола	3	5	негрибостоек
Строительные растворы на основе жидкого стекла	0	5	грибостоек
2 % раствор едкого натра			
Вяжущее стеклощелочное	0	2	грибостоек
Портландцементный камень	0	3	грибостоек
Отвержденная эпоксидная смола	2	5	грибостоек

Полученные в ходе эксперимента результаты свидетельствуют о том, что максимальное снижение биологической стойкости материалов происходит после воздействия на них водного раствора серной кислоты. Данный факт может быть объяснен тем, что слабокислая среда, образующаяся в этом случае на поверхности материалов, является наиболее оптимальной для развития микроскопических грибов.

С целью выявления потенциальных биодеструкторов вяжущих органического и неорганического происхождения нами были проведены исследования по определению видового состава микроорганизмов, заселяющих их. Задачей исследований являлось установление количества родов грибов, способных использовать вяжущие вещества в качестве источника питания, а также определение конкретных видов – представителей данного рода.

В процессе выполнения работы установлены роды и виды грибов, поселившихся на образцах материалов за время пребывания в воздушно-сухих условиях в течение трех месяцев после набора марочной прочности. Видовой состав грибов приведен в табл. 3.

Таблица 3

Видовой состав колоний грибов, заселяющих вяжущие при выдерживании в воздушно-сухих условиях в течение 3 месяцев

Наименование материала	Виды грибов	Общее количество видов грибов / количество родов
Вяжущее стеклощелочное	Грибов нет	0
Портландцементный камень	<i>Aspergillus ustus</i>	1/1
Отвержденная эпоксидная смола	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Aspergillus ustus</i> , <i>Penicillium nigricans</i> , <i>Mucor corticola</i>	4/3
Строительные растворы на основе жидкого стекла	Грибов нет	0

На стеклощелочном вяжущем и образцах строительного раствора на основе жидкого стекла при выдерживании в нормальных условиях в течение 3 месяцев колонии грибов не обнаружены. На портландцементном камне обнаружен 1 вид гриба – *Aspergillus ustus*. На образцах отвержденной эпоксидной смолы обнаружено 3 рода грибов (*Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor*).

Многолетние исследования в области биологической стойкости композиционных строительных материалов свидетельствуют о том, что из большого многообразия микроскопических организмов наибольший вред промышленным и строительным материалам, изделиям и конструкциям приносят мицелиальные грибы *Aspergillus niger* и *Penicillium chrysogenum* [10-12]. Полученные нами результаты свидетельствуют о том, что только на поверхности образцов отвержденной эпоксидной смолы обнаружен такой вид мицелиальных грибов, как *Aspergillus niger*. На поверхностях остальных исследуемых составов данные виды вредоносных грибов не выявлены.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Смирнов В.Ф., Семичева А.С., Тарасова Н.А. и др. Исследование биодegradации ряда конструктивных материалов с целью их защиты от биокоррозии // IV Всесоюзная конференция по биоповреждениям: Тезисы докладов. – Н. Новгород, 1991. – С. 72-73.
- Соломатов В.И., Ерофеев В.Т., Фельдман М.С. Биологическое сопротивление бетонов // Изв. вузов. Строительство, 1996, № 8. – С. 44-48.
- Соломатов В.И., Ерофеев В.Т., Смирнов В.Ф. и др. Биологическое сопротивление материалов. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2001. – 196 с.
- Андреюк Е.И., Билай В.И., Коваль Э.З., Козлова И.А. Микробная коррозия и ее возбудители. – Киев: Наукова думка, 1980. – 288 с.
- Иванов Ф.М., Горшин С.Н., Уайт Дж. и др. Биоповреждения в строительстве. / Под ред. Ф.М. Иванова, С.Н. Горшина. – М.: Стройиздат, 1984. – 320 с.

6. Соломатов В.И., Черкасов В.Д., Ерофеев В.Т. Строительные биотехнологии и биоконпозиты. – М.: Изд-во МИИТа, 1998. – 166 с.
7. Фельдман М.С., Смирнов В.Ф., Веселов А.П. К вопросу об идентификации микромицетов-технофилов // Выделение, идентификация и хранение микромицетов и других организмов. – Вильнюс, 1990. – С. 36-40.
8. Лугаускас А.Ю. Микроскопические грибы как агенты биоповреждений // Химические средства защиты от биокоррозии. – Уфа, 1980. – С. 9-14.
9. Биоповреждения: Учеб. пособие для биолог. спец. вузов / Под ред. В.Ф. Ильичева. – М.: Высш. шк., 1987. – 352 с.
10. Билай В.И., Коваль Э.З. Грибы, вызывающие коррозию // Биологические повреждения строительных и промышленных материалов. – Киев, 1978. – С. 19-21.
11. Каневская И.Г. Биологическое повреждение промышленных материалов. – Л.: Наука, 1984. – 230 с.

УДК 691:620.194.47

Ерофеев В.Т. – доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РААСН

E-mail: fac-build@adm.mrsu.ru

Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева

Смирнов В.Ф. – доктор биологических наук, профессор

E-mail: protectfun@mail.ru

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

Дергунова А.В. – старший преподаватель

E-mail: Anna19811981@mail.ru

Завалишин Е.В. – кандидат технических наук, доцент

Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева

ПОВЫШЕНИЕ БИОСТОЙКОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ ПОСРЕДСТВОМ ПРОПИТКИ ИХ ПОРИСТОЙ СТРУКТУРЫ

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрены вопросы разработки и исследования способов повышения биостойкости композиционных материалов и строительных изделий на их основе. Предложено повышение биостойкости осуществлять посредством пропитки готовых бетонных и железобетонных изделий специальными полимерными составами или мономерами с последующей полимеризацией их непосредственно в теле бетона (бетонополимеры). Приведены исследования по изучению влияния пропиточных составов на биостойкость цементных композитов и получение бетонополимеров повышенной биостойкости.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: биостойкость, бетон, бетонополимеры, мицелиальные грибы, фунгицидные добавки.

Erofeev V.T. – doctor of technical sciences, professor, corresponding member RAACS

Mordovian State Ogarev University

Smirnov V.F. – doctor of biological sciences, professor

Nizhny Novgorod State Lobachevsky University

Dergunova A.V. – senior lecturer

Zavalishin E.V. – candidate of technical sciences, associate professor

Mordovian State Ogarev University

ENHANCEMENT OF BIOLOGICAL STABILITY OF BUILDING MATERIALS AND PRODUCT BY MEANS OF IMPREGNATION OF VOID STRUCTURE

ABSTRACT

In article questions of working out and research of ways of increase of biological stability of composite materials and building products on their basis are considered. It is offered to carry out biological stability increase by means of impregnation of ready concrete and ferroconcrete products by special polymeric structures or monomers with their subsequent polymerization directly in a concrete body (polymers of concrete). There are resulted researches of influence studying structures of impregnations on biological stability of cement composites and reception polymers of concrete the raised biological stability.

KEYWORDS: biological stability, concrete, polymers of concrete, mycelium fungus.

Композиты на основе неорганических связующих (бетоны, растворы и т.д.) являются одними из основных строительных материалов, используемых при возведении зданий и сооружений. Совершенствование технологии бетона в последнее время позволило заметно улучшить его качество. Однако при традиционной технологии бетона трудно значительно уменьшить его пористость, так как для придания определенной подвижности бетонной смеси, требуемой по условиям бетонирования конструкций, необходимо, как правило, вводить в бетонную смесь избыточное количество воды по сравнению с тем, которое требуется для гидратации цемента. Кроме того, по своей природе

цементный клей является пористым материалом, поскольку частицы цемента не могут быть уложены абсолютно плотно, а объем новообразований в обычных условиях недостаточен для полного заполнения первоначальной пустотности твердой фазы [1].

Капилляры и поры твердого камня имеют несколько структурных порядков, подразделяемых условно на группы, обладающие существенно различными свойствами [1]. К первой группе относятся молекулярные поры – самые мелкие, размер которых не превышает нескольких ангстрем ($A=10^{-8}$ см). Они распространены по всему объему твердого тела, которое можно представить как скелет-матрицу. Во вторую группу входят ультрапоры, обладающие столь малыми размерами, что их величина может быть определена лишь по диаметрам коллоидно-дисперсных частиц или по размерам молекул растворенных веществ. К третьей группе относятся кнудсеновские поры, имеющие ширину до 1000 А. Они образуются за счет контракционных явлений при твердении цементного камня. Четвертую группу составляют макропоры, включающие в себя поры, ширина которых достигает 2000 А. По происхождению и форме макропоры очень разнообразны подразделяются на усадочные и тектонические трещины, сферические реликсы газовых пузырьков и поры коагуляционных структур.

Кроме количества и размеров пор в бетоне, большое значение имеет и их характер. Различают открытую и замкнутую пористость. В первом случае речь идет о системе взаимно сообщающихся капилляров в бетоне с обязательным выходом на открытую поверхность. По этим порам довольно легко фильтруется паровоздушная среда и низковязкие жидкости. Такая ситуация характерна для крупнопористых бетонов. Во втором случае имеет место система тупиковых и замкнутых, не сообщающихся между собой пор и, как следствие, не могущих служить капиллярными ходами для проникновения внешних сорбентов. Образование этих двух видов технологических дефектов существенным образом и по-разному влияет на долговечность цементного камня.

Таким образом, дальнейшее повышение прочности бетона, особенно прочности при растяжении, затруднительно в связи с тем, что этому материалу присуща весьма неоднородная структура с большим числом дефектов, а также сравнительно низкая адгезия между слагающими структуру компонентами и невысокая прочность их при растяжении. Преодоление этих трудностей дает возможность повысить качество бетонных материалов.

Одним из способов улучшения свойств бетонов является пропитка готовых бетонных и железобетонных изделий специальными составами с последующим затвердеванием их непосредственно в теле бетона. Бетоны, полученные посредством пропитки структуры полимерами и мономерами, названы бетонополимерами.

Большой интерес к бетонополимерам объясняется тем, что в результате специальной обработки бетона полимерами прочность материала возрастает в несколько раз, резко увеличиваются его долговечность и стойкость при воздействии ряда агрессивных сред, а также тем, что материалам могут быть приданы особые свойства, недостижимые для обычного бетона [2, 3].

Важным преимуществом бетонополимеров является то обстоятельство, что последующей специальной обработке могут подвергаться различные исходные бетоны или капиллярно-пористые строительные материалы, обычно бетонные или железобетонные конструкции и изделия, изготовленные традиционными или упрощенными способами производства.

Пропитка бетона мономером является одной из основных технологических операций получения бетонополимера. От того, насколько глубоко и полно удастся пропитать бетон, зависят свойства конечного продукта. Технология пропитки во многом определяется свойствами бетона и пропитывающей жидкости, требованиями к конечному материалу – бетонополимеру. Наряду с полной пропиткой для придания материалу высокой прочности или специальных свойств, может применяться поверхностная пропитка на определенную глубину для повышения долговечности материала и стабилизации полученных свойств во времени.

Для пропитки бетона, кроме полимеров, могут применяться самые различные материалы. Пропитку капиллярно-пористых тел в настоящее время производят [5]: диффузным способом, когда проникание паровоздушной среды или жидкости происходит за счет разности парциальных давлений; способом капиллярного подсоса пропиточной жидкости, когда последняя поднимается по порам и капиллярам изделия; контракционным способом, когда проникание пропиточной жидкости в свежееотформованную бетонную смесь происходит за счет вакуума, создаваемого физико-химическими процессами цементного теста; конденсационным способом, когда проникание пропиточной жидкости происходит за счет конденсации паровоздушной среды, вызванной объемно-температурными явлениями в изолируемом изделии; гидростатическим способом, когда пропитываемое изделие погружается в жидкость и проникание ее в капиллярно-пористое тело

происходит за счет капиллярного подсоса и гидростатического давления; вакуумированием свежеприготовленной или сухой плотноупакованной бетонной смеси, когда проникание жидкости осуществляется за счет создаваемого разряжения; гидротермальным способом, когда свежесформованное изделие погружается в пропиточную жидкость и подвергается гидротермальной обработке с одновременной пропиткой за счет физико-химических процессов в цементном тесте.

При пропитке бетона мономером с его последующей полимеризацией в порах и капиллярах бетона происходят сложные физико-химические процессы, в результате которых в несколько раз возрастает прочность материала. Увеличение прочности и стойкости бетона в этом случае обусловлено рядом факторов, наиболее существенными из которых являются: уменьшение общей пористости материала за счет заполнения пор и капилляров бетона полимером; «залечивание» дефектов в структуре бетона и снижение вследствие этого концентрации напряжений; наличие объемного полимерного каркаса, обжимающего бетонный скелет и работающего совместно с бетоном; увеличение сцепления между цементным камнем и заполнителем; физико-химическое взаимодействие полимера и высокоразвитой твердой поверхности цементного камня в бетоне; наличие полимерной пленки на поверхности порового пространства, затрудняющей образование микротрещин, и многочисленных тонких волокон полимера, образующихся в капиллярах бетона и обладающих повышенной прочностью и модулем упругости [1, 5].

Наряду с химически агрессивными средами, строительные материалы в процессе эксплуатации в отдельных зданиях и сооружениях подвергаются разрушающему действию биологически активных сред. Подвержены биоповреждениям практически все материалы, в том числе и полимерные. Будучи органическими соединениями, они способны подвергаться биологической коррозии микроорганизмами-бактериями и плесневыми грибами. Биокоррозии подвержены практически все типы полимеров [2]. В результате биоповреждений снижаются прочность и экономическая ценность материалов и изделий, ухудшается экологическая ситуация в зданиях. В этой связи проблема защиты строительных и других материалов имеет огромное народнохозяйственное значение.

Таким образом, цель настоящего исследования состояла в изучении влияния пропиточных составов на биостойкость цементных композитов и получении бетонополимеров повышенной биостойкости.

Цементные образцы формировались на основе портландцемента М400 и воды, количество которой брали из расчета обеспечения водоцементного отношения, равного 0,3. В качестве пропитывающих жидкостей рассматривали эпоксидные и жидкостекольные композиции с фунгицидными добавками. В качестве жидкостекольной композиции рассматривался состав на основе жидкого стекла и кремнефтористого натрия, количество отверждающегося компонента бралось равным 20 мас. ч. на 100 мас. ч. вяжущего. При таком соотношении компонентов композиция обладает фунгицидными свойствами [4]. В эпоксидные композиции вводились фунгицидные соединения различных видов. Пропиточные составы материалов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Составы пропиточных композиций

Компоненты	Содержание компонентов в составах, масс.ч.													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Натриевое жидкое стекло	100													
Кремнефтористый натрий	20													
Эпоксидная смола		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Полиэтиленполиамин		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Перманганат калия			1	3	7									
Медный купорос						1	3	7						
Фенол									1	3	7			
Парокрезол												1	3	7

Изготовление образцов из бетонополимера осуществлялось по следующей технологии. Пропитка производилась путем трехкратного нанесения композиций на поверхность образцов кистью.

После отверждения бетонополимерных образцов в нормальных условиях в течение 28 суток были проведены их испытания на обрастаемость мицелиальными грибами по методам 1 и 3. Результаты исследований приведены в табл. 2.

Таблица 2

Обрастаемость композитов в условиях воздействия мицелиальных грибов

№ состава	Устойчивость к действию грибов, балл		Характеристика по ГОСТ
	Метод 1	Метод 3	
1	0	R=5 mm	фунгицидный
2	3	4	негрибостойкий
3	3	4	негрибостойкий
4	2	4	грибостойкий
5	1	3	грибостойкий
6	2	4	грибостойкий
7	2	4	грибостойкий
8	2	3	грибостойкий
9	2	3	грибостойкий
10	1	2	грибостойкий
11	0	1	грибостойкий
12	1	4	грибостойкий
13	1	3	грибостойкий
14	1	2	грибостойкий

Из результатов, представленных в табл. 2, видно, что цементные композиты после пропитки жидкостекольной смесью становятся фунгицидными, а после пропитки составами из эпоксидной смолы с фунгицидными добавками становятся грибостойкими.

С целью определения биостойкости нами были проведены исследования, в которых сравнивались пропитанные жидкостекольной композицией и непропитанные образцы кирпича глиняного обыкновенного и кирпича силикатного, образцы на основе газосиликата. Результаты испытаний образцов приведены в табл. 3.

Таблица 3

Биостойкость материалов, пропитанных жидкостекольной композицией и непропитанных

Вид материала	Оценка роста грибов, баллы		Характеристика по ГОСТу
	метод 1	метод 3	
Кирпич глиняный обыкновенный (непропитанный)	3	5	Негрибостоек
Кирпич глиняный обыкновенный (пропитанный)	0	3	Грибостоек
Кирпич силикатный (непропитанный)	3	5	Негрибостоек
Кирпич силикатный (пропитанный)	0	3	Грибостоек
Газосиликат (непропитанный)	3	5	Негрибостоек
Газосиликат (пропитанный)	0	2	Грибостоек

Анализ результатов, представленных в табл. 3, свидетельствует о том, что пропитка цементно-песчаного раствора, кирпича глиняного обыкновенного и кирпича силикатного, а также теплоизоляционных образцов на основе газосиликата способствует увеличению их биологической

стойкости. Образцы становятся грибостойкими и фунгицидными. Это позволяет повысить стойкость к биоразрушениям существующих и вновь возводимых зданий и сооружений.

Таким образом, установлена возможность повышения биостойкости строительных материалов посредством пропитки их фунгицидными составами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баженов Ю.М. Бетонополимеры. – М.: Стройиздат, 1983. – 472 с.
2. Соломатов В.И., Ерофеев В.Т., Смирнов В.Ф. и др. Биологическое сопротивление материалов. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2001. – 196 с.
3. Завалишин Е.В., Ерофеев В.Т., Смирнов В.Ф. и др. Повышение долговечности конструкций и сооружений посредством пропитки поровой структуры материалов биоцидными составами // Биоповреждения и биокоррозия в строительстве: материалы междунар. науч.-техн. конф. – Саранск, 2004. – С. 153-156.
4. Завалишин Е.В., Ерофеев В.Т., Смирнов В.Ф. и др. Биологическое сопротивление композитов на основе жидкого стекла // Биоповреждения и биокоррозия в строительстве: материалы междунар. науч.-техн. конф. – Саранск, 2004. – С. 156-159.
5. Касимов И.К., Федотов Е.Д. Пропитка цементного камня органическими вяжущими. – Л.: Стройиздат, 1981. – 168 с.

УДК 691.115.674 816.2:624.012.45

Ивлев М.А. – аспирант

Струговец И.Б. – кандидат технических наук

Недосеко И.В. – доктор технических наук, профессор

Уфимский государственный нефтяной технический университет

СТАЛЕФИБРОБЕТОН В ПРОИЗВОДСТВЕ ПЕРЕМЫЧЕК ЖИЛЫХ И ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ

АННОТАЦИЯ

Рассмотрены технические аспекты применения сталефибробетона в производстве перемычек жилых и гражданских зданий. Показаны преимущества сталефибробетонных перемычек по сравнению со стандартными железобетонными, за счет исключения поперечной и монтажной арматуры и снижения трудозатрат при изготовлении арматурных каркасов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: сталефибробетон, перемычка, дисперсное армирование, несущая способность сечения, поперечная сила, изгибающий момент.

Ivlev M.A. – post-graduate student

Strugovets I.B. – candidate of technical sciences

Nedoseko I.V. – doctor of technical sciences, professor.

Ufa State Petroleum Technical University

STEELFIBERCONCRETE IN MANUFACTURE OF BEAMS INHABITED AND CIVIL BUILDINGS

ABSTRACT

Technical aspects of application steelfiberconcrete in manufacture of beams of inhabited and civil buildings are considered. Advantages steelfiberconcrete of beams in comparison with standard ferroconcrete, at the expense of an exception of cross-section and assembly armature and decrease in expenditures of labour at manufacturing armature of grids are shown.

KEYWORDS: steelfiberconcrete, a beam, the disperse reinforcing, bearing ability of section, the cross-section force, the bending moment.

В последнее время широкое распространение в отечественном и зарубежном строительстве получили дисперсно-армированные бетоны, в частности – сталефибробетон, как разновидность железобетона, состоящая из мелкозернистого (среднезернистого) бетона, дисперсно армированного отрезками стальной проволоки, узких полосок листовой стали и др., именуемых стальной фиброй. Фибра может иметь поперечное сечение круглое, прямоугольное, диаметром d_f от 0,2 до 1,2 мм, длиной l_f от нескольких до 160 мм с временным сопротивлением до 1500 МПа.

Как и стержневая и проволочная арматура, стальная фибра обладает значительно более высокой прочностью при растяжении (300-800 раз) и жесткостью (модулем упругости, 10-20 раз) по сравнению с матрицей – бетоном, что при достаточно хорошем сцеплении, использовании анкерующих устройств концов фибры обеспечивает значительное упрочнение бетона, в первую очередь, на растяжение.

Примерно одинаковый коэффициент линейного расширения стальной фибры и бетона матрицы ($\approx 10^{-5}$ град⁻¹) практически исключает развитие температурных напряжений в сталефибробетоне в условиях перепада температур, а характерная щелочная среда бетона (рН около 12) обеспечивает коррозионную стойкость стальной фибры.

При оптимальных процентах объемного армирования 1-2 % ($\mu_{fv} = 0,01-0,02$) прочность сталефибробетона на сжатие по отношению к бетонной матрице возрастает в среднем в 1,2-1,5 раза, прочность на растяжение, определяемая работой фибр при исключении в сечении с трещиной участия работы бетона, повышается в 2 и более раза (рис. 1).

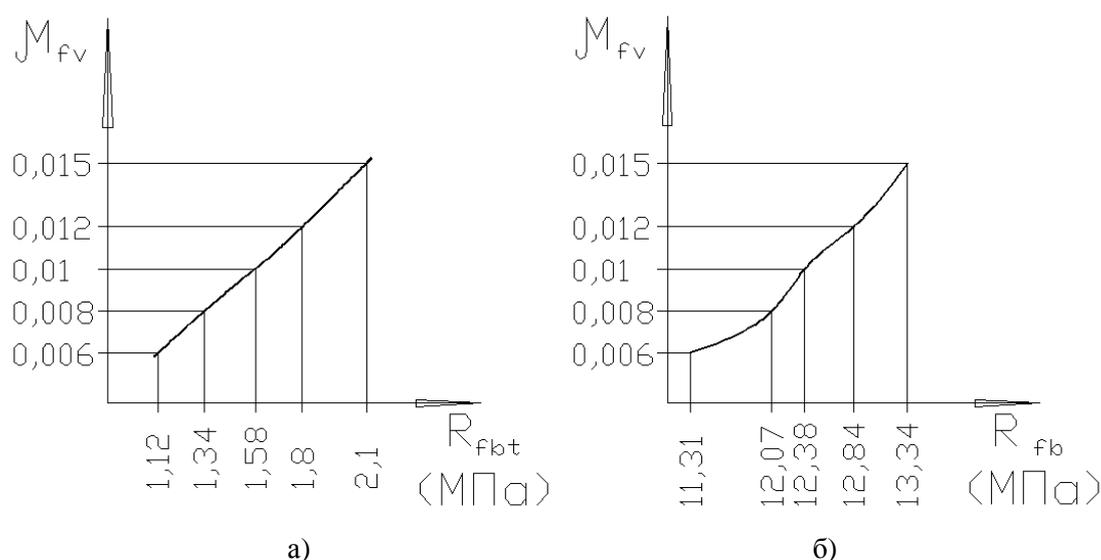
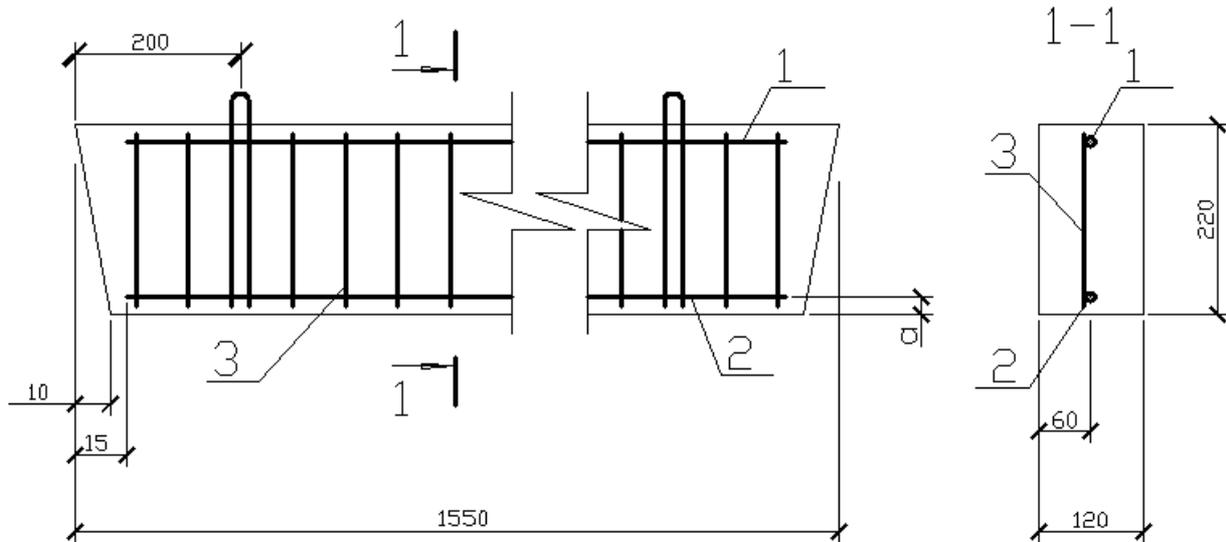


Рис. 1. Графики зависимостей расчетного сопротивления фибробетона от коэффициента дисперсного армирования μ_{fv} для бетона В20: а) расчетное сопротивление растяжению R_{fbt} , б) расчетное сопротивление сжатию R_{fb}

Наибольшая эффективность достигается с использованием стальной фибры большей длины при относительно малых размерах поперечного сечения. В этом случае возможно эффективное использование фибры не только с повышенными ($R_f \geq 700$ МПа), но и средними ($R_f \approx 400-600$ МПа) прочностными показателями. Дисперсное армирование повышает момент трещинообразования на 7-20 % и уменьшает раскрытие трещин при растяжении в несколько раз по отношению к железобетону со стержневым армированием, снижает деформации усадки и ползучести до 30 %, повышает морозостойкость, сопротивление истиранию бетона. Сталефибробетон как материал, обладающий высокой стойкостью к истиранию и морозостойкостью, с успехом применяется для полов промышленных зданий, в дорожных и аэродромных покрытиях, звеньях водоотводных лотков, обделках каналов и тоннелей, покрытиях проезжей части мостов [1, 2].

На наш взгляд, применение сталефибробетона может быть эффективным не только при строительстве объектов транспортного и специального назначения (где требуется особенно качественный бетон), но и в ряде других областей промышленного и гражданского строительства. В частности, рационально его использование в конструкциях купольных покрытий (прочности сталефибробетона достаточно для восприятия растягивающих напряжений без дополнительного традиционного армирования), а также в виде комплексного или смешанного армирования в таких массовых изделиях, как переемы для кирпичных зданий. Это позволяет значительно сократить или вообще отказаться от применения поперечной и монтажной арматуры в данных конструкциях, снизить трудозатраты на арматурные работы, ускорить процесс производства, а также удешевить себестоимость продукции.

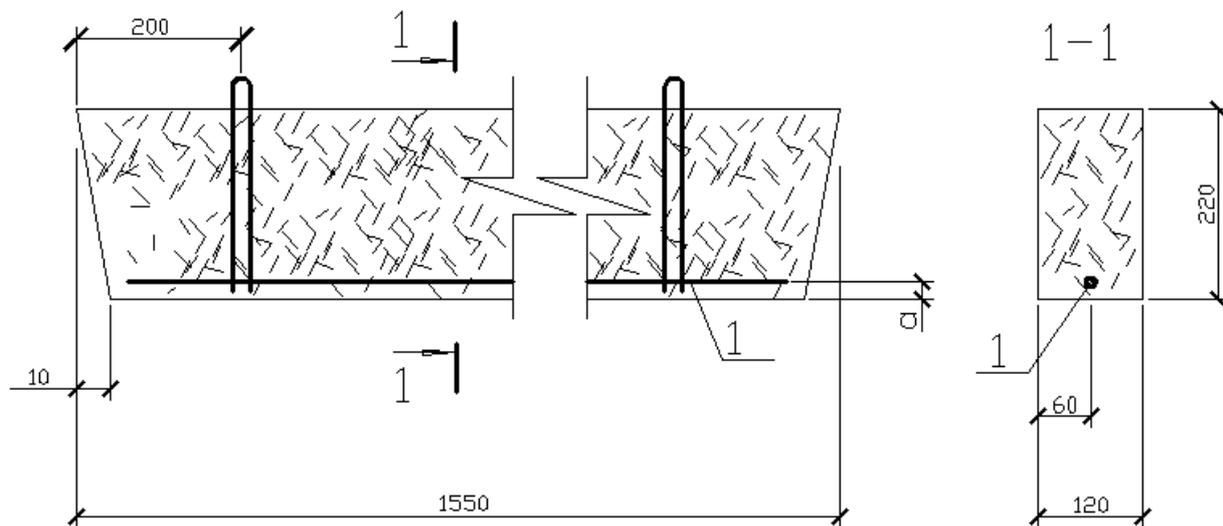
Для проверки выдвинутых предположений, в соответствии с действующими нормативами [3, 4], были произведены расчеты брусковой переемычки ЗПБ16-37-п с традиционным (рис. 2) армированием (Бетон В15, продольная арматура А400 Ш14 мм; поперечная арматура А400 Ш6 мм; шаг поперечной арматуры в приопорной зоне 60 мм; в середине пролета 120 мм) и комбинированным (рис. 3) армированием (Бетон В20, продольная арматура А400 Ш 14 мм, стальная фибра ОАО «Магнитогорский калибровочный завод» с характеристиками: $R_f = 440$ МПа, $d_f = 0,85$ мм, $l_f = 40-42$ мм, $b \cdot h = 0,7 \cdot 0,8$ мм). Сталефибробетонная переемычка проектировалась под те же нагрузки, но в этом случае полностью исключалась поперечная и монтажная арматура, объемный процент армирования фиброй принимался близким к минимальному ($\mu_{fv} = 0,8$ %).



Спецификация арматурных изделий

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол-во	Масса, кг
1	1,038,1-1,1 060110	∅6 АIII(A400) l=1520	1	0,34
2	1,038,1-1,1 060118	∅14 АIII(A400) l=1520	1	1,84
3	1,038,1-1,1 060109	∅6 АIII(A400) l=220	19	0,76

Рис. 2. Перемычка ЗПБ16-37-п в традиционном армировании



Спецификация арматурных изделий

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол-во	Масса, кг
1	1,038,1-1,1 060118	∅14 АIII(A400) l=1520	1	1,84

Рис. 3. Перемычка ЗПБ16-37-п на основе сталефибробетона

Результаты расчетов, выполненных согласно имеющейся нормативно-технической документации (СНиП 2.03.01-84, СП 52-101-2003 и СП 52-104-2006) по несущей способности на действие изгибающего момента и поперечных сил, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты расчетов несущей способности и трещиностойкости стандартной и сталефибробетонной перемычек

Усилие / Способ армирования	Изгибающий момент	Поперечная сила	Момент образования трещин
Комбинированное сталефибробетонное	$M_{ult}=15.24\text{кН}\cdot\text{м}$	$Q=52.72\text{кН}$	$M_{crс}=2.87\text{кН}\cdot\text{м}$
Традиционное	$M_{ult}=8.42\text{кН}\cdot\text{м}$ <i>по СП 52-101-2003 и СНиП 2.03.01-84</i>	$Q=61.51\text{кН}$ <i>по СНиП 2.03.01-84</i> $Q=46.96\text{кН}$ <i>по СП 52-101-2003</i>	$M_{crс}=1.25\text{кН}\cdot\text{м}$ <i>по СП 52-101-2003 и СНиП 2.03.01-84</i>

Данные расчеты полностью подтверждают утверждение о том, что применение сталефибробетона в данных изделиях позволит исключить поперечное армирование, существенно снизить стоимость и трудоемкость изготовления таких массовых изделий современного строительства, как перемычки жилых и гражданских зданий.

Для подтверждения выполненных расчетов были проведены натурные испытания двух типов перемычек (рис. 4) в соответствии с действующими нормативными требованиями по Серии 1.038.1-1 вып. 1 [5] на эквивалентную нагрузку (рис. 5).



Рис. 4. Испытание железобетонных перемычек марки ЗПБ 16-37 разрушающей нагрузкой

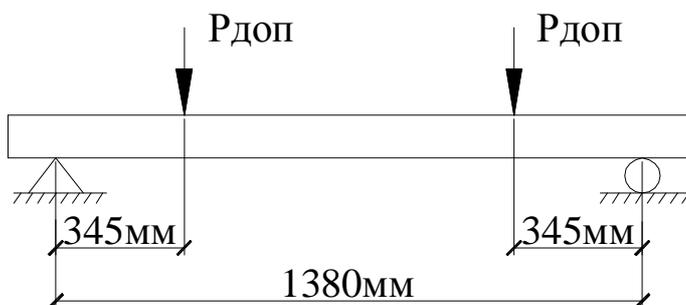


Рис. 5. Схема испытания

Таблица 2

**Сравнение данных, полученных при испытаниях стандартных
и сталефибробетонных перемычек**

Показатель Способ армирования	Фактическая контрольная кратковременная нагрузка $R_{доп}$ при проверке жесткости, кгс	Фактический прогиб от кратковременной нагрузки, мм	Фактическая контрольная нагрузка $R_{доп}$ при проверке трещиностойкости, кгс	Ширина раскрытия трещин, мм	Величина контрольной разрушающей нагрузки $R_{доп}$, кгс	Нагрузка трещинообразования $R_{доп}$, кгс	$\frac{P_{разр}}{P_{расч}}$
Стандартное армирование	1870	2.4	2255	0,22	3610	410	1,4
Сталефибробетонная перемычка	1870	1.7	2255	0,03	4350	1460	1.7

Испытания показали, что при достижении нормативной и даже расчетной нагрузки протяженных трещин со значительной шириной раскрытия не наблюдалось, кроме отдельных волосяных трещин с шириной раскрытия $a_{сгс} < 0,1$ мм. Это подтверждает повышенную трещиностойкость сталефибробетонных перемычек. При визуальном осмотре поверхности разрушенного сечения перемычки (рис. 6) видно, что стальная фибра равномерно распределена в бетонной матрице и выдергивания фибры из бетона практически не наблюдалось, что указывает на достаточно хорошее сцепление фибр с бетоном. Разрушение произошло, как и предполагалось, в результате превышения предела текучести растянутой арматуры и обрыва фибр.



Рис. 6. Образец разрушенного сечения сталефибробетонной перемычки

Проведенные испытания позволяют сделать вывод о том, что сталефибробетонные перемычки могут составить конкуренцию стандартным железобетонным перемычкам. Они не только более технологичны в изготовлении (за счет исключения затрат на изготовление арматурного каркаса), но и имеют лучшие показатели по прочности, трещиностойкости и ударной выносливости. Данные обстоятельства позволяют рекомендовать сталефибробетонные перемычки к масштабному внедрению.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабков В.В., Мохов В.Н., Давлетшин М.Б. Технологические возможности повышения ударной выносливости цементных бетонов // Строительные материалы, 2003, № 10. – С. 19-20.
2. Аминов Ш.Х., Струговец И.Б., Недосеко И.В., Климов В.П., Бабков В.В. Водопропускные трубы для автомобильных дорог из сталефибробетона // Строительные материалы, 2003, № 10. – С. 21.
3. Рабинович Ф.Н. Дисперсно армированные бетоны. – М.: Стройиздат, 1989. – 176 с.
4. Рекомендации по проектированию и изготовлению сталефибробетонных конструкций. – М.: НИИЖБ Госстроя СССР, 1987. – 148 с.
5. Серия 1.038.1-1 вып. 1. Перемычки железобетонные для зданий с кирпичными стенами.

УДК 691.33

Изотов В.С. – доктор технических наук, профессор

E-mail: V_S_izotov@mail.ru

Ибрагимов Р.А. – аспирант

E-mail: rusmag007@yandex.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ГИДРАТАЦИИ ЦЕМЕНТА С КОМПЛЕКСНОЙ ДОБАВКОЙ

АННОТАЦИЯ

В работе проведен анализ влияния новой комплексной добавки на особенности процесса гидратации и степень гидратации цемента в различных условиях твердения: естественное твердение, термовлажностная обработка, автоклавная обработка. Показано влияние комплексной добавки на физико-механические свойства цементно-песчаного раствора, твердевшего в различных условиях.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: добавки, ИК-спектроскопия, условия твердения, степень гидратации.

Izotov V.S. – doctor of technical sciences, professor

Ibragimov R.A. – post-graduate student

Kazan State University of Architecture and Engineering

FEATURES OF PROCESS OF HYDRATION OF CEMENT WITH THE COMPLEX ADDITIVE

ABSTRACT

In work the analysis of influence of the new complex additive on features of process of hydration and a degree of hydration of cement in various conditions herding is lead: natural herding, heat during hydration processing, autoclave processing. Influence of the complex additive on physic mechanical properties of the cement-sandy solution hardening in various conditions is shown.

KEYWORDS: additives, infra-red spectroscopy, conditions herding, a degree of hydration.

В настоящее время перед строительной отраслью остро стоит проблема обеспечения высоких функциональных свойств строительных материалов при условии минимизации материальных, энергетических и трудовых затрат. Основными направлениями совершенствования цементных композиций является энерго- и ресурсосбережение, улучшение технологичности, повышение прочности и долговечности. К сожалению, в России бетоны высокой прочности и долговечности недостаточно востребованы, но развитие рыночной экономики начинает изменять сложившуюся тенденцию на диаметрально противоположную. Основным акцентом в развитии бетоноведения становится не экономия какого-либо материала, например цемента, а получение качественных конкурентоспособных бетонов, к числу которых относят бетоны с высокой ранней и нормативной прочностью, с высокой долговечностью, а также все большее предпочтение отдается разработке комплексных добавок – полифункциональных модификаторов бетонных смесей и бетонов, позволяющих решать несколько задач [1].

Нами разработана комплексная добавка на основе гиперпластификатора и ускорителя твердения. В качестве гиперпластификатора использована добавка «Одолит-К», представляющая собой высокоэффективный концентрат пластификатора 1-ой группы с ускоряющим и самоуплотняющим действием на основе специальных карбоксилатов без содержания солей. Данная добавка производится ООО «Сервис Групп» по ТУ 5745-01-96326574-08.

В качестве ускорителя твердения использована добавка сульфата натрия (СН).

Предварительными испытаниями установлено оптимальное содержание компонентов комплексной добавки, которое составило: гиперпластификатор – 1 % от массы цемента, ускоритель твердения – 2 % от массы цемента.

Для установления влияния режима твердения цементно-песчаного раствора, модифицированного комплексной добавкой, на конечную прочность были проведены следующие

опыты. Изготавливались цементно-песчаные балочки размером 4x4x16 см составом цемент:песок = 1:3, часть образцов хранили 28 суток в нормально-влажностных условиях, часть образцов подвергали тепловлажностной обработке, часть образцов подвергали автоклавной обработке. В эксперименте применялся портландцемент Вольского завода М500 Д0 и портландцемент Ульяновского завода М400 Д20.

Тепловлажностная обработка проводилась по следующему режиму: 2 часа выдержка изделий, 3 часа – изотермический подъем до температуры 80 °С, 6 часов – изотермический прогрев, 2 часа – охлаждение.

Перед автоклавированием образцы 1 сутки выдерживались в форме, затем распалубливались и помещались в автоклав. Автоклавная обработка проводилась по следующему режиму: 3 часа – подъем температуры до 180 °С и давления 13 МПа, 6 часов выдержка при температуре 180 °С и давлении 13 МПа, 8 часов – охлаждение. Результаты экспериментальных исследований приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты экспериментальных исследований влияния условий твердения на прочность цементно-песчаного раствора

№ п/п	Содержание комплексной добавки, %	Прочность цементно-песчаного раствора в зависимости от условий твердения					
		естественное твердение		термовлажностная обработка		автоклавная обработка	
		при изгибе	при сжатии	при изгибе	при сжатии	при изгибе	при сжатии
1	-	<u>7.05*</u>	<u>49.04*</u>	<u>4.97</u>	<u>37.45*</u>	<u>9.22*</u>	<u>65.25*</u>
		4.98	34.45	3.78	28.25	7.23	47.45
2	3.1	<u>9.91</u>	<u>79.33</u>	<u>7.46</u>	<u>59.85</u>	<u>14.44</u>	<u>87.35</u>
		7.21	57.66	5.88	37.45	9.88	66.35

Примечание*: над чертой приведены показатели для портландцемента Вольского завода; под чертой – портландцемента Ульяновского завода.

Результаты экспериментальных исследований влияния прочности на сжатие представлены на рис. 1.

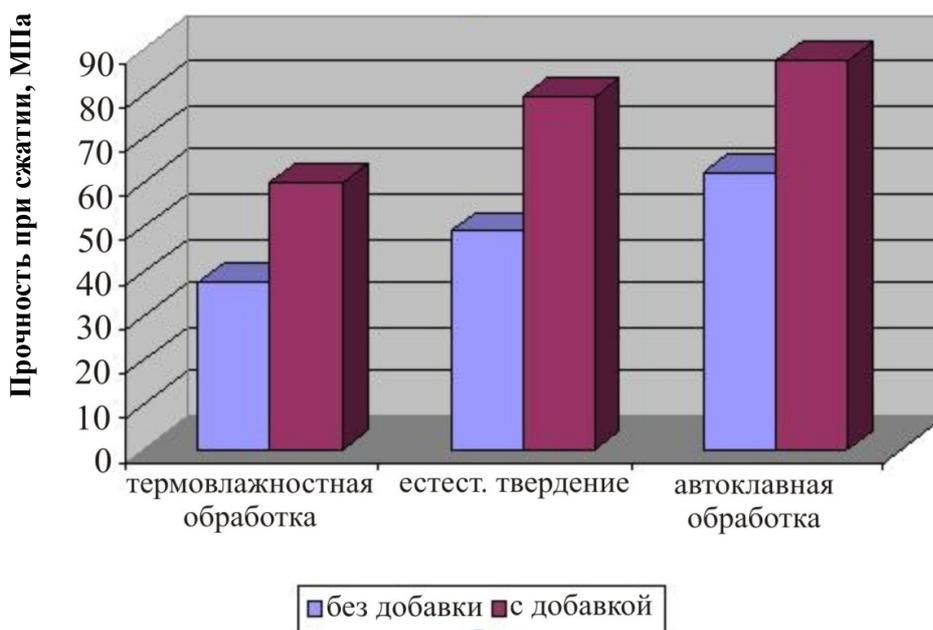


Рис. 1. Влияние прочности цементно-песчаного раствора на сжатие в зависимости от условий твердения

Выявлено, что прочность на сжатие цементно-песчаного раствора с комплексной добавкой при пропаривании увеличивается на 32-60 %, при изгибе – на 55-50 %, при естественном твердении прочность при сжатии увеличивается на 67-62 %, при изгибе – на 44-41 %, при автоклавировании прочность при сжатии увеличивается на 39-41 %, прочность при изгибе – на 37-57 %.

Одной из возможных причин повышения прочности цементного камня, раствора и бетона при введении комплексной добавки следует считать увеличение продуктов гидратации, уплотняющих структуру цементного камня. В связи с чем произведена оценка степени его гидратации в зависимости от различных условий твердения.

Количество гидратированной воды определялось по соотношению интенсивности рефлексов негидратированных компонентов клинкера – алита, белита и рефлексов гидратных новообразований в виде гидрата окиси кальция и двухкальциевых гидросиликатов по кривым ДТА.

Результаты определения степени гидратации цементного камня приведены в табл. 2.

Таблица 2

Степень гидратации портландцемента

№ п/п	Составы	СГ, усл. ед.
1	Портландцемент с комплексной добавкой, подвергнутый автоклавной обработке	0.81
2	Портландцемент с комплексной добавкой, подвергнутый тепловлажностной обработке	0.67
3	Портландцемент без добавки, подвергнутый тепловлажностной обработке	0.54
4	Портландцемент без добавки, подвергнутый автоклавной обработке	0.65
5	Портландцемент с комплексной добавкой, твердевший в естественных условиях	0.74
6	Портландцемент без добавки, твердевший в естественных условиях	0.59

Результаты (табл. 2) показывают, что наиболее интенсивное увеличение степени гидратации цементного камня наблюдается при автоклавной обработке состава с комплексной добавкой, в то же время степень гидратации портландцемента без добавки также существенно увеличивается по сравнению с контрольным составом, твердевшим в нормальных условиях.

Степень гидратации цемента с комплексной добавкой при автоклавной обработке увеличивается на 37 %, при тепловлажностной обработке – на 13 %, при естественном твердении на 25 % соответственно по сравнению с составом без добавки, твердевшим в нормальных условиях.

Результаты исследования особенностей фазового состава продуктов гидратации цемента с комплексной добавкой методом ИКС приведены на рис. 2-4. ИК спектры образцов цементного камня снимались на инфракрасном Фурье-спектрометре Spectrum VX II по методу неполного внутреннего отражения с использованием в качестве внутреннего стандарта КВ.

Как видно из данных рис. 2-4, спектрограммы цементного камня характеризуются наличием нескольких специфических максимумов. Наличие максимума полосы поглощения при $900-1000\text{ см}^{-1}$ характеризует гидросульфатоалюминат кальция, содержание которого располагается в следующем порядке возрастания: 3 состав, 6 состав, 4 состав, 5 состав, 2 состав и 1 состав. При этом более четкая разрешимость спектра с максимумом 1000 см^{-1} указывает на лучшую закристаллизованность ГСАК в присутствии комплексной добавки, особенно в составе, подвергнутом автоклавной обработке. Максимум поглощения при $1400-1600\text{ см}^{-1}$, а также широкая полоса спектра в области $3300-3500\text{ см}^{-1}$ свидетельствует о наличии субмикрочастиц гидросиликатов группы тоберморита, содержание которых в образцах с комплексной добавкой выше, чем в составе без добавок. Хорошая разрешенность спектра в этих областях указывает на более высокую степень закристаллизованности отмеченных выше гидросиликатов кальция в присутствии комплексной добавки. Узкая, хорошо разрешимая полоса спектра поглощения с максимумом $3590-3650\text{ см}^{-1}$ характеризует наличие гидроксидов гидросиликатов группы ксонотлита.

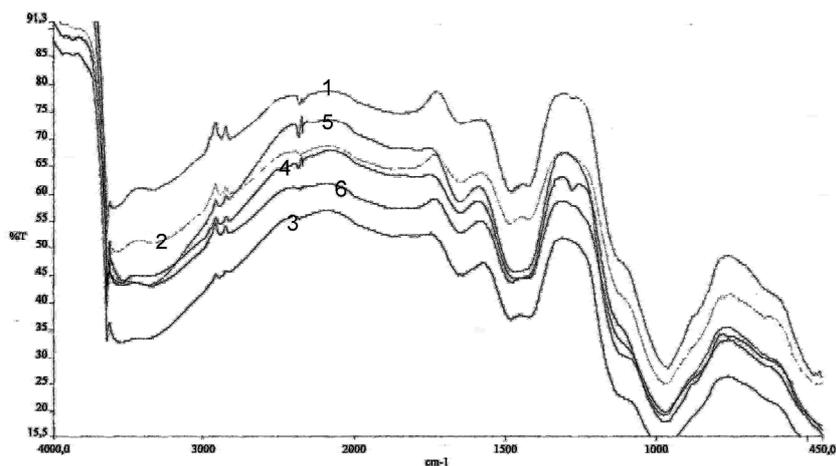


Рис. 2. Спектрограмма образцов цементного камня, твердевших в различных условиях. Усл. обознач. представлены в табл. 2

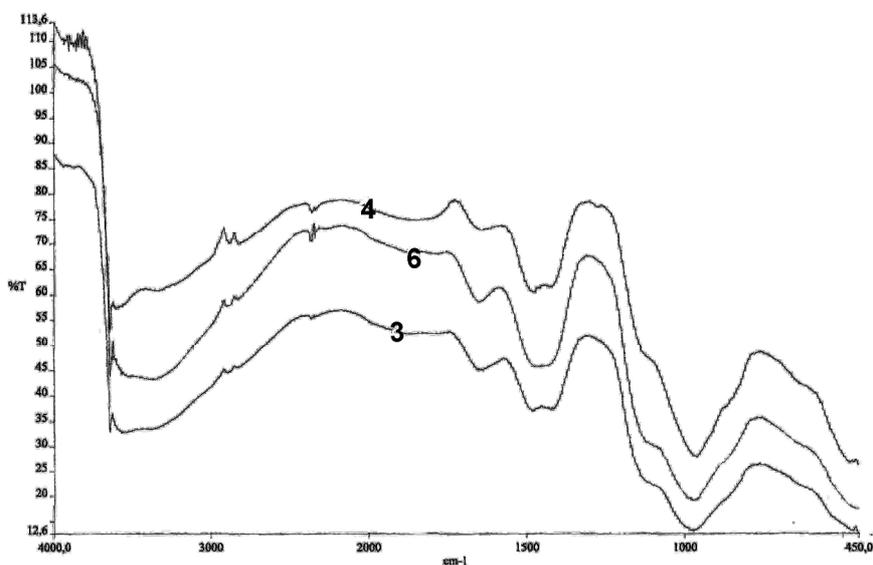


Рис. 3. Спектрограмма образцов цементного камня без добавок, твердевших в различных условиях. Усл. обознач. представлены в табл. 2

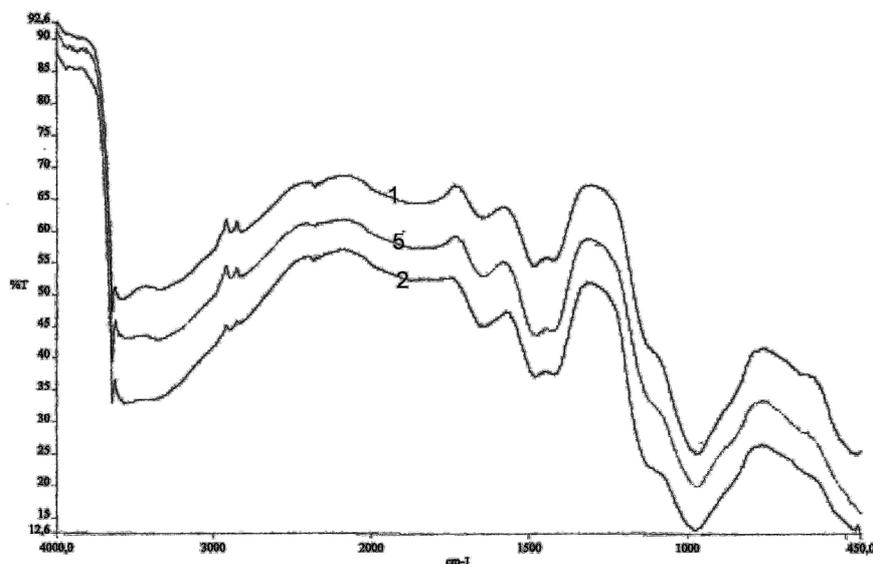


Рис. 4. Спектрограмма образцов цементного камня с комплексной добавкой, твердевших в различных условиях. Усл. обознач. представлены в табл. 2

Из представленных результатов видно, что наибольшее поглощение спектра наблюдается при частотах $900-1000\text{ см}^{-1}$, $1400-1600\text{ см}^{-1}$, $3590-3650\text{ см}^{-1}$. Однако наибольшая интенсивность линий спектра характерна для составов с комплексной добавкой, особенно при автоклавной обработке. Для составов без добавок интенсивность линий спектра располагается в следующем убывающем порядке: состав при автоклавировании, состав при нормально-влажностном хранении, состав при автоклавной обработке. Данное явление подтверждается степенью гидратации цемента, где в составе с комплексной добавкой наиболее гидратированным оказывается портландцемент, подвергнутый автоклавной обработке.

На рис. 5 представлены термограммы образцов цементного камня с изучаемой комплексной добавкой. Комплексный термический анализ выполняли на Термоанализаторе SDT Q600 фирмы TA Instruments. Держателем пробы служили платиновые тигли с крышкой, эталоном – прокаленный оксид алюминия. Анализ проводили в среде гелия, который подавали под кварцевый стакан, закрывающий термопару с образцом и эталоном.

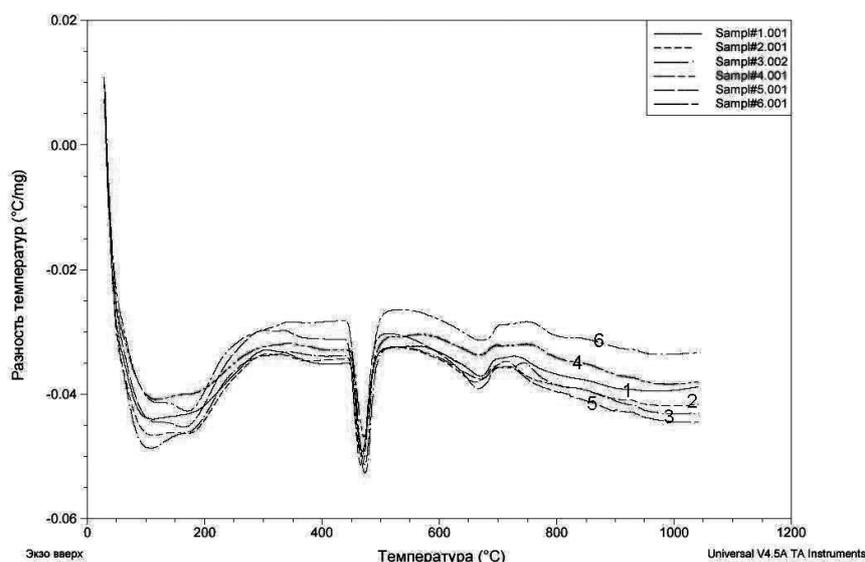


Рис. 5. Термограмма образцов цементного камня, твердевших в различных условиях.
Усл. обознач. представлены в табл. 2

Первый весьма интенсивный эндоэффект с максимумом при температуре $110-125\text{ }^{\circ}\text{C}$ отмечен на кривых ДТА образцов, как с добавкой, так и без неё, вызван удалением слабо связанной воды из гелеобразной массы цементного камня. Комплексная добавка способствует более глубокой гидратации силикатной фазы цемента, о чем свидетельствует увеличение эндотермических эффектов при $110-125\text{ }^{\circ}\text{C}$, $450-500\text{ }^{\circ}\text{C}$, $650-700\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Полученные результаты подтверждаются физико-механическими свойствами цементно-песчаного раствора, подвергнутого различным условиям твердения. Так, например, в составе с комплексной добавкой при естественном твердении прочность на сжатие выше на 30 %, при изгибе – на 40 % состава, подвергнутого тепловлажностной обработке, и ниже на 14 % при сжатии, и на 31 % при изгибе состава, подвергнутого автоклавной обработке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Изотов В.С., Соколова Ю.А. Химические добавки для модификации бетона. – М.: Изд-во «Палеотип», 2006. – 243 с.
2. Изотов В.С., Ибрагимов Р.А. Влияние добавок ускорителей твердения на свойства тяжелого бетона // Строительные материалы, 2010, № 3. – С. 35-37.
3. Изотов В.С., Ибрагимов Р.А. Физико-механические свойства тяжелого бетона, модифицированного новой комплексной добавкой. Прогрессивные технологии в современном машиностроении: сборник статей VI Международной научно-технической конференции. – Пенза: Приволжский Дом знаний, 2010. – С. 33-35.

Мавлюбердинов А.Р. – кандидат технических наук, старший преподаватель

E-mail: mazatr73@rambler.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЗМА ПОВЫШЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ПОРИСТОГО ЧЕРЕПКА НА ОСНОВЕ СРЕДНЕПЛАСТИЧНОЙ САРАЙ-ЧЕКУРЧИНСКОЙ ГЛИНЫ С ХИМИЧЕСКОЙ ДОБАВКОЙ

АННОТАЦИЯ

Поризация черепка и увеличение пустотности изделий позволяет снизить среднюю плотность керамических стеновых изделий и, как следствие, улучшить их теплофизические характеристики за счет снижения теплопроводности. Однако, снижение средней плотности и теплопроводности изделий путем введения выгорающих добавок ухудшает их прочностные характеристики. Поэтому при введении в шихту выгорающих добавок следует принимать меры, способствующие повышению прочности черепка. В статье рассматриваются механизмы повышения прочности керамического черепка путем механической активации глинистого сырья или введения химической добавки отхода гальванического производства.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: керамические изделия, отход гальванического производства, кристаллическая фаза, стеклофаза.

Mavlyuberdinov A.R. – candidate of technical sciences, senior teacher

Kazan State University of Architecture and Engineering

STUDYING MECHANISM OF INCREASE OF DURABILITY OF THE POROUS CROCK ON THE BASIS OF AVERAGE PLASTIC THE SARAY-CHEKURCHINSKY OF CLAY ABOUT CHEMICAL THE ADDITIVE

ABSTRACT

Porisation of crock and increase of emptiness of wares allows to reduce the middle closeness of wall brickwares and, as a result to improve their thermophysical descriptions due to the decline of heat conductivity. However, reducing a middle closeness and heat conductivity of wares their durability descriptions go down by introduction of burning down additions. Therefore, at introduction it is necessary to take measures to the charge of burning down additions, assisting the increase of durability of crock. In the article the mechanisms of increase of durability of ceramic crock are examined by the mechanical activating of clay raw material or introduction of chemical addition of departure of galvanic production.

KEYWORDS: pottery, departure of galvanic production, crystalline phase, glass a phase.

Анализ развития мирового производства стеновой керамики и современные требования ресурсо- и энергосбережения указывают на необходимость перевода отечественного кирпичного производства на преимущественный выпуск стеновых материалов со средней плотностью 600-1000 кг/м³ и теплопроводностью до 0,14 Вт/(м*°С). Снижения средней плотности и теплопроводности изделий можно достичь путем поризации черепка и увеличения пустотности изделий. Однако, снижая среднюю плотность и теплопроводность изделий путем введения выгорающих добавок, мы снижаем и их прочностные характеристики. Поэтому при введении в шихту выгорающих добавок следует принимать меры, способствующие повышению прочности черепка. Этого можно достичь, например, путем механической активации глинистого сырья [1] или введения химической добавки – отхода гальванического производства. В работах [2-4] нами было экспериментально доказано увеличение прочности черепка стеновой керамики при введении флюсующей добавки – отхода гальванического производства (далее ОГП).

Целью исследований является изучение механизма влияния добавки ОГП на прочность черепка кирпича, изготовленного на основе глины Сарай-Чекурчинского месторождения (Республика Татарстан). Отход гальванического производства (ОГП) является побочным продуктом промышленности. Выбор ОГП обусловлен тем, что в его составе имеются оксиды Al₂O₃, Fe₂O₃ и незначительные количества других оксидов. Введение глиноземсодержащей добавки также связано с тем, что кирпичные глины РТ относятся по содержанию Al₂O₃ к кислым (содержание Al₂O₃ менее 15 %) и его недостаточно для формирования новообразований, способствующих повышению прочности черепка.

Для реализации цели исследований из обожженных контрольных образцов-кубов, полученных из шихт с различным содержанием добавки ОГП, были отобраны контрольные пробы образцов для рентгенофазового и дифференциально-термического анализа. Анализ кривых ДТА и РФА позволяет объяснить механизм повышения прочности пористого черепка при введении добавки ОГП следующим образом.

Кривые ДТА проб представлены на рис. 1. Для сравнения и сопоставления эндо- и экзоэффектов приведены кривые ДТА исходных глины (кривая 2) и добавки ОГП (кривая 1). Видно, что кривая 1 для чистого ОГП имеет четыре эндоэффекта. Первый эндотермический эффект в интервале температур от 30 до 200 °С с пиком при 165 °С связан с дегидратацией двухводного гипса до полуводного, второй эндотермический эффект регистрируется в интервале температур от 200 до 310 °С с пиком при 270 °С, связан с полным обезвоживанием с образованием растворимого ангидрита III. При температуре 365 °С наблюдается резкий экзотермический эффект, который характеризует перестройку решетки с образованием из растворимого ангидрита III нерастворимого ангидрита II. Третий эндоэффект в интервале температур от 310 до 430 °С, видимо, связан с дегидратацией бемита или гидрата глинозема $\alpha\text{-AlO}(\text{OH})$, который образуется из гиббсита или гидраргиллита $\alpha\text{-Al}(\text{OH})_3$. Эндоэффект, характерный для образования из гиббсита бемита в интервале температур от 250 до 300 °С, затушевывается, так как совпадает с эндоэффектом в этой же области, характерным для гипса. Превращение $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ в $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ при 320-330 °С также затушевывается основным эндоэффектом в интервале температур 200-310 °С, характерным для полного обезвоживания полуводного гипса и наложением экзоэффекта в интервале температур 310-430 °С, когда происходит перестройка кристаллической решетки с образованием из растворимого ангидрита III нерастворимого ангидрита II. Кроме того, третий эндоэффект при температуре 310-430 °С связан с образованием активного $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, а эндоэффект в интервале температур 860-1000 °С характеризует переход в $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$. Известно, что удаление воды из бемита начинается уже при температуре около 300 °С. В воде он нерастворим, реагирует с горячими кислотами и щелочами. Следовательно, по данным ДТА можно предположить, что при нагревании шихты, в составе которого имеются ОГП, в свою очередь, в состав которого входит гиббсит или гидраргиллит $\text{Al}(\text{OH})_3$, последний при повышении температуры переходит в активную форму $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$, который начинает активное взаимодействие в твердой фазе с остальными составляющими шихты. Данные представленных исследований согласуются с данными других исследователей, в частности Чумаченко Н.Г. [5], Торопова Н.А. и др. [6]. Четвертый четкий эндоэффект с интервалом от 860 до 1000 °С с пиком при 955 °С связан с диссоциацией CaCO_3 , который также, по данным химического анализа, входит в состав ОГП. Эндо- и экзоэффекты, которые возможны при физико-химических процессах, в результате термических превращений остальных составляющих ОГП (рис. 1), затушевываются основными эффектами гипса или на ДТА не проявляются.

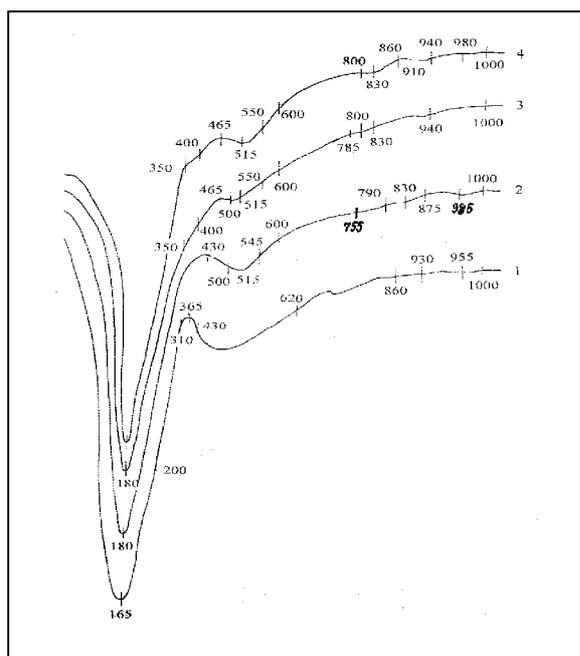


Рис. 1. Кривые ДТА образцов на механоактивированной среднепластичной Сарай-Чекурчинской глине:

1 – ОГП в исходном состоянии, 2 – глина без добавок, 3 – глина 98,5 % + ОГП 1,5 %, 4 – глина 97 % + ОГП 3 %

На кривых 3 и 4 для состава с 1,5 и 3 %-ным содержанием ОГП видно, что характер кривых изменился незначительно, по сравнению с нулевым составом (глина без добавок) – (кривая 2), хотя потеря массы несколько выше. Сравнительные значения потери массы и характерные эндо- и экзоэффекты приведены в таблице.

Данные ДТА подтверждаются и результатами рентгенофазового анализа. Рентгенограммы контрольных проб Сарай-Чекурчинской глины с содержанием ОГП в количестве 1,5 % представлены на рис. 2. Для сравнения рефлексов приведены дифрактограммы чистой Сарай-Чекурчинской глины (кривая 3) и ОГП исходного (кривая 1), обожженного при 950 °С (кривая 2). При температуре обжига 950 °С чистой глины (рис. 2, кривая 3), как уже указывалось выше, формируются муллит (2,688), гематит (3,666; 2,515; 2,189; 1,676; 1,455), алюмосиликатная шпинель (2,44) и, возможно, небольшое количество кристобалита (4,04) и корунда (1,374).

Муллитизация возможна в системах, содержащих SiO_2 и Al_2O_3 , причем его интенсивность возрастает при наличии активного аморфного глинозема, каковым является $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$, менее активный $\Theta\text{-Al}_2\text{O}_3$ и другие аморфные оксиды. В нашем случае, видимо, формируется небольшое количество первичного муллита, из-за взаимодействия $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$, образующегося при распаде метакаолинита, с кремнеземом. Вторая кристаллическая фаза черепка, повышающая прочность черепка – алюмосиликатная шпинель – Al_2SiO_4 с рефлексом 2,256.

Наличие гематита $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ на ДТА не обнаружено, т.к. он на ДТА не имеет эффектов. В основе структуры гематита лежит плотнейшая упаковка анионов кислорода, в которой 2/3 октаэдрических пустот заняты катионами железа. Кроме того, при введении в шихту ОГП образуются, видимо, непрерывные твердые растворы с Cr_2O_3 , имеющегося в незначительном количестве в ОГП, а также твердые растворы с Al_2O_3 , который является продуктом распада метакаолинита.

Анализируя результаты наших экспериментальных данных и данные работ других исследователей, можно сделать вывод о том, что гидраргиллит или гиббсит способствуют формированию при термической обработке активной формы глинозема $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$, который, по данным разных источников, сохраняет свою активность в интервале температур от 250 до 900 °С. В кристаллической фазе черепка, формирующегося при обжиге кирпича на основе Сарай-Чекурчинской глины с добавкой ОГП, очевидно, присутствуют иголки муллита, которые формируются при взаимодействии $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$, $\Theta\text{-Al}_2\text{O}_3$ и аморфного кремнезема. Эти иголки муллита как бы пронизывают стеклофазу черепка, армируя ее и способствуя повышению кристалличности стеклофазы, что приводит к повышению прочности черепка.

Таблица

Значения эффектов и потери массы для проб механоактивированной среднепластичной Сарай-Чекурчинской глины с добавкой ОГП

№ п/п	Состав шихты	Значения интервала эндо (-) и экзоэффектов (+), С	Пик эндо- и экзоэффекта, °С	Потеря массы, %	
				по эффектам	суммарная
1	2	3	4	5	6
1	ОГП – 100 %	30-200 (-)	165 (-)	10,0	35,2
		200-310 (-)	270 (-)	24,0	
		310-430 (+)	365 (+)	28,0	
		860-1000 (-)	955 (-)	35,2	
2	Глина – 100 %	20-160 (-)	120 (-)	2,0	7,5
		160-240 (-)	180 (-)	3,7	
		500-545 (-)	515 (-)	6,3	
		790-875 (-)	830 (-)	7,5	
		945-1000 (+)	985 (+)	–	

Таблица (продолжение)

1	2	3	4	5	6
3	Глина – 98,5 % + ОГП – 1,5 %	30-155 (-)	120 (-)	3,6	8,1
		150-260 (-)	220 (-)	3,8	
		500-550 (-)	515 (-)	6,24	
		785-830 (-)	800 (-)	7,9	
		940-1000 (-)	960 (-)	8,1	
4	Глина – 97 % + ОГП – 3 %	30-150 (-)	120 (-)	3,6	8,6
		150-280 (-)	200 (-)	3,9	
		465-550 (-)	515 (-)	6,4	
		800-860 (-)	830 (-)	7,1	
		910-980 (-)	940 (-)	8,6	

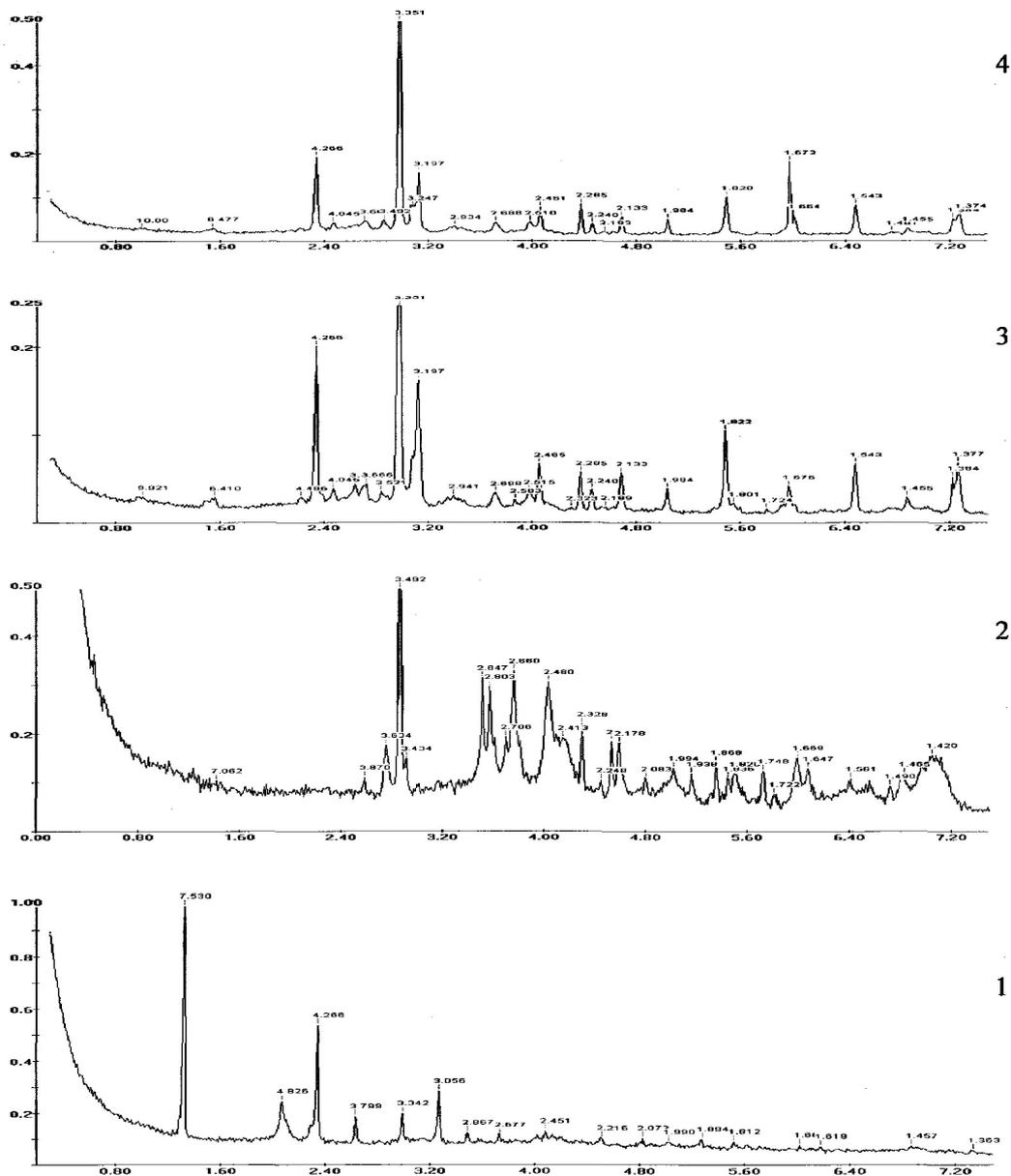


Рис. 2. Дифрактограммы образцов: 1 – ОГП в исходном состоянии, 2 – ОГП, обожженные при 950 °С, 3 – чистая глина, обожженная при 950 °С, 4 – Глина + ОГП, обожженные при 950 °С

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ашмарин Г.Д. Ключ к успеху в производстве керамического кирпича – рациональная переработка сырьевых материалов // Строительные материалы. Приложение Technology, 2007, № 9. – С. 15-16.
2. Мавлюбердинов А.Р. Пустотело-пористая стеновая керамика на основе местного сырья // Автореферат канд. дисс. на соиск. степени канд. техн. наук. – Казань, 2001. – 19 с.
3. Мавлюбердинов А.Р., Габидуллин М.Г., Рахимов Р.З. Исследование влияния подмыльного щелока и отходов гальваники на прочность и формирование новообразований в стеновой керамике // Материалы седьмых академических чтений РААСН «Современные проблемы строительного материаловедения», Часть 1. – Белгород, 2001. – С. 323-330.
4. Королев Э.А., Морозов В.П., Бариева Э.Р., Рахимов Р.З., Габидуллин М.Г., Мавлюбердинов А.Р. Возможность использования отходов химического производства в изготовлении керамического кирпича // Актуальные экологические проблемы Республики Татарстан. – Казань, 2000. – С. 136-137.
5. Чумаченко Н.Г. Методологические основы производства строительной керамики на основе природного и техногенного сырья // Автореферат докт. дисс. на соиск. степени доктора техн. наук. – Самара, 1999.
6. Торопов Н.А. и др. Диаграммы состояния силикатных систем: Вып. 2. Металлоокислородные соединения силикатных систем. – Л.: Наука, Ленинградское отделение, 1984. – С. 18-34.

УДК 678.652.41.21:62.

Мубаракшина Л.Ф. – кандидат технических наук, ассистент

E-mail: mlfkazan@rambler.ru

Абдрахманова Л.А. – доктор технических наук, профессор

E-mail: laa@kgasu.ru

Хозин В.Г. – доктор технических наук, профессор

E-mail: khozin@kgasu.ru

Зарипова В.М. – аспирант

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

НАНОМОДИФИКАЦИЯ КАРБАМИДОФОРМАЛЬДЕГИДНЫХ СМОЛ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ*

АННОТАЦИЯ

Рассмотрены потенциальные нанонаполнители карбаминоформальдегидных смол из числа гидрозолей, содержащих наноразмерные частицы оксидов металлов. Разработаны карбаминоформальдегидные смолы и пенопласты на их основе, модифицированные алюмозолом, и изучены их основные технологические и эксплуатационные свойства. Проведены исследования пористой структуры карбамидных пенопластов. Установлены технологические особенности введения алюмозоля в пенокомпозицию.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: карбаминоформальдегидная смола, карбамидный пенопласт, наномодификация, алюмозоль.

Mubarakshina L.F. – candidate of technical sciences, assistant

Abdrahmanova L.A. – doctor of technical sciences, professor

Khozin V.G. – doctor of technical sciences, professor

Zaripova V.M. – post-graduate student

Kazan State University of Architecture and Engineering

NANOMODIFICATION UREA-FORMALDEHYDE RESINS FOR MANUFACTURE OF BUILDING MATERIALS

ABSTRACT

Are considered potential nanofillers urea-formaldehyde resin from number hydrosol containing nanodimensional particles of metals. Are developed urea-formaldehyde resin and foams on their basis, modified of aluminum lime, and their basic technological and operational properties are investigated. Researches of porous structure urea-formaldehyde foams are lead. Technological features of introduction the aluminum lime in foam are established.

KEYWORDS: urea-formaldehyde resin, urea-formaldehyde foam, nanomodification, aluminum lime.

Карбаминоформальдегидные смолы – самые дешевые и крупнотоннажные среди других термореактивных смол и широко применяемых для изготовления пенопластов, древесностружечных и древесноволокнистых плит, а также фанеры, специальных влагопрочных сортов бумаги и картона. Однако их существенным недостатком является хрупкость и жесткость, что негативно отражается на долговечности, эксплуатационных и физико-механических показателях строительных материалов и изделий на их основе. Существенным технологическим недостатком карбаминоформальдегидных смол является усадка при отверждении.

Известно большое количество работ, заключающихся в химической модификации карбаминоформальдегидных смол на стадии синтеза [1-3]. Здесь достигнуты достаточно большие успехи: создано и производится множество модифицированных смол, однако их применение

* Работа выполнена в рамках реализации Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы (государственный контракт 16.740.11.0026 от 01.09.2010 г.).

приводит к незначительным эффектам упрочнения строительных материалов на их основе. В основном, модификация направлена на снижение выделения формальдегида при эксплуатации.

Среди различных путей улучшения свойств полимерных строительных материалов наиболее эффективным может стать тонкодисперсное и нанонаполнение, направленное на улучшение структуры и свойств самой полимерной матрицы (связующего).

Ранее нами была установлена возможность высокого наполнения (до 40 масс.%) пенопласта на основе карбаминоформальдегидной смолы ультратонкодисперсными частицами. При этом практически не меняется вязкость и время гелеобразования пенемассы, что позволяет формировать ячеистую структуру, реализующую свойства высоконаполненной полимерной матрицы, а именно: увеличение прочности в 10 раз, снижение усадки в 9 раз и сорбционное увлажнение в 2,5 раза [4].

Дальнейшая работа направлена на изучение наномодифицирования карбаминоформальдегидных смол гидрозолями, содержащими наночастицы оксидов металлов (кремния и алюминия), для снижения эмиссии формальдегида, повышения химической стойкости и теплостойкости, улучшения механических свойств и долговечности отвержденных композитов на основе карбаминоформальдегидных связующих и строительных материалов на их основе.

В работах [5, 6] представлены данные о модификации карбаминоформальдегидных смол жидкими стеклами. Сложность таких систем состоит в том, что увеличение pH за счет жидкого стекла препятствует реакции поликонденсации смолы. Величина pH системы должна находиться в пределах 4-5. По той же причине в присутствии кремнезоля, для которого характерно значение pH более 10, не удалось получить наномодифицированную смолу со стабильными свойствами.

Наиболее эффективным нанонаполнителем оказался алюмозоль – золь оксида алюминия, представляющий собой коллоидную систему с наноразмерными частицами и pH=4,7. Содержание оксигидроксида алюминия – 0,24 %. Плотность – 1,013 г/см³. С помощью анализатора распределения размеров частиц методом рассеяния лазерного света HORIBA LA-950 был определен диаметр мицелл алюмозоля – 50-80 нм (рис. 1).

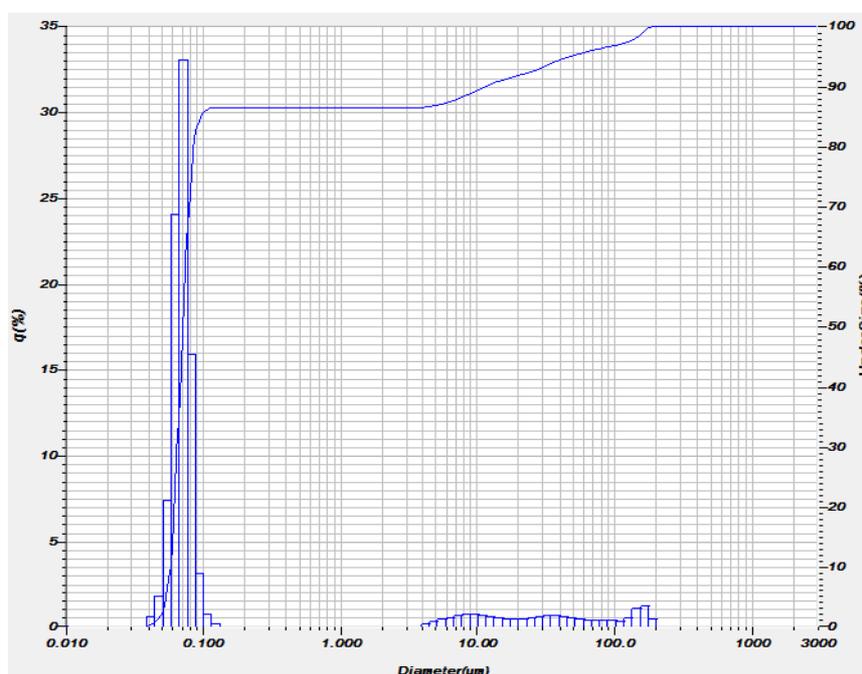


Рис. 1. Распределение частиц алюмозоля по размерам

Наномодифицированный карбамидный полимер получали следующим образом. На первой стадии смешивали карбаминоформальдегидную смолу с алюмозолем в течение 1 минуты с помощью лабораторной мешалки (2000 об/мин). Затем добавляли ортофосфорную кислоту, перемешивали еще 30 секунд и заливали в формы-цилиндры диаметром 1,5 см и высотой 3 см. Отверждали образцы при нормальных условиях в течение 24 часов, после чего распалубливали и выдерживали при тех же условиях еще двое суток.

Основным технологическим параметром является время гелеобразования карбамидоформальдегидного связующего, которое при введении кислого алюмозоля ($\text{pH} = 4,7$) сокращается, но при этом вязкость смолы остается неизменной.

На рис. 2 представлены зависимости плотности, прочности отвержденного карбамидного полимера от содержания алюмозоля. Зависимости прочности на сжатие и плотности коррелируют между собой и носят экстремальный характер. Оптимальная концентрация составила 3 масс.%, при которой наблюдается наибольший коэффициент конструктивного качества, равный 2,5, что в 2 раза больше, чем у немодифицированного карбамидного полимера.

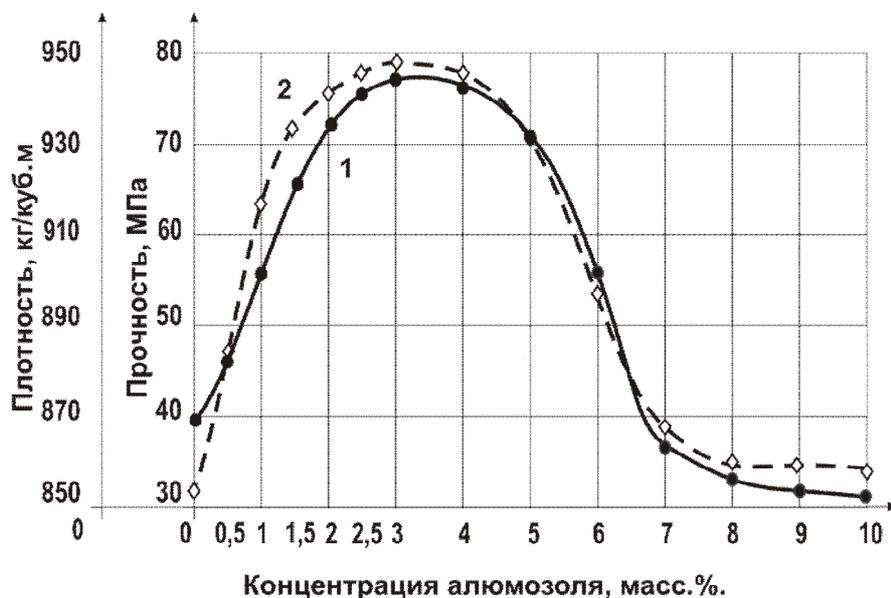


Рис. 2. Зависимость плотности (кривая 1) и прочности карбамидоформальдегидного полимера (кривая 2) от концентрации алюмозоля

Процесс поликонденсации карбамидного полимера сопровождается выделением воды и формальдегида, что приводит к значительной усадке. В процессе отверждения контролировалась потеря массы образцов. При концентрации алюмозоля 1,5 масс.% наблюдается резкое снижение динамики удаления влаги (до 35 %) в процессе сушки уже отвержденного материала (после первых 10 часов), что приводит к уменьшению линейной усадки наполненных полимеров и отсутствию трещинообразования.

Эффект от наномодифицирования карбамидоформальдегидных смол, вероятно, заключается в том, что ультрадисперсные частицы алюмозоля заполняют структурные дефекты межфазных границ и локальные неплотности материала (топологический эффект) и, обладая при этом высокой адсорбционной и химической активностью, образуют физические и химические связи с окружающими элементами, вызывая эффект усиления и уплотнения. В результате структурный элемент ослабления превращается в усиливающий и уплотняющий центр, обеспечивающий резкий прирост прочности при потенциально меньших объемных долях.

Во второй части работы исследовалось влияние алюмозоля на свойства карбамидного пенопласта, который наряду с хорошими тепло-, звукоизоляционными свойствами, высокой технологичностью, доступностью и низкой стоимостью сырья и негорючестью обладает низкой прочностью и значительной усадкой.

Технология изготовления пенопласта заключается во введении смолы в кислую пену с последующим отверждением системы. При модификации карбамидных пенопластов тонкодисперсными порошкообразными наполнителями оптимальным (не приводящим к резкому снижению кратности вспенивания) и более технологичным способом введения было предварительное приготовление суспензии порошка в смоле.

Ввиду того, что алюмозоль имеет кислый $\text{pH} = 4,7$, что приводит к поликонденсации смолы, был выбран другой способ изготовления наномодифицированного пенопласта, заключающийся в введении алюмозоля в кислый пенообразующий раствор, состоящий из алкилбензосульфокислоты

(ПАВ), ортофосфорной кислоты (катализатор отверждения) и воды. При этом кратность вспенивания и стабильность пены не снижаются.

Введение алюмозоля не оказывает значительного влияния на технологические параметры переработки пенопласта (время гелеобразования сокращается незначительно, а кратность вспенивания не меняется), в качестве основных критериев оптимальных составов были выбраны плотность и прочность на сжатие при 10%-ной деформации карбамидных пенопластов, которые изменяются экстремально (рис. 3).

Максимум прочности при 10%-ной деформации соответствует 1,5-2 масс.% алюмозоля. Оптимальное количество алюмозоля, равное 2,5-3 масс.%, было выявлено по коэффициенту конструктивного качества, соответствующему максимальной прочности при минимальной плотности пенопласта.

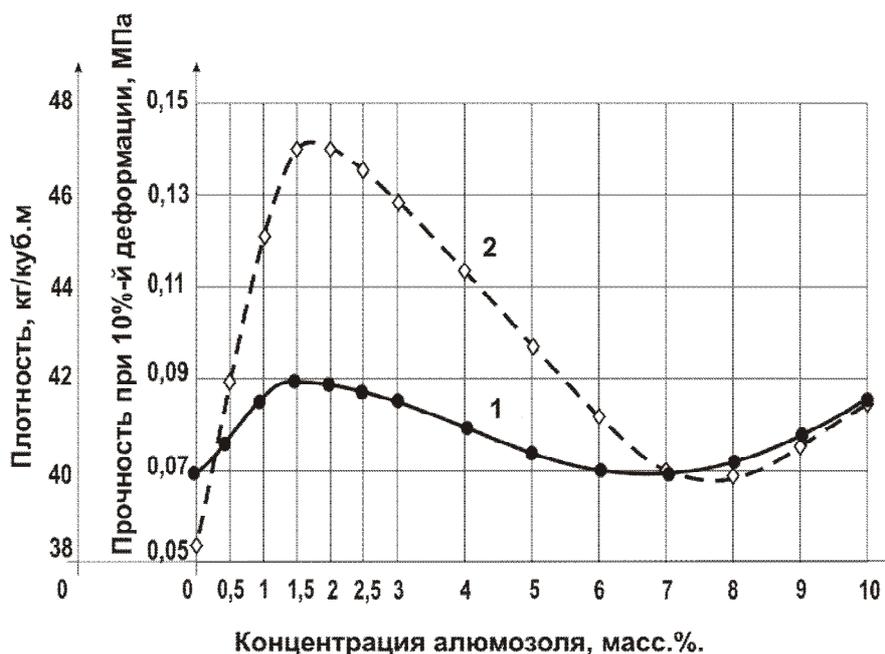


Рис. 3. Зависимость плотности (кривая 1) и прочности при 10%-ной деформации карбамидного пенопласта (кривая 2) от концентрации алюмозоля

Свойства пенопластов зависят как от свойств полимерной матрицы, так и от характера ячеистой структуры, т.е. её морфологии. Микроскопические исследования пористой структуры модифицированных алюмозолом карбамидных пенопластов проводились на поляризационном оптическом микроскопе Axioscop 40 Pol (Carl Zeiss). На рис. 4 представлены микроскопические снимки немодифицированного карбамидного пенопласта (а) и пенопласта, модифицированного алюмозолом (б). В последнем случае наблюдается равномерная структура с меньшим размером пор, что положительным образом отражается на теплозащитных характеристиках пенопласта и приводит к снижению сорбционного увлажнения из-за отсутствия капилляров Гиббса треугольного сечения, обуславливающих высокое капиллярное водопоглощение.

В таблице представлены составы и показатели свойств пенопластов. Указанный в табл. состав карбамидного пенопласта, модифицированного алюмозолом, характеризуется высоким комплексом технологических и технических показателей, а именно: повышенной прочностью на сжатие (в 2,5 раза больше, по сравнению с ненаполненным аналогом), низким сорбционным увлажнением (меньше на 30 %), при сохранении высоких теплозащитных свойств (коэффициент теплопроводности 0,032 Вт/(м.К)). Неорганическая природа алюмозоля обуславливает сохранение высокой пожаробезопасности пенопласта.

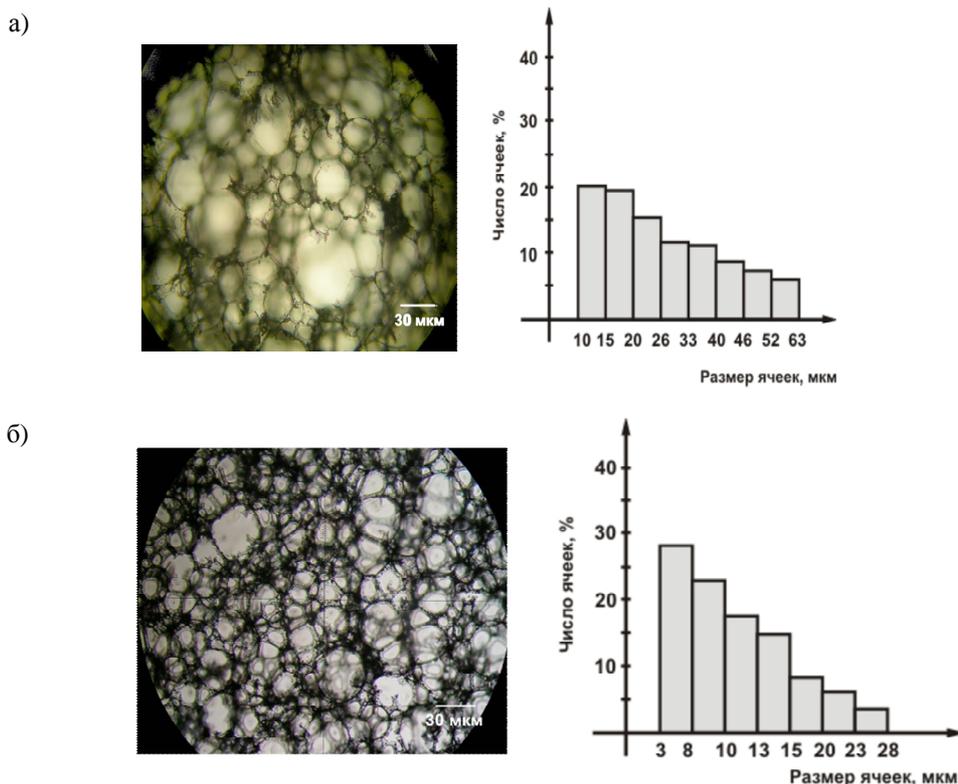


Рис. 4. Микрофотографии и гистограммы распределения ячеек по размерам немодифицированного карбамидного пенопласта (а) и модифицированного алюмозолом (б)

Таблица

Свойства карбамидных пенопластов

Показатель	Составы, масс. %	
	КФС –100; АБСК-0,6; ортоф. кислота (74 %) –1,5	КФС – 100; АБСК-0,6; ортоф. кислота (74 %) – 2,25; алюмозоль – 2,5
Плотность, кг/м ³	40	42
Прочность на сжатие при 10%-ной линейной деформации, МПа	0,06	0,15
Сорбционное увлажнение за 24 часа, масс. %	13	4
Коэффициент теплопроводности, Вт/ (мК)	0,034	0,033
Коэффициент конструктивного качества	1,0	3,2

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев В.Е. Производство карбамидоформальдегидных смол // Пластические массы, 2004, № 5. – С. 46-48.
2. Кандырин Л.Б., Копырина С.Е., Кулезнева В.Н. Исследование свойств смесей промышленных терморезистивных смол // Пластические массы, 2001, № 4. – С. 43-46.
3. Салазкин С.Н., Шитиков В.К., Мачуленко Л.Н., Нечаев А.И., Шершнева В.О., Полищук О.Ф. Модификация карбамидоформальдегидных смол фенолами различного строения // Пластические массы, 2000, № 10. – С. 24-26.
4. Мубаракшина Л.Ф. Усиление карбамидных пенопластов активными наполнителями // Автореферат канд. дисс. на соиск. степени канд. тех. наук. – Казань, 2008. – 22 с.
5. Солдатов Д.А., Абдрахманова Л.А., Хозин В.Г. Модифицированное связующее на основе карбамидоформальдегидных смол для теплоизоляционных материалов из отходов деревообработки // Матер. междун. НТК «Проблемы строительного материаловедения и новые технологии», ч. 2. – Белгород, 2000. – С. 374-378.
6. Хозин В.Г., Солдатов Д.А., Абдрахманова Л.А. Каркасно-волоконные композиты для теплоизоляции в строительстве // Изв. вузов. Строительство, 1999, № 8.

УДК 665.775.5; 625.85

Мурафа А.В. – кандидат технических наук, профессор

Макаров Д.Б. – кандидат технических наук, доцент

Нуриев М.А. – аспирант

Хозин В.Г. – доктор технических наук, профессор

E-mail: khozin@kgasu.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫЕ БИТУМНЫЕ ЭМУЛЬСИИ СТРОИТЕЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ*

АННОТАЦИЯ

Разработаны новые анионноактивные битумные эмульсии (БЭ), изучены их свойства и оптимизированы составы. Проведены наномодификация и наполнение БЭ латексами и разного рода наполнителями. Осуществлена антикоррозионная защита разработанными составами элементов металлических коммуникаций и опорных конструкций из кирпича и бетона.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: битумные эмульсии, наномодификация, латекс.

Murafa A.V. – candidate of technical sciences, professor

Makarov D.B. – candidate of technical sciences, associate professor

Nuriev M.A. – post-graduate student

Khozin V.G. – doctor of technical sciences, professor

E-mail: khozin@ksaba.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

NANOMODIFIED BITUMEN EMULSION FOR CONSTRUCTION PURPOSES

ABSTRACT

The new anion active bitumen emulsion (BE) has been developed; their properties have been studied and composition optimized. The nanomodification and BE filling by latex and different filler had been carried out. The anticorrosion protection of metal communication and supporting formwork system made of brick and concrete by means of elaborated compositions were performed.

KEYWORDS: bitumen emulsion, nanomodification, latex.

Использование для антикоррозионных, гидроизоляционных, дорожных покрытий материалов «холодной» технологии – битумных эмульсий (БЭ) – является, на наш взгляд, альтернативным направлением. Последние представляют собой материал, получаемый путем диспергирования битума в воде с помощью эмульгатора.

Однако применение БЭ в строительстве пока ограничено, что объясняется дефицитом и дороговизной эмульгаторов (главным образом, катионноактивных импортных). Кроме того, существующие БЭ не всегда отвечают технологическим и эксплуатационным требованиям.

Нами разработана БЭ на анионноактивном смесевом эмульгаторе с использованием отхода переработки хлопкового масла (ОПХМ) и отхода переработки сахарной свеклы – дефеката (ДФ) в соотношении 2:3. Получен патент № 2353638 «Поверхностно-активное вещество, битумная эмульсия с его использованием и способ ее применения» [1].

Одной из задач, поставленных в работе, является получение наномодифицированных битумных эмульсий (НБЭ) с использованием выбранных нами наноматериалов.

Возможность получения высококачественных НБЭ с заданными свойствами зависит от эффективности наноматериалов. Поэтому необходимо было исследовать размеры частиц модификаторов, доказать принадлежность их к наноматериалам и целесообразность их применения.

* Работа выполнена в рамках реализации Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы (государственный контракт № 16.740.11.0026 от 01.09.2010 г.).

Выбор в качестве наномодификаторов латекса СКС-65ГП, кремнезоля и полисульфида не случаен, поскольку они являются дисперсными системами той же природы, что и разработанная нами битумная эмульсия, т.е. являются щелочными водными растворами.

Размер частиц выбранных дисперсных систем изучен с помощью прибора HORIBA, получены кривые распределения частиц по размерам. Установлено, что кремнезоль состоит из шести фракций, минимальный размер частиц данного модификатора – 51 нм, максимальный – 100 нм, наиболее вероятный размер частиц – 67 нм, что составляет 48 % от общего числа частиц дисперсии (рис. 1).

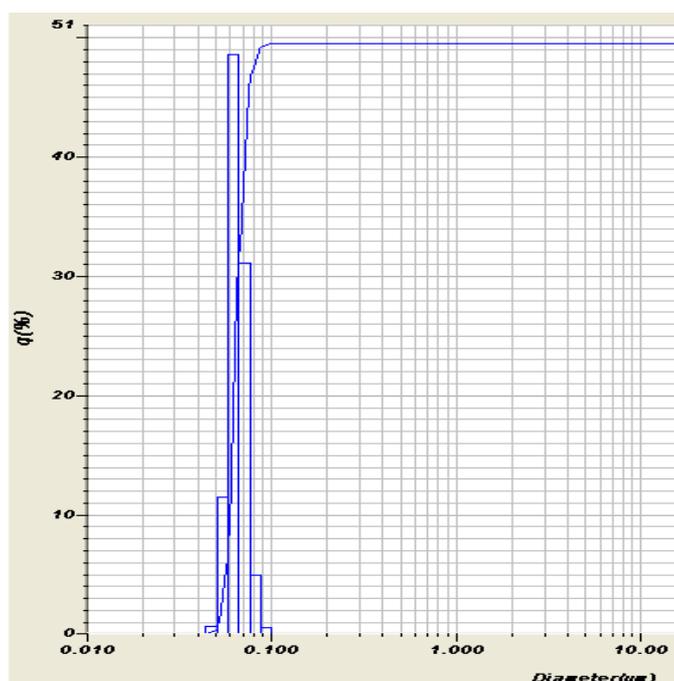


Рис. 1. Распределение частиц кремнезоля по размерам

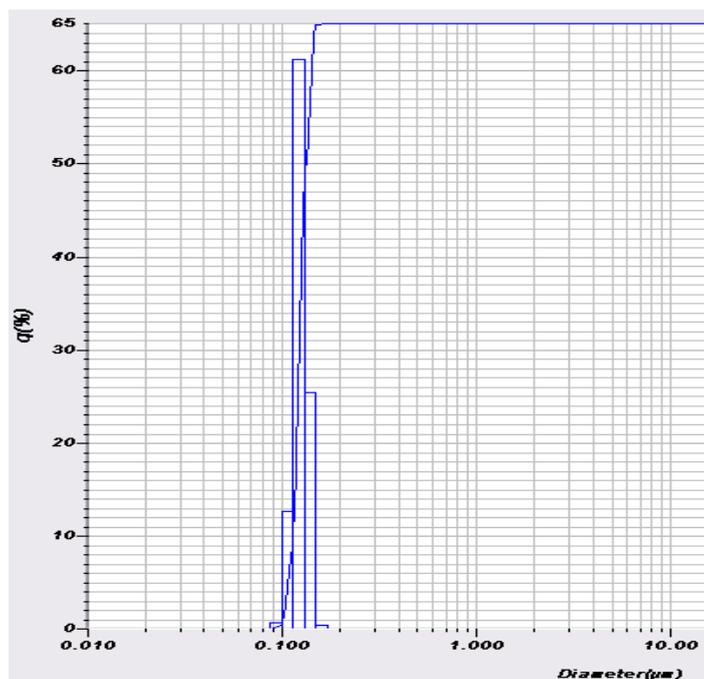


Рис. 2. Распределение частиц полисульфида по размерам

Диапазон размеров частиц полисульфида – от 100 нм до 172 нм и состоит из четырех фракций, наиболее вероятный размер частиц – 131 нм, что составляет 61 % от общего числа частиц дисперсии (рис. 2).

Распределение частиц латекса СКС-65ГП указывает на наличие девяти фракций, минимальный размер частиц – 44 нм, максимальный – 115 нм, при этом более 90 % частиц имеют размер менее 100 нм, наиболее вероятный размер частиц лежит в интервале от 76 до 87 нм, что составляет 70 % от общего числа частиц дисперсии (рис. 3).

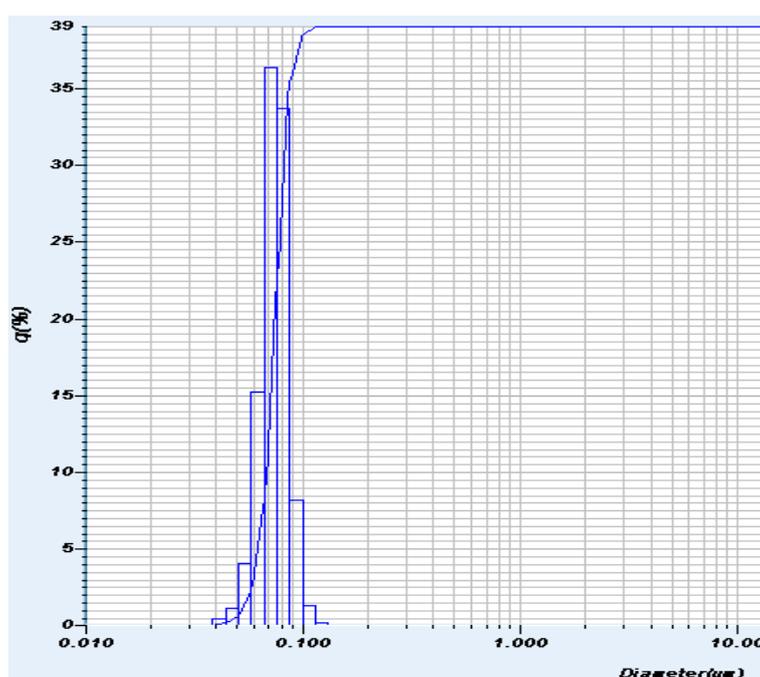


Рис. 3. Распределение частиц латекса СКС-65ГП по размерам

Полученные данные позволяют сделать заключение, что выбранные модификаторы являются наномодифицирующими добавками БЭ, поскольку большинство частиц, распределяемых в битумной эмульсии, имеют размеры менее 100 нм.

Из выбранных наномодификаторов, как показали исследования по определению размеров частиц, наиболее эффективным является латекс СКС-65ГП, поскольку более 90 % частиц имеют размер менее 100 нм.

Латексы являются перспективными материалами для модификации битумных эмульсий и изготовления на их основе битумно-полимерных композиционных материалов. Это обусловлено широкой сырьевой базой и комплексом ценных свойств латекса [2, 3].

В качестве полимерных модификаторов битумной эмульсии нами выбраны стирол-бутадиеновый латекс СКС-65ГП (Ярославль) и 2 латекса – ДВХБ-Ш, ДВХБ-70 завода синтетического каучука (Казань), которые являются коллоидными системами, стабилизированными ПАВом анионного типа.

Латекс вводился в битумную эмульсию в количестве 3; 5; 6; 8; 10 % от массы битума непосредственно после смешения битума и водного раствора эмульгатора.

Определялись технологические и эксплуатационные показатели битумно-полимерных эмульсий (БПЭ). Установлено, что условная вязкость исходной БЭ составляет 16 сек., с повышением концентрации латекса в БЭ условная вязкость снижается во всех случаях. Снижение объясняется меньшей условной вязкостью латексов как дисперсных систем. При 10 % содержании латексов вязкость для БПЭ с СКС-65ГП составляет – 14 сек.; с ДВХБ-70 – 12 сек. и с ДВХБ-Ш – 11,5 сек.

Введение латексов до 5 % не оказывает существенного влияния на однородность и устойчивость эмульсий. Это объясняется тем, что дисперсная фаза латекса распределяется в

дисперсионной среде битумной эмульсии. Однако повышение содержания латексов выше 5 % в БЭ приводит к некоторому ухудшению этих показателей во всех случаях (табл. 2). При этом необходимо отметить, что наиболее устойчивой оказалась битум-полимерная эмульсия с латексом СКС-65ГП.

В таблицах 1 и 2 представлены оптимальные составы и сравнительные характеристики битумной и битум-полимерных эмульсий, модифицированных 5 % латексов.

Таблица 1

Оптимальные составы битумных эмульсий

Компоненты, %	Битумная эмульсия	Битумно-латексная эмульсия на СКС-65ГП	Битумно-латексная эмульсия на ДВХБ-70	Битумно-латексная эмульсия на ДВХБ-Ш
Битум	50	50	50	50
ПАВ ДФ/ОПХМ (3/2)	5	5	5	5
NaOH	0,75	0,75	0,75	0,75
Латекс	–	5	5	5
Вода	44,25	39,25	39,25	39,25

Таблица 2

Основные свойства БЭ, модифицированных латексами

№ п/п	Состав	Условная вязкость при 20 °С, с	Однородность на сите № 0.14, %	Устойчивость при хранении, %	
				7 суток	30 суток
1	БЭ	16	0,15	0,2	0,3
2	БЭ СКС-65ГП – 5 %	14,7	0,15	0,35	0,75
3	БЭ ДВХБ-70 – 5 %	12,8	0,2	0,6	0,9
4	БЭ ДВХБ-Ш – 5 %	11,7	0,3	0,8	1,0
5	ГОСТ 52128-2003	10-25	0,6	0,8	1,2

Таким образом, введение латексов в БЭ существенно повышает технологические показатели БПЭ, снижая при этом их условную вязкость. Показано, что введение латексов в эмульсию выше 5 % нецелесообразно, поскольку это приводит к ухудшению свойств БЭ: однородности с 0,15 % до 0,3 %, устойчивости с 0,2 % до 0,4 %, а также к их удорожанию.

Исследование свойств битумных полимерных композиций, выделенных из модифицированных эмульсий, является весьма важной составной частью оценки качества конечного продукта и его способности сохранять эксплуатационные характеристики. Были изучены основные свойства разработанных битумных композиций, поскольку они отражают характеристики вяжущего, используемого в строительных материалах.

В таблице 3 представлены оптимальные составы и основные свойства битумных полимерных композиций, выделенных из модифицированных БЭ, в сравнении с битумом БНД 90/130, поскольку он является основой разработанных битумных эмульсий.

Показано, что на основные свойства битумных композиций оказывает положительное влияние наличие в них и эмульгатора, и латекса, это приводит к существенному повышению теплостойкости до 100 °С, морозостойкости до -15 °С, эластичности до 44 %, температуры размягчения и твердости.

Установлено, что введение в БЭ наномодифицирующей добавки латекса приводит к существенному повышению основных свойств битумных композиций, выделенных из БЭ, указанных выше. Все это в совокупности определяет эффективность и долговечность разработанных битумных композиций, и возможность использования их в качестве гидроизоляционных, антикоррозионных и дорожных покрытий.

Таблица 3

Свойства битумов, выделенных из эмульсионных композиций

№	Состав, %	Тр, °С	Пенетрация, х 0.1 мм		D ₂₅ , см	Эластич- ность, %	Гибкость, Ш 50 мм	Теплостой- кость, °С
			25 °С	0 °С				
1	БНД 90/130	43	108	30	70	8	+ 3	68
2	БЭ – 100	50	107	28,4	43	29,4	0	70
3	БЭ СКС-65ГП – 5 %	67	92,5	25	18	44	– 15	100

Разработанной битумной эмульсией осуществлена антикоррозионная защита элементов металлических коммуникаций (чугунная запорная арматура, стальные трубы – теплосети), опорных конструкций из кирпича и бетона, а также металлического резервуара под канализационные стоки. Обследование этих объектов после полутора лет эксплуатации показало, что покрытия полностью сохранили защитные функции и целостность: признаки отслоений, короблений и трещин отсутствуют, а следов подпленочной коррозии металлических поверхностей не обнаружено.

Была также изготовлена асфальтобетонная смесь (АБС) на разработанной БЭ, модифицированной латексом. Установлено, что при 20 °С прочность возросла на 20 % (от 2,2 до 2,6 МПа), при 20 °С в водонасыщенном состоянии – на 30 % (от 1,85 до 2,4 МПа), при 50 °С – на 70 % (от 0,8 до 1,36 МПа). Необходимо также подчеркнуть возрастание коэффициента водостойкости АБС с повышением содержания латекса от 0,85 до 0,93. Этим объясняется близость показателей прочности по абсолютной величине сухих и водонасыщенных образцов. При пониженной температуре (0 °С) введение латекса приводит к снижению прочности асфальтобетона на 30 % (от 3,6 до 2,7 МПа). Но при этом по абсолютной величине значения прочности асфальтобетона выше, чем при положительных температурах. Это свидетельствует о наибольшей способности модифицированного асфальтобетона к деформативности.

Таким образом, исходя из положительных результатов обследования, покрытия из битумных эмульсий разработанного состава могут быть рекомендованы для широкого внедрения в качестве гидроизоляционных и защитных покрытий стальных и бетонных конструкций на объектах жилищно-коммунального хозяйства, а также более качественного холодного асфальтобетона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Поверхностно-активное вещество, битумная эмульсия с его использованием и способ ее применения. Патент № 2353638 // Бюл., 2009, № 12.
2. Елисеева В.И. Полимерные дисперсии. – М.: Химия, 1980. – 296 с.
3. Синтетический каучук / Под ред. И.В. Гармонова. – Л.: Химия, 1983. – 560 с.
4. Кисина А.М., Куценко В.И. Полимербитумные кровельные и гидроизоляционные материалы. – Л.: Стройиздат, 1983. – 178 с.
5. Плотникова Т.Н. Кровельные водоэмульсионные лигнобитумные мастики. // Дисс. ... канд. техн. наук. – Новосибирск, 1995. – 171 с.

УДК 691.328.5

Мухаметрахимов Р.Х. – аспирант

E-mail: muhametrahimov@mail.ru

Изотов В.С. – доктор технических наук, профессор

E-mail: v_s_izotov@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Гревцев В.А. – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник

Центральный научно-исследовательский институт геологии нерудных полезных ископаемых

ФИБРОЦЕМЕНТНЫЕ ПЛИТЫ НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО СМЕШАННОГО ВЯЖУЩЕГО

АННОТАЦИЯ

Разработан состав эффективного цементно-волоконистого материала, модифицированного добавками каолина и полиакриламида (ПАА). Проведены исследования процесса контракции и тепловыделения при гидратации ПЦ с модифицирующими добавками. Исследованы физико-технические свойства фиброцементных образцов с добавлением каолина и ПАА. Описана структура ФЦП на основе модифицированного смешанного вяжущего.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: фиброцементные плиты, целлюлозные волокна, модифицированное смешанное вяжущее.

Mukhametrakhimov R.Kh. – post-graduate student

Izotov V.S. – doctor of technical sciences, professor

Kazan State University of Architecture and Engineering

Grevcev V.A. – candidate of mathematical sciences, senior research fellow

Central Research Institute of Geology of Non-Metallic Minerals

FIBER CEMENT SLAB ON THE BASIS OF MODIFIED MIXED CEMENTING

ABSTRACT

The composition of the effective cement-fiber material modified with kaolin and polyacrylamide (PAA). The studies of contraction and heat during hydration of PCs. The physico-technical properties of fiber-cement samples with the addition of kaolin and PAA. Described the structure of FTP based on a modified mixed binder.

KEYWORDS: fiber cement boards, cellulose fibers, modified mixed binder.

Значительным резервом повышения эффективности строительства является снижение материалоемкости и использование вторичных ресурсов при производстве строительных материалов. Это становится возможным при широком применении прогрессивных научно-технических достижений, ресурсо- и энергосберегающих технологий, последовательном сокращении расхода материальных и трудовых ресурсов на единицу продукции. В целях ресурсосбережения целесообразно наращивать темпы использования древесных отходов и эффективных строительных материалов на их основе [1]. К таковым относятся фибролит, арболит, цементно-стружечные плиты, скопобетон, ксилолит, фиброцемент.

Фиброцементные плиты (ФЦП) представляют собой искусственный композиционный каменный строительный материал, получаемый в результате затвердевания смеси, состоящей из цемента, волокон ($\approx 5-20$ % от массы цемента) и воды. Наиболее распространенным видом фиброцемента являются асбестоцементные изделия. Однако асбестовые волокна относятся к канцерогенным материалам, поэтому во многих странах мира, особенно в тех, в которых отсутствуют природные запасы асбеста, ведутся исследования, направленные на частичную или полную замену асбеста другими видами волокон органического или неорганического происхождения.

Проблема замены асбеста (полностью или частично) в производстве асбестоцементных изделий другими видами волокон давно привлекала внимание специалистов. Исследования в этой области ведутся во многих странах, в том числе и у нас. На основе проведенной ВНИИ-проектасбестцементом работы по созданию цементно-волоконистых изделий с частичной (до 50 %) заменой асбеста целлюлозными волокнами на Воскресенском комбинате «Красный строитель» были изготовлены асбестоцеллюлозноцементные листы, предназначенные для внутренней отделки зданий [2].

Наиболее значительный эффект может быть достигнут при внедрении новых безасбестовых цементно-волоконистых материалов на действующих традиционных технологических линиях по производству асбестоцементных листов с максимальным использованием имеющегося оборудования.

Матрица в армированных композициях придает изделию необходимую форму, создает монолитный материал. Объединяя в одно целое многочисленные волокна, матрица позволяет композиции воспринимать различного рода внешние нагрузки (растяжение, сжатие, изгиб, сдвиг и т.д.). В то же время матрица сама принимает участие в создании несущей способности композиции, обеспечивая передачу усилий на волокна [3].

Существующие фиброцементные плиты содержат в своем составе 80-90 % цемента и 10-20 % различных добавок, что, безусловно, не в полной мере отвечает экономичности, конкурентоспособности и прогрессивности технологии производства. Для повышения эффективности фиброцементных материалов автоклавного твердения представляет интерес модифицирование фиброцементной матрицы введением в состав активной минеральной добавки – каолина.

Ранее выполненные нами исследования [4, 5] позволили получить фиброцементные плиты автоклавного твердения на основе целлюлозного волокна средней плотностью 1500-1600 кг/м³ и пределом прочности при изгибе до 25 МПа, водопоглощением – 15 %.

Цель настоящих исследований состояла в повышении физико-технических характеристик ФЦП путем введения в состав вяжущего активной минеральной добавки – каолина – и модифицированием полученной композиции добавкой ПАА. ПАА является не только флокулянт, но и эффективным связующим. Заряженные положительно за счет амидных и карбоксильных групп молекулы ПАА способствуют связыванию целлюлозных волокон [6].

Для подтверждения теоретических выводов проведены физико-механические испытания образцов-плиток контрольного состава, с добавлением каолина в состав вяжущего (3, 9, 18, 27, 36, 45 %) и ФЦП с добавлением ПАА в количестве 0.05, 0.10, 0.15 % от массы цемента.

Исследования влияния различных видов добавок ПАА на кинетику гидратации ПЦ выполнено нами в работе [7], определена наиболее эффективная марка ПАА – «Besfloc 4046», выбранная нами для данного исследования.

Кинетику процесса гидратации цемента изучали путем систематического определения количественного показателя кинетики тепловыделения и контракции портландцемента системы и последующего анализа изменения его во времени. На гидратацию полиминеральных цементов влияет много факторов, поэтому кинетику гидратации цемента изучали параллельно на одних и тех же образцах двумя методами и сопоставляли полученные результаты.

Исследования тепловыделения проводились термосным методом с использованием измерительного комплекса «Термохрон Ревизор TCR-#» с частотой регистрации температуры 15 минут, результаты приведены на рис. 1а, 1б.

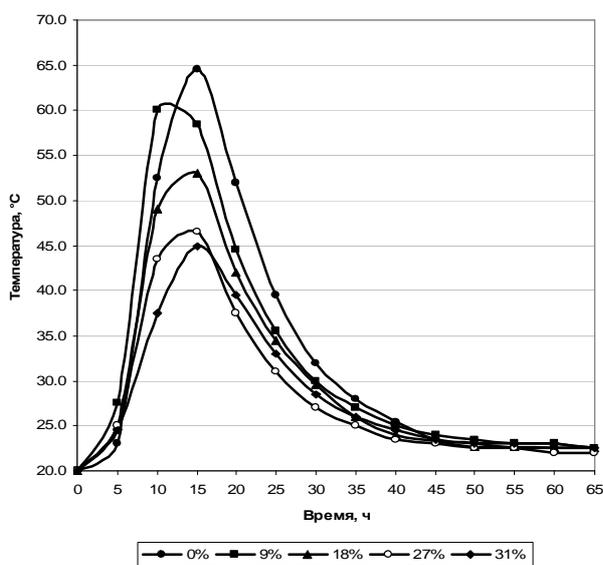


Рис. 1а. Кинетика тепловыделения смешанного вяжущего

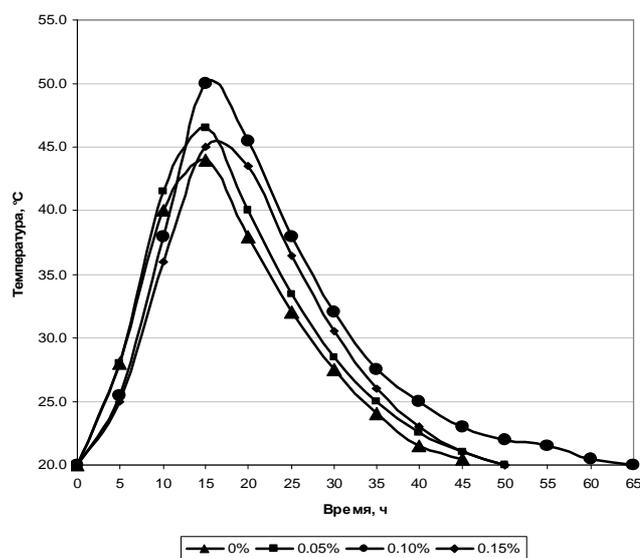


Рис. 1б. Кинетика тепловыделения цементного теста с добавкой ПАА

Исследования тепловыделения при гидратации ПЦ показали, что введение ПАА в цементное тесто (рис. 1б) в зависимости от концентрации оказывает различное влияние на ход и кинетику гидратации портландцемента. Достижение температурного максимума на кривых гидратации портландцемента с содержанием ПАА до 0,1 % свидетельствует об интенсификации гидратации в начальный период твердения. Увеличение количества ПАА в составе более 0,1 % приводит к замедлению процесса гидратации цемента и снижению температурного максимума. Также и удельное тепловыделение портландцемента во все сроки гидратации растет с увеличением содержания ПАА до 0,1 % и снижается при дальнейшем увеличении его дозировки.

Введение каолина в количестве 9 % от массы цемента незначительно снижает удельное тепловыделение, однако при содержании каолина более 9 % снижение температурного максимума и удельного тепловыделения выражено значительно (рис. 2б). На наш взгляд, это связано главным образом с уменьшением количества наиболее активной фазы – портландцемента.

Исследования процесса контракции смешанного вяжущего и контракции ПЦ с добавками ПАА проводили на контракциометрическом тестере активности цемента «Цемент-прогноз» НПП Интерприбор в соответствии с методиками МИ 2486-98 и МИ 2487-98. Результаты приведены на рис. 2.

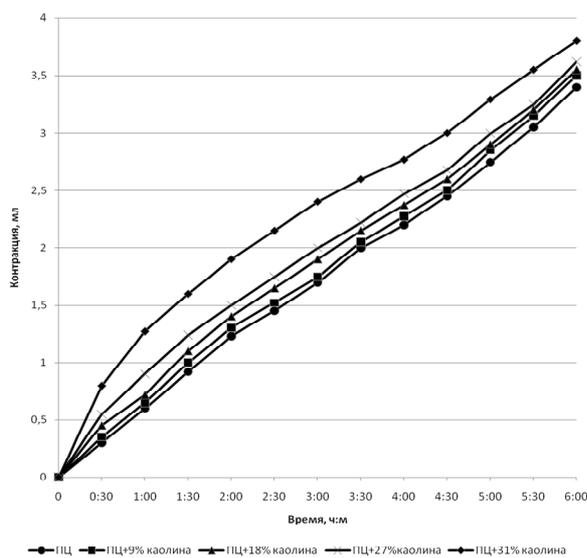


Рис. 2а. Контракция теста смешанного вяжущего

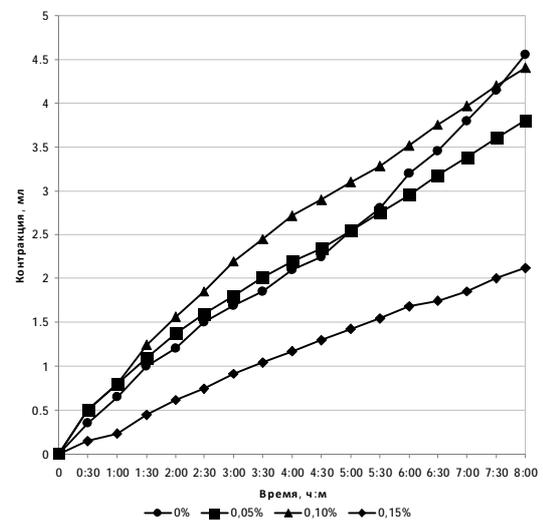


Рис. 2б. Контракция цементного теста с добавкой ПАА

Как видно из рис. 2, введение добавки каолина в количестве 9, 18 и 27 % не оказывает существенного влияния на процесс контракции вяжущего, а с увеличением концентрации добавки до 31 % контракция повышается, что свидетельствует о положительном влиянии активной минеральной добавки на процесс гидратации портландцемента и обуславливает увеличение объема и скорости гидратных новообразований за данный период. Введение ПАА в количестве 0,05-0,1 % не оказывает существенного влияния на процесс контракции ПЦ, однако с увеличением концентрации добавки более 0,1 % процесс контракции ПЦ замедляется, вследствие чего удлиняется индукционный период гидратации.

Физико-механические испытания ФЦП подтвердили теоретические выводы. Получена математическая зависимость предела прочности при изгибе ФЦП от содержания каолина в составе матрицы, которая выражается полиномом третьей степени следующего вида: $R_{изг} = -9E-05x^3 - 0,001x^2 + 0,273x + 10,36$; согласно которой максимальные показатели достигаются при содержании каолина 22-31 % от массы ПЦ. Введение в состав 9, 18, 27 % каолина повышает предел прочности при изгибе ФЦП автоклавного твердения на 27, 36 и 42 % соответственно. Увеличение содержания добавки каолина более 31 % приводит к снижению прочности.

В ходе экспериментальных исследований отмечено, что введение в состав более 0,10 % ПАА затрудняет фильтрационную способность фиброцементной массы при прессовании из-за высокой водоудерживающей способности композиции.

Зависимости относительного предела прочности при изгибе ФЦП на основе модифицированного смешанного от количества добавки ПАА приведены на рис. 3.

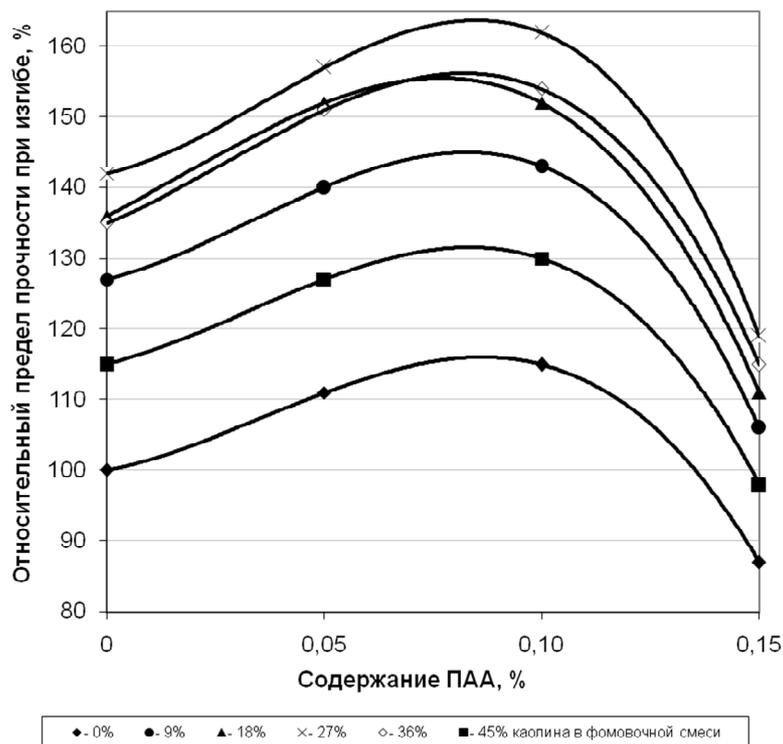


Рис. 3. Зависимость относительного предела прочности при изгибе ФЦП на основе модифицированного смешанного вяжущего от количества добавки ПАА

Контактную зону матрицы и целлюлозного волокна изучали с помощью растровой электронной микроскопии. Исследования проведены на растровом электронном микроскопе РЭМ-100У.

Как следует из электронно-микроскопических снимков (рис. 4, 5), структура ФЦП представляет собой пряди тонких волокон целлюлозы, соединяющихся в монолит продуктами гидратации смешанного вяжущего. Наличие волокон целлюлозы обуславливают прочность и жесткость конгломерата, связующее предохраняет волокно от агрессивных явлений окружающей среды, обеспечивает взаимодействие между волокнами при механических и других воздействиях. На рис. 4 (x50) видна общая картина структуры цементно-волоконистой плиты на участке излома. Структура характеризуется сравнительно однородным, хаотическим распределением целлюлозных волокон с отдельными включениями частиц песка. Волокна расположены преимущественно параллельно плоскости прессования, этим объясняется повышенная прочность при изгибе. При увеличении x1000 (рис. 5) видны скопления безформенных субмикрористаллических структур, представляющих низкоосновные гидросиликаты кальция, отличающиеся высокой степенью дисперсности.

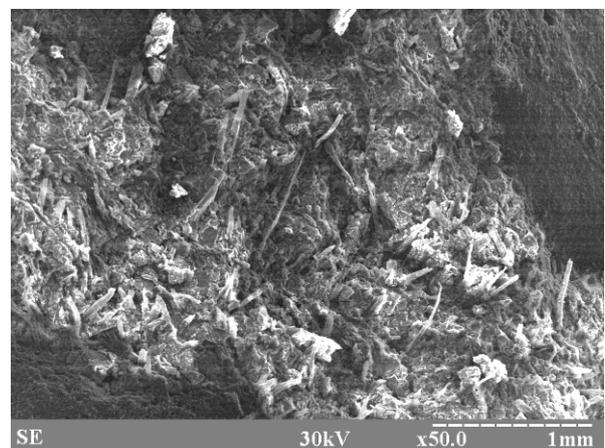
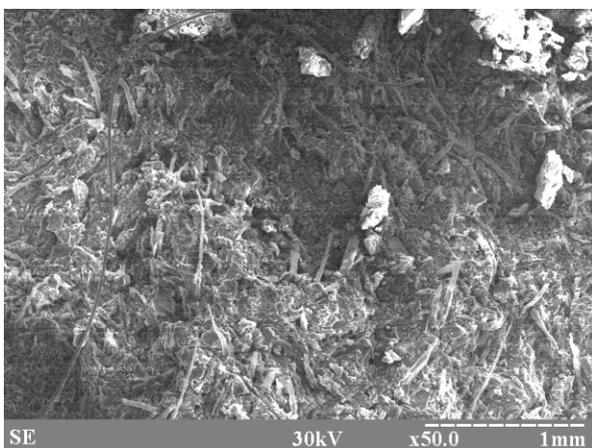


Рис. 4. Общая картина излома цементно-волоконистой плиты (x50)

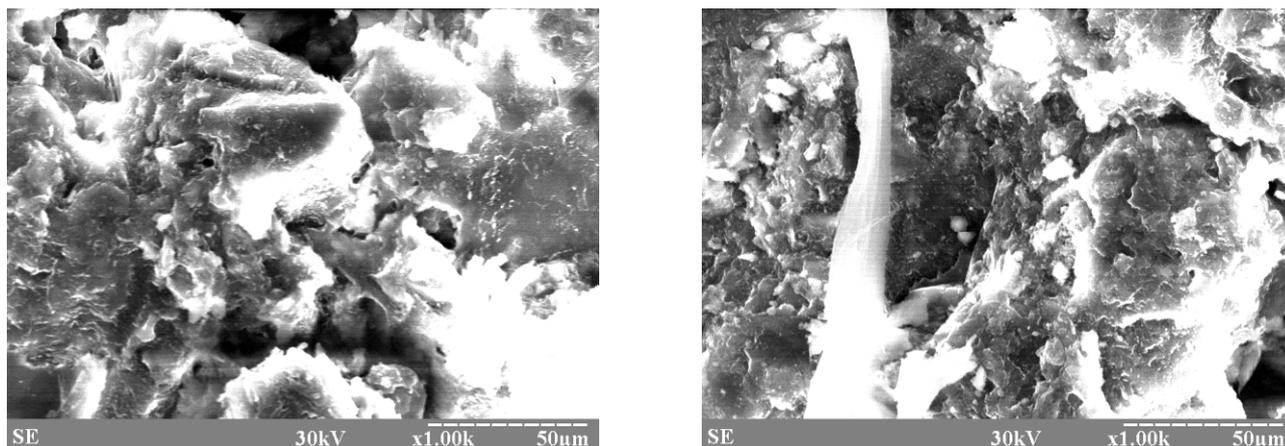


Рис. 5. Волокнистые образования гидросиликатов кальция (x1000)

Выводы. Выполненные исследования показали возможность повышения эффективности фиброцементных плит автоклавного твердения модификацией вяжущего. Установлено, что ведение в состав активной минеральной добавки – каолина в количестве 18-27 % – увеличивает предел прочности при изгибе ФЦП на 27-45. Модифицирование композиции добавкой ПАА в количестве 0,05-0,10 % от массы цемента увеличивает предел прочности при изгибе на 10-15 % и улучшает технологические свойства фиброцементной суспензии и свежееотформованных листов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Наназшвили И.Х. Строительные материалы из древесно-цементной композиции. – Л.: Стройиздат, 1990. – 415 с.
2. Григорьева Л.С., Рабей М.Б., Сулейман О.В., Фишер И.М. Цементно-волоконистые изделия с частичной заменой асбеста целлюлозным волокном // Строительные материалы, 1992, № 10. – С. 25-26.
3. Композиционные материалы волокнистого строения. Уч. пособие. – Киев: Изд-во «Наукова думка», 1970. – 403 с.
4. Мухаметрахимов Р.Х., Изотов В.С. Исследование влияния состава матрицы фиброцементного композиционного материала на его физико-технические свойства // Сборник статей Международной научно-технической конференции «Композиционные строительные материалы. Теория и практика», г. Пенза, 2010. – С. 136-138.
5. Мухаметрахимов Р.Х., Изотов В.С. Технология получения цементно-волоконистого композиционного материала для изготовления фиброцементных плит // Сборник статей 8-ой международной научно-технической конференции «Материалы и технологии XXI века». – Пенза, 2010. – С. 105-106.
6. Комаров В.И. Влияние расхода катионного полиакриламида в кислой и щелочной средах на вязкоупругие свойства бумаги // Известия вузов. Лесной журнал, 2001, № 4. – С. 86-97.
7. Мухаметрахимов Р.Х., Изотов В.С. Структура и свойства модифицированных фиброцементных композиций // Материалы XV академических чтений РААСН – международной научно-технической конференции. – Казань, 2010. – С. 331-334.

УДК 676.026.723.6

Мухаметханов А.М. – аспирант

E-mail: goidr@rambler.ru

Казанский государственный технологический университет

Нугманов О.К. – кандидат химических наук

E-mail: nugmanovok@rambler.ru

ОАО «НИИнефтепромхим»

СТАБИЛИЗИРУЮЩАЯ АРМИРУЮЩАЯ ДОБАВКА НА ОСНОВЕ ТРАВЯНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ДЛЯ ЩЕБЕНОЧНО-МАСТИЧНОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА

АННОТАЦИЯ

Основным отличием высококачественных дорожных покрытий на основе щебеночно-мастичного асфальтобетона является наличие в его составе стабилизирующей добавки на основе натуральных целлюлозных волокон. В статье представлены результаты испытаний полуцеллюлозных волокон, выделенных из травянистых растений, и стабилизирующей добавки на их основе в соответствии с требованиями ГОСТ 31015-2002. Представлена энерго- и ресурсосберегающая технология получения стабилизирующей добавки.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: щебеночно-мастичный асфальтобетон, полуцеллюлозное волокно, стабилизирующая добавка, флотогудрон.

Mukhametkhanov A.M. – post-graduate student

Kazan State Technological University

Nugmanov O.K. – candidate of the chemical sciences

JSC «NINEFTEPROMCHIM»

STABILIZING REINFORCEMENT ADDITIVE MADE OF HERBACEOUS PLANTS CELLULOSE FOR STONE MASTIC ASPHALT

ABSTRACT

The main difference of high-quality road surfaces based on the stone mastic concrete mix is stabilizing additive made of natural cellulose fibers contained in it. The article presents the results of GOST 31015-2002 standard adequacy tests of semicellulose fibers extracted from herbaceous plants and the stabilizing additive based on it. Energy- and resource saving technology of producing stabilizing additive is presented.

KEYWORDS: stone mastic asphalt, semicellulose fiber, stabilizing additive, soap stock.

На сегодняшний день дорожные покрытия на основе щебеночно-мастичного асфальтобетона (ЩМА) являются одними из наиболее качественных в мире. Его используют при укладке дорожного покрытия транспортных магистралей с интенсивным движением, в частности, на автобанах и мостовых перекрытиях, в аэропортах, речных портах и автовокзалах в таких странах, как Россия, США, ЮАР, Китай, Норвегия, Финляндия, Швеция, Франция, Германия и многих других.

Как известно, существенное отличие составов ЩМА от обычного асфальтобетона – это применение специальных стабилизирующих добавок на основе натуральных целлюлозных волокон, позволяющих увеличить толщину битумного слоя на поверхности минеральной части дорожного покрытия.

Целлюлозное волокно должно иметь ленточную структуру нитей длиной от 0,1 мм до 2,0 мм. Волокно должно быть однородным и не содержать пучков, скоплений нераздробленного материала и посторонних включений. По физико-механическим свойствам целлюлозное волокно должно соответствовать значениям, указанным в табл. 1 [1].

Таблица 1

Физико-механические свойства целлюлозного волокна

Наименование показателя	Значение показателя
Влажность, % по массе, не более	8,0
Термостойкость при температуре 220 °С по изменению массы при прогреве, %, не более	7,0
Содержание волокон длиной от 0,1 мм до 2,0 мм, %, не менее	80

В настоящее время на российском рынке представлены следующие стабилизирующие добавки, характеристики которых приведены в табл. 2 [2]:

Таблица 2

Общая характеристика стабилизаторов ЩМА

Производитель	Торговая марка	Описание стабилизатора
ООО «Фирма ГБЦ»	СД-1, СД-Супер	Волокна сульфатной целлюлозы (85 %), органические связки (15 %)
ЗАО Фирма «Эмка»	Гасцел	2 разновидности – гранулированное или не гранулированное целлюлозное волокно
ООО «Хризотоп»	Хризотоп	Гранулы из асбестового волокна
Interchimica SRL	ITERFIBRA	Цилиндрические гранулы длиной 6-8 мм, составом: минеральные и натуральные волокна (соответственно 75 % и 20 %), и органическое вяжущее (5 %)
«Antrocelas», UAB	Antrocel-G/GA	Гранулы целлюлозного волокна, полученного из макулатуры и отходов (70 %), связанных битумом/ПАВ (20 %)
CFF GmbH & co kg	Topcel	Масса длинно и мелковолоконная. Содержание целлюлозы – 80+5 %
J. Rettenmeier & Sohne GMBH & Co. (JRS GmbH & Co.)	Viator 66, Viator Premium	Viator 66 – цилиндрические гранулы 2-10 мм из мелковолоконной целлюлозы (66 %), агломерированной дорожным битумом (34 %). Viator Premium – цилиндрические гранулы 4-8 мм (90 %), агломерированные дорожным битумом (10 %)

Обобщая известные способы получения стабилизирующих добавок, можно выделить следующие основные стадии их производства: измельчение волокна, распушка, пропитка волокон органическим вяжущим, гранулирование и сушка.

Целью настоящей работы являлось создание энерго- и ресурсосберегающей технологии получения стабилизирующей добавки для щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси, соответствующей ГОСТу на ЩМА [1], обладающей способностью сорбировать вяжущее в асфальтобетонных смесях на базе дешевых исходных компонентов, являясь одновременно армирующим и структурообразующим ингредиентом, получаемой в гранулированной форме, удобной при транспортировке и дозировании в щебеночно-мастичную асфальтобетонную смесь при условии ее равномерного распределения в технологической массе.

Нами разработан способ получения стабилизирующей добавки из дешевой травяной полуцеллюлозы [3] и отходов производства масложировых комбинатов [4, 5, 6].

Стабилизирующая добавка представляет собой гранулы *полуцеллюлозного волокна*, пропитанные *связующим*, в качестве которого взяты кубовые остатки дистилляции жирных кислот производства масел, например, флотогудрон, soapсток или жировая масса, полученная при очистке сточных вод того же производства. Технология получения предлагаемой стабилизирующей добавки включает следующие операции:

1. рыхление полуцеллюлозного сырья;
2. приготовление эмульсии;
3. смешение полуцеллюлозных волокон с эмульсией, отжим;
4. гранулирование;
5. сушка.

В качестве основного компонента стабилизирующей добавки использовали полуцеллюлозу, полученную из травянистых растений (стебли льна, рапса, камыша) по оригинальной технологии ОАО «НИИнефтепромхим». В основу технологии получения полуцеллюлозы заложен многофункциональный непрерывно действующий реактор, позволяющий одновременно осуществлять «варку» соломы, удаление древесной части стебля-костры (делигнификация) и *измельчение целлюлозного волокна* [7]. В ходе серии экспериментов по получению полуцеллюлозы из стеблей льна и рапса был определен выход с единицы массы сырья, который составил 56,0 и 42,5 % соответственно, учитывая площадь посевов и производительность линии получения полуцеллюлозы, ее выход составит 0,5 и 5,1 тонн с гектара пашни в год. Кроме того, рапс представляет большой практический интерес как сырье двойного назначения, семена которого идут на получение рапсового масла и биодизеля, а солома, которая в настоящее время запахивается и сжигается на полях, является ценным источником для получения волокнистого материала.

Определение влажности и термостойкости волокон проводили по методикам, приведенным в ГОСТе на ЦМА [1].

Определение длины волокна проводили по методике, описанной Дж. Кларком [8]. Для этого было произведено 4 выборки полуцеллюлозных волокон (500-600 волокон в каждой), выделенных из указанных растений. Длину волокон распределили по классам от 0 до 0,1; 0,1-0,3; 0,3-0,5; 0,5-1,0; 1,0-2,0...10-11 мм. Результаты измерений представлены на рис. 1, 2, 3.

Из рис. 2 видно, что критерию содержание волокна длиной 0,1-2,0 мм 80 % удовлетворяет полуцеллюлоза, выделенная из рапса. Однако стоит отметить, что стандарт допускает применение волокон длиной от 0,1 до 10 мм, способных сорбировать битум при технологических температурах [1]. Этому показателю отвечает также полуцеллюлоза льна, в которой волокон длиной от 0,1 до 4,0 мм содержится 89,4 %, и камыша – 97,4 % (см. рис. 1 и 3).

Также проводилось определение сорбционной способности стабилизирующей добавки к битуму в зависимости от различных условий процесса сушки. Для этого полуцеллюлозные волокна льна пропитывали *связующим* и подсушивали до влажности, удовлетворяющей требованиям ГОСТ 31015-2002 [1]. Сушку проводили тремя способами: в сушильном шкафу, в печи СВЧ и на воздухе при 750 мм. рт. ст. и относительной влажности 75 %. После этого готовую стабилизирующую добавку, сформованную в шары диаметром около 10 мм, погружали на 30 мин. в битум, разогретый до 130 °С марки БНД 90/130. Затем образцы вынимали, сушили и взвешивали. Таким образом, в зависимости от способа сушки стабилизирующей добавки сорбционная способность составила 78,0; 82,4 и 83,5 $\frac{\text{битум, кг}}{\text{целлюлоза, кг}}$ при сушке в шкафу, СВЧ-печи и на открытом воздухе соответственно.

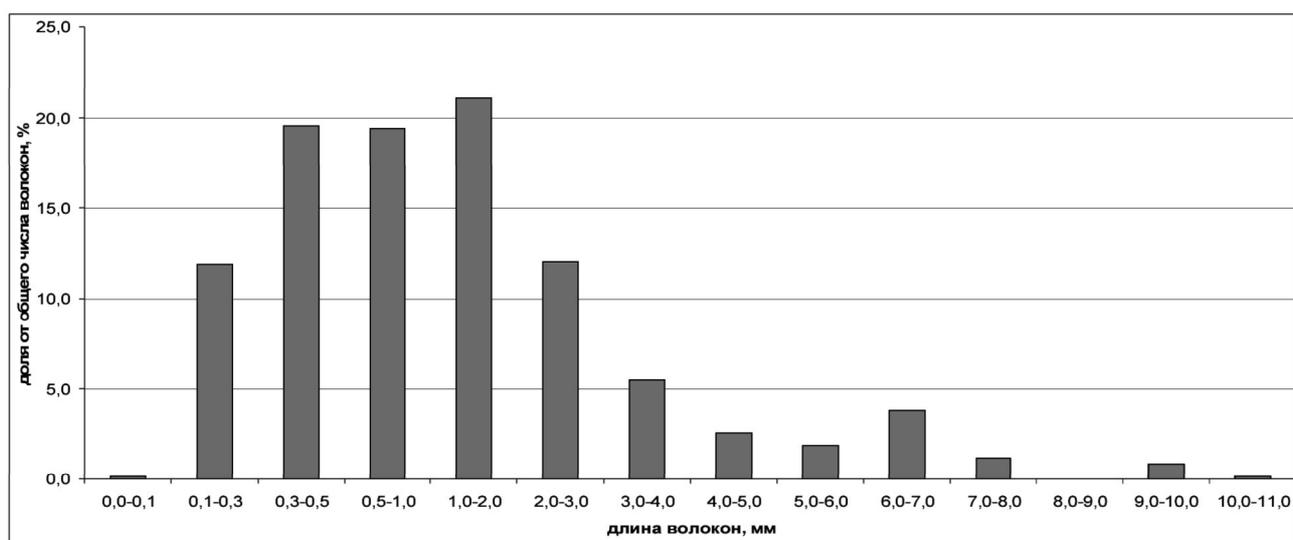


Рис. 1. Распределение по длине волокон полуцеллюлозы, выделенной из льна

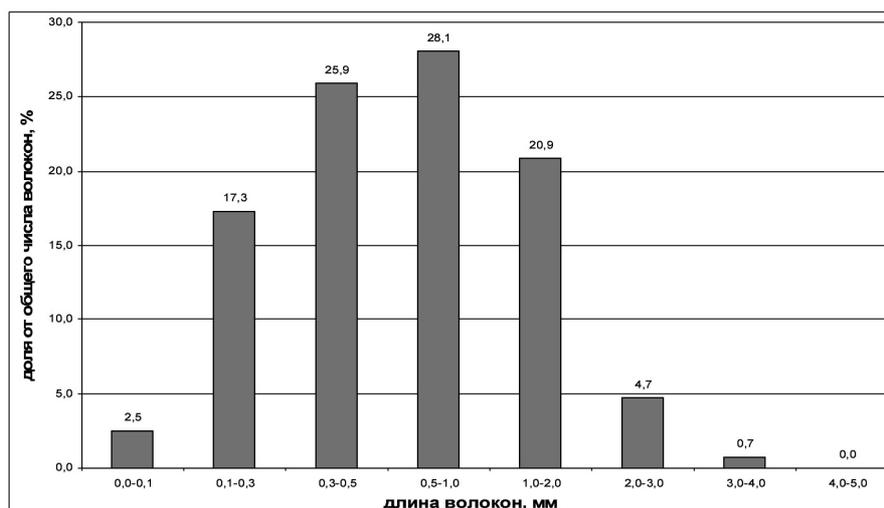


Рис. 2. Распределение по длине волокон полуцеллюлозы, выделенной из рапса

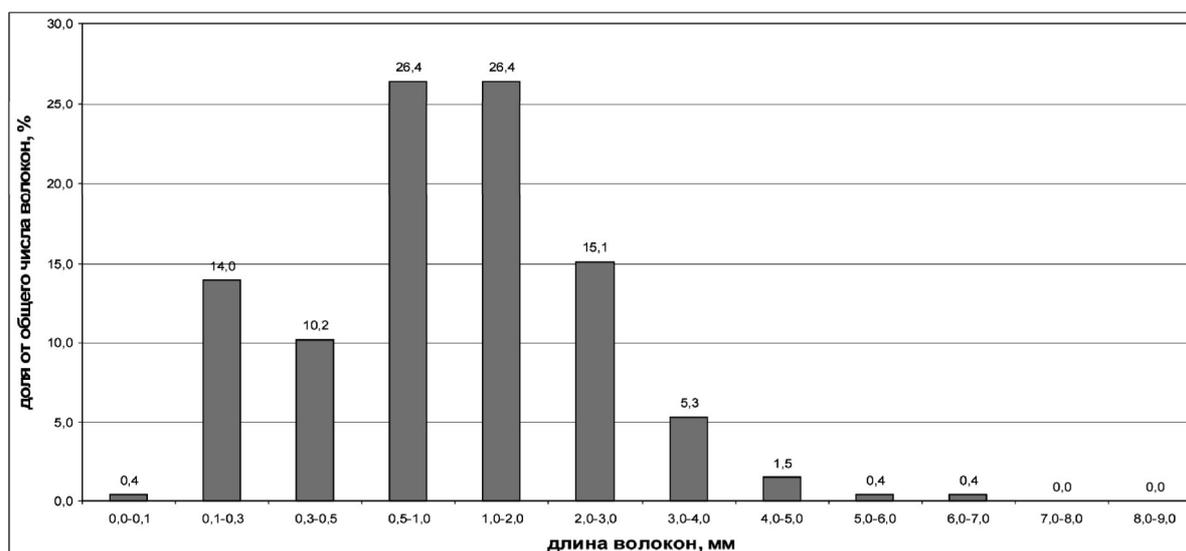


Рис. 3. Распределение по длине волокон полуцеллюлозы, выделенной из камыша

Установлено, что способ сушки стабилизирующей добавки практически не влияет на количество адсорбированного битума.

Как уже отмечалось выше, технология получения полуцеллюлозы предусматривает *измельчение целлюлозного волокна* [7]. Полуцеллюлозу отбирали после стадии термомеханохимической активации, затем готовили эмульсию с одновременной пропиткой волокон. Благодаря этому, получали стабилизирующую добавку, минуя стадии, характерные для процессов получения аналогов (измельчение и распушка волокна) [9, 10].

Таким образом, к преимуществам этого способа получения можно отнести следующие:

§ полуцеллюлозные волокна поступают на пропитку органическим вяжущим уже размельченные и распушенные;

§ снижается расход реагентов на приготовление эмульсии органической связки за счет их присутствия в самом волокне.

К достоинствам получаемой таким образом стабилизирующей добавки можно отнести:

§ снижение температуры процесса пропитки в 2 раза, в сравнении с аналогами [9, 10];

§ применение в качестве сырья полуцеллюлозных волокон травянистых культур и флотогудрона снижает себестоимость продукта в 1,8 раз, а также позволяет до 100 % утилизировать отходы производства масел и жирных кислот;

§ с целью повышения энерго- и ресурсосбережения технология производства стабилизирующей добавки включает многократный рецикл эмульсии и практически безотходна.

В работе представлены результаты проведенных нами испытаний стабилизирующей добавки на основе волокон полуцеллюлозы травянистых культур, пропитанных органической связкой. Образцы волокон полуцеллюлозы, выделенных из льна, рапса и камыша, были проанализированы на соответствие ГОСТ 31015-2002 [1]. Результаты испытаний приведены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты испытаний волокон на соответствие стандарту

Наименование показателей	Требования ГОСТ 31015-2002	Исходное сырье		
		Лен	Рапс	Камыш
Влажность, % по массе, не более	8,0	6,09	5,75	6,31
Термостойкость при температуре 220 °С по изменению массы при прогреве, %, не более	7,0	5,3	6,5	6,9
Содержание волокон длиной от 0,1 мм до 2,0 мм, %, не менее	80	71,9	92,1	77,0

Полученные данные свидетельствуют, что волокна полуцеллюлозы указанных растений соответствуют требованиям ГОСТ 31015-2002 и рекомендуются в качестве стабилизирующей добавки для ЩМА, как в натуральном виде, так и в виде гранул в композиции со связующим, в качестве которого могут применяться кубовые остатки дистилляции жирных кислот. Представлена энерго- и ресурсосберегающая технология получения стабилизирующей добавки. На ООО «Фирма ГБЦ» (г. Асбест) выпущена партия стабилизирующей добавки типа «СД-1 Дороцелл» массой ~1,5 тонны на основе травяной (льняной) целлюлозы для строительства дорожного полотна повышенной износостойчивости. По данному направлению получено 2 патента РФ [11, 12].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 31015-2002. Смеси асфальтобетонные и асфальтобетоны щебеночно-мастичные. Технические условия. – 2003-05-01. – М.: МНТКС, 2003. – 32 с.
2. Мухаметханов А.М., Нугманов О.К., Гаврилов В.И. Способ получения стабилизирующей добавки для щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси // Вестник Казанского технологического университета, 2010, № 6. – С. 204-210.
3. Нугманов О.К., Лебедев Н.А. Целлюлоза. Начало нашей эры // Химический журнал, 2009, № 12. – С. 30-33.
4. Мухаметханов А.М., Нугманов О.К. Стабилизирующая добавка для щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси и способ ее получения на основе травяной полуцеллюлозы // Дорожно-транспортный комплекс: состояние и перспективы развития: Сб. докл. и сообщ. III-й межрегиональной науч.-практич. конф. Чебоксары, апрель 2009 г. – Чебоксары: Волжский филиал МАДИ (ГТУ), 2009. – С. 54-56.
5. Мухаметханов А.М., Нугманов О.К. Отработка способа получения полуцеллюлозы на основе льняного сырья // Научному прогрессу – творчество молодых: Сб. докл. и сообщ. международной науч. студенческой. конф. по естественнонаучным и техническим дисциплинам. Йошкар-Ола, апрель 2008 г.: ч.1. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2008. – С 119-120.
6. Мухаметханов А.М. Стабилизирующая добавка для щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси и способ ее получения на основе травяной полуцеллюлозы // Теоретические знания – в практические дела: Сб. материалов XI Всероссийской науч.-иннов. конф. асп., студ. и молодых ученых с элементами научной школы. Омск, май 2010 г. ч. 1. – Омск: Филиал ГОУ ВПО «РосЗ» в г. Омске, 2010. – С. 202-204.
7. Способ получения полуцеллюлозы: пат. 2343240 Рос. Федерация: МПК⁷ D 21 C 5/00, D 21 C 1/06, D 21 B 1/16, D 01 C 1/02 / Нугманов О.К.; заявитель и патентообладатель ООО «НПО Нефтепромхим». – № 2007115320/12; заявл. 12.04.07; опубл. 10.01.09 Бюл. № 14 (II ч.). – 3 с.

8. Кларк Дж. Технология целлюлозы. – М.: Лесная промышленность, 1983. – С. 221-222.
9. Способ армирования асфальтобетонной смеси: пат. 2262491 Рос. Федерация, МКП⁷ С 04 В 26/26 / Телюфанова О.П.; заявитель и патентообладатель ФГУП СНПЦ «РОСДОРНИИ». – № 2003103141/03. заявл. 10.08.04.; опубл. 20.10.05. Бюл. № 29. – 5 с.
10. Стабилизатор для щебеночно-мастичного асфальтобетона: пат. 2348662 Рос. Федерация, МКП⁷ С 08 L 1/02, С 08 L 23/12, С 04 В 16/02, С 04 В 16/06 / Киселев М.А.; заявитель и патентообладатель ООО «Фирма ГБЦ». – № 2007107626/04. заявл. 28.02.07; опубл. 10.03.09 Бюл. № 14 (II ч.). – 3 с.
11. Стабилизирующая добавка для щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси и способ ее получения: пат. 2312116 Рос. Федерация, МКП⁷ С 08 L 95/00, С 04 В 26/26 / Нугманов О.К., заявитель, патентообладатель ООО «НПО Нефтепромхим». – № 2006142423/04 заявл. 24.11.06, опубл. 10.12.07 Бюл. № 14 (II ч.). – 4 с.
12. Способ армирования асфальтобетонной смеси [пат] пат. 2310622 Рос. Федерация, МКП⁷ С 04 В 26/26 / Нугманов О.К., заявитель, патентообладатель ОАО «НИИнефтепромхим». – № 2006142424/03 заявл. 24.11.06, опубл. 20.11.07 Бюл. № 14 (II ч.). – 4 с.

УДК 625.7

Пермяков В.Б. – доктор технических наук, профессор
Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия

Швецов В.А. – доктор экономических наук, профессор
ФГУ ДСД «Дальний Восток»

Захаренко А.В. – доктор технических наук, профессор
Иркутский государственный технический университет

Семёнов А.С. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: semenov@dalvostok.su

Тихоокеанский государственный университет

Захаренко А.А. – инженер

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия

Дегтярёв А.С. – инженер

ОАО «ХантымансийскДорСтрой»

АНАЛИЗ НЕГАТИВНЫХ ФАКТОРОВ И НАКОПЛЕНИЕ ДЕФЕКТОВ В АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СЛОЯХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД В ТЕЧЕНИЕ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

АННОЦИЯ

Асфальтобетон как основной материал для устройства покрытий автомобильных дорог наиболее всего подвержен различным эксплуатационным воздействиям. При этом асфальтобетонное покрытие вступает в эксплуатацию уже с набором дефектов, приобретенных на предыдущих этапах жизненного цикла. Накапливающиеся внутренние напряжения и необратимые деформации, связанные в значительной мере с изменением структуры материала покрытия, способствуют появлению различных дефектов и повреждений. Проведение многофакторного анализа и построение компьютерной модели, которая учитывает дефекты, возникающие на различных этапах жизненного цикла асфальтобетона, позволят решить задачу качественного устройства асфальтобетонных покрытий с улучшенными показателями физико-механических свойств и увеличенными межремонтными сроками службы.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: асфальтобетонное покрытие, жизненный цикл асфальтобетона, эксплуатационные воздействия, дефекты асфальтобетона.

Permykov V.B. – doctor of technical sciences, professor

Siberian State Automobile and Highway Academy

Shvetzov V.A. – doctor of the economical sciences, professor

FSG DBR «Dalniy Vostok»

Zakharenko A.V. – doctor of the technical sciences, professor,

Irkutsk State Technical University

Semenov A.S. – candidate of technical sciences, associate professor

Pacific National University

Zakharenko A.A. – engineer

Siberian State Automobile and Highway Academy

Degtyarev A.S. – engineer

JSC «KhantimansiyskDorStroy»

THE ANALYSIS OF NEGATIVE FACTORS AND ACCUMULATION OF DEFECTS IN ASFALTCRETE LAYERS OF ROAD CLOTHES DURING LIFE CYCLE

ABSTRACT

Asphaltconcrete as the basic material for the device of coverings of highways most all is subject to various operational influences. Thus asphaltconcrete covering comes into service already with a set of the defects got at the previous stages of life cycle. Collecting internal pressure and the irreversible deformations connected appreciably with change of structure of a material of a covering, promote occurrence of various

defects and damages. Carrying out of the multifactorial analysis and construction of computer model which considers the defects arising at various stages of life cycle asphaltconcrete, will allow to solve a problem of the qualitative device asphaltconcretes coverings with the improved indicators of physicomechanical properties and the increased reserve maintenance periods of service.

KEYWORDS: asphaltconcrete pavement, asphalt concrete life cycle, operational influences, defects of an asphalt concrete.

Введение

Основным финансовым инструментом развития транспортной инфраструктуры страны является завершение программы «Модернизация транспортной системы России (2002-2010 годы)», мероприятия которой предусматривают более эффективное использование транзитного потенциала страны. Необходимость перехода от модернизации к устойчивому развитию транспортной отрасли предопределила разработку новой редакции этой программы – «Развитие транспортной системы России (2010-2015 годы)» [1]. В основу программы легли основные положения Посланий Президента Федеральному Собранию Российской Федерации, решения Государственного Совета, включая решения его Президиума от 13 ноября 2007 года, проект Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации, а также Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года, утвержденная распоряжением правительства РФ от 22.11.2008 г. №1734-р [2].

Эффективность использования бюджетных средств, выделяемых на развитие транспортной инфраструктуры, в значительной степени определяется качеством выполнения дорожных работ, что подчеркивается программным документом Федерального дорожного агентства – «Концепцией обеспечения качества в дорожном хозяйстве», ориентированным на развитие управления в дорожном хозяйстве на основе качества. В решении этой задачи исключительно важное значение имеет комплексный подход к улучшению состояния существующих автомобильных дорог и строительству новых, включающий: применение эффективных инновационных технологий и материалов, анализ дефектов асфальтобетонов, возникающих в течение жизненного цикла, теоретические и экспериментальные исследования свойств материалов, разработку рекомендаций по этапам жизненного цикла.

Основная часть

Асфальтобетон как основной материал для устройства покрытий автомобильных дорог наиболее всего подвержен различным эксплуатационным воздействиям (применяемые исходные материалы, условия производства асфальтобетонных смесей на АБЗ, нагрузки автотранспортных средств, интенсивность движения, природно-климатические условия эксплуатации, истирающее действие колес, гидрологические условия). При этом накапливающиеся внутренние напряжения и необратимые деформации, связанные в значительной мере с изменением структуры материала покрытия, способствуют появлению различных дефектов и повреждений (сдвиговые деформации, трещинообразование, выкрашивание и усиленный износ). Долговечность асфальтобетонных покрытий определяется стабильностью физико-механических свойств асфальтобетона во времени. В связи с этим, учет и анализ возможных причин возникновения дефектов в зависимости от степени влияния того или иного эксплуатационного фактора позволят продлить сроки службы асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог с обоснованием длительности гарантийного периода на основе результатов экспериментальных исследований на различных этапах жизненного цикла, а также сохранить существующую дорожную сеть в нормативном состоянии и своевременно проводить ремонтные и восстановительные работы.

Разнообразие факторов, оказывающих наибольшее влияние на состояние автомобильных дорог и на условия движения транспортных средств, можно разделить на грунтово-геологические и гидрологические условия, рельеф и ландшафт местности, а также погодно-климатические условия или факторы.

Из грунтово-геологических и гидрологических факторов выделяют тип и характеристики грунтов земляного полотна и подстилающих слоев, глубину промерзания, глубину и характер залегания грунтовых вод, условия стока поверхностных вод.

К погодно-климатическим факторам относятся: атмосферное давление, солнечная радиация, температура и влажность воздуха, осадки (дождь, снегопад, ветер, метель, гололед, туман), а также сочетание этих факторов. Основными источниками увлажнения дорожной конструкции являются

атмосферные осадки, просачивающиеся через трещины в покрытии, обочины (особенно в местах сопряжения с проезжей частью); вода, застаивающаяся на поверхности полотна, в боковых резервах и кюветах вследствие затрудненного поверхностного стока и увлажняющая грунт земляного полотна в процессе молекулярного и капиллярного передвижения; подземная вода, поднимающаяся по капиллярам, особенно при промерзании конструкции и близком к поверхности дороги залегании подземных вод; парообразная вода, перемещающаяся от теплых слоев к более холодным. Воздействие погодно-климатических факторов формирует водно-тепловой режим земляного полотна, под которым понимают закономерные сезонные изменения влажности и температуры в полотне и слоях дорожных одежд. В дорожной конструкции происходят сложные процессы: нагревание, охлаждение, промерзание, оттаивание, испарение, конденсация, сублимация, облимация. В результате этого могут систематически наблюдаться диффузионные процессы движения тепла и влаги, называемые тепломассопереносом или тепловлагообменом, обуславливающие колебание влажности и температуры.

Изменение характеристик водно-теплого режима существенно влияет на прочность, долговечность полотна и дорог, приводит к снижению транспортно-эксплуатационных характеристик автомобильных дорог. При этом степень воздействия среды на дорожное полотно в конечном итоге определяется видом и мощностью источников увлажнения дорожной конструкции и интенсивностью температурных воздействий, приводящих к тем или иным деформациям.

Деформации и разрушения автомобильных дорог подразделяют [3] на дефекты и повреждения покрытия и дорожной одежды в целом. К дефектам дорожной одежды относят просадки и колейность, к ее разрушениям – проломы, пучины, разрушения кромок и трещины. К дефектам покрытия – сдвиги, волны и вмятины, к его разрушениям – износ, шелушение, выкрашивания, выбоины, трещины и сетка трещин.

Деформации и разрушения асфальтобетонных покрытий происходят под действием вертикальных и касательных растягивающих сил (сжатие, растяжение и сдвиг слоя), природных факторов (температура и влажность окружающего воздуха, атмосферные осадки, солнечная радиация).

По мнению Л.А. Горельшевой [3], появление дефектов, снижающих эксплуатационные характеристики дорожного покрытия, связано с 3-4 периодами времени, характеризующими состояние покрытия. Первый (начальный) период соответствует формированию дорожных одежд после строительства. В это время имеет место доуплотнение слоев дорожной одежды в результате открытия движения транспортных средств, интенсивно проходят физико-механические и физико-химические процессы под воздействием климатических условий, происходит перераспределение минеральных частиц скелета асфальтобетона. В результате уменьшается толщина пленки вяжущего на зернах минеральных частиц и толщина покрытия в целом. Состояние покрытия в этот период, как правило, хорошее, но к концу периода могут проявиться дефекты, связанные с недостатками в проектировании или строительстве дороги.

Второй период – это основной период эксплуатации дороги, когда происходит более или менее равномерное образование деформаций во времени. Интенсивность этого процесса, а, следовательно, и продолжительность периода эксплуатации зависят как от внешних факторов, главным образом, от характеристик движения транспортных средств (интенсивность и состав движения), так и от периодичности и качества выполнения работ по содержанию и ремонту. На состояние покрытия к концу данного периода начинают влиять условия эксплуатации: снижается ровность и уменьшается шероховатость, появляются заметный износ и отдельные дефекты в виде трещин, выбоин, выкрашивания и т.п.

В третьем периоде накапливаемые остаточные деформации начинают интенсивно проявляться в виде дефектов и повреждений покрытия, связанных со старением вяжущего, и значительно снижаются прочностные характеристики дорожных одежд. В этот период может произойти резкое снижение ровности и прочности дорожной одежды, выраженное в появлении сетки трещин, выбоин и локальных разрушений покрытия (четвертый период).

Факторы, оказывающие влияние на долговечность асфальтобетонных покрытий, [4] укрупненно подразделяют на две группы: техногенные и природно-климатические. К техногенным факторам отнесены: динамическая нагрузка (вертикальная и горизонтальная) от рабочих органов уплотняющей техники при строительстве и колёс транспорта при эксплуатации покрытия, а также антигололёдные реагенты. При воздействии вертикальных и горизонтальных нагрузок нарушается целостность пленок структурированного вяжущего на зернах минеральных частиц и исходный

гранулометрический состав минеральной части за счет дробления крупных частиц, образующих «скелет» асфальтобетонного покрытия и локального разрушения их в зонах контакта между собой. При этом наименьший эффект дробления создается пневмошинным катком, затем по «нарастающей» идут статический и вибрационный гладковальцовые катки. Соль и другие антигололедные реагенты вызывают химическое разрушение структурных связей (органической части) между минеральными частицами и нарушение целостности битумных пленок. К природно-климатическим факторам отнесены: вода, температура окружающего воздуха и ее перепады, солнечная радиация и кислород атмосферы, а также действие микроорганизмов.

В течение жизненного цикла продукта «асфальтобетонная смесь – асфальтобетон» его гранулометрический состав и содержание в нем битума изменяются под воздействием различных факторов. Оказывает влияние на гранулометрический состав и способ отбора проб асфальтобетона для последующего анализа. Вырезание цилиндрического образца кольцевой фрезой (керноотборником), ввиду малого объема взятого материала и большой площади поверхности распила, наиболее сильно нарушает гранулометрический состав и создает затертую боковую поверхность с замкнутыми порами, что затрудняет определение коэффициента уплотнения и водонасыщения. Более предпочтительно выпиливание куска покрытия дисковой пилой, с последующим удалением слоев, близких к поверхностям распила. Известны и другие способы отбора проб, но уже без нарушения исходного гранулометрического состава, например при помощи заранее уложенных на основание проволочных спиралей (автор – инженер Б.З. Шаяхметов), или металлических пластин, снабженных проволочными тягами, выходящими на поверхность слоя.

По мнению авторов [4], асфальтобетонное покрытие автомобильных дорог вступает в эксплуатацию уже с набором дефектов, приобретенных на предыдущих этапах жизненного цикла:

1. Дробление горных пород при производстве щебня (лещадка и микротрещины на поверхности щебёнок).
2. Производство битума (утрата лёгких фракций вяжущего).
3. Приготовление асфальтобетонной смеси на АБЗ (старение битума и сегрегация).
4. Укладка асфальтобетонной смеси укладчиком (сегрегация, возможное незначительное нарушение исходного гранулометрического состава).
5. Укатка асфальтобетонной смеси (нарушение исходного гранулометрического состава).

Асфальтобетонная смесь является комплексным многокомпонентным материалом, меняющим свойства при изменении состава. Все технологические операции (предварительное дозирование минеральных материалов, их нагрев и сушка, сортировка (грохочение) и кратковременное хранение нагретых каменных материалов, точное дозирование минеральных материалов, битума или другого специального вяжущего, минерального порошка и добавок, смешение составляющих в смесителе и выгрузка из него готовой асфальтобетонной смеси, способ доставки смеси к месту укладки, время ее транспортировки, укладка асфальтоукладчиками, режимы уплотнения и используемая техника) оказывают значительное влияние на свойства асфальтобетонной смеси, способствуя появлению микродефектов и, в конечном итоге, определяя долговечность асфальтобетонного покрытия [5, 6].

В процессе эксплуатации эти дефекты продолжают накапливаться. Под колесами движущегося автомобиля асфальтобетон испытывает быстропротекающие сжимающие напряжения от его веса и одновременно горизонтальные напряжения в продольном направлении от сил тяги и торможения, в поперечном направлении от возникающих при повороте машины центробежных сил. При движении автомобиля с набором ведомых и ведущих колес, горизонтальные продольные напряжения носят к тому же знакопеременный характер. Все это приводит к нарушению связи между частицами по битумным пленкам, их отслаиванию от частиц, дроблению частиц, имеющих наибольшее количество первоначальных дефектов, и локальному разрушению (выкрашиванию) с нарушением целостности битумных пленок более прочных частиц, в их точках контакта между собой.

Солнечная радиация и кислород атмосферы вызывают старение битума. Отрицательное воздействие противогололедных материалов дополнительно ослабляет связи между минеральными частицами, и под действием колес автотранспорта поверхность покрытия выкрашивается. В образующихся углублениях скапливается вода, которая, проникая внутрь покрытия, разрывает его при циклах «замораживания-оттаивания», увеличивая трещины. Анализ эксплуатационных нагрузок, действующих на асфальтобетонное покрытие, показывает возможность значительного продления срока его службы за счет управления структурой на стадии укладки и уплотнения асфальтобетонной смеси.

Асфальтобетонные покрытия при длительном увлажнении, вследствие ослабления структурных связей, могут разрушаться за счет выкрашивания минеральных зерен, что приводит к повышенному износу и образованию выбоин. Вода, как полярная жидкость, хорошо смачивает все минеральные материалы, при длительном контакте проникая под пленку битума. При этом минеральные материалы с положительным потенциалом заряда поверхности (кальцит, доломит, известняк) в большей степени препятствуют вытеснению битумной пленки водой, чем материалы с отрицательным потенциалом поверхности (кварц, гранит, андезит).

Вода, проникая в микродефекты структуры асфальтобетона, приводит к понижению прочности материала за счет снижения поверхностной энергии стенок трещин и ослабления структурных связей у вершины трещины по мере ее развития. Перемещаясь в порах, вода вызывает неравномерное распределение напряжений, что также приводит к разрушению. Наиболее разрушительное действие оказывают попеременное замораживание и оттаивание асфальтобетона осенью и весной. Морозостойкость асфальтобетона на гранитном материале значительно ниже, чем на известняковом. Это объясняется тем, что природа сил связи «битум-гранит» физическая, в то время как связь «битум-известняк» физико-химическая. Напряжения, возникающие при замерзании воды, легко разрушают физические связи, но не в состоянии разрушить химические.

Заключение

Таким образом, проведение многофакторного анализа, учитывающего весь спектр дефектов, возникающих на различных этапах жизненного цикла асфальтобетона, с построением физической модели, а также разработка единых технико-технологических решений и рекомендаций на ее основе (с систематизацией отечественного и зарубежного опыта выявления дефектов на всех стадиях как подготовки исходных компонентов асфальтобетонных смесей, режимов ее приготовления, так и технологии ее укладки и уплотнения) позволят решить задачу качественного устройства асфальтобетонных покрытий с улучшенными показателями физико-механических свойств и увеличенными межремонтными сроками службы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральная целевая программа «Развитие транспортной системы России (2010-2015)». Подпрограмма «Автомобильные дороги». Утверждена постановлением Правительства Российской Федерации 20.05.2008 г. № 377. – М.: Информавтодор, 2008. – 136 с.
2. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года. Утверждена распоряжением Правительства РФ от 22.11.2008 г. № 1734-р.
3. Горельшева Л.А. Новые эффективные методы ремонта, содержания и совершенствования асфальтобетонных покрытий: Обзор. информ. – М.: Информавтодор, 2006. – 104 с.
4. Захаренко А.В., Дегтярев А.С., Захаренко А.А. Сравнительные исследования результатов испытания образцов асфальтобетонных смесей и асфальтобетонных покрытий с применением методов и испытательного оборудования: асфальтоанализаторов типа «Инфратест», выжигания и экстрагирования по ГОСТ 12801-98. – ОАО «Хантымансийскдорстрой», 2008. – 19 с.
5. Марышев Б.С., Соловьев Б.Н. Асфальтобетонные заводы и технологическое оборудование для их оснащения // «Дорожная техника», 2004. – 96 с.
6. Иванченко С.Н., Ярмолинская Н.И., Парфенов А.А. Обеспечение качества асфальтобетона с учетом свойств составляющих и технологии уплотнения: Учеб. пособ. – Хабаровск: Изд-во ТОГУ, 2006. – 237 с.

УДК 666.97

Сахибгареев Р.Р. – аспирант, инженер

E-mail: R_sah@mail.ru

Уфимский государственный нефтяной технический университет

СТРУКТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МОДИФИЦИРОВАННЫХ БЕТОНОВ СО СТАБИЛЬНЫМ УРОВНЕМ СВОЙСТВ

АННОТАЦИЯ

Приводятся результаты анализа влияния различных факторов на свойства цементных систем на разных стадиях твердения. Показана возможность и технологическое решение получения бетонов и растворов с единым оптимальным водовязущим отношением. Предлагаются решения для получения бетонов с гарантированным и стабильным уровнем свойств.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: бетон, водовязущее отношение, минеральная добавка, наполнитель.

Sakhibgareev R.R. – post-graduate student, engineer

Ufa State Petroleum Technical University

STRUCTURALLY-TECHNOLOGICAL DECISIONS FOR GETTING THE MODIFIED CONCRETE WITH STABLE LEVEL OF PROPERTIES

ABSTRACT

The results of analysing the influence of various factors on cement systems properties including at defferent stages of concretion are proposed. Necessity and technological reception of receipt of concretes and mortar with single optimum correlation water/binder is shown. The decisions for getting concrete with guaranteed and stable level of properties are offered.

KEYWORDS: concrete, water/binder, mineral additive, filler.

В последние годы широкое распространение получили химические добавки к бетонам, в том числе пластифицирующего и комплексного действия, начиная с недорогих, являющихся побочными продуктами производства – лигносульфонаты технические (ЛСТ), и заканчивая наиболее эффективными и современными на основе эфиров поликарбоксилатов.

Практика монолитного строительства показывает, что основную часть производимых и используемых бетонов, до 90 % от всего объема, составляют бетоны с прочностью на сжатие не более 40 МПа.

Открытым остается вопрос о возможности использования химических добавок в низкомарочных бетонах в связи с недостатком в их составах объема дисперсной части.

Закон водоцементного отношения был открыт более 100 лет назад. Но и сейчас, изучая различные данные, можно заметить, что бетоны с близким В/Ц имеют различные свойства. Бетон известен более 2 тысячелетий. За данный срок изобретено и исследовано множество видов бетона. Выявлено, что бетоны одинаковых свойств можно получить различными путями. Вопрос выбора пути получения оптимального вида бетона остается по-прежнему актуальным. В научных работах последних 10 лет широкое распространение получили исследования о влиянии минеральных добавок, в том числе активных, на прочностные и эксплуатационные свойства бетонной смеси и бетона.

Современные требования к бетону различны. Иногда требуются бетоны невысокой прочности, но с повышенными требованиями к специальным свойствам. Например, БСГ В15 П4 F75 W6 ГОСТ 7473-94. Для выполнения требований по водонепроницаемости необходимо изготовить бетон более высокого класса по прочности на сжатие, чем бетон В15, изготовленный по обычной технологии, так как последний будет иметь марку по водонепроницаемости меньше, чем W6.

Получение и применение модифицированных бетонов сопряжено с проблемой достижения и сохранения требуемого уровня прочностных и эксплуатационных показателей цементных бетонов.

Анализом и обобщением известных [1] и полученных собственных экспериментальных данных установлено, что основными причинами разупрочнения цементных систем в неагрессивных средах на поздних стадиях структурообразования являются: достижение степени гидратации более 0,85; недостаточное количество клинкерной фазы β -C₂S, ответственной за прочность и долговечность

цементного камня в условиях длительного твердения; структура порового пространства, не обеспечивающего непрерывность процессов структурообразования на ранних и поздних стадиях твердения; внутроструктурные напряжения в результате дефицита капиллярного пространства. Не все исследователи разделяют точку зрения о возможности негативного воздействия на бетон внутренних напряжений, возникающих в результате роста кристаллов при продолжающейся гидратации цемента в системах с низким В/Ц при исчерпании капиллярного пространства. Многочисленные экспериментальные исследования подтверждают, что существуют цементные системы, эксплуатирующиеся как в агрессивной, так и неагрессивной среде, подверженные разупрочнению или разрушению в результате действия внутренних напряжений. Это системы, подверженные сульфатной коррозии, цементы, содержащие большое количество свободных оксидов магния и кальция, бетоны на реакционноспособном заполнителе, гипсоцементные системы и др. Следует отметить, что при введении аморфного микрокремнезема во все вышеназванные системы разупрочнение не происходит или действие разупрочняющего фактора снижается. Явление положительного влияния аморфного микрокремнезема объясняется по-разному. Особняком стоят расширяющиеся цементы, снижение В/Ц в которых приводит к увеличению свободного расширения (табл. 1), что косвенно подтверждает повышение вероятности возникновения распора в системах с низким В/Ц. Для нейтрализации возможных негативных проявлений внутреннего распора в высоководородуцированных системах эффективно использовать добавку аморфного микрокремнезема, реакция взаимодействия которого с выделяющейся при гидратации гидроокисью кальция сопровождается минимальным изменением объема [2]. Бетоны с аморфным микрокремнеземом широко применяются в практике современного массового строительства [3]. Одним из известных эффективных путей оптимизации свойств цементных композитов, достижения их структурной однородности является введение минеральных добавок различного ранга для достижения также микронаполняющего эффекта, в т.ч. на нанометрическом уровне [1, 4, 5, 6].

Для цементных систем после достижения степени гидратации более 0,85 одним из факторов, способствующих разупрочнению, является высокое В/Ц, стимулирующее скорость гидратации и ускоренный расход клинкерного фонда. Кинетика этих процессов значительно зависит от гранулометрического состава исходного вяжущего.

Практически все свойства цементных композитов зависят от водовязущего отношения [7]. При этом незначительные изменения водовязущего отношения приводят к существенному изменению свойств (рис. 1, 2). Обобщение и анализ данных исследований приведены в табл. 1. Кроме того, некоторые свойства цементных композитов, бетонных смесей и бетонов характеризуются минимальными или максимальными значениями экстремума при определенной величине водовязущего отношения, что свидетельствует о наличии оптимальных или экстремальных областей В/В для получения или исключения пикового значения свойств или параметров цементной системы. Обобщение и анализ показателей, зависящих от В/Ц (В/В), приведены в табл. 2 и на рис. 3, 4.

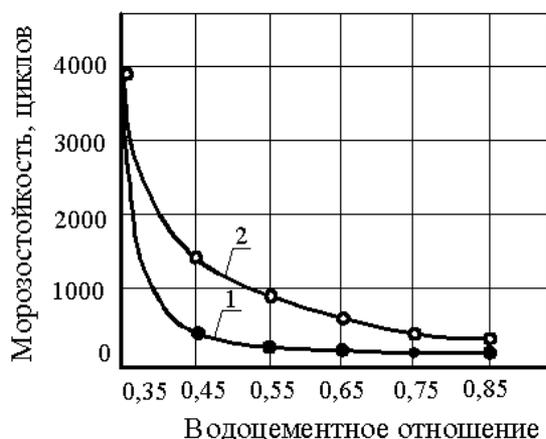


Рис. 1. Зависимость морозостойкости обычного бетона (1) и бетона с вовлеченным воздухом (2) от В/Ц [8]

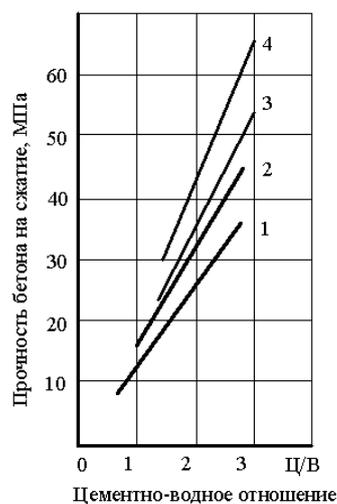


Рис. 2. Зависимость прочности бетона в возрасте 28 сут. от отношения Ц/В и марки цемента, 1-4 – марка цемента соответственно 300, 400, 500, 600 [9]

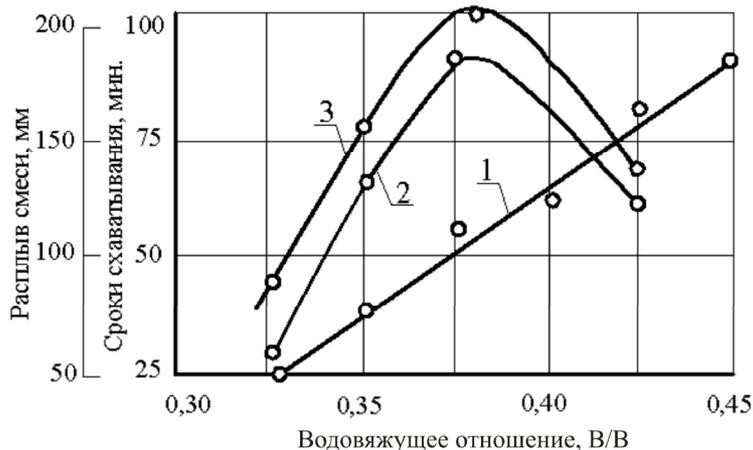


Рис. 3. Влияние добавки ЛСТ (0,5 % по массе) на распływ смеси (1), начало (2) и конец (3) схватывания в зависимости от водовязущего отношения [10]

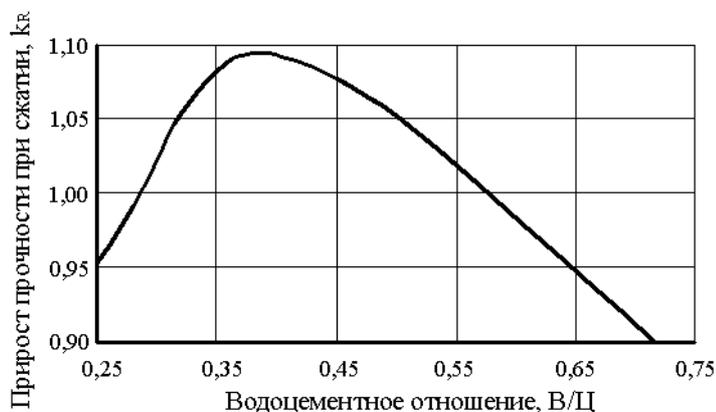


Рис. 4. Расчетная зависимость прироста прочности при сжатии относительно прочности цементного камня с равномерно распределенным водосодержанием (ПЦ 400 Д20 Коркинского завода) [11]

Таблица 1

Влияние В/Ц цементных систем на различные показатели при отсутствии экстремума

Наименование параметра цементных систем, композитов и бетонов	Диапазон В/Ц (диапазон изменения параметра, свойства)	Средняя величина изменения параметра при изменении В/Ц (В/В) на 0,01	Источник, авторы
Прочность особо быстротвердеющих цементов	0,225-0,4 (20-5 кг/см ²)	0,86 кг/см ²	Иванов В.П.
Изменения теплоты гидратации цемента после 24 часов твердения	0,37-0,67 ((143,1-113,1)·10 ³ Дж/кг)	10 ³ Дж/кг	Батраков В.Г.
Свободное расширение цементно-песчаных растворов (1:1) на расширяющемся М-цементе	0,25-0,30 (4,2 %-3,2 %)	0,2 %	Михайлов В.В., Литвер С.Л.
Водонепроницаемость бетона (по математической модели для ПЦ 400 Д20 Коркинского завода)	0,3-0,61 (17-2 атм.)	0,48 атм	Королев А.С.
Прочность бетона в возрасте 28 сут. (марка цемента 400)	0,4-1,0 (40-15 МПа)	0,42 МПа	Рекомендации по подбору составов тяжелых и мелкозернистых бетонов (к ГОСТ 27006-86)
Морозостойкость бетона без химических добавок	0,3-0,6 (40-43 циклов)	12,9 циклов	Трофимов Б.Я.

Таблица 2

**Влияние В/Ц цементных систем на различные показатели при наличии экстремума
(зависимость имеет две ветви)**

Наименование параметра цементных систем, композитов и бетонов	Диапазон В/Ц или В/В (диапазон изменения параметра, свойства)	Величина В/Ц (В/В) в точке экстремума	Средняя величина изменения параметра при изменении В/Ц (В/В) на 0,01	Источник, авторы
Сроки схватывания гипсоцементной системы с добавкой ЛСТ (0,5 %)	В/В=0,325-0,38 (42-103 мин.)	(0,38)	11,09 мин.	Алкснис Ф.Ф.
Зависимости прочности при сжатии цементного камня (комплекс СЭП+МК) в возрасте 1 сутки от водоцементного отношения	0,16-0,215 (35-53 МПа)	0,215	3,27 МПа	Гамалий Е.А., Трофимов Б.Я., Крамар Л.Я.
Сжимаемость системы цемент+вода в зависимости от В/Ц _{нач}	0,26-0,5 (0,025-0,183)	0,26	0,0066	Ахвердов И.Н.
Минимальное количество воды для внутреннего выдерживания, необходимое для получения максимальной степени гидратации цемента, недопущения самоусушки во время гидратации	0,15-0,36 (0,025-0,062) 0,36-0,42 (0,062-0,000)	0,36	0,0018 0,0103	Ковлер К.Л., Йенсен О.М., Фаликман В.Р.
Зависимость теплоты гидратации цемента после 1 час твердения	0,5-0,67 ((21,9-17,9)х 10 ³ Дж/кг)	0,5	2,35 х10 ² Дж/кг	Батраков В.Г.
Расчетная зависимость прироста прочности при сжатии цементного камня с равномерно распределенным водосодержанием (для ПЦ 400 Д20 Коркинского завода)	0,25-0,37 (0,955-1,095)	0,37	0,011	Королев А.С.
Зависимость прочности бетона на ВНВ с 3 % НН от В/Ц в возрасте 28 сут. при минус 20 °С	0,30-0,32 (15,7-22,0 МПа)	0,32	3,15 МПа	Батраков В.Г.

Для получения бетона требуемой прочности на сжатие в широком диапазоне прочностей с необходимым значением требуемого параметра (свойства), зависящего от В/В, нами предложено технологическое решение на основе применения постоянного водовязущего отношения и сохранения сравнительно постоянного значения объема системы «цемент+наполнитель+вода» в бетоне. Другим структурно-технологическим решением для получения бетонов со стабильным и высоким уровнем свойств является оптимальное варьирование соотношения объемов цемента и наполнителя с сохранением объема «цемент+наполнитель+вода» в бетонных смесях.

Проведенные исследования показали, что применяемые в практике составы бетона с заполнителем в виде песчано-гравийной смеси имеют соотношение объема цемента и воды к объему межзерновых пустот заполнителя ($V_{ц+в}/V_{пустот.зап.}$), близкое к 1. При этом цементная система, одинаковая по качественному составу, при значении этого показателя меньше 1 имеет меньшую прочность (табл. 3).

Таблица 3

Испытания растворов с различным отношением объема цементного камня к объему пустот песка, насыпная плотность песка 1472 кг/м³, M_к=2,25, дозировка суперпластификатора СП-3 0,5 % от массы цемента, ЦЕМ I 42,5 Н (ОАО «Катавцемент»)

№ состава	В/Ц	Ц, кг/м ³	В, л/м ³	П, кг/м ³	$V_{ц+в}/V_{пустот.зап.}$	Плотность смеси, кг/м ³	Прочность на сжатие в возрасте 7 суток, МПа
1	0,55	471	259	1470	0,948	2200	13,8
2	0,55	509	280	1470	1,026	2260	15,7
3	0,55	560	308	1363	1,215	2255	16,3
4	0,55	614	338	1258	1,447	2230	16,3
5	0,35	574	201	1425	0,919	2100	11,4
6	0,35	645	226	1359	1,084	2240	22,8
7	0,35	747	262	1307	1,305	2340	29,4
8	0,35	814	284	1187	1,563	2305	27,9
9	0,35	881	308	1070	1,878	2260	29,8

Для получения бетонов с наиболее высоким и гарантированным уровнем свойств при высокой изменчивости пустотности заполнителей отношение $V_{ц+в}/V_{пустот. зап.}$ необходимо увеличивать.

Анализ известных и полученных нами результатов показал, что для получения цементных растворов и бетонов со стабильными свойствами при наименьшем разбросе их показателей необходимо использовать заполнители с постоянной гранулометрией, с наименьшей пустотностью, соответственно, с наибольшей насыпной плотностью, при оптимальном содержании дисперсных частиц в бетоне. При этом необходимо выбрать водовязущее отношение в зависимости от требуемого значения необходимого свойства, раствора или бетона, заменяя часть цемента в составе цементной системы минеральной дисперсной добавкой (наполнителем), инертной или активной, регулируя подвижность дозировкой пластифицирующей добавки.

Предложенное решение позволяет упростить подбор составов, так как для каждого состава не требуется использовать разную комбинацию заполнителей. Высокие требования предъявляются к наполнителю, который должен при замещении части цемента минимально изменять подвижность смеси и прочность цементного композита. Нами был проведен сравнительный анализ различных наполнителей (табл. 4), являющихся побочными продуктами производства, а также материалами, выпускаемыми для производства строительных смесей и асфальтобетона. Проводился эксперимент по определению прочностных и реологических свойств цементно-песчаного раствора при замене половины объема цемента наполнителем (табл. 5).

Таблица 4

Характеристика применяемых наполнителей

Наименование материала	Характеристика материала
Мраморный порошок 1	Фракционный состав: 0,315мм-0,100 мм – 39,3 %, проход через сито 0,100 мм – 60,5 %, состав: $CaCO_3 + MgCO_3$ – 98 %
Ожелезненный доломит	Химический состав, по массе: $CaO > 58$ %, $MgO > 28$ %, $Fe_2O_3 < 6$ %, $SiO_2 < 6$ %, $S < 0,02$ %
Известь 1	Гашеная известь, высушенная и прошедшая через сито 0,63 мм
Известь 2	Гашеная известь в виде водной суспензии с пластификатором, прошедшая через сито 0,63 мм
Наполнитель 1	Остаток на сите 0,08 мм – 2 %. Химический состав, по массе, %: п.п.п – 23,53ч26,32; SiO_2 – 12,5ч14,2; Al_2O_3 – 3,25ч3,65; Fe_2O_3 – 2,95ч3,38; CaO – 40,5ч45,2; CaO своб. – 2,32ч10,6; MgO – 0,77ч1,43; Na_2O+K_2O – 1,0ч4,0; SO_3 – 2,81ч3,80; Cl – не более 0,1. Нерастворимый остаток – 3,5ч5,9

Таблица 5

Сравнительный анализ эффективности введения различных наполнителей при замене в растворе половины объема цемента ЦЕМ I 42,5 Н (ОАО «Катавцемент») наполнителем с модификатором ПФМ-НЛК в дозировке 0,8 % от массы вяжущего

Наименование состава, наполнителя	В/Ц	В/В	Подвижность (глубина погружения эталонного конуса), см		Прочность на сжатие в возрасте 7 суток, МПа
			Через 15 мин*.	Через 60 мин*.	
Без наполнителя	0,45	0,45	7,0	6,5	28,0
Мраморный порошок 1	0,88	0,45	5,3	4,2	9,9
Ожелезненный доломит	0,88	0,45	3,0	-	4,8
Известь 1	1,02	0,55	-	-	3,5
Известь 2	0,90	0,57	8,0	6,0	4,4
Наполнитель 1	0,88	0,45	5,0	5,0	14,9

* Определялась через 15 и 60 минут после добавления воды.

Наиболее эффективно введение наполнителя 1. Эффективным наполнителем является фракция заполнителя меньше 0,16 мм, в частности песка. Был проведен эксперимент по замене части различных видов цементов песком фракции меньше 0,16 мм (содержание пылевато-глинистых частиц в песке, из которого выделена фракция заполнителя меньше 0,16 мм, составляет 1,4 %) в сочетании с суперпластификатором (табл. 6).

В результате замены части цемента песком фракции меньше 0,16 мм наименьшее относительное снижение прочности происходит при использовании цемента ПЦ 500 ДО – потеря до 26 % прочности, наибольшее снижение до 44 % при замене 30 % цемента ЦЕМ II/A-III 32,5 Б.

Таблица 6

Определение прочности раствора, содержащего песок фракции 0,315-0,63 мм – 1150кг/м³ с различными цементами: цемент 1 – ПЦ500 Д0 (ЗАО «Строительные материалы», г. Стерлитамак) цемент 2 – ЦЕМ П/А-Ш 32,5 Б (ОАО «Катавцемент») цемент 3 – ЦЕМ I 42,5 Н (ОАО «Катавцемент») при варьировании содержания песка фракции меньше 0,16 мм

Наименование состава*	Вид цемента	В/Ц	В/(Ц+ +П _{0,16})	Ц, кг	П _{0,16} , кг	Вода, л	Прочность на сжатие в возрасте 14 суток, МПа	Прочность в возрасте 14 суток, % от состава без П _{0,16}
100 %Ц	Цемент 1	0,45	0,45	700	0	315	63,7	100
90 %Ц+10 %П _{0,16}		0,50	0,45	630	70	315	59,2	93
80 %Ц+20 %П _{0,16}		0,56	0,45	560	140	315	54,9	86
70 %Ц+30 %П _{0,16}		0,64	0,45	490	210	315	47,1	74
100 %Ц	Цемент 2	0,45	0,45	700	0	315	33,0	100
90 %Ц+10 %П _{0,16}		0,50	0,45	630	70	315	29,8	90
80 %Ц+20 %П _{0,16}		0,56	0,45	560	140	315	24,7	75
70 %Ц+30 %П _{0,16}		0,64	0,45	490	210	315	18,4	56
100 % Ц	Цемент 3	0,43	0,43	700	0	300	43,8	100
80 %Ц+20 %П _{0,16}		0,54	0,43	560	140	300	34,7	79

* П_{0,16} – песок фракции меньше 0,16 мм, Ц – цемент.

В настоящее время в качестве заполнителей для бетона широко используется песчано-гравийная смесь (ПГС). Проведенные исследования по влиянию содержания гравия и гранулометрического состава на насыпную плотность ПГС и выполненные расчеты показали, что снижение насыпной плотности заполнителя на 1 % приводит к необходимости увеличения содержания комплекса «цемент+наполнитель+вода» до 4 %. При вариации гранулометрического состава заполнителя соотношение $V_{ц+в}/V_{пустот.зап.}$ может оказаться меньше 1, что, как было показано ранее, приводит к сбросу прочности образцов цементно-песчаного раствора. Решающее значение имеет содержание фракции заполнителя меньше 0,16 мм (табл. 6), которая повышает водопотребность смеси и содержание пылевато-глинистых частиц. Цементная система состава Ц:П_{0,16}≈1:2 с суперпластификатором (В/Ц=1), содержащая пылевато-глинистые частицы (содержание пылевато-глинистых частиц в песке, из которого выделена фракция заполнителя меньше 0,16 мм, составляет 1,4 %), имеет прочность на 43 % ниже, по сравнению с такой же цементной системой без пылевато-глинистых частиц.

Работы по исследованию влияния водовяжущего отношения и вида наполнителя на различные эксплуатационные свойства, в том числе прочность бетонов, необходимо продолжать с целью возможности широкой реализации технологического решения применения единого водовяжущего отношения в практике производства бетонов.

Исследования многих авторов и собственные исследования [12] показали высокую эффективность применения высокодисперсных цемента в сочетании с пластифицирующими добавками, как по относительному повышению прочности, так и по сохраняемости подвижности, в сравнении с грубодисперсными цементами, содержащими доменный гранулированный шлак при использовании пластифицирующей добавки. Эффект повышения прочности обусловлен, кроме всего прочего, диспергирующим действием пластификатора. Известно, что для бетонных смесей существует предельный расход цемента на конкретных заполнителях для каждой требуемой подвижности смеси. При снижении количества цемента ниже предельного смесь расслаивается, и получить материал со стабильным и высоким уровнем свойств крайне сложно. Это обстоятельство исключает возможность применения высокомарочных цемента в сочетании с суперпластификатором при изготовлении бетонов невысоких классов по прочности. Применение наполнителей позволяет использовать вышеназванные материалы для получения цементных композитов и бетонов с уровнем прочности в широком диапазоне.

Таким образом, структурно-технологическое решение применения единого водовяжущего отношения или одинакового объема дисперсной части для бетонов в широком диапазоне прочностей позволяет:

- получать бетоны и растворы в широком интервале прочностей со стабильным и необходимым уровнем технологических и эксплуатационных свойств (сохраняемость подвижности, водонепроницаемость, морозостойкость, скорость набора прочности и др.);

- за счет использования комбинации заполнителей с минимальной пустотностью и оптимальным содержанием дисперсных частиц в составе бетонов и растворов упростить подбор составов, исключив необходимость определения соотношения заполнителей для каждого класса бетона и марки раствора по прочности;

- использовать высокую эффективность бездобавочного высокомарочного цемента в сочетании с суперпластификатором (повышенную прочность, связанную с эффектом диспергации частиц, сохранение подвижности при применении замедлителей сроков схватывания, предотвращение возможности снижения прочности за счет увеличения содержания фракции заполнителя меньше 0,16 мм и добавлении наполнителя) в составах бетонов и растворов рядовой прочности.

Для получения модифицированных бетонов с гарантированным уровнем свойств необходимо исключить основные причины, способствующие проявлению нестабильности их характеристик, изменчивости гранулометрического состава заполнителей и связанной с этим вариацией пустотности заполнителя, изменчивости количества фракций меньше 0,16 мм в заполнителе и вариации содержания пылевато-глинистых частиц. Для предотвращения негативных процессов деструкции, обеспечения сохранения стабильных свойств в течение требуемого жизненного цикла эксплуатации бетонных изделий и конструкций эффективно применение минеральных добавок, в частности активных – в виде аморфного оксида кремния, а также использование цемента с необходимым содержанием и соотношением фаз β - C_2S , C_3S в сочетании с совместимой химической добавкой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабков В.В., Мохов В.Н., Капитонов С.М., Комохов П.Г. Структурообразование и разрушение цементных бетонов. – Уфа: ГУП «Уфимский полиграфкомбинат», 2002. – 376 с.
2. Бабков В.В., Сахибгареев Р.Р., Сахибгареев Ром.Р., Чуйкин А.Е., Кабанец В.В. Роль аморфного микрокремнезема в процессах структурообразования и упрочнения бетонов // Строительные материалы, 2010, № 6. – С. 44-46.
3. Каприелов С.С., Травуш В.И., Карпенко Н.И., Шейнфельд А.В., Кардумян Г.С., Киселева Ю.А., Пригоженко О.В. Модифицированные высокопрочные бетоны классов В80 и В90 в монолитных конструкциях // Строительные материалы, 2008, № 3. – С. 9-13.
4. Зоткин А.Г. Микронаполняющий эффект минеральных добавок в бетоне // Бетон и железобетон, 1994, № 3. – С. 7-9.
5. Калашников В.И. Через рациональную реологию в будущее бетонов // Технологии бетонов, 2007, № 5. – С. 8-10; № 6. – С. 8-11; 2008, № 1. – С. 22-26.
6. Хозин В.Г., Хохряков О.В., Сибгатуллин И.Р. О вкладе рецептурно-технологических факторов в водопотребность минеральных компонентов ЦНВ // Сб. научных трудов «Материалы Всероссийской конференции «Строительное материаловедение сегодня: актуальные проблемы и перспективы развития». – Челябинск: ЮУрГУ, 2009. – С. 52-54.
7. Баженов Ю.М., Горчаков Г.И., Алимов Л.А., Воронин В.В. Получение бетона заданных свойств. – М.: Изд-во Стройиздат, 1978. – 51 с.
8. Баженов Ю.М. Технология бетона: учебник. – М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2007. – 528 с.
9. Рекомендации по подбору составов тяжелых и мелкозернистых бетонов (к ГОСТ 27006-86). – М.: Госстрой СССР, ЦИТП, 1990.
10. Алкснис Ф.Ф. Твердение и деструкция гипсоцементных композиционных материалов. – Л.: Стройиздат, Ленингр отд-ние, 1988. – 103 с.
11. Королев А.С., Волошин Е.А., Олюнин П.С. Гармоническая концепция теории направленного формирования структуры цементных композитов: монография. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. – 159 с.
12. Сахибгареев Ром.Р., Салов А.С., Сахибгареев Р.Р., Бабков В.В. Сравнение различных цементов по кинетике набора прочности // Сб. научных трудов «Материалы 60-й научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых». – Уфа: УГНТУ, 2009. – С. 114-115.

УДК 691.175

Старовойтова И.А. – кандидат технических наук, ассистент**Хозин В.Г.** – доктор технических наук, профессор**Абдрахманова Л.А.** – доктор технических наук, профессор**Ушакова Г.Г.** – кандидат технических наук, доцентE-mail: irina-starovoitova@yandex.ru**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

ГИБРИДНЫЕ ОРГАНО-НЕОРГАНИЧЕСКИЕ СВЯЗУЮЩИЕ, ПОЛУЧАЕМЫЕ ПО ЗОЛЬ-ГЕЛЬ ТЕХНОЛОГИИ, И ИХ ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛАХ*

АННОТАЦИЯ

В статье представлен краткий обзор исследований в области гибридных систем и связующих. Приведены результаты экспериментальных исследований гибридных органо-неорганических связующих на основе полиизоцианатов, жидких стёкол и полисиликатов натрия. Показана эффективность применения разработанных связующих в полимерных композиционных материалах.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: гибридные органо-неорганические связующие, золь-гель технология, структура, свойства, полимерные композиционные материалы.

Starovoitova I.A. – candidate of technical sciences, assistant**Khozin V.G.** – doctor of technical sciences, professor**Abdrachmanova L.A.** – doctor of technical sciences, professor**Ushakova G.G.** – candidate of the technical sciences, assistant professor**Kazan State University of Architecture and Engineering**

HYBRID ORGANIC-INORGANIC BINDERS RECEIVED BY A SOL-GEL PROCESS AND THEIR PRACTICAL APPLICATION IN COMPOSITION MATERIALS

ABSTRACT

In the article the brief review of researches in the field of hybrid systems and binders are presented. Results of experimental researches hybrid organic-inorganic binders on the base of polyisocyanates, liquid glasses and polysilicates of sodium are resulted. Efficiency of application developed binders in polymeric composition materials is shown.

KEYWORDS: hybrid organic-inorganic binders, sol-gel process, structure, properties, polymeric composition materials.

В современном материаловедении понятие гибрида присутствует на различных уровнях структурной организации. К группе макроскопических структур относятся композиционные материалы (КМ), которые зачастую называют гибридными, так как при получении таких материалов смешивают вещества, отличающиеся друг от друга по составу и фазовой природе. Дж. Люблин [1] и ряд других зарубежных авторов [2, 3] гибридными называют композиционные материалы, в которых используются слои из двух и более типов армирующих волокон.

К группе материалов с микронными и нанометровыми размерами фазовых включений относятся гибридные связующие, гибридные полимер-неорганические нанокомпозиты (металлополимерные и полимер-керамические), органо-неорганические гибридные системы.

Первая попытка сформулировать понятие о гибридных связующих была сделана Ю.С. Липатовым [4, 5]. К гибридным связующим или матрицам для полимерных композитов он отнёс системы следующих типов: 1) смеси двух или более линейных полимеров – термопластичные связующие или матрицы; 2) смеси линейных и сетчатых полимеров – так называемые

* Работа выполнена в рамках реализации Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы (государственный контракт № П221 от 22.07.2009 г.).

полувзаимопроникающие полимерные сетки (полу-ВПС); 3) сетчатые полиблочные полимеры; 4) взаимопроникающие полимерные сетки (ВПС); 5) сегрегированные, или взаимосвязанные сетки.

Это отнесение было сделано на основании одного общего признака таких систем: в гибридных связующих в ходе их отверждения или протекания реакций поперечного сшивания и формирования фрагментов сетки возникает термодинамическая несовместимость компонентов, следствием которой является незавершённое микрофазовое разделение системы. Гибридная полимерная матрица, в которой произошло выделение микрообъёмов составляющих компонентов вследствие незавершённого микрофазового разделения, может рассматриваться как самоармированная (наполненная) дисперсно-упрочнённая система, в которой размер, свойства и распределение областей микрофазового разделения является функцией термодинамической несовместимости компонентов и определяется фазовой диаграммой.

На сегодняшний день предпринимаются многочисленные попытки синтезировать новые органо-неорганические композиты с целью достижения уникального сочетания свойств органического и неорганического компонента контролируемым способом [6, 7].

Синтезируют органо-неорганические гибридные системы различными методами (путём механического смешения нано- и микроразмерных частиц с полимерами и олигомерами, их микрокапсулированием в полимерную оболочку, «экстракционным замещением» и т.д.). Достаточно широко распространены химические способы синтеза органо-неорганических гибридных систем, заключающиеся в разложении прекурсоров в присутствии полимеров, восстановлении ионов металлов различными методами.

Привлекающим внимание и успешным методом синтеза органо-неорганических гибридных систем является золь-гель метод.

Золь-гель технология позволяет получать как монолитные материалы (например, стёкла), так и высокодисперсные порошки, обладающие пористой структурой [8]. Сам переход из золь в гели лежит в основе многих современных технологий, связанных с производством волокнистых материалов, стёкол, покрытий, мембран, плёнок, изоляционных материалов, катализаторов и адсорбентов, керамики, композиционных и лакокрасочных материалов и т.д.

В качестве основного компонента при синтезе гибридных систем по золь-гель технологии выступают алкоксиды кремния, алкоксиды металлов и силикаты (рис. 1).

В качестве органического компонента при синтезе гибридных систем и материалов используются различные гидрофильные и гидрофобные полимеры, некоторые из которых представлены на рис. 1.

Процесс получения материалов и композиций на основе золь-гель технологии состоит из нескольких стадий [8].

Стадия 1 – гидролиз мономерных соединений кремния. Растворы мономера могут быть получены гидролизом галогенидов сложных эфиров кремниевых кислот или неорганических солей – силикатов щелочных металлов. В результате гидролиза и поликонденсации происходит образование золя.

Стадия 2 – формование. Золь заливают в форму.

Стадия 3 – образование геля, т.е. превращение свободнодисперсной системы (золя) в связнодисперсную. Образованию геля предшествует повышение вязкости системы. Продукты гидролиза (вода, спирт, соли) остаются в трёхмерной пространственной структуре геля. На ранних стадиях процесса, когда система сохраняет вязкотекучие свойства, из гелей можно формовать основу волокнистых материалов.

Стадия 4 – старение (созревание) геля. На этой стадии происходит синерезис – выделение воды в ходе продолжающейся химической реакции поликонденсации, уплотнение структуры геля. При этом возрастает прочность геля.

Стадия 5 – сушка – удаление жидкости из пространственной структуры геля. На стадии сушки капиллярные силы приводят к растрескиванию пространственной структуры геля. Для снижения капиллярного давления сушку геля предпочтительно проводить под вакуумом, а также путём обработки геля химическими реагентами (поверхностно-активными веществами, органическими кислотами и спиртами, формамидом и др.). Эти вещества влияют на все стадии процесса перехода золя в гель, уменьшают межфазное натяжение в порах и снижают действие капиллярных сил при сушке.

Стадия 6 – дегидратация кремнезёма путём удаления поверхностных силанольных групп. Одним из способов дегидратации является обработка геля хлорсиланом с целью химического замещения силанольных групп кремнезёма.

Стадия 7 – уплотнение геля. Гель термообработывают при повышенной температуре. При температуре $> 850^{\circ}\text{C}$ изолированные силанольные группы взаимодействуют друг с другом, происходит удаление хемосорбированной воды. Процесс сопровождается вязким течением системы, происходит её спекание.

В зависимости от целевого назначения получаемого материала процесс может быть закончен на любой стадии.

НЕОРГАНИЧЕСКИЕ КОМПОНЕНТЫ

Алкоксиды кремния	Алкоксиды металлов	Силикаты (водные растворы) щелочных металлов
<ul style="list-style-type: none"> ● Органически модифицированные силикаты ● Силсесквиоксановые мономеры 	<ul style="list-style-type: none"> ● Алкоксиды Ti ● Алкоксиды Al ● Алкоксиды W и др. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Жидкие стёкла ● Полисиликаты ● Кремнезоли

ОРГАНИЧЕСКИЕ КОМПОНЕНТЫ

Гидрофильные	Гидрофобные	Реакционноспособные по отношению к воде
<ul style="list-style-type: none"> ● Поливинилпирролидон ● Поливинилкапролактан ● Поливиниловый спирт ● Полиакриловая кислота ● Полиакрилонитрил ● Др. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Полипропилен ● Полиамид ● Полиимид ● Полиэферы ● Полиуретан ● Различные сополимеры и др. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Изоцианатсодержащие соединения

Рис. 1. Компоненты для получения гибридных систем по золь-гель технологии

Однако, на наш взгляд, интерес представляют соединения, проявляющие реакционную способность по отношению к воде, например, изоцианатсодержащие соединения.

Нами были разработаны составы и технологические режимы получения гибридных связующих на основе полиизоцианата (ПИЦ) и водного раствора силиката натрия, выявлены закономерности структурообразования и зависимости технологических и эксплуатационно-технических характеристик связующих от рецептурно-технологических параметров (режимов смешения компонентов и отверждения, соотношения органического и неорганического компонентов, силикатного модуля раствора силиката натрия) [9, 10].

Структура связующих была изучена методами оптической и сканирующей электронной микроскопии.

Связующие на основе ПИЦ и раствора силиката натрия представляют собой микрогетерогенные системы, как в жидком состоянии, так и в отверждённом (рис. 2). Микрогетерогенная структура эмульсий включает дисперсионную среду органического олигомера и дисперсные частицы сферической формы с размером от 1-2 до 7-8 мкм. Дисперсная фаза, в свою очередь, представляет дисперсию коллоидного кремнезёма в растворе щёлочи. Морфологическая структура исходных эмульсий «наследственно» переходит в структуру отверждённых композитов (рис. 2).

Дисперсионная среда отвержденного связующего представлена органическими продуктами протекающих в системе реакций (полимочевина, полиуретан, триизоцианурат), а дисперсная фаза – продуктами поликонденсации раствора силиката и солями натрия.

Методом сканирующей электронной микроскопии установлено, что увеличение силикатного модуля (СМ) раствора силиката с 2,8-3,5 до 4-4,5, т.е. переход из области жидких стёкол в область полисиликатов, приводит к образованию более однородной фазовой структуры и снижению средних размеров частиц дисперсной фазы с 6,5-8 мкм до 3-3,5 мкм.

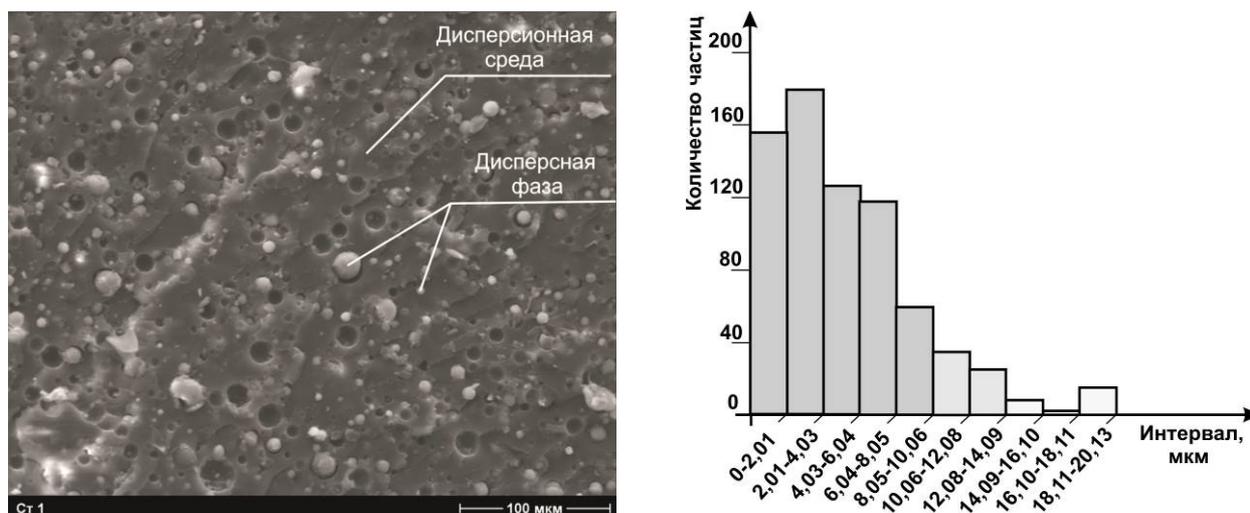


Рис. 2. Микрофотография отверждённого связующего ПИЦ-ЖС и гистограмма распределения частиц дисперсной фазы по размерам

В зависимости от состава технологические и эксплуатационно-технические свойства связующих изменяются в достаточно широком диапазоне: вязкость изменяется от 40 с до 200 с по ВЗ-4, время гелеобразования составляет от 30-40 мин. до 180-240 мин., время тепловой обработки (при отверждении связующих) – от 2-3 ч до 8-10 ч, прочность при сжатии изменяется в диапазоне 40-110 МПа, модуль упругости – 350-1330 МПа, теплостойкость – 190-280 °С.

В каждом конкретном случае выбор состава связующего зависит от вида и технологии изготовления материала, в котором оно будет использоваться. Разработанные нами связующие были использованы при изготовлении теплоизоляционных материалов и конструкционных пластиков, а именно неметаллической арматуры.

При использовании разработанных связующих в качестве компонента вспененных материалов пенополиуретанового типа основными критериями применимости являлись: низкая вязкость, максимальная скорость отверждения, высокая доля неорганического компонента (для более эффективного снижения горючести теплоизоляционного материала). С этой точки зрения, для теплоизоляционных материалов нами были выбраны связующие на жидком стекле с невысоким СМ (2,8-3,0).

Установлено оптимальное содержание гибридного связующего в пенополиуретановой композиции – 5-10 %: при этом ячеистая структура материала однородна, коэффициент конструктивного качества максимален (4,5-5,5), прочность достаточно высока (0,2 МПа), а плотность составляет 30-40 кг/м³. Для эффективного снижения горючести и увеличения прочностных характеристик пенополиуретанов (ППУ), модифицированных гибридным связующим, в качестве наполнителей были использованы алюмонатриевые отходы (содержание Al(OH)₃ более 90 %) и полуводный гипс. В случае наполнения ППУ алюмонатриевым отходом минимальная горючесть (время самостоятельного горения – 4 с) и высокая прочность (0,3 МПа) наблюдаются при содержании наполнителя 25 % (доля гибридного связующего – 10 %). При введении гипса в состав ППУ оптимальное содержание наполнителя – 20 % (доля гибридного связующего – 5 %). При этом время самостоятельного горения составляет 17 с, прочность при сжатии – 0,28 МПа.

Широкий спектр требований, предъявляемых к связующим для неметаллической арматуры (низкая вязкость, длительная жизнеспособность, щелочестойкость, прочность и теплостойкость), а также многокритериальность задачи оптимизации затрудняют выбор конкретного состава без привлечения специальных методов анализа. Составы гибридных связующих для базальтопластиковой арматуры (БПА) были оптимизированы с привлечением методов анализа многомерных данных. Оптимизация составов гибридных связующих для базальтопластиков с привлечением данных методов позволила получить составы связующих, обладающие высокой теплостойкостью (290 °С) и

низкой вязкостью при сохранении высоких прочностных показателей и степени конверсии NCO-групп более 90 % – это связующие с содержанием полисиликата натрия ($SM=3,9-4,04$) от 10 до 15 % [10].

Испытания БПА на оптимизированных составах связующих проводили параллельно с испытаниями БПА «Гален», выбранной в качестве промышленного аналога. Сравнительный эксперимент показал, что по механическим характеристикам разработанные составы БПА не уступают аналогу (прочность при изгибе полученной БПА составляет 900-1020 МПа, а прочность при растяжении – 1040-1100 МПа). Для оценки коррозионной стойкости определяли степень сохранения прочности образцов БПА после выдержки в щелочной среде. Этот показатель у БПА разработанных в 1,5-2 раза выше, чем у БПА «Гален». Температура разрушения образцов разработанных составов при воздействии изгибающей нагрузки (составляющей 10 % от разрушающей) – 215-235 °С, а у БПА «Гален» всего 100-105 °С.

Таким образом, показана высокая эффективность использования разработанных составов гибридных связующих в композиционных материалах различного функционального назначения. В дальнейшем представляется целесообразным исследование влияния различных модификаторов на свойства гибридных связующих и композиционных материалов на их основе, а также расширение спектра практического использования связующих.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дж. Люблин. Справочник по композиционным материалам: Кн.1. – М.: Машиностроение, 1988. – 448 с.
2. Chaims C.C. and Lark R.F. Hybrid composites – state and art review: Analysis, Design, Application and Fabrication. Report NASA/ Lewis Research Center, Cleveland, Ohio, 1977.
3. Zweben C.H. Tensile strength of hybrid composites // J. Science, 12, 1977. – P. 1325-1337.
4. Липатов Ю.С. Особенности структуры полимерных гибридных матриц, обусловленные механизмом микрофазового разделения // Механика композитных материалов, № 5, 1983. – С. 771-780.
5. Липатов Ю.С. Физико-химические основы наполнения полимеров: монография. – М.: Химия, 1991. – 264 с.
6. Wang S., Ahmad Z., Mark J.E. Polyimide-silica hybrid materials modified by incorporation of organically substituted alkoxy silane // Chem. Mater., V.6, 1994. – P. 943-946.
7. Chiang, C-L., M. Ma C-C. Synthesis, characterization and thermal properties of novel epoxy containing silicon and phosphorus nanocomposites by sol-gel method // Eur. Polym. J., V. 38, 2002. – P. 2219-2224.
8. Шабанова Н.А., Саркисов П.Д. Основы золь-гель технологии нанодисперсного кремнезёма: монография. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2004. – 208 с.
9. Старовойтова И.А., Абдрахманова Л.А., Хозин В.Г., Кузнецова Л.М., Ягунд Э.М. Исследование структуры и свойств гибридных органо-неорганических связующих термоаналитическими методами // Известия КазГАСУ, 2009, № 2(12). – С. 269-273.
10. Starovoitova I.A., Khozin V.G., Abdrachmanova L.A., Rodionova O.Ye., Pomerantsev A.L. Application of nonlinear PCR for optimization of the hybrid binder used in construction materials // Journal Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems, 97, 2009. – P. 46-51.

УДК 691.175

Сулейманов А.М. – доктор технических наук, профессор

E-mail: sulejmanov@kgasu.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

МЕХАНИЗМЫ СТАРЕНИЯ И РАЗРУШЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ МЯГКИХ ОБОЛОЧЕК В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ*

АННОТАЦИЯ

Представлены результаты экспериментальных исследований эксплуатационных свойств материалов мягких оболочек строительного назначения. Впервые выявлен механизм старения и разрушения данного класса композиционных материалов. На основе результатов экспериментальных исследований приводятся рекомендации по оптимальному монтажу и эксплуатации мягких оболочек с целью повышения их долговечности.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: мягкие оболочки, механизм старения и разрушения, долговечность.

Suleymanov A.M. – doctor of technical sciences, professor

Kazan State University of Architecture and Engineering

MECHANISMS OF AGEING AND DESTRUCTION OF MATERIALS OF SOFT ENVIRONMENTS UNDER OPERATING CONDITIONS

ABSTRACT

Results of experimental researches of operational properties of materials of soft environments of building purpose are presented. For the first time the mechanism of ageing and destruction of the given class of composite materials is revealed. On the basis of results experimental researches are resulted recommendations on optimum installation and operation of soft environments with the purpose of increase of their durability.

KEYWORDS: soft environments, the mechanism of ageing and destruction, durability.

Для прогнозирования и выбора способов повышения долговечности, а также оптимизации структуры и состава с целью регулирования других свойств композиционных материалов, необходимо знать механизмы их старения и разрушения под воздействием эксплуатационных факторов.

Целью настоящих исследований является выявление механизма старения и разрушения материалов мягких оболочек (МО) под воздействием механической нагрузки и атмосферных факторов. Проведенные экспериментальные исследования также были вызваны тем, что в некоторых литературных источниках, например [1], было показано, что места разрывов материалов ограждений во многих типах МО, определенное время находившихся в эксплуатации, как правило, не совпадают ни с одним из мест наибольших растягивающих усилий, найденных в результате расчета.

Мягкими называют оболочки из композиционных материалов, обладающих высоким сопротивлением растяжению, но неспособных сопротивляться каким-либо иным видам напряженного состояния (сжатию, изгибу, сдвигу). Работа МО при действии внешних нагрузок возможна лишь при условии предварительного их натяжения. Его можно создать двумя способами: механическим и аэростатическим. Исходя из этого, МО строительного назначения делятся на две самостоятельные группы: тентовые и пневматические сооружения, отличающиеся друг от друга способом предварительного напряжения мягкого ограждения.

Материалы МО представляют собой композиты (рис. 1) с тканой армирующей основой 1 из высокопрочных синтетических нитей и пленочного покрытия (матрицы) 2 из эластомеров или термопластов, которое служит для фиксации и защиты армирующей основы от воздействия атмосферных факторов, придавая герметичность и воздухонепроницаемость материалу. Для

* Работа выполнена в рамках реализации Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы (государственный контракт №П2462 от 19.11.2009 г.).

обеспечения прочной связи армирующей основы с покрытием между ними вводится адгезионный слой 3. Для повышения долговечности и декоративных свойств наносится финишное защитное покрытие 4.

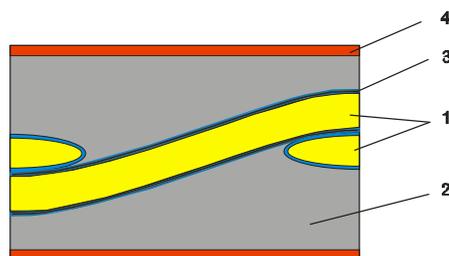


Рис. 1. Элементарная ячейка (представительная зона) материалов МО

Для экспериментальных исследований атмосферного старения материалов МО в напряженно-деформированном состоянии были выбраны две группы композитов (табл. 1). К первой группе относятся материалы с покрытием различной толщины из пластифицированного ПВХ и полиэфирной (ПЭ) армирующей основой различных номеров ткани. Вторая группа материалов МО изготовлена из ткани на полиамидной (ПА) основе с эластомерным покрытием. Такой выбор материалов был сделан с целью выявления влияния толщины и состава покрытия на долговечность композита в условиях эксплуатации в атмосферных условиях. Материалы первой группы изготовлены на Ивановском заводе «Искож» и Ивановской НИИПИК каландровым методом. Вторая группа материалов МО была изготовлена на Уфимском заводе РТИ методом шпрединоования.

Таблица 1

Материалы МО для экспериментальных исследований

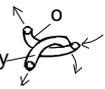
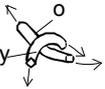
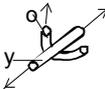
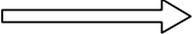
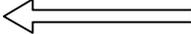
№	Марка материала МО	Производитель	Армирующая основа		Покрытие		Общая толщина материала, мм
			состав	номер ткани	состав	толщина покрытия, мм	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	«Теза»	Ивановский з-д «Искож»	ПЭ	ТЛ-80-РО	пластифицированный ПВХ	0,3	1,0
2	ТПЛ-60	-//-	-//-	ТЛ-60-РО	-//-	0,2	1,0
3	АПН	Ивановский НИИПИК	ПА	ТЛ-20-ПМ2	-//-	0,15	0,7
4	Винил-искожа-Т	Ивановский з-д «Искож»	ПЭ	56240	-//-	0,1	0,7
5	8-421	Уфимский з-д РТИ	ПА	56023	эластомер	0,3	0,8
6	8-99	-//-	-//-	-//-	-//-	0,05	0,3

Для обеспечения сопоставимости и строгой регламентации условий испытания исследования проводились по лабораторным режимам на разработанных нами методиках и установках [2, 3], где моделировались основные факторы, ответственные за старение материалов в сооружениях, такие как: УФ-радиация солнца; температура; влага; жидкие химически активные среды; механическая нагрузка. В лабораторных режимах энергетические значения климатических факторов были приведены к условному году. Параллельно образцы испытывались в натуральных условиях на стендах крышной станции под воздействием естественных климатических факторов в том же диапазоне соотношений и уровней механических нагрузок. В процессе старения регистрировались деформации образцов и остаточная прочность по ортогональным направлениям.

Для представления экспериментальных данных необходимо было выбрать удобную для восприятия систему графического изображения, которая связала бы данные по изменению показателей эксплуатационных свойств с характером напряженного состояния материала при старении. В связи с этим принята схематизация графического построения. Соотношение нагрузок при испытании (степень двухосности – a), их векторы и уровни приведены в табл. 2. Кроме того, чтобы представить старение данного образца материала в обоих направлениях при заданном соотношении нагрузок в одной точке, кривые старения по основе и утку развернуты навстречу друг другу. К примеру (рис. 2), на линии, проведенной перпендикулярно оси абсцисс с точки 1:2, представляется остаточная прочность или остаточная деформативность материала после старения по основе и утку при старении под нагрузкой соответственно 5 % и 10 % от разрывной. Изменение свойств материала во времени изображается в трехмерной системе координат.

Таблица 2

Условные изображения направления и степени двухосного нагружения

Соотношение нагрузок по осям структурной симметрии материала (основа : уток) <i>Степень двухосности – a</i>	0 : 2	1 : 2	2 : 2	2 : 1	2 : 0
Удельная нагрузка от разрывной (основа : уток), %	0 : 10	5 : 10	10 : 10	10 : 5	10 : 0
Векторы соответствующего вида растяжения					
Искривление нитей ткани					
Увеличение степени двухосности – a					

При испытаниях напряженно-деформированное состояние материалов охватывало весь реальный диапазон механических нагрузок в сооружениях – от одноосного по одному ортогональному направлению, через различные степени двухосности – a , до одноосного по другому ортогональному направлению материала.

Результаты экспериментальных исследований приведены на рисунках 2-4 и в таблице 3. На рис. 2а показано падение прочности материала при воздействии только температуры и механических нагрузок. При термосиловом старении, как и следовало ожидать, снижение прочности материала тем интенсивнее, чем больше нагрузка в данном направлении. При этом максимальное падение прочности происходит при увеличении степени двухосности (см. соотношение $a=2:2$ на рис. 1а). Простое объяснение такой закономерности термосилового старения материала можно найти из соотношений, приведенных в [5]:

$$P_{0(2)} = P_{0(1)} \cdot n_0 \cdot \cos g_0 \quad (1),$$

$$P_{y(2)} = P_{y(1)} \cdot n_y \cdot \cos g_y \quad (2),$$

где: $P_{0(2)}$, $P_{y(2)}$ – прочность материала по ортогональным направлениям (по основе и утку соответственно) при двухосном напряженном состоянии;

$P_{0(1)}$, $P_{0(1)}$ – прочность материала по ортогональным направлениям (по основе и утку соответственно) при одноосном напряженном состоянии;

n_0 , n_y – плотность нитей на единицу ширины основы и утка материала;

$\cos g_0$, $\cos g_y$ – угол искривления нитей основы и утка в плоскости материала (см. снимок 1 в табл. 3).

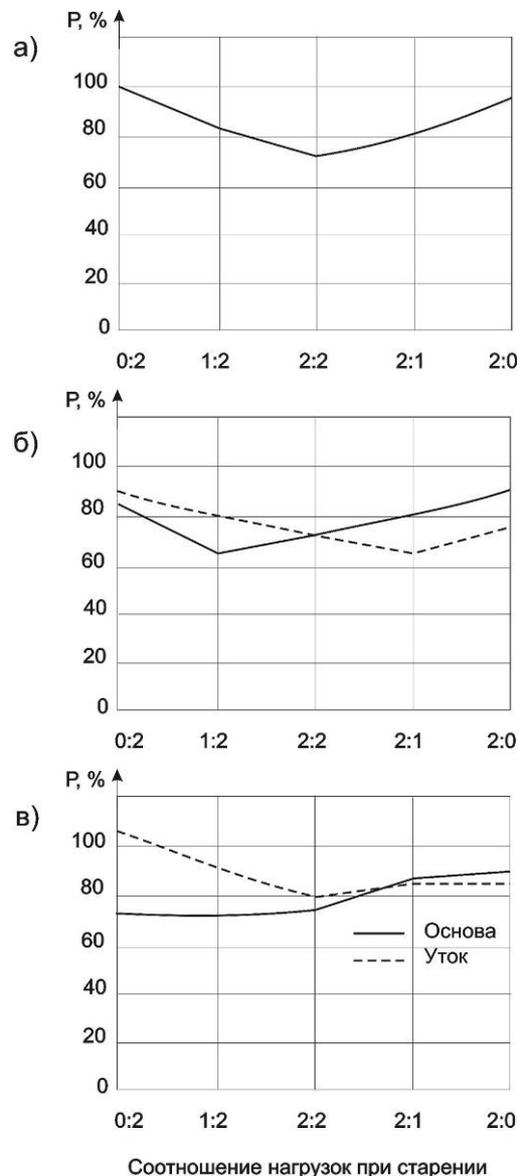


Рис. 2. Падение прочности материалов мягких оболочек при воздействии эксплуатационных факторов в зависимости от соотношения нагрузок при старении

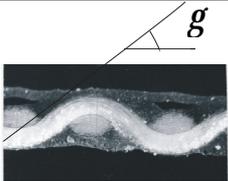
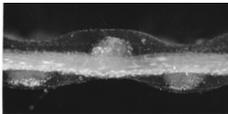
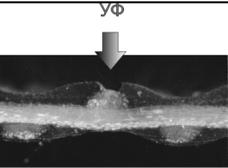
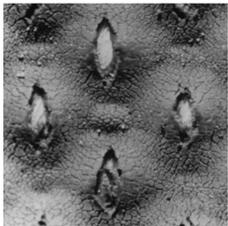
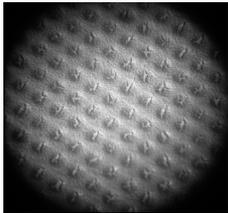
Из формул 1 и 2 следует, что в двухосно нагруженном материале напряжение в армирующих нитях всегда больше нагрузки, прикладываемой в данном направлении. Таким образом, при одинаковом уровне нагрузки с увеличением степени двухосности a возрастает искривление армирующих нитей, а вместе с тем, и напряжение в армирующих нитях. В итоге максимальное понижение прочности в обоих направлениях материала при термосиловом старении приходится на соотношение нагрузок $a = 2:2$, то есть на область максимальных напряжений в нитях.

При дополнительном воздействии климатических факторов (в основном УФ-радиации солнца) механизм старения и разрушения материала резко изменяется. Максимальное падение прочности (рис. 1б) смещается на соотношения $a = 1:2$ и $a = 2:1$ соответственно по основе и утку материала. При соотношении $a = 1:2$ (табл.2) материал старился при нагрузке 5 % (по основе) и 10 % (по утку) от разрушающей, а падение прочности произошло по этим направлениям на 35 % и 20 %

соответственно. Более того, в направлении, где образцы старились без нагрузки, так, например, при соотношении $a = 0:2$ основа, а при соотношении $a = 2:0$ уток не нагружены, а падение прочности происходит на 10 % и 20 % соответственно. Такое, на первый взгляд, парадоксальное явление удалось объяснить после изучения микрофотографий исходных и состаренных материалов.

Таблица 3

Микрофотографии исходных и состаренных образцов материалов мягких оболочек

№ снимка	Фото	Увеличение	Описание
1	2	3	4
1		×10	Поперечное сечение исходного материала
2		×10	Поперечное сечение деформированного материала
3		×10	Поперечное сечение состаренного материала
4		×10	Поверхность материала после 1000 часов ускоренного старения
5		×10	Поверхность материала после 15 лет старения на крышной станции
6		×3	Поверхность материала после 15 лет старения на крышной станции

Механизм старения и разрушения материалов мягких оболочек в напряженном состоянии под воздействием климатических факторов заключается в следующем. При двухосном растяжении композита, в результате кинематического взаимодействия ортогональных нитей тканой структуры происходит выпрямление более нагруженных и искривление менее нагруженных нитей (см. снимок 2 в табл. 3). Искривленные нити создают локальные зоны перенапряжений в пленочном покрытии, что, в свою очередь, приводит к увеличению скорости старения матрицы в этих зонах с образованием сквозных трещин (см. снимок 3-4 в табл. 2).

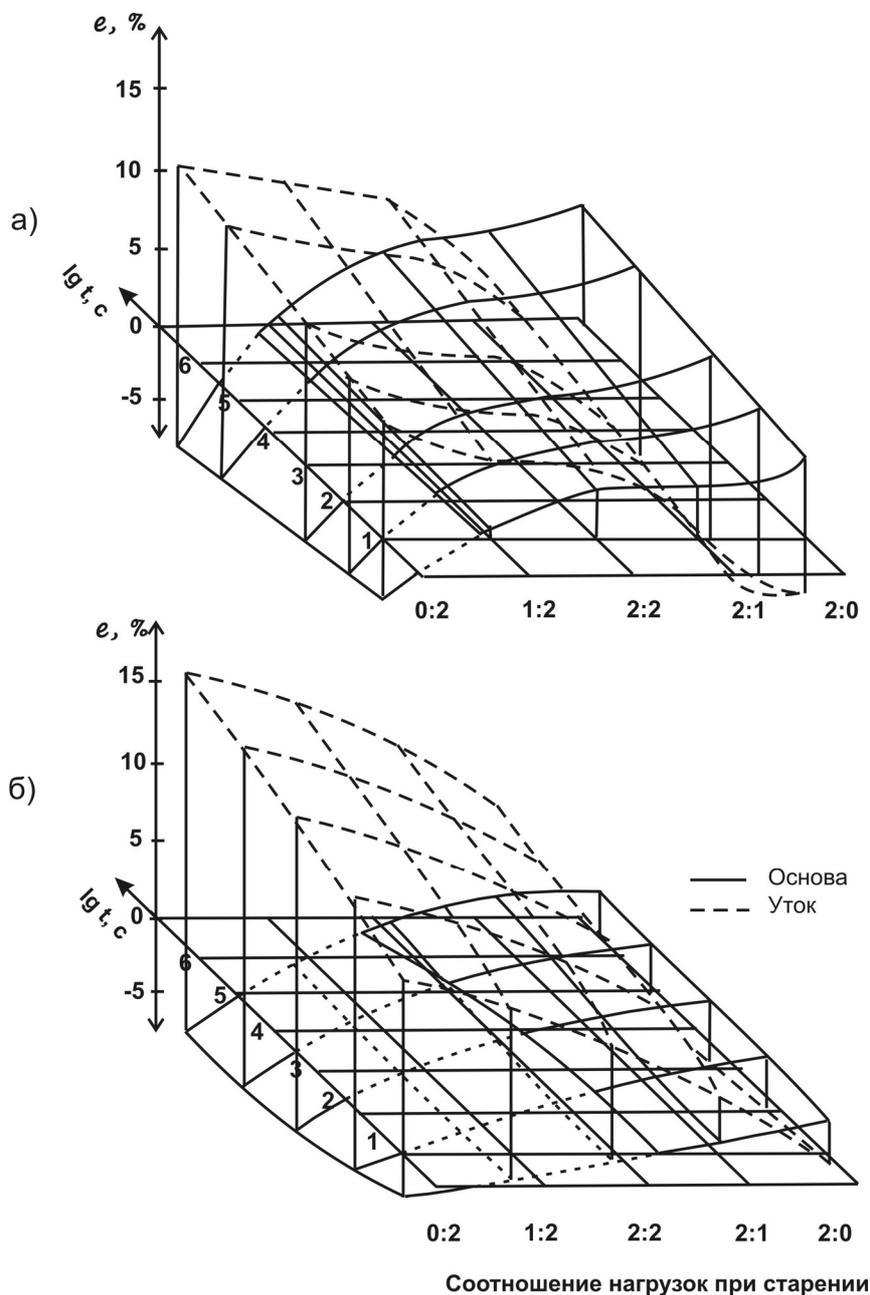


Рис. 3. Ползучесть материалов мягких оболочек при воздействии эксплуатационных факторов в зависимости от соотношения нагрузок

В результате обнажаются искривленные нити армирующей основы и открывается доступ к ним УФ-радиации солнца, что, в свою очередь, приводит к резкому увеличению скорости старения материала в менее нагруженном направлении. Данный механизм старения и разрушения материалов мягких оболочек подтвердился и результатами экспериментов в натуральных условиях (см. снимок 5-6 в табл. 2).

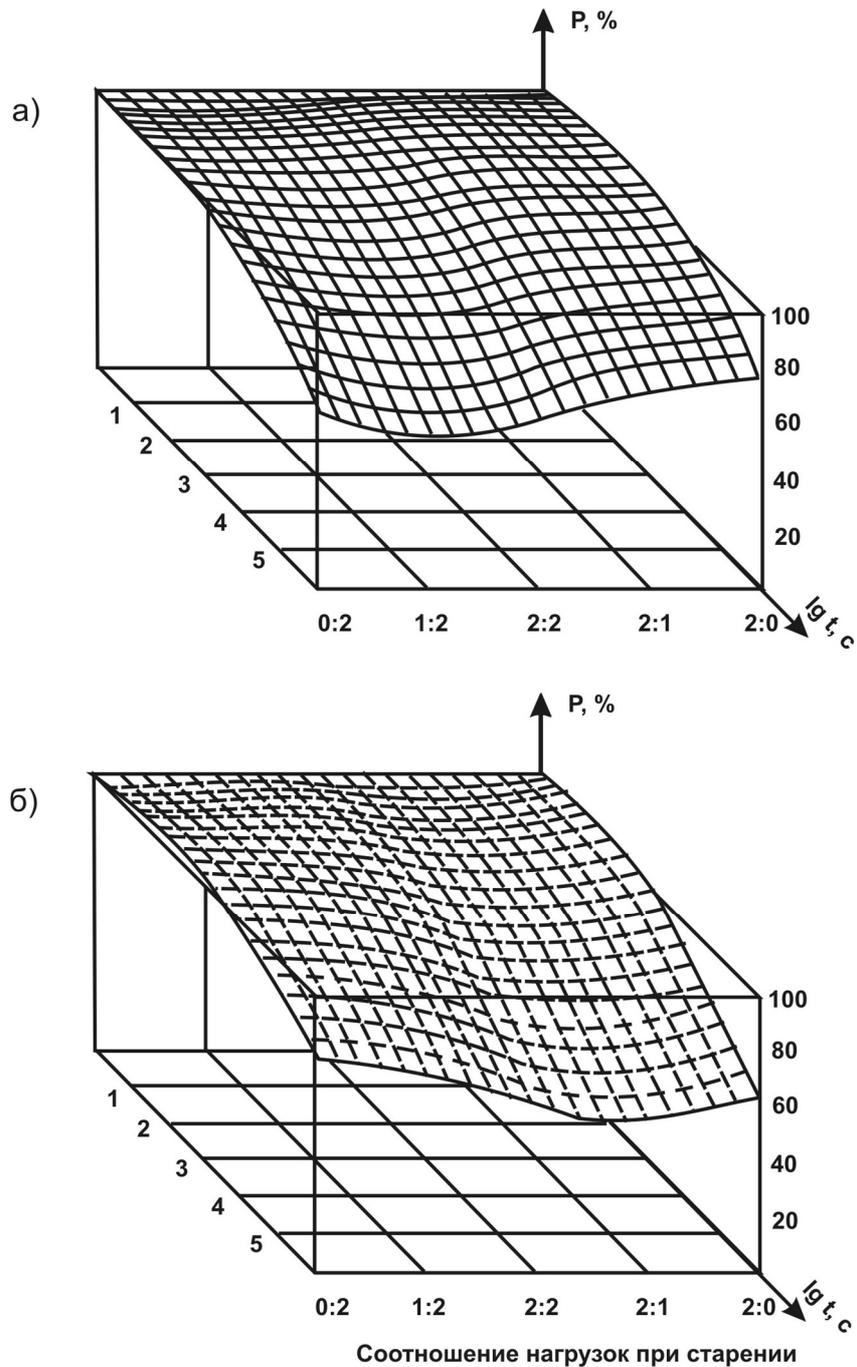


Рис. 4. Падение прочности материалов мягких оболочек с симметричной структурой (а – по основе, б – по утку) при воздействии эксплуатационных факторов

Необходимо также отметить влияние исходной структуры на долговечность и работу материала в оболочках. Если сопоставить зависимости деформации материалов для различных соотношений нагрузок при старении (рис. 3) с зависимостью падения прочности при тех же соотношениях нагрузок (рис. 2в, 4), то наблюдается отрицательная корреляция между величиной деформации и остаточной прочностью в данном направлении. Долговечность материала в данном направлении тем ниже, чем выше деформации при эксплуатации в ортогональном направлении. Причем, если исходная искривленность армирующих нитей по ортогональным направлениям имеет одинаковый угол наклона, т.е. $g_o \approx g_y$, то поверхности ползучести и падения прочности по ортогональным направлениям (рис. 3а и 4) симметричны относительно друг друга. У материалов с несимметричной исходной структурой армирующих нитей при воздействии эксплуатационных

нагрузок появляются значительные (более 15 %) деформации в направлении большей исходной искривленности нитей и, соответственно, в значительном диапазоне соотношения нагрузок (рис. 3б) в ортогональном направлении появляются отрицательные деформации – материал сжимается. Соответственно отличаются и скорости старения материала в ортогональных направлениях. В направлении, где армирующие нити изначально были практически прямыми, при воздействии эксплуатационных нагрузок происходит их искривление, что приводит к появлению над ними локальных зон перенапряжений в матрице композита и разрушению материала по вышеуказанному механизму. Падение прочности материала в этом направлении (рис. 2в) в диапазоне соотношения нагрузок от $a=0:2$ до $a=2:2$ находится практически на одном уровне. Это говорит о том, что сквозные трещины в матрице композита в этом диапазоне соотношения нагрузок образовались примерно в одно время.

Выявленный в результате экспериментальных исследований механизм климатического старения и разрушения композиционных материалов данного типа в напряженном состоянии позволяет сделать следующие выводы.

1. Результаты экспериментальных исследований подтвердили и объяснили ранее приведенные в [1] замечания о том, что места разрывов материалов в мягких оболочках, как правило, не совпадают ни с одним из мест наибольших растягивающих усилий. Таким образом, возникает противоречие: оболочки разрушаются в тех местах, которые считаются не критическими, а теория мягких оболочек развивает расчетный аппарат для рассмотрения таких ситуаций, которые для оболочек не являются роковыми. Можно прийти к выводу, что задача о прочности мягких оболочек ставится конструкторами неточно или неполно. Из нее выпадает весьма существенный аспект – воздействие климатических факторов, что приводит к сложным изменениям свойств материалов во времени.

2. К сожалению, не все отечественные изготовители материалов мягких оболочек комплектуют свои технологические линии ширительными устройствами. При нанесении полимерной матрицы на тканую армирующую основу на каландрах или шпрединомашинах происходит выпрямление нитей основы и искривление нитей утка, а затем фиксация их в таком положении. В результате формируется композит с анизотропией физико-механических свойств, что создаёт дополнительные трудности при раскрое и формообразовании мягких оболочек.

Учитывая специфику эксплуатационных свойств материалов мягких оболочек, конструкторам и специалистам по монтажу и обслуживанию такого рода строительных сооружений можно предложить следующие рекомендации.

1. Для симметричных структур армирующей основы материалов ($g_x \approx g_y$) при монтаже и эксплуатации мягких оболочек необходимо добиваться равных нагрузок по ортогональным направлениям материала. При таком соотношении нагрузок (см. рис. 2б) скорость старения материала минимальна и одинакова по ортогональным направлениям.

2. При использовании материалов с несимметричной структурой оболочку необходимо рассчитывать так, чтобы максимальные нагрузки приходились по направлению с меньшим искривлением армирующих нитей, что обеспечит понижение напряжений в полимерной матрице композита и тем самым будет способствовать повышению долговечности материала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ермолов В.В., Берд У.У., Бубнер Э. и др. Прошлое, настоящее и будущее пневматических строительных конструкций // Пневматические строительные конструкции. – М.: Стройиздат, 1983. – 439 с.
2. Сулейманов А.М. Установка для моделирования воздействия эксплуатационных факторов на материалы мягких оболочек // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – М., 2005, Том 71, № 12. – С. 44-46.
3. Сулейманов А.М. Исследования эксплуатационных свойств композиционных материалов для мягких оболочек // Материалы докладов Академических чтений РААСН, посвященных 75-летию со дня рождения Ю.М. Баженова. Часть II. – Белгород, 2005. – С. 150-162.
4. Гогешвили А.А. Геометрическая структура ткани и ее влияние на прочность и деформативность // Сообщение ДВВИМУ. Вып. 25. – Владивосток, 1973. – С. 52-59.

УДК 691.32

Федосов С.В. – доктор технических наук, профессор, академик РААСН, ректор

E-mail: rektor@igasa.ru

Акулова М.В. – доктор технических наук, профессор, советник РААСН

E-mail: dekan-sf@igasru.ru

Ивановский государственный архитектурно-строительный университет

Краснов А.М. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: ksmts@marstu.net

Кононова О.В. – кандидат технических наук, доцент

Черепов В.Д. – аспирант, ассистент

Марийский государственный технический университет

МЕЛКОЗЕРНИСТЫЙ БЕТОН ВЫСОКОЙ ПРОЧНОСТИ

АННОТАЦИЯ

Разработана технология изготовления высокопрочного мелкозернистого бетона при расходе бездобавочного портландцемента не более 310 кг на 1 м³ бетона, обеспечивающая прочность при сжатии в пределах 85...94 МПа и плотность 2330 кг/м³ в воздушно-сухих условиях.

Технология основана на применении разночастотного виброуплотнения и предполагает использование наполненного цемента совместного домола с удельной поверхностью 500 м²/кг. Вяжущее содержит тонкодисперсный кварцевый наполнитель при соотношении портландцемента к наполнителю Ц:МН = 1:0,8...0,9. Изучены физико-механические и физико-технические свойства исследуемого бетона, а также его долговечность в условиях влажного и температурного воздействия.

Установлено, что полученные физико-технические характеристики высоконаполненного мелкозернистого бетона – результат взаимодействия тонкодисперсных частиц кварцевых зерен наполнителя с цементной пленкой матричного вяжущего в формирующейся структуре мелкозернистого бетона.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: удельная поверхность, дисперсность, разночастотное виброуплотнение, формирование структуры, ювенильная поверхность, активная группа SiOH.

Fedosov S.V. – doctor of technical sciences, professor, member of RAACS, rector

Akulova M.V. – doctor of technical sciences, professor, adviser of RAACS

Ivanov State Architectural and Construction University

Krasnov A.M. – candidate of technical sciences, associate professor

Kononova O.V. – candidate of technical sciences, associate professor

Cherepov V.D. – post-graduate student, assistant

Mary State Technical University

SAND CONCRETE OF HIGH STRENGTH

ABSTRACT

A fine-grain high-impact concrete technology is developed which uses the no-addition portland cement not more than 310 kg per 1 concrete cubic metre providing the 85...94 MPa compression resistance and the 2326 kg per cubic metre solidity in air-dry conditions.

The technology is based on application of the vibratory compaction and intends the usage of filled joint re-milling cement having a specific surface area of 500 square metre per kilo. The matrix material contains a finely dispersed quartz filler by the portland cement-to-filler ratio 1: 0.8...0.9. Physical and mechanical, physicochemical characteristics, water curing and effect of temperature are examined.

It is found out that the obtained quality characteristics of highly filled high-impact fine grain concrete are the result of mutual interaction between disperse particles of quartz filler and cement skin of matrix material in forming structure of fine grain concrete.

KEYWORDS: specific surface area, dispersivity, vibratory compaction, structure formation, juvenile surface, SiOH⁻ active group.

Большая часть территории Российской Федерации находится в суровых климатических условиях. В течение продолжительного периода времени (зима, осень, весна) строительные конструкции испытывают воздействие многократно повторяющихся циклов замораживания и оттаивания. Резкие циклические перепады температур особенно опасны для конструкций, подверженных водонасыщению при эксплуатации, в частности для строительных конструкций автомобильных дорог. Напряжения, возникающие в порах при замерзании воды, определяют развитие процессов трещинообразования в бетонных дорожных конструкциях.

Компоненты бетона обладают различными коэффициентами температурного расширения. Это приводит не только к возникновению поверхностных, но и к развитию внутренних трещин. Динамические нагрузки от воздействия колес многотоннажных автопоездов усиливают процесс трещинообразования. Снижение стоимости и повышение долговечности бетонных дорожных покрытий – важная народно-хозяйственная задача.

Снижение стоимости дорожных строительных бетонных изделий, особенно в регионах, в которых отмечается дефицит крупного заполнителя, может решаться за счет развития производства высокопрочных долговечных бетонов на основе местных природных кварцевых песков [1]. Большинство регионов России располагают большими запасами природных кварцевых песков, на основе которых освоено изготовление мелкоштучных дорожных изделий. Мелкозернистые бетоны могут заменить обычные тяжелые цементные бетоны при условии, если они не уступают им по ряду физико-технических характеристик: морозостойкости, прочности при изгибе и при растяжении. Одним из препятствий на пути использования мелкозернистых бетонов в крупногабаритных дорожных изделиях являются их повышенная усадка и ползучесть. Снижение показателей усадки и ползучести мелкозернистых бетонов может быть достигнуто повышением концентрации твердой фазы при оптимальном наполнении межзерновых пустот бетона высокодисперсными минеральными частицами природного, искусственного и в том числе техногенного происхождения. Положительное влияние наполнителей на структуру и свойства цементных систем наиболее детально описано в трудах П.П. Будникова, А.В. Волженского и Л.Н. Попова, О.П. Мчедлова-Петросяна, В.И. Соломатова, Б.В. Гусева, А.Г. Ольгинского, А.А. Редкозубова, М.Р. Стаса, И.М. Красного, Ю.М. Баженова, П.Г. Комохова, Н.В. Свиридова, С.С. Каприелова.

Известно, что повышение концентрации твердой фазы в бетонной смеси сопровождается ростом ее вязкости в связи с сокращением толщины диффузного слоя сольватных оболочек вокруг твердых частиц системы. Необходимо обеспечить повышение удобоукладываемости цементно-песчаной смеси при низких водоцементных отношениях ($V/C = 0,25 \dots 0,27$) регулированием части свободной (диффузной) воды до образования жестко-пластичного состояния и увеличением объема химически активной коагуляционной среды при использовании наполненного вяжущего совместного помола, применение которого способствует возникновению прочных связей за счет активации процессов гидратации клинкерных минералов [2].

Разработка технологии мелкозернистого цементного бетона на кварцевых песках проводилась исходя из положения оптимизации условий для активации кварцнаполненного вяжущего совместного помола на границе раздела фаз.

Известно, что энергетический потенциал поверхности зёрен кварцевого наполнителя зависит от атомно-молекулярных особенностей структуры кремнезёма. Появление на поверхности зерен кварца при помоле активных групп $SiOH$ в присутствии ионов щелочных и щелочноземельных металлов способствует интенсификации физико-химического и химического взаимодействия на границе раздела фаз.

В формировании структурной плотности и прочности мелкозернистого цементного бетона рассматриваются два технологических этапа. К первому относят самопроизвольное объединение дисперсной системы в структурные блоки за счёт избыточной энергии системы: цементное зерно – наполнитель – вода. Ко второму – внешнее механическое воздействие на систему, направленное на создание плотной структуры дисперсной системы, за счёт изменения расстояния между ее структурными элементами. Механическое воздействие на систему приводит к разрушению ее первоначальной структуры, к сближению структурных элементов различного размера и к доведению их до минимальных значений.

Для уплотнения структуры мелкозернистого бетона была применена разночастотная вибрационная установка, в которой для перемещения более крупных кварцевых частиц диаметром $0,4 \dots 1,5$ мм использована вибрация с частотой $f = 50$ Гц [3], а для перемещения более мелких частиц

твёрдой фазы кварцнаполненного цементного вяжущего – вибрационное воздействие с частотой $f = 167$ Гц. При совместной работе двух вибровозбудителей установки [4] создавался совмещенный режим виброколебаний бетонной смеси.

Удельное давление пригрузочного устройства при формировании бетонной смеси было определено математическим расчётом по разработанной методике [5] и составляло $P_{уд} = 0,0131$ МПа.

Физико-механические характеристики мелкозернистого бетона в зависимости от режима виброуплотнения приведены в табл. 1.

Таблица 1

Физико-механические характеристики мелкозернистого песчаного бетона в зависимости от режима виброформования при удельном давлении 0,0131 МПа

Режим виброуплотнения	Время виброуплотнения, с	Физико-механические характеристики мелкозернистого бетона								
		В/В	В/Ц	Средняя плотность, кг/м ³ при наполнении Ц:МН			Прочность бетона, МПа		Водопоглощение, %	Приrost прочности, %
				1:0	1:08	1:3	R _b	R _{bt}		
A=1,25мм, f=50Гц	180	0,303	$\frac{0,546}{0,0750^*}$	2135	2270	1920	70	7,3	7,0	0,0
A=0,70мм, f=167Гц	150	0,307	$\frac{0,552}{0,0755^*}$	2175	2302	1970	83	9,5	3,5	18,6
A=1,45мм, f=50Гц A=0,20мм, f=167Гц	120	0,310	$\frac{0,559}{0,0757^*}$	2230	2326	2100	94	11,0	2,8	34,3

Примечание: * В знаменателе – водотвердое отношение.

При двухчастотном режиме вибрационного воздействия была получена максимальная прочность мелкозернистого бетона при сжатии – 94 МПа и средняя плотность в сухом состоянии – 2326 кг/м³.

Прочность мелкозернистого бетона на основе различных по составу наполнителей (из карбоната кальция, керамзитовой пыли) определяется образованием в контактной зоне кристаллогидратов, по форме и свойствам отличающихся от обычного цементного камня (ЦК).

На керамзитовых частичках пористого наполнителя, активных по отношению к клинкерным минералам, низкоосновные гидросиликаты кальция типа CSH(I) образуются в меньшем объеме, чем на поверхности кварцевых зерен. На поверхности карбонатных наполнителей происходит ориентированный рост кристаллов карбонатов – CaCO₃, CaCO₃·6H₂O, неустойчивых кристаллов Ca(OH)₂, гидрогранатов – C₃AS_xH_{6-2x}, гидросиликатов кальция, преимущественно типа CSH(I), и гидрокарбоалюминатов кальция, считающихся наиболее устойчивыми [6].

Важнейшим структурным элементом кристаллогидратных пакетов наполненного цементного камня считается межплоскостная кристаллизационная вода. Ее потеря приводит к падению прочности бетона. Следовательно, для образования плотной структуры ЦК в объеме цементной пленки необходим оптимальный объем жидкой фазы в период первых часов твердения [2].

В технологии высоконаполненного мелкозернистого бетона (ВМБ) была получена оптимальная величина В/Ц=0,55-0,56, а оптимальное количество наполнителя с удельной поверхности 245...270 кг/м³ составило 0,8-0,9 от массы вяжущего с удельной поверхностью S_{уд}=450...500 м²/кг. Оптимальная удельная поверхность компонентов вяжущего сыграла значительную роль в достижении прочностных свойств мелкозернистого бетона и его средней плотности. На рис. 1 представлены прочностные свойства ВМБ в зависимости от соотношения по массе цемента и кварцевого микронаполнителя в рецептуре бетона. Эта зависимость выражена характерной для данного способа уплотнения кривой, состоящей из восходящей – упрочняющей и нисходящей – разупрочняющей ветвей с максимумом при оптимальном соотношении цемента и кварцевого микронаполнителя.

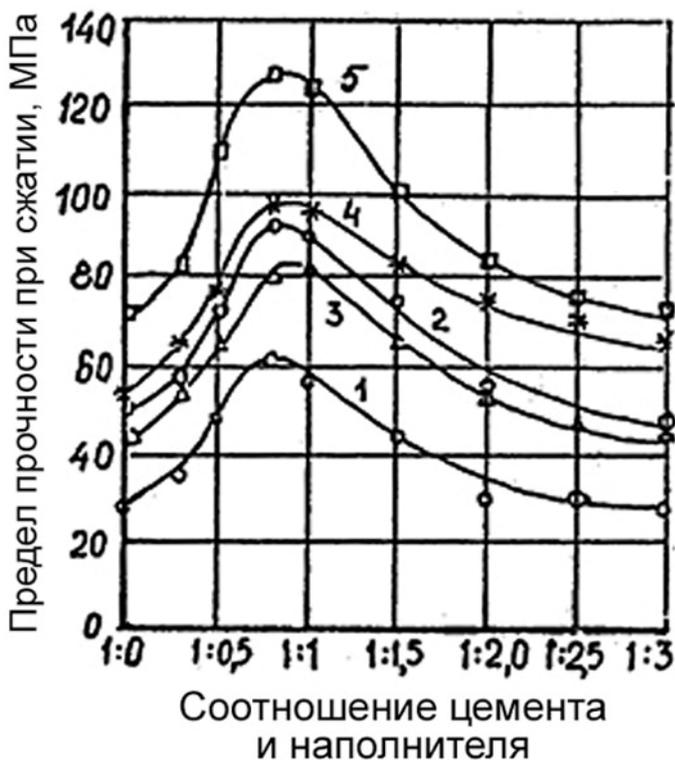


Рис. 1. Влияние условий и времени твердения на прочность наполненного мелкозернистого (песчаного) бетона различного частотного вибрационного уплотнения в зависимости от содержания наполнителя (МН) в цементе:
 1, 2 – прочность влажного и сухого бетона после ТВО и 28 суток выдержки в нормальных условиях;
 3 – прочность суточного бетона после ТВО; 4 – то же, после 240 суток выдержки в воздушно-сухих условиях ($t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$; $W = 50-60\%$); 5 – то же, в нормальных условиях ($t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $W = 95-99\%$)

Следует также отметить, что оптимальная прочность наполненного цементного камня на частично прогидратированных зернах наполненного вяжущего при его предварительной выдержке во влажной среде ($W = 95...99\%$, $T = 18-22\text{ }^{\circ}\text{C}$) в течение длительного срока до $t = 1080$ суток находится в зависимости от содержания наполнителя и периода выдержки. Общая, межзерновая и открытая пористости бетона повышаются с увеличением периода предварительной выдержки наполненного цемента во влажной среде.

На рис. 2 представлена микроструктура ВМБ с равномерно расположенными зёрнами кварцевого заполнителя, между которыми видны плотные структуры микрочастиц кварцевых наполнителей в виде структурных блоков – сеток.

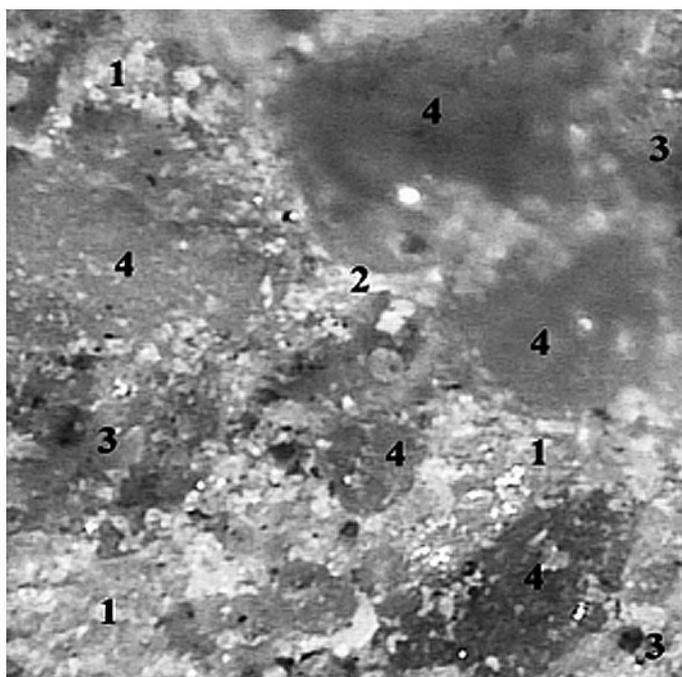


Рис. 2. Микроструктура мелкозернистого бетона (кривая 2, рис. 1) с содержанием кварцевого микронаполнителя (0,9...1,0) Ц, (Ч 500): 1 – зерно микронаполнителя; 2 – пленка цементного камня; 3 – микропоры; 4 – жесткий каркас из песчаного кварцевого зерна

Результаты экспериментов по определению оптимального состава ВМБ были подтверждены исследованиями наполненного цементного камня и мелкозернистого бетона при использовании в качестве модели полинома второго порядка и реализации композиционного плана на кубе типа В₃.

Определены физико-механические, деформативные свойства и долговечность высокопрочного мелкозернистого бетона в зависимости от внешних эксплуатационных факторов – воздействий воды, температуры.

Исследования истираемости мелкозернистого бетона, приготовленного по описанной технологии, показали, что потеря массы (г/см²) при испытании на лабораторном круге истирания в 2...4 раза меньше, чем у обычных мелкозернистых бетонов.

Водопроницаемость мелкозернистого бетона была определена по коэффициенту водопроницаемости:

$$K = (b \cdot V) / (S \cdot t \cdot \Delta p), \quad (1)$$

где V – объем жидкости, протекающей через тело; b – толщина материала; S – площадь фильтрации; t – время фильтрации; Δp – перепад давления. Водопроницаемость мелкозернистого бетона оказалась на порядок ниже, чем у обычного мелкозернистого бетона.

К разрушающим факторам следует отнести систематическое переменное водонасыщение и высушивание.

Исследовано изменение прочности ВМБ после каждых 30 циклов насыщения и высушивания по режиму: 4 часа водопоглощения и 4 часа высушивания при 100 °С. Исследованиями установлено приращение прочности при сжатии бетона за счет гидратации вяжущего на 150 цикле. Прочность бетона составила $R_b=115$ МПа при среднем начальном значении $R_b=94$ МПа.

Морозостойкость ВМБ, определенная по I базовому методу ГОСТ 10060-95, составила F700, по II методу – F300.

Модуль упругости бетона E_0 составил $(30...34) \cdot 10^3$ МПа.

Усадка ВМБ при нормальных климатических условиях составила $\epsilon_y=0,120$ мм/м. Малая величина ϵ_y , в сравнении с другими строительными материалами, соответствует плотной структуре композита.

Деформации вследствие ползучести цементного бетона обуславливают долговечность бетонных конструкций. На характер роста деформаций во времени под действием статической нагрузки влияют следующие факторы: уровень начальных напряжений $\sigma/R_{пр}$; параметры окружающей среды, определяющие скорость массообмена влажного бетона; напряжения, возникающие вследствие усадки.

ВМБ в возрасте 28 суток выдержки в нормальных условиях после тепловлажностной обработки, нагруженный усилием статической нагрузки с напряжением 0,2; 0,4; 0,5 $R_{пр}$, показал величину деформаций при сроке наблюдения 240 суток соответственно: $E_{полз}^{240} = 0,134; 0,225; 0,370$ мм/м. В возрасте 660 суток ВМБ второй серии (0,4 $R_{пр}$) показал деформацию вследствие ползучести 0,310 мм/м.

Таблица 2

Деформации мелкозернистых бетонов вследствие ползучести

Состав бетона, кг/м ³				Срок набл. t, сут.	$R_{пр.}$, МПа	$\sigma/R_{пр}$	Мера ползучести, см ² /кг	$\epsilon_{полз.}$, мм/м	Авторские источники
Ц	МН	В	В/Ц						
306	288	170	0,555	240	45	0,2	1,49	0,1340	Авторы статьи
260	90	190	0,73	240	19,4	0,25	14,70	0,713	[7]
435	145	327	0,75	240	30,7	0,25	15,0	11,513	[7]
414	-	180	0,40	240	43,8	0,20	8,48	-	[8]
487	255*	168	0,35	-	56,0	0,30	20,6	-	[9]

Примечание: Применен* модификатор МБ-50С (кремнезем + зола уноса + суперпластификатор в соотношении 43:43:14).

Температуростойкость ВМБ зависит от исходной влажности микро- и макроструктур материала и определяется потенциальной энергией связи между кристаллическим скелетом бетона и заполняющей его водой. При испарении влаги давление пара в капиллярах ($r = 10^{-11}$ м) может достигать 20 МПа и более, а растягивающие напряжения повышаются до 16,2 МПа [10]. Цементный бетон имеет критическую сорбционную влажность W_c , выше которой при градиенте температур $\Delta t > 100$ °С может произойти разрушение с отколом кусков бетона в виде линз [10].

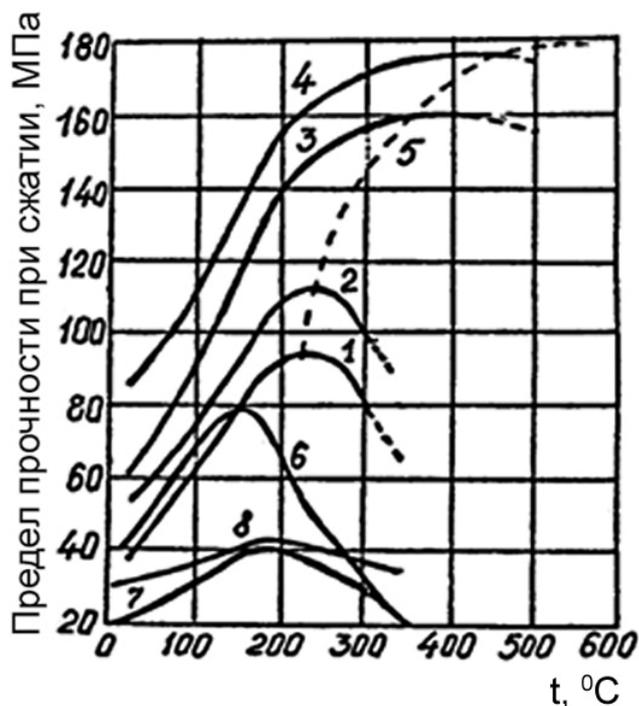


Рис. 3. Температуростойкость высоконаполненного мелкозернистого бетона при первом нагреве: 1 – после ТВО суточной выдержки при $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $W_B = 65\%$, В25; 2 – то же, В40; 3 – то же, 28-суточной выдержки, В45; 4 – то же, 120-суточной выдержки, В60; 5 – кривая экстремальных величин прочности; 6 – цементно-песчаный раствор состава 1:3 28 суточной выдержки (А.В. Волженский и Л.Н. Попов); 7 – то же, на песчаном диоритовом заполнителе [10]; 8 – тяжелый бетон на диоритовом крупном заполнителе [10]

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что высоконаполненный мелкозернистый бетон, изготовленный по предложенной технологии, по своим качественным характеристикам может быть использован для изготовления крупноразмерных изделий во многих регионах России при строительстве инженерных сооружений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Малинина Л.А., Батраков В.Г. Бетонovedение: настоящее и будущее // Бетон и железобетон, 2003, № 1. – С. 6-8.
2. Холодный А.Г., Мчедлов-Петросян О.П. Влияние водоцементного отношения на кинетику структурообразования при твердении портландцемента // Управляемое структурообразование в производстве строительных материалов. – Киев: Будивельник, 1968. – С. 10-14.
3. А.с. 1310362 СССР. МКИ¹ С 04 В 28/00. Бетонная смесь / А.М. Краснов, В.Г. Журавлев, С.В. Аганина, Е.П. Новожилова. (СССР). – № 3707224/29-33; заявл. 30.10.84; опубл. 15.05.87, Бюл. № 18. – 3 с.
4. Пат. 2214910 Российская Федерация, МКИ⁷ В 28 В1/08. Способ формования строительных изделий из бетонной смеси / А. М. Краснов (Россия). – № 200210628/03; заявл. 04.02.02; опубл. 27.10.03, Бюл. № 30. – 5 с.
5. Кутько Б.П. Исследование работы пригрузов при формировании бетонных смесей: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05. – Кишинев, 1981. – 24 с.
6. Ларионова З.М., Никитина Л.В., Гарашин В.Р. Фазовый состав, микроструктура и прочность цементного камня и бетона. – М.: Стройиздат, 1977. – 262 с.
7. Львович К.И., Яструбинецкий В.А. Деформации песчаных бетонов под нагрузкой // Бетон и железобетон, 1980, № 2. – С. 18-19.
8. Улицкий И.И. Определение величин деформации ползучести и усадки бетонов. – Киев, 1963. – 348 с.
9. Каприелов С.С., Карпенко Н.И., Шейнфельд А.В., Кузнецов Е.Н. Влияние органоминерального модификатора МБ-50С на структуру и деформативность цементного камня и высокопрочного бетона // Бетон и железобетон, 2003, № 3. – С. 2-7.
10. Жуков В.В. Основы стойкости бетона при действии повышенных и высоких температур: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.23.05. – М., 1981. – 43 с.

УДК 691.553.4

Халиуллин М.И. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: khaliullin@kgasu.ru

Гайфуллин А.Р. – аспирант

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

ШТУКАТУРНЫЕ СУХИЕ СМЕСИ НА ОСНОВЕ КОМПОЗИЦИОННОГО ГИПСОВОГО ВЯЖУЩЕГО ПОВЫШЕННОЙ ВОДОСТОЙКОСТИ

АННОТАЦИЯ

Разработаны составы штукатурных гипсовых сухих смесей повышенной водостойкости с применением комплекса местных минеральных и химических добавок, в том числе отхода промышленности строительных материалов – керамзитовой пыли, отвечающие современным нормативным требованиям. Получены математические модели, описывающие влияние компонентов комплексной гидравлической добавки – керамзитовой пыли и извести – на основные физико-технические свойства штукатурных гипсовых растворов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: композиционное гипсовое вяжущее, известь, керамзитовая пыль, пенообразователь, коэффициент размягчения, штукатурные гипсовые сухие смеси.

Khaliullin M.I. – candidate of technical sciences, associate professor

Gaifullin A.R. – post-graduate student

Kazan State University of Architecture and Engineering

PLASTER DRY MIXES ON THE BASIS OF COMPOSITE GYPSUM KNITTING THE RAISED WATER RESISTANCE

ABSTRACT

Structures of plaster dry mixes of the raised water resistance with application of a complex of local mineral and chemical additives, including a withdrawal of the industry of building materials – the haydite dust, meeting modern standard requirements are developed. The mathematical models describing influence of components of the complex hydraulic additive – a haydite dust are received and to exhaust on the cores physicotchnical properties of plaster solutions.

KEYWORDS: composite gypsum knitting, a lime, haydite dust, foaming agent, softening factor, plaster gypsum dry mixes.

Введение

Фактором, существенно ограничивающим область применения материалов на основе гипсовых вяжущих, является их недостаточная водостойкость. Повышение водостойкости, например штукатурных гипсовых сухих смесей, позволило бы расширить их применение в помещениях с повышенной (более 60 %) влажностью (кухни, ванные комнаты и т.д.) [1].

В работах П.П. Будникова, А.В. Волженского, А.В. Ферронской, В.Ф. Коровякова и др. показано, что одним из наиболее эффективных направлений решения проблемы повышения водостойкости строительных материалов на основе гипсовых вяжущих является введение в состав вяжущего комплекса гидравлических и активных минеральных добавок (например, портландцемент, известь, а также шлаки, золы, микрокремнезем) [1-3].

Рядом исследователей показана эффективность использования для получения гипсовых вяжущих повышенной водостойкости тонкомолотого керамзита или керамзитовой пыли в составе комплексной гидравлической добавки. Утилизация керамзитовой пыли, которая собирается в системах пылеочистки при производстве керамзитового гравия (пылеосадительных камерах, циклонах, фильтрах), является достаточно серьезной проблемой. На крупных керамзитовых заводах ежедневно образуется до 7-8 т керамзитовой пыли. В дальнейшем этот отход добавляют к сырой глине и возвращают в производство, но чаще вывозят в отвалы. Исследователями Уфимского государственного нефтяного технического университета рассмотрено совместное введение добавок извести и керамзитового наполнителя, полученного помолом керамзитового гравия [4], в МГСУ – совместное введение добавок портландцемента и керамзитовой пыли – отхода производства керамзита [3].

Целью настоящей работы явилась разработка составов штукатурных гипсовых сухих смесей повышенной водостойкости с применением комплекса местных минеральных и химических добавок, в том числе отхода промышленности строительных материалов – керамзитовой пыли.

Методы и материалы

В качестве вяжущего для проведения работы применялся строительный гипс Г5БП производства ООО «Аракчинский гипс», произведенный по ГОСТ 125-79.

В качестве компонента комплексной гидравлической добавки применялась известь негашеная третьего сорта по ГОСТ 9179-77 производства ООО «Казанский завод силикатных стеновых материалов».

В качестве тонкомолотого активного минерального компонента комплексной гидравлической добавки применялась керамзитовая пыль – отход производства керамзита – различного минерального состава, отобранная на некоторых заводах керамзитового гравия Республики Татарстан, размолотая до удельной поверхности 150, 300 и 500 м²/кг.

В качестве водоудерживающей применялась добавка высокомолекулярного полиэтиленоксида (РЕО-S) по ТУ 6-05-231-341-88 производства ОАО «Казаньоргсинтез».

В качестве добавки замедлителя схватывания применялась лимонная кислота по ГОСТ 908-79 производства ЗАО «Белгородский завод лимонной кислоты «Цитробел»».

Испытания композиционных гипсовых вяжущих осуществлялись по ГОСТ 125-79, образцы испытывались на прочность в возрасте 7 сут. с последующим высушиванием до постоянной массы. Испытания штукатурных растворов смесей и растворов на основе осуществлялись по ГОСТ 31376-2008. Подвижность штукатурных растворов смесей составляла 12-13 см по глубине погружения конуса СтройЦНИИЛа.

Определение коэффициента размягчения осуществлялось по ТУ 21-0284757-90.

Результаты и обсуждение результатов

На первом этапе работы проведены исследования влияния добавки керамзитовой пыли различного минералогического состава (с различным содержанием глинистых минералов и аморфной фазы) при различной удельной поверхности, вводимой совместно с известью, на основные показатели физико-технических свойств композиционного гипсового вяжущего.

Получены зависимости, характеризующие влияние количества и удельной поверхности добавки керамзитовой пыли различного минералогического состава, вводимой совместно с известью, на прочностные показатели и коэффициент размягчения гипсового камня.

Установлено, что при введении комплексной добавки, включающей известь в количестве 5 % от массы гипсового вяжущего и керамзитовую пыль с удельной поверхностью 500 м²/кг в количестве 10-30 % от массы вяжущего, в зависимости от минералогического состава, коэффициент размягчения (K_p) гипсового камня повышается до значений $K_p > 0,6$, что соответствует гипсовым материалам повышенной водостойкости [1]. Оптимальная величина удельной поверхности молотой керамзитовой пыли, при которой достигаются наибольшие показатели физико-технических свойств гипсового вяжущего, составляет 500 м²/кг.

В зависимости от минерального состава керамзитовой пыли ее введение в количестве 5-20 % от массы строительного гипса совместно с известью не приводит к снижению прочностных показателей гипсового камня. При введении до 10 % керамзитовой пыли с относительно небольшим содержанием глинистых минералов и наиболее высоким содержанием аморфной фазы увеличение прочности гипсового камня составляет более 10 %, по сравнению с контрольным составом.

С помощью рентгенофазового анализа модельных образцов искусственного камня, полученных при твердении составов: известь – молотая керамзитовая пыль различных проб, – установлено образование низкоосновных гидросиликатов кальция (рис. 1). Образование аналогичных продуктов при твердении гипсового камня с введением комплексной гидравлической добавки, включающей известь и молотую керамзитовую пыль, обеспечивает повышение прочностных показателей и водостойкости.

Установлено, что эффективность действия керамзитовой пыли как активной минеральной добавки повышается с увеличением в ее составе количества аморфной фазы и уменьшением суммарного количества глинистых минералов (рис. 1).

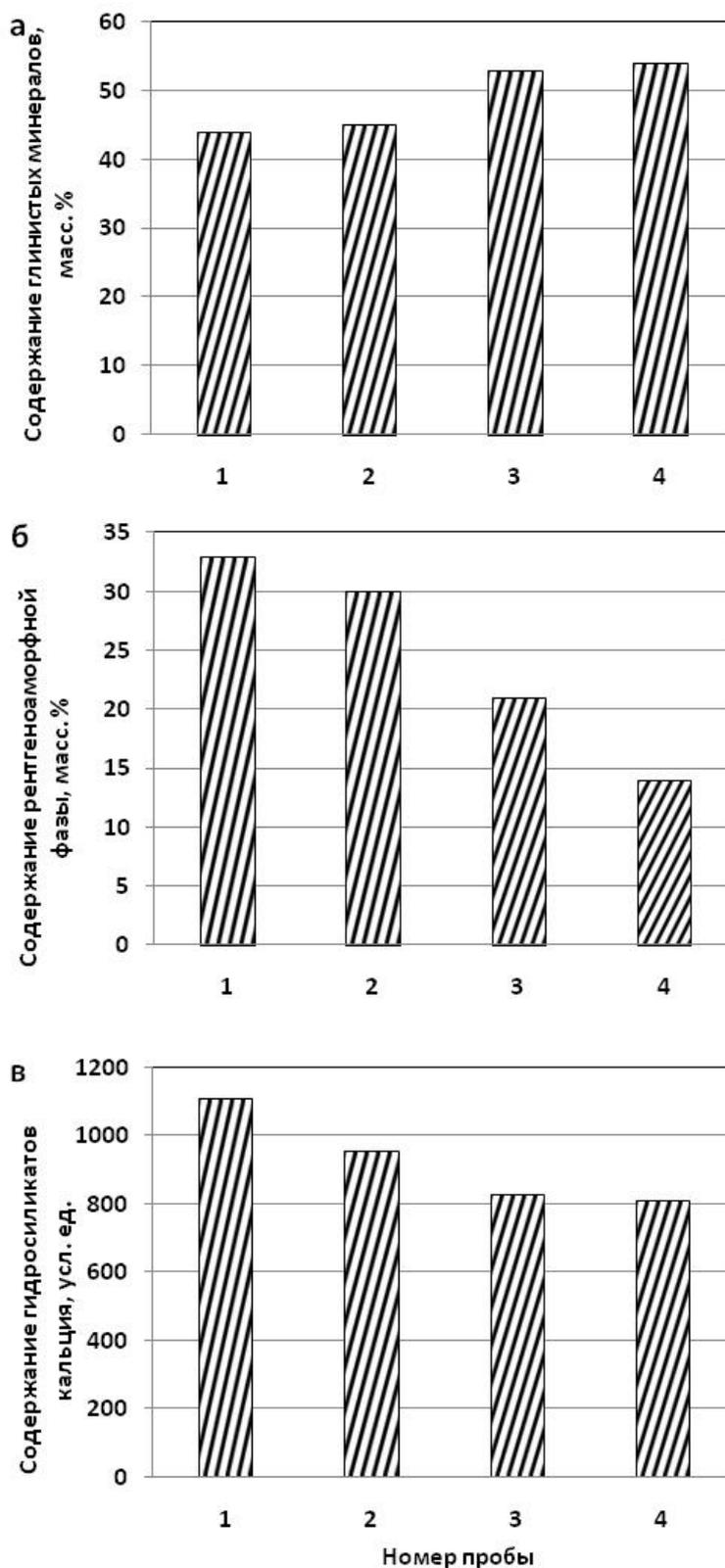


Рис. 1. Данные фазового состава по результатам рентгенографического анализа исходных проб керамзитовой пыли (а, б) и модельных образцов искусственного камня состава: известь – керамзитовая пыль (в): а – содержание глинистых минералов в исходных пробах керамзитовой пыли; б – содержание рентгеноаморфной фазы в исходных пробах керамзитовой пыли; в – содержание гидросиликатов кальция в модельных образцах искусственного камня состава: известь – керамзитовая пыль

На следующем этапе работы с применением метода ротатбельного композиционного центрального планирования эксперимента (РКЦП) проведена оптимизация составов комплексной гидравлической добавки для штукатурных гипсовых сухих строительных смесей.

Получены математические модели, описывающие влияние компонентов комплексной гидравлической добавки – керамзитовой пыли (x_1) и извести (x_2) на прочность при сжатии (y_1) и коэффициент размягчения (y_2) растворов на основе штукатурных гипсовых сухих смесей:

$$y_1 = 6,0074 - 0,0033x_1 + 0,1818x_2 + 0,0034x_1x_2 - 0,0015x_1^2 - 0,0332x_2^2 \tag{1}$$

$$y_2 = 0,2475 + 0,0164x_1 + 0,0830x_2 + 0,0004x_1x_2 - 0,0004x_1^2 - 0,0084x_2^2 \tag{2}$$

Анализ полученных уравнений регрессии и построенных с их использованием зависимостей, представленных на рис. 2-3, показывает следующее.

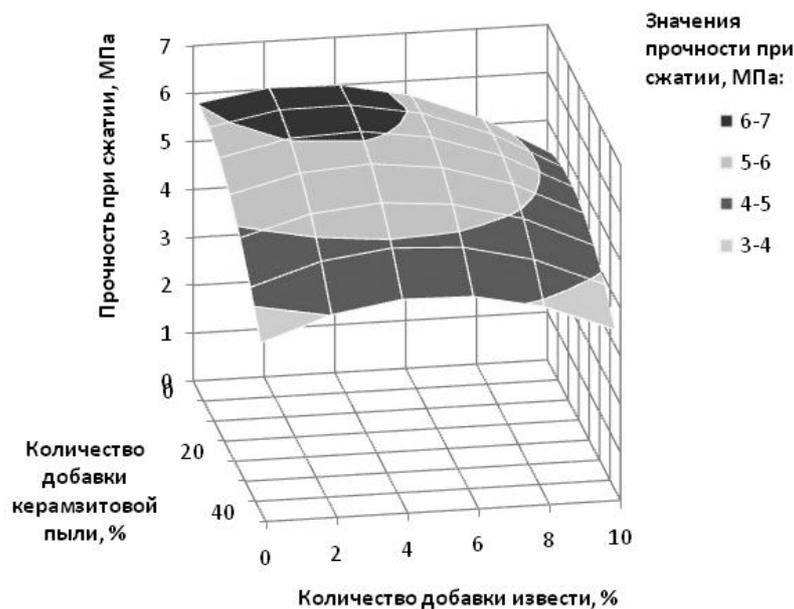


Рис. 2. Влияние компонентов комплексной гидравлической добавки керамзитовая пыль – известь на прочность при сжатии растворов на основе штукатурных гипсовых сухих смесей

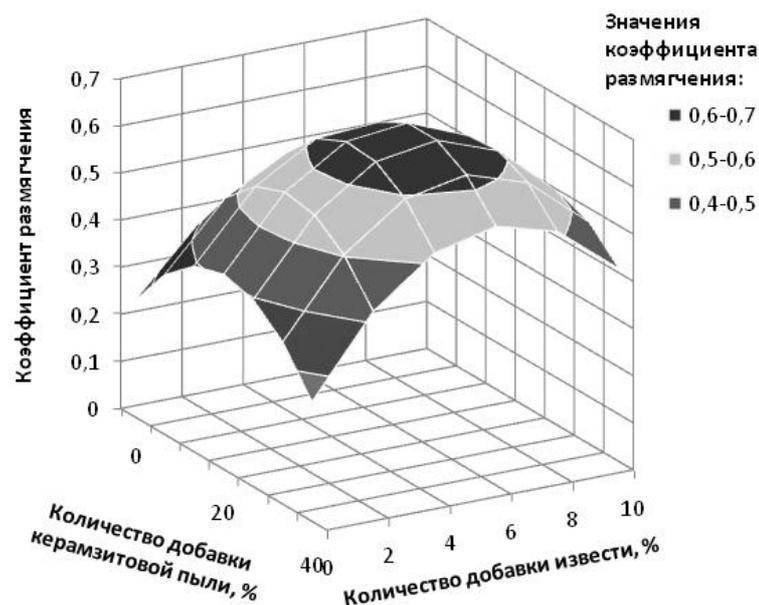


Рис. 3. Влияние компонентов комплексной гидравлической добавки керамзитовая пыль – известь на коэффициент размягчения растворов на основе штукатурных гипсовых сухих смесей

Существует область оптимальных значений количества компонентов комплексной гидравлической добавки керамзитовая пыль – известь, при которых достигаются максимальные значения показателей прочности при сжатии и коэффициента размягчения растворов на основе штукатурных гипсовых сухих смесей.

Максимальные показатели прочности при сжатии, превышающей предел прочность при сжатии 5 МПа, а также коэффициента размягчения, превышающего значение 0,6 и соответствующее материалам повышенной водостойкости, достигаются при содержании в составе комплексной гидравлической добавки керамзитовой пыли в количестве 20-30 % по массе, извести в количестве 4-6 % по массе.

Увеличение в составе комплексной гидравлической добавки содержания извести свыше 6 % и керамзитовой пыли свыше 30 %, вследствие постепенного увеличения водопотребности растворных смесей, вызывает снижение показателей прочности и коэффициента размягчения.

Показатели основных физико-технических свойств разработанных штукатурных гипсовых сухих смесей повышенной водостойкости представлены в таблице.

Таблица

**Показатели основных физико-технических свойств
штукатурных гипсовых сухих смесей повышенной водостойкости**

Наименование свойств	Показатели свойств разработанных штукатурных гипсовых сухих смесей	Средние показатели свойств промышленных аналогов
Начало схватывания, мин	30 – 90	30-120
Водоудерживающая способность, %	98	не менее 95
Прочность при сжатии, МПа	5-7	4-7
Прочность сцепления с основанием, МПа	0,5-0,6	0,4-0,8
Коэффициент размягчения	0,65-0,7	0,3-0,45

По показателям основных физико-технических показателей штукатурные гипсовые сухие смеси повышенной водостойкости отвечают нормативным требованиям, соответствуют или превосходят существующие аналоги.

Заключение

Таким образом, в результате проведенных исследований получены математические модели, описывающие влияние компонентов комплексной гидравлической добавки – керамзитовой пыли и извести на основные физико-технические свойства штукатурных гипсовых растворов.

Разработанные составы штукатурных гипсовых сухих смесей повышенной водостойкости имеют следующие основные показатели физико-технических свойств: прочность при сжатии – 5-7 МПа; прочность сцепления с основанием – 0,5-0,6 МПа; коэффициент размягчения – 0,65-0,7 – и являются конкурентоспособными в ценовом отношении, по сравнению со стандартными рецептурами, благодаря применению в их составе водоудерживающей добавки – полиэтиленоксида местного производства взамен более дорогостоящих импортных водоудерживающих добавок, а также активной минеральной добавки – отхода промышленности строительных материалов керамзитовой пыли при снижении расхода более дорогостоящего строительного гипса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гипсовые материалы и изделия (производство и применение). Справочник. / Под общей ред. А.В. Ферронской. – М.: Изд-во АСВ. – 488 с.
2. Волженский А.В., Роговой М.И., Стамбулко В.И. Гипсоцементные и гипсошлаковые вяжущие материалы и изделия. – М.: Госстройиздат, 1960. – 162 с.
3. Баженов Ю.М., Коровяков В.Ф., Денисов Г.А. Технология сухих строительных смесей. – М.: Изд-во АСВ, 2003. – 96 с.
4. Отчёт по НИР. Инв. № 02840916932. Парфенов В.И. и др. Разработка конструкций гипсобетонных блоков повышенной долговечности для объектов жилищно-гражданского строительства. Уфимский нефтяной институт. – Уфа, 1983. – 108 с.

УДК:622.355:691+622.368.24:691

Шелихов Н.С. – кандидат технических наук, профессор

E-mail: shelihov@kgasu.ru

Рахимов Р.З. – доктор технических наук, профессор

E-mail: rahimov@kgasu.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

ОСОБЕННОСТИ КАРБОНАТНОГО СЫРЬЯ ТАТАРСТАНА И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МЕСТНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

АННОТАЦИЯ

Представлены результаты анализа размещения и состава карбонатного сырья РТ. На примере нескольких месторождений РТ показана и доказана возможность использовать местное карбонатное сырье с различным соотношением между CaO и MgO, с учетом его химического, минералогического составов и физико-механических показателей для производства целого ряда строительных материалов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: карбонатное сырье, состав, местные строительные материалы.

Shelikhov N.S. – candidate of technical sciences, professor

Rakhimov R.Z. – doctor of technical sciences, professor

Kazan State University of Architecture and Engineering

CHARACTERISTICS CARBONATE OF RAW MATERIAL OF TATARSTAN AND ITS APPLICATION FOR MANUFACTURE LOCAL MATERIALS

ABSTRACT

The results of the analysis of accommodation and structure carbonate raw material of Tatarstan are submitted. On an example of several deposits of Tatarstan is shown and the opportunity is proved to use local carbonate raw material with a various ratio between CaO and MgO, in view of its chemical, mineral of composition and mechanical parameters for manufacture of a lot of building materials.

KEYWORDS: carbonate of raw material, structure, local building material.

Перспектива развития промышленности строительных материалов и конструкций на период до 2020 г. [1, 2] предполагает увеличение к 2020 году производства: цемента – с 51 до 194 млн. т.; стеновых материалов – с 13 до 62 млрд. шт.; нерудных материалов – с 0,16 до 1,38 млрд. м³. Принимая в расчет и программу развития дорожного строительства страны, можно считать, что потребности строительной индустрии в сырьевых ресурсах в целом возрастут в 5-7 раз. В связи с этим резко возрастает значение местных сырьевых ресурсов, часто не используемых или используемых в недостаточной степени.

Земная поверхность многих регионов Российской Федерации, в том числе и Татарстана, сложена породами осадочного происхождения, среди которых карбонатные породы – известняки и доломиты. Из-за особенностей геологического сложения земной коры территория Татарстана не богата карбонатным сырьем, а качество его весьма не однородное. Анализ материалов геологического фонда РТ [3] показал, что на поверхности земли обнажаются пермские, юрские, меловые, неогеновые и четвертичные отложения. Большая часть их представлена алевролитами и песчаниками, среди которых карбонатные пачки и прослои маломощны, а в юрских, неогеновых и нижнемеловых отложениях вообще отсутствуют. По данным ЦНИИгеолнеруда [4], интерес для поисков и оценки карбонатного сырья представляют лишь пермские отложения, но и в них в приповерхностной зоне карбонатных пород мало.

Карбонатное сырье на территории 43 районов Татарстана размещено неравномерно. Наибольшее количество месторождений, включая мелкие, в Альметьевском (24 39), Высокогорском (29) и Лениногорском (30 42) районах. Нет месторождений карбонатных пород в Западном Закамье (Аксубаевский, Алексеевский, Алькеевский, Октябрьский районы) и на востоке республики (Актанышский, Мензелинский районы).

Обобщенный анализ состояния минерально-сырьевой базы РТ показал, что всего в республике насчитывается 340 месторождений карбонатных пород, 66 из которых учитываются балансами строительного и пильного камня, сырья для производства извести, магнезиальных вяжущих и известняковой муки (в том числе 7 объектов проходят по двум балансам). Запасы категорий А+В+С₁ – 268103 тыс. м³ и по категории С₂ – 163115 тыс. м³ [5, 6]. В соответствии с данными, которые легли в основу «Концепции стратегии развития капитального строительства РТ до 2030 года» [7], на сегодняшний день РТ располагает следующими запасами карбонатного минерального сырья для производства: щебня – 178137,6 тыс. м³; пильного камня – 15039 тыс. м³; декоративно-отделочного камня – 823,5 тыс. м³; известковых вяжущих – 68532,5 тыс. т; магнезиальных вяжущих – 3647,5 тыс. т; мелиорантов – 101882,8 тыс. т.

Не определены запасы для производства огнеупорных материалов и гидравлических вяжущих.

Ниже приводится краткая характеристика выделенных промышленных подтипов месторождений карбонатных пород на основании анализа данных геологических фондов ЦНИИГеолнеруда и с учетом руководства по оценке месторождений различных типов [7].

Кальцит-доломитовый подтип

Месторождения кальцит-доломитового подтипа в РТ представлены доломитами и известковыми доломитами. Среднее содержание СаО в них около 30 %. Верхний предел этого содержания обычно не превышает 35 % и лишь на некоторых месторождениях достигает 40 %. Нижний предел содержания СаО обычен. Среднее содержание MgO – 20-21%, максимальное – 22,7 %. Содержание в доломитах других компонентов составляет (%): SiO₂ – 0,5-8,0; Al₂O₃ – 0,12-4,66; Fe₂O₃ – 0,11-2,53; SO₃ – до 0,5; CO₂ – 44-48; п.п.п. – 29-47; н.о. – 0-27. Содержание CaCO₃+MgCO₃ – 75,0-99,9 %. По данным минералого-петрографического анализа, доломит в основном белый, реже серый, хемогенный, мелкозернистый, мелкопористый.

Физико-механические свойства доломитов следующие: средняя плотность – 1,8-2,6 г/см³; водопоглощение – 1,7-16,4 %; истинная плотность – 2,3-2,8 г/см³; пористость – 9-28 %; прочность в сухом состоянии – 20-120 МПа; прочность в водонасыщенном состоянии – 5-50 МПа; морозостойкость пород – F15-F25; истираемость – I-III, IV-V.

Доломиты пригодны для получения строительного камня, известковых мелиорантов, магнезиальных вяжущих.

Доломит-кальцитовый подтип

Карбонатные породы доломит-кальцитового подтипа в РТ сложены большей частью известняками доломитовыми. Они характеризуются следующим составом (%): СаО – 20-48; MgO – 6-14; Al₂O₃+Fe₂O₃ – 0,4-10,0; SO₃ – до 2; н.о. – 0,9-24,0; п.п.п. – 29-44.

Физико-механические свойства пород: средняя плотность – 2,2-2,6 г/см³; истинная плотность – 2,7-2,8 г/см³; водопоглощение – 0,4-10,0; пористость – 2-27; прочность в сухом состоянии – 40-132 МПа; прочность в водонасыщенном состоянии – 20-124 МПа.

Основные направления использования пород месторождений доломит-кальцитового подтипа – производство щебня, бутового камня и известковых мелиорантов.

Кальцитовый подтип

В сравнении с другими подтипами, кальцитовый подтип объединяет наибольшее количество месторождений карбонатных пород РТ. Последние представлены в основном известняками доломитистыми.

Чистые известняки встречаются очень редко в виде маломощных слоев, имеющих ограниченное распространение по площади. Всего месторождений с относительно чистыми известняками более десяти. Средняя мощность продуктивных пластов в большинстве случаев около 0,4 м. Площадь их распространения 2-10 га. Запасы не превышают 100 тыс. м³.

Содержание СаО в известняках – до 54 %, минимальное содержание MgO – 0,14 %, других компонентов (%): Al₂O₃+Fe₂O – 0,18-1,15, иногда до 1,62; SO₃ – в большинстве случаев отсутствует, редко составляет 0,17-0,39; п.п.п. – 41,0-43,5; н.о. – 1,20-2,16, в отдельных случаях – до 4,40.

Содержание основных компонентов в доломитизированных известняках в месторождениях кальцитового подтипа следующее (%): СаО – 42-53; MgO – 0,2-6,0; Al₂O₃+Fe₂O₃ – 0,2-7,0; SO₃ – от полного отсутствия до следов, иногда – до 0,2-0,8; SiO₂ – до 10; н.о. – 0,2-15,0; п.п.п. 33-45.

Физико-механические параметры пород кальцитового подтипа следующие: средняя плотность – 2,2-2,5 г/см³; истинная плотность – 2,6-2,9 г/см³; водопоглощение – 3-6, пористость – 6-15; прочность в сухом состоянии – 20-70 МПа; прочность в водонасыщенном состоянии – 10-60 МПа; морозостойкость – от F15 до F50.

Известняки месторождений кальцитового подтипа пригодны для производства воздушной кальциевой и маломagneзиальной извести, цемента, высокосортных известковых мелиорантов, строительного щебня.

Анализ использования карбонатного сырья месторождений Татарстана вышеприведенных подтипов показал, что в республике вообще не добывается сырье для производства следующих материалов: облицовочного камня, доломитовой извести и доломитового цемента, гидравлических вяжущих (портландцемента, гидравлической извести, романцемента), огнеупоров и ряда других материалов, не рассматриваемых в данной работе.

В Татарстане практически отсутствует производство воздушных вяжущих веществ на основе местного карбонатного сырья. Ни кальциевая, ни доломитовая извести из местного сырья не производятся. Не производятся также и магнезиальные вяжущие. Это связано с рядом причин, одной из которых является непостоянство химического состава карбонатных пород.

Как следует из вышеизложенного, чистых известняков в Татарстане очень мало. Известно лишь несколько месторождений достаточно чистых известняков, например: Салтыковское (CaCO_3 – 80-90 %, MgCO_3 – 1.25-4.6 %), Камаевское Менделеевского р-на (CaO – 47,73 %; MgO – 0,86 %, SiO_2 – 9,19 %), Максимковское (CaCO_3 – 79.17-92.79 %), MgCO_3 – 0.67-2.57 %, Шугуровское (CaO – 45,2; MgO – 8,53, при $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$ – 97,5-99,4 %). Преимущественно известняки доломитизированы. Степень доломитизации даже в пределах одного месторождения различна, от доломитистых известняков (MgO не менее 1,1 %) – до доломитов известковистых (MgO до 20,6 %) и даже чистых доломитов (MgO до 21,5 %).

Мало в Татарстане и месторождений чистых доломитов. По данным ЦНИИгеолнеруда, как месторождение доломитов можно выделить лишь Пелевское (CaCO_3 – 26,65-76,97 %, MgCO_3 – 8,15-44,92 %). Близки по составу к породам Пелевского месторождения породы Бимского и Державинского месторождений.

Общий анализ состава карбонатных пород показывает, что в различных составах количество оксида магния может изменяться от уровня примеси до уровня основного компонента. Это особенно важно учитывать при использовании обжиговых технологий для производства строительных материалов. Например, при производстве вяжущих режим обжига, настраиваемый обычно на максимальный выход основного компонента, приводит либо к пережогу MgO , либо к недостаточному выходу MgO или CaO , или того и другого и способствует образованию при обжиге сырья минералов с разной гидратационно-временной способностью.

Это также важно при использовании карбонатных пород для получения заполнителей для бетонов и дорожного щебня. Как показал проведенный нами анализ сырья 144 месторождений карбонатных пород РТ, а также проб отдельных месторождений, степень доломитизации, при прочих равных условиях, влияет на их прочность, причем с явной тенденцией к повышению (рис.).

На примере нескольких месторождений РТ (Матюшинское, Бутыркинское, Куркачинское, Максимковское и др.) нами показана и доказана возможность использовать местное карбонатное сырье с различным соотношением между CaO и MgO , с учетом его химического, минералогического составов и физико-механических показателей, для производства целого ряда строительных материалов.

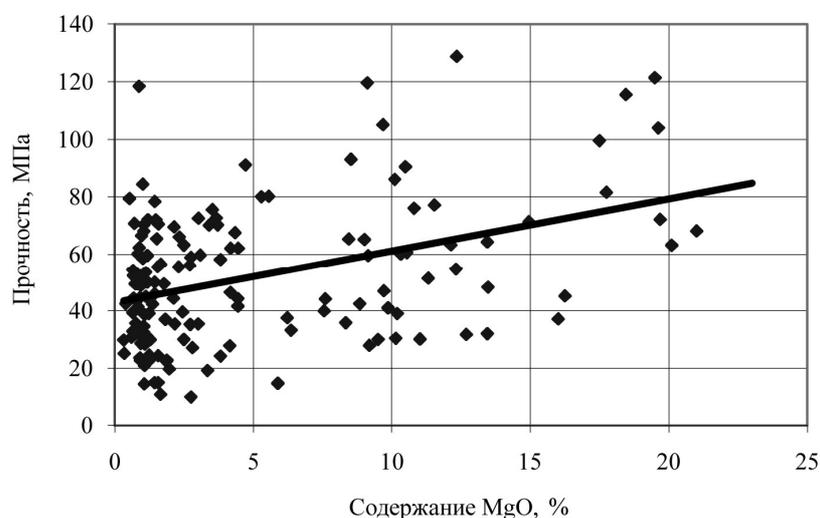


Рис. Влияние степени доломитизации карбонатных пород РТ на их прочность

Вязущие и материалы на их основе

В зависимости от минералогического и химического составов карбонатного сырья РТ из него можно получать [8] доломитовую и магнезиальную известь и доломитовый цемент, лишь незначительно изменяя параметры обжига.

Доломитовая известь

Оптимизация температурного режима обжига карбонатных пород с целью снижения температуры обжига производилась по величине суммарного эффекта по степени разложения сырья, по количеству $MgO+CaO$ и активности образовавшейся MgO . Максимальный суммарный эффект соответствует температуре обжига $850-900^{\circ}C$ и составляет 1,5 условных единиц.

При обжиге доломитизированных известняков и доломитов по оптимизированному режиму нами получена известь первого сорта по ГОСТ 9179-77 «Известь строительная. Технические условия».

Доломитовый цемент

По общепринятым представлениям, для получения доломитового цемента рекомендуется использовать сырье с содержанием MgO не менее 19 %.

Нами [8] показана возможность расширить интервал пригодности сырья и использовать для получения доломитового цемента не только чистые доломиты, но и известковые доломиты с содержанием MgO от 16 %.

С целью оптимизации технологических параметров использован метод планирования эксперимента (РЦКП). Анализ полученных уравнений регрессии показал возможность получать из карбонатного сырья доломитовый цемент прочностью 80-100 МПа и водостойкостью 0,8.

Бесклинкерные гидравлические вязущие

Основными представителями бесклинкерных гидравлических вязущих являются гидравлическая известь и романцемент. По общепринятым представлениям, для гидравлической извести и романцемента рекомендуется использовать сырье с содержанием $MgCO_3$ не более 8 % (ОСТ 21-27-76).

Нами [8] показана возможность расширить интервал пригодности сырья и использовать для получения гидравлической извести и романцемента не только чистые известняки, но и известковистые доломиты с содержанием MgO до 20 %.

При коэффициенте насыщения $\geq 1,3$ получена сильно гидравлическая известь с прочностью не менее 11 МПа.

При получении романцемента использовались сырьевые смеси с коэффициентом насыщения 0,65-1,3. Получен романцемент с прочностью не менее 15 МПа.

Для повышения прочности и водостойкости магнезиальных вязущих использовались природные силикатные добавки месторождений РТ (цеолитсодержащие породы) и шлаки Челябинского металлургического комбината. Введение до 5 % цеолитсодержащей добавки в доломитовый цемент повысило его прочность до 90 МПа и водостойкость – до 0,86. Введение до 5 % цеолитсодержащей добавки в доломитовую известь позволило получить силикатный кирпич марки 200 без последствий запоздалой гидратации MgO .

Введение искусственных добавок в виде молотых шлаков ЧМК в гидравлическую известь и романцемент позволило значительно повысить прочность вязущих, на 66 % – у романцемента и на 80 % – у гидравлической извести.

Используя обжиговое оборудование керамзитового завода, были выпущены опытно-промышленные партии доломитового цемента и доломитовой извести. На основе доломитовой извести на Казанском заводе силикатных стеновых материалов выпущена опытно-промышленная партия силикатного кирпича марки 200, удовлетворяющего ГОСТ 379-95.

На основе доломитового цемента получены древесно-магнезиальные композиции, наливные полы, пенодоломит, сухие строительные смеси, не уступающие по своим свойствам современным аналогам.

Модифицированные гидравлическая известь и романцемент использовались для изготовления низкомарочных растворов и бетонов, а также сухих строительных смесей. Перспектива их использования, по сравнению с разбавляемыми цементами, бесспорна.

Доломитовые огнеупоры

Впервые [9] карбонатное сырье РТ было использовано для получения огнеупорных материалов. Нами выявлены основные структурные типы доломитов РТ и установлено их влияние на показатели спекаемости. Определены основные требования к доломитовому сырью и установлены оптимальные

составы доломитовых водоустойчивых огнеупоров. Содержание оксидов, обеспечивающее высокую огнеупорность и оптимальные свойства, должно находиться в следующих пределах: MgO 28,45-33,5 %; CaO 42,9-48,15 %; SiO₂ 14,8-19,4 %; Al₂O₃ 1,19-6,9 %; Fe₂O₃ 1,5-2,67 %.

Из сырья Матюшинского месторождения получен доломитовый водостойкий огнеупор с теоретической огнеупорностью – 1780 °С, реальной – не менее 1600 °С, прочностью при сжатии – не менее 65 МПа, плотностью – 2,7 г/см³.

Рентгенографический анализ показал, что состав доломитового огнеупора представлен MgO (периклазом – 30 %), 3CaOSiO₂ (трехкальциевым силикатом – 45 %), 2CaOSiO₂ (двухкальциевым силикатом – 20 %). Остальное приходится на алюминаты, алюмоферриты и фосфаты. Выдержка образцов доломитового огнеупора на воздухе в течение двух лет не выявила видимых процессов распада материала.

Заполнители

Разрабатываемые месторождения Татарстана сложены породами прочностью от 40 до 100 МПа. Выпускается щебень марок 300-600. Нами [8] на примере семи месторождений карбонатных пород показана возможность обогащения пород путем избирательного дробления по трехстадийной схеме и получения карбонатного щебня марок 800 и выше, который в бетоне не уступает щебню из изверженных горных пород тех же марок.

При использовании циклично-поточной схемы трехстадийного дробления в щековых и конусных дробилках отходы дробления по фракционному составу практически соответствуют зерновому составу песка по ГОСТ 8736-93. В среднем соотношение щебня, песка и муки при переработке 1 м³ породы составляет 4:2:1.

Результаты испытания карбонатного щебня и песка показали возможность их совместного использования для бетонов марок 350 и выше.

Более высокую марку можно получить, используя комбинацию крупной фракции обогащенного по прочности щебня и мелкой фракции необогащенного щебня или гравия. Причем отношение граничных размеров мелкой и крупной фракций должно быть не более 0,225. Это обеспечивает размещение мелкой и менее прочной фракции щебня в пустотах крупной фракции и практически нивелирует влияние мелкой фракции на прочность бетона.

Используя обогащенный по прочности карбонатный щебень и песок из отходов от дробления, можно получать бетоны марок выше 450. Очевидно, используя цементы марок 500 и 600 на обогащенных по прочности карбонатных заполнителях, можно получать бетоны марок 500 и выше. Прочностные ресурсы щебня это позволяют. Отходы в виде муки при такой переработке карбонатных пород могут быть использованы в качестве сырья для производства вяжущих и огнеупоров, а также известкования почв.

Заключение

Разработка и применение ресурсо- и энергосберегающих технологических процессов при производстве строительных материалов возможны лишь на базе использования местного минерального сырья, основанного на: избирательном подходе к сырью; расширении интервала пригодности сырья, например путем изменения ОСТ на карбонатное сырье; использовании многоуровневых технологических процессов для повышения безотходности; снижении энергозатрат на производство (снижение температуры обжига или термообработки, длительности технологических процессов и т.д.); использовании добавок для расширения интервала функциональных свойств; оптимизации свойств и расширении номенклатуры выпускаемой продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коляда С.В. Перспектива развития производства строительных материалов в России до 2020 г. // Материалы IV Всероссийского семинара с международным участием «Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий». – М.: Алвиан, 2008. – С. 7-15.
2. Рахимов Р.З., Магдеев У.Х., Ярмаковский В.Н. Экология, научные достижения и инновации в производстве строительных материалов на основе и с применением техногенного сырья // Строительные материалы, 2009, № 12. – С. 2-5.
3. Васянов Г.П., Шишкин А.В. Составление кадастра карьеров по разработке твердых полезных ископаемых на территории Татарстана и создание банка данных на ПЭВМ. – Казань: ЦНИИгеолнеруд, 1994. – С. 46.

4. Шишкин А.В., Шевелев А.И. Возможности получения магниезиальных вяжущих из доломитов РТ // В кн.: Проблемы геологии твердых полезных ископаемых. – Казань, 1997. – С. 106-107.
5. Шаргородский И.Е., Тарасов Е.А., Бареев И.А. Обобщение и предварительный анализ материалов кадастра месторождений нерудных полезных ископаемых РТ // В кн.: Проблемы геологии твердых полезных ископаемых. – Казань, 1997. – С. 81-86.
6. Методическое руководство по поискам, оценке и разведке твердых нерудных полезных ископаемых Республики Татарстан. Часть 1. – Казань: Из-во КГУ, 1999. – 256 с.
7. Перспективы развития инвестиционно-строительного комплекса Республики Татарстан. – Казань: Центр инвестиционных технологий, 2008. – 376 с.
8. Рахимов Р.З., Шелихов Н.С. Комплексное использование карбонатного сырья для производства строительных материалов // Строительные материалы, 2006, № 9. – С. 42-44.
9. Шелихов Н.С., Рахимов Р.З. Магнезиально-известковые огнеупоры из минерального сырья Татарстана // Огнеупоры и техническая керамика, 2008, № 7. – С. 41-44.

УДК 691.33

Юдина Л.В. – кандидат технических наук, профессор

Турчин В.В. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: gism@istu.ru

Ижевский государственный технический университет

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ КОНТАКТНОГО ТВЕРДЕНИЯ НА ОСНОВЕ ШЛАКОВ, ЗОЛ И ГРУНТОВ

АННОТАЦИЯ

Приводятся результаты исследований композиций строительного назначения, основанных на принципе «контактного твердения», способных образовывать прочный, водостойкий камень в момент сближения частиц при уплотнении. Рассматриваются шлакощелочные вяжущие и бетоны на сталеплавильных шлаках, шлаках и золах ТЭЦ, активированные золошлаковые смеси для дорожного строительства, а также грунты, стабилизированные органическими добавками. Результаты исследований подтверждены как лабораторными испытаниями, так и практикой строительства в Удмуртской Республике.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: «контактное твердение», шлакощелочные вяжущие (ШЩВ) и бетоны (ШЩБ), гидравлические вяжущие, шлаки, золы, прессование, оптимальная влажность, дорожная одежда, грунты, стабилизация, СОИЛ-2000, прессование.

Yudina L.V. – candidate of technical sciences, professor

Turchin V.V. – candidate of technical sciences, associate professor

Izhevsk State Technical University

CONTACT SETTING CONSTRUCTION MATERIALS BASED ON SLAGS, ASHES, AND SOILS

ABSTRACT

The investigation results of compositions of constructing purposes based on the principium «contact setting», prone for creating a solid and waterproof stone at the moment of rapprochement of particles when contracting are shown. The following components were also examined: slag-caustic bonding substance and concretes on steelmaking slags, and ashes TATS, activated ash-slag mixtures for road construction, as well as soils stabilized with organic admixtures. The investigation results are both proved by laboratory investigations and real construction works in the Udmurt Republic.

KEYWORDS: «contact setting», slag-caustic bonding substances (SSBS) and concretes (SSC), hydraulic bonding substances, slags, ashes, pressing, optimal humidity level, road coating, soils, stabilization, SOIL-2000, pressing.

Введение

Принцип «контактного твердения» основан на способности дисперсных силикатных и алюмосиликатных веществ, находящихся в аморфном состоянии, образовывать прочный водостойкий материал в момент сближения частиц при уплотнении. «Эффект упорядочения структуры минеральных веществ», открытый в 50-е годы XX столетия, обуславливает получение искусственного камня в момент уплотнения при формировании конструкций, что принципиально отличает вяжущие и бетоны контактного твердения от вяжущих и бетонов гидратационного твердения. При этом образующиеся структурные связи хорошо противостоят диспергирующему действию воды [1, 2].

Наиболее характерным представителем этой группы являются шлакощелочные вяжущие (ШЩВ) и бетоны (ШЩБ). Приоритет в создании, разработке и внедрении ШЩВ, бетонов, изделий и конструкций принадлежит научной школе профессора В.Д. Глуховского. С 1957 года в Киевском инженерно-строительном институте ведутся исследования по разработке научных основ и методов направленного твердофазового синтеза щелочных и щелочноземельных веществ, по составу и

структуре моделирующих пороодообразующие минералы земной коры, для получения на их основе различных строительных материалов [3].

В настоящих исследованиях ШЩВ представлены композиции, на которые можно распространить принцип контактного твердения – это, прежде всего, минеральные материалы, получаемые методом прессования при оптимальной влажности, а также грунты, стабилизированные минеральными вяжущими и химическими добавками. Исследования проведены в разные годы в ИжГТУ на композициях строительного назначения с использованием попутных продуктов промышленных предприятий УР [1, 6].

1. Шлакощелочные вяжущие и бетоны на сталеплавильных шлаках

Шлакощелочные вяжущие (ШЩВ) – это гидравлические вяжущие, получаемые затворением молотых металлургических шлаков растворами соединений щелочных металлов. В производстве шлакощелочных вяжущих и бетонов наибольшее применение нашли доменные шлаки. В ИжГТУ разработаны ШЩВ на сталеплавильных шлаках ПО «Ижсталь» [4]. Трудности использования сталеплавильных шлаков состоят в значительных колебаниях химического состава от ультракислых до ультраосновных. Воздушное охлаждение ведет к практически полной их кристаллизации и, как следствие, весьма незначительным вяжущим свойствам. Для повышения гидравлической активности производственная смесь шлаков, прошедшая двухстадийную переработку (магния сепарация + дробление), подвергалась помолу до удельной поверхности $S_{уд} = 3000...5000 \text{ см}^2/\text{г}$. В качестве щелочного компонента использовалось растворимое натриевое стекло (в виде отходов промышленного производства). Вводились также корректирующие добавки: золы и шлаки ТЭЦ, шламы гальванического производства, отсеы дробления шлаков.

Образцы, отпрессованные под давлением 20...40 МПа из пресс-порошка оптимальной влажности, очень быстро набирали прочность. Прессование способствовало увеличению активности вяжущего за счет повышения степени сближения дисперсных частиц и действия поверхностных сил притяжения. Динамическое прессование под нагрузкой 230 МПа способствовало повышению прочности в 2...2,3 раза. Для сравнения наряду с методом прессования исследовались образцы, изготовленные по литьевой технологии.

Для составов: шлак 100 % + ж.с. 15 % (при плотности жидкого стекла $\rho = 1,3 \text{ г/см}^3$) прочность при сжатии в возрасте 7 суток ($R_{сж}$) составила, МПа:

- для образцов, отпрессованных под нагрузкой 20 МПа.....7,2
- для образцов, отпрессованных под нагрузкой 40 МПа.....9,2
- для образцов, полученных динамическим прессованием под нагрузкой 230 МПа.....21,1
- для образцов, полученных по литьевой технологии.....2,3

Таким образом, исследование ШЩВ на основе сталеплавильных шлаков показало существенное влияние на их прочность способа уплотнения композиций. Метод прессования дает более высокие показатели физико-механических свойств, чем способ литья. Это подтверждает проведенные ранее исследования. В результате прессования цементация вяжущего осуществляется мгновенно, сопровождается появлением достаточно прочных водостойких связей между его частицами, возникающих в результате действия поверхностных сил притяжения за счет повышения степени сближения дисперсных частиц. Это и обеспечивает высокое качество синтезируемого искусственного камня. Электронно-микроскопические исследования показали высокое сцепление между частицами шлака и новообразованиями в виде круглых и игольчатых кристаллов, прорастающих в поры материала, что, несомненно, способствует повышению плотности и прочности композиции.

На основе проведенных исследований разработана технология получения шлакощелочного кирпича контактно-конденсационным способом. В основу технологии ШЩ – кирпича положена традиционная технология производства силикатного кирпича с заменой в технологической линии отделения помола извести отделением помола шлака и введением емкости для жидкого стекла. Предусмотрена обработка изделий в пропарочных камерах. Выпущена опытная партия ШЩ-кирпичей. Кирпич рекомендован для строительства малоэтажных неотапливаемых зданий. Позднее в составе технологического цикла на ТЭЦ-2 г. Ижевска был построен цех для производства ШЩ – кирпича на основе золы уноса.

2. Золоминеральные смеси для оснований дорожных одежд

На основе принципа «контактного твердения» в ИжГТУ разработаны минеральные золошлаковые композиции для оснований дорожных одежд автомобильных дорог [1]. В качестве компонентов использовались следующие материалы: природная песчано-гравийная смесь, золошлаковая смесь гидроудаления ТЭЦ кислого состава, активаторы – воздушная негашеная известь и портландцемент. В соответствии с планом эксперимента в лаборатории готовились смеси оптимальной влажности, из которых прессовались образцы – цилиндры ($H = D = 71,4$ мм, $H = D = 101$ мм) под давлением 20 МПа. Оптимальную влажность устанавливали подбором с помощью прибора для стандартного уплотнения СоюздорНИИ. Образцы сразу после изготовления имели хороший внешний вид, не имели трещин, выкрашиваний и других видов деформаций. Прочность в возрасте 7 сут. в среднем составила 60-70 % от R28. Во всех составах наблюдается неуклонный рост прочности с течением времени (рис. 1), причем форма кривых дает основание предположить, что прочность будет возрастать; в возрасте 360 сут. она достигала двух-четырёхкратной прочности R28.

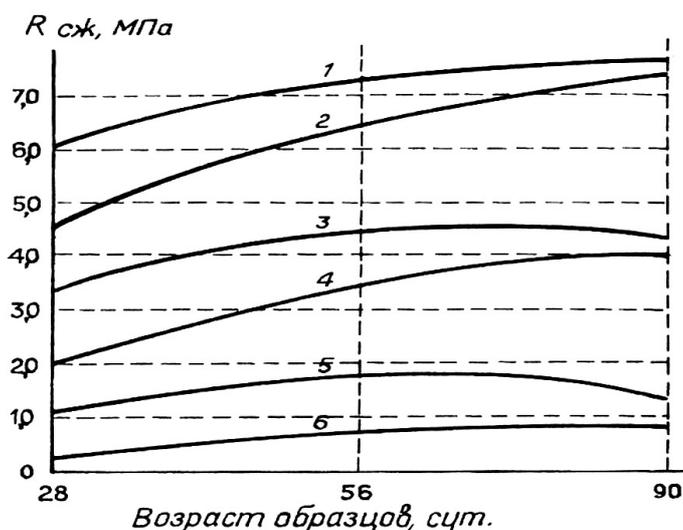


Рис. 1. Изменение прочности во времени золоцементных образцов, содержащих: 20 % золы и цемента 5 (1), 3 (3), 1 (5), %; 30 % золы и цемента 5 (2), 3 (4), 1 (6), %.

Наибольший прирост прочности наблюдался после 90 сут. твердения, что подтверждает пуццолановый эффект материалов на основе золы. Получены активированные золошлаковые смеси с гравием марок 20, 40, 50, 60, рекомендуемые для оснований дорожных одежд 3, 4, 5 категорий. Микроскопический анализ показал (рис. 2), что новообразования в золоминеральных композициях носят гелевый и слабозакристаллизованный характер. Но при этом отмечается плотный контакт на границах «вяжущее – песок», «вяжущее – гравий» (рис. 3).

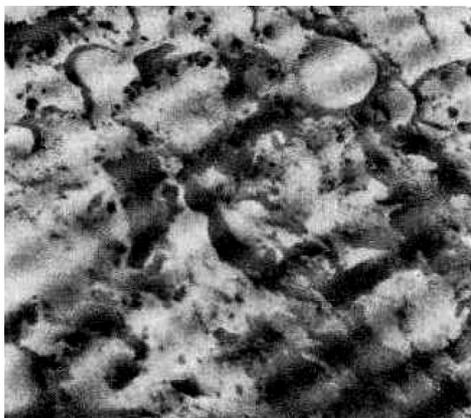


Рис. 2. Микроструктура золоцементного образца, общий вид $\times 600$

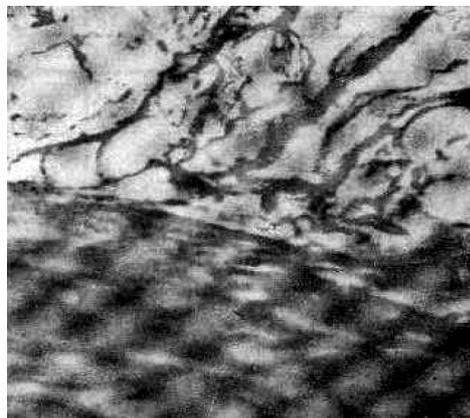


Рис. 3. Микроструктура золоцементного образца: (а) – контактная зона «вяжущее – песок» $\times 3000$; (б) – контактная зона «вяжущее – гравий» $\times 120$

Наблюдения за строительством опытных участков дорог показали важную роль уплотнения смеси при оптимальной влажности в получении качественного основания, особенно в начальные сроки твердения. Уже на следующий день формируется плотное прочное основание, а через 3 дня можно укладывать асфальтобетонное покрытие. Для определения деформативных характеристик дорожной одежды в натуральных условиях на опытных участках были проведены штамповые испытания. Модуль упругости дорожной одежды на участках с избыточным увлажнением при укладке смеси на 14 % ниже, чем на участках с укладкой смеси при оптимальной влажности, что свидетельствует о различном характере твердения укрепленных гравийно-песчаных смесей. По данной технологии в Удмуртии построено несколько участков дорог, показывающих хорошие эксплуатационные характеристики оснований из золоминеральных смесей. Модуль упругости новой конструкции дорожной одежды составил 440...510 МПа. Мониторинг состояния опытных участков в течение 20 лет показал отсутствие каких-либо деформаций, разрушений, связанных с работой основания. Проведено испытание образцов в возрасте 20 лет: наблюдается неуклонный рост прочности в возрасте 28, 56, 90, 360 суток; в последующие годы прочность стабильная, не наблюдается её снижения. По данным микроскопического анализа, образцы имеют более плотную однородную структуру, свидетельствующую об отсутствии деструктивных процессов, упорядочении структуры с течением времени, что гарантирует высокие эксплуатационные качества исследуемого материала.

3. Укрепление грунтов органическими стабилизаторами

Важной особенностью глинистых грунтов (супесей, суглинков и в особенности глин) является то, что при увлажнении они образуют систему, для которой характерны такие явления, как коагуляция, адсорбция, ионный обмен. С ростом дисперсности резко возрастает гидрофильность. В увлажненном состоянии грунт представляет собой дисперсную систему, в которой минеральные частицы являются дисперсной фазой, а растворы и вода – дисперсной средой. Всякая дисперсная система обладает поверхностной энергией. Поверхностная энергия грунтов, обусловленная, главным образом, удельной поверхностью его зерен, является источником энергии для процессов, протекающих в грунтах. Это играет большое значение в структурообразовании укрепленных грунтов. Чем больше удельная поверхность зерен ($S_{уд}$), тем больше их поверхностная энергия, тем выше их поверхностная энергия, тем выше их адсорбция, т.к. молекулы, лежащие в поверхностном слое, способны притягивать из окружающей среды и удерживать молекулы коллоидных частиц и других веществ. Коллоидные частицы несут в себе электрический заряд, который возникает в результате электрической среды, образующейся в природе за счет растворения и распада некоторых веществ на ионы.

Большинство грунтовых частиц в естественном состоянии заряжены отрицательно (анионы). Анионы окружены катионами, образуя двойной электрический слой. Чем больше заряд частиц, тем устойчивее коллоидная система. Потеря заряда (нейтрализация) ведет к разрушению системы (коагуляции).

Грунты обладают ярко выраженной поглотительной способностью. Особенно важна обменная (физико-химическая) поглотительная способность, в результате которой грунт резко меняет свои химические, физические и механические свойства. Это явление наблюдается при химическом укреплении грунтов. Если в грунтах имеются катионы щелочных металлов (Na^+ , K^+), то при избытке влажности растворы приобретают щелочную реакцию, а отрицательно заряженные коллоиды стабилизируются в состоянии золя, делаются более устойчивыми. В грунтах, насыщенных двухвалентными катионами (Ca^{++} , Mg^{++}), коллоиды коагулируют, образуя прочную, водостойкую микроструктуру. При химическом укреплении грунтов образуется коагуляционная структура различной прочности [5].

Исследование укрепленных грунтов концентратом СОИЛ-2000 – органической жидкостью малой концентрации – слабокислой реакции проводилось на супесчаных и суглинистых грунтах УР. Концентрат вводился в грунт вместе с водой затворения, количество которой соответствовало оптимальной влажности. Из полученных смесей методом прессования изготавливались образцы – цилиндры $D = H = 50$ мм. Повышение концентрации СОИЛ-2000 способствовало снижению высоты капиллярного подъема воды с 5 до 3 мм. Микроскопические исследования (рис. 4 а, б) показали образование плотной, однородной структуры.

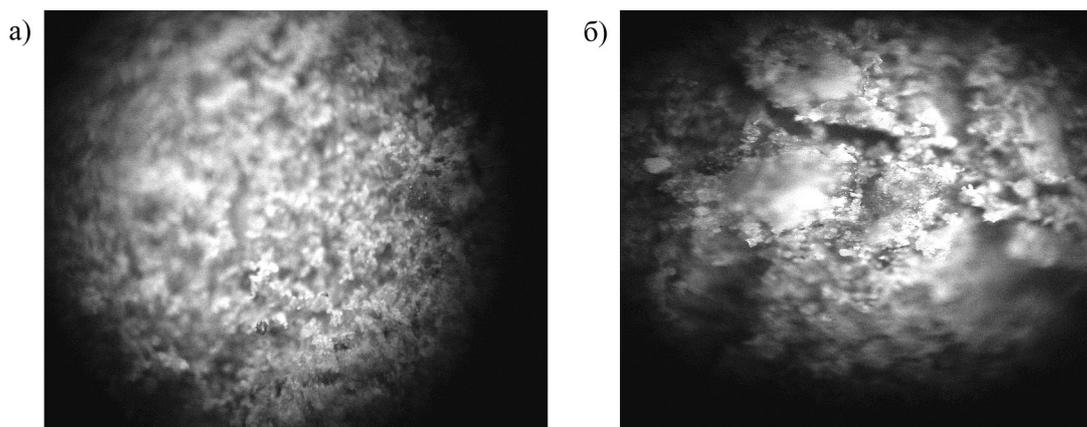


Рис. 4. Микроструктура грунтов, стабилизированных концентратом СОИЛ-2000:
(а) – суглинка, (б) – супеси

По данным ИК – спектраскограммы, наличие ионов OH , Cl в СОИЛ-2000 способствует ионному обмену с грунтами. И, как результат, адсорбция и глубокое проникновение концентрата в структуру грунта. Соблюдение принципа уплотнения при оптимальной влажности, обеспечивающей максимальную плотность, обуславливает повышение несущей способности грунта, его водостойкости, что особенно важно при строительстве автомобильных дорог, зданий, сооружений в сложных грунтово-гидрологических условиях.

Таким образом, исследования композиций, объединённых принципом формирования структуры «контактного твердения», способствуют созданию новых технологий в промышленном, гражданском, дорожном строительстве, обеспечивающих высокую плотность, прочность, водостойкость композиций, особенно в начальные сроки твердения. Все это способствует повышению эксплуатационных показателей материалов и конструкций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Юдина Л.В., Юдин А.В. *Металлургические и топливные шлаки в строительстве*. – Ижевск: Удмуртия. – М.: АСВ, 1995. – 160 с.
2. *Щелочные и щелочно-земельные гидравлические вяжущие и бетоны* / Под ред. Глуховского В.Д. – Киев: Высшая школа, 1979. – 232 с.
3. Глуховский В.Д. и др. *Шлакощелочные цементы и бетоны*. – Киев: Будивельник, 1978. – 200 с.
4. Юдина Л.В., Турчин В.В. *Исследование возможности применения мартеновских шлаков в шлакощелочных композициях. (Доклад) / Труды шестой Национальной конференции*. – София, 1991. – С. 350-353.
5. Юдина Л.В., Орбан Е. *Физико-химические основы укрепления грунтов органическими стабилизаторами / Труды международной конференции*. – Ижевск, 2007. – С. 222-227.
6. Юдина Л.В. *Композиционные строительные материалы контактного твердения / Труды международной научно-технической конференции «Стройкомплекс-2008»*. – Ижевск, 2008.

УДК 692.1, 692.2

Галиев И.Х. – аспирант

E-mail: galiev-ih@rambler.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

ОПТИМИЗАЦИЯ ПОДХОДОВ К ПРОИЗВОДСТВУ СТРОИТЕЛЬНЫХ И РЕСТАВРАЦИОННЫХ РАБОТ ПО СОХРАНЕНИЮ ИСТОРИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

АННОТАЦИЯ

Проведено исследование состояния исторических зданий на примере города Москвы и Казани, приведены причины их исчезновения. Предложен комплексный подход к решению данного вопроса. Как вариант рассматривается возможность переноса зданий применительно к городу Казани либо пересадка зданий на новые основания в случае невозможности сохранения геологической среды.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: реставрация зданий, перенос зданий, вывешивание зданий.

Galiev I.Kh. – post-graduate student

Kazan State University of Architecture and Engineering

OPTIMIZATION OF APPROACHES TO PRODUCTION BUILDING AND RESTORATION WORKS ON PRESERVATION OF HISTORICAL OBJECTS

ABSTRACT

Research of a condition of historical buildings on an example of a city of Moscow and Kazan is carried out, are resulted the reasons of their disappearance. The complex approach to the decision of the given problem is offered. As the variant it is considered possibility of carrying over of buildings with reference to a city of Kazan or change of buildings on the new bases in case of impossibility of preservation of their geological environment.

KEYWORDS: restoration of buildings, carrying over of buildings, posting of buildings.

В условиях быстрого роста крупнейших городов России, развития их инфраструктуры, стремительной активизации коммерческой деятельности исторические здания и сооружения, расположенные в центральной части большинства городов в России и за рубежом, заслуживают особого внимания. Сокращение свободного пространства городской территории заставляет пересматривать ценность существующих зданий и сооружений, в то время как среди них встречаются интересные и важные с исторической точки зрения объекты. Зачастую в отношении подобных зданий заинтересованные органы затягивают сроки присвоения статуса исторического памятника подобным зданиям, длительное время они находятся в статусе «заявленных», ограничивается общий доступ к юридическим документам, после чего часто происходит процесс снятия статуса памятника, снос данных объектов и, как правило, новое строительство элитного жилья либо современных офисных центров на данной территории. Например, по словам М. Гельмана [1], по состоянию на апрель 2010 года «в зоны реорганизации Генплана Москвы, попадают полторы тысячи вновь выявленных памятников архитектуры и 250 стоящих на охране».

Снос и уничтожение исторических зданий с целью застройки их территории новыми объектами, так называемая «руинизация», привлекает огромное количество заказчиков и инвесторов, и зачастую происходит невосполнимая утрата важных и ценных культурно-исторических памятников.

Исчезновение ценных объектов объясняется тем, что эта операция требует относительно небольших финансовых и трудовых затрат и окупается, в данном случае, с минимальной долей риска за короткое время. В свою очередь, сохранение исторически ценных объектов, их реставрация и реконструкция связаны с пропорционально большими вложениями, которые, с экономической точки зрения, являются «долгими деньгами», окупающимися в течение длительного времени.

Что касается города Казани, то под угрозой находятся в основном строения, связанные с деятелями многонациональной культуры: поэтом Габдуллой Тукаем, композитором Салихом Сайдашевым, Федором Шаляпиным, Карлом Фуксом (рис. 1), Фатихом Амирханом, Каримом Тинчуриным и др., а также ряд зданий историко-культурной заповедной территории Старо-татарской

слободы, многие из которых уже уничтожены и разрушены [2]. Вот несколько примеров по утрате подобных объектов: здание бывшей редакции газеты “Аль-Ислах” по ул. Тукаевская, 63, где Г. Тукай выпускал газету, снесено в 1991 году; здание по ул. Тукаевская, 79, где родился и жил революционер Хусаин Ямашев, где бывал Г. Тукай – исключено из списка памятников и уничтожено в 2005 году; здание бывшего училища по ул. Петербургская, 58, где учился Ф. Шалапин, уничтожено в 2004 году; здание бывшей гостиницы «Булгар», снесено в 2008 году, и др. (рис. 2). На 2007 год, по данным Управления архитектуры и градостроительства Казани, в историческом центре города насчитывалось 552 объекта культурного наследия, среди которых 129 объектов федерального, 344 – республиканского, 79 – местного значения, а также около трех тысяч зданий рядовой исторической застройки.

Реставрация зданий и сооружений представляет собой весьма сложный комплекс строительных работ, направленных на восстановление надземных и подземных конструкций памятников.

Впервые методика сохранения и возрождения первоначального исторического вида зданий была утверждена на Всероссийской реставрационной конференции 12-18 апреля 1921 года в виде «Основных положений реставрации памятников архитектуры». Принципы, выдвинутые ее основоположником архитектором В.В. Суловым и творчески развитые П.П. Покрышкиным и К.К. Романовым, не утратили своего значения до настоящего времени. Главные из них – максимальное сохранение подлинности сооружения; обоснование дополнений, вносимых в процессе реставрации, на основе изучения исторических документов; осуществление всех видов реставрационных работ только с разрешения и под контролем государственных органов по охране памятников. Справедливость этих реставрационных постулатов была также подтверждена решениями Венецианской Хартии, принятой II Международным конгрессом архитекторов и технических специалистов в 1964 году [3].

Современные правила реставрации памятников, действующие на территории РФ, прописаны в таких нормативных документах, как СНиП 2.07.01-89* (2000) [4], Свод реставрационных правил СРП-2007 [5] и др. В соответствии с требованием [4], «в исторических городах следует обеспечивать всемерное сохранение их исторической планировочной структуры и архитектурного облика, предусматривать разработку и осуществление программ по комплексной реконструкции исторических зон, реставрации памятников истории и культуры».

Несмотря на многочисленные нормы, реальное состояние вопроса еще далеко от решения. Просматривая списки и фотографии разрушенных архитектурных памятников, вникая в их историю, невозможно оставаться равнодушным. Активность темпов строительства последних лет, как в городе Казани, так и в других исторических городах России, требует безотлагательного решения данного вопроса. Так как в условиях сокращения свободной городской территории привлекательность земли с внешне полуразрушенными объектами сильно возрастает.



Рис. 1. Дом Фукса стоит на перекрестке улиц Московской и Камала, ул. Московская, 58. Дом находится в таком состоянии с 1000-летия Казани. В этом доме в первой половине XIX века жил профессор Казанского университета Карл Фукс, 7 сентября 1833 года здесь был в гостях А.С. Пушкин

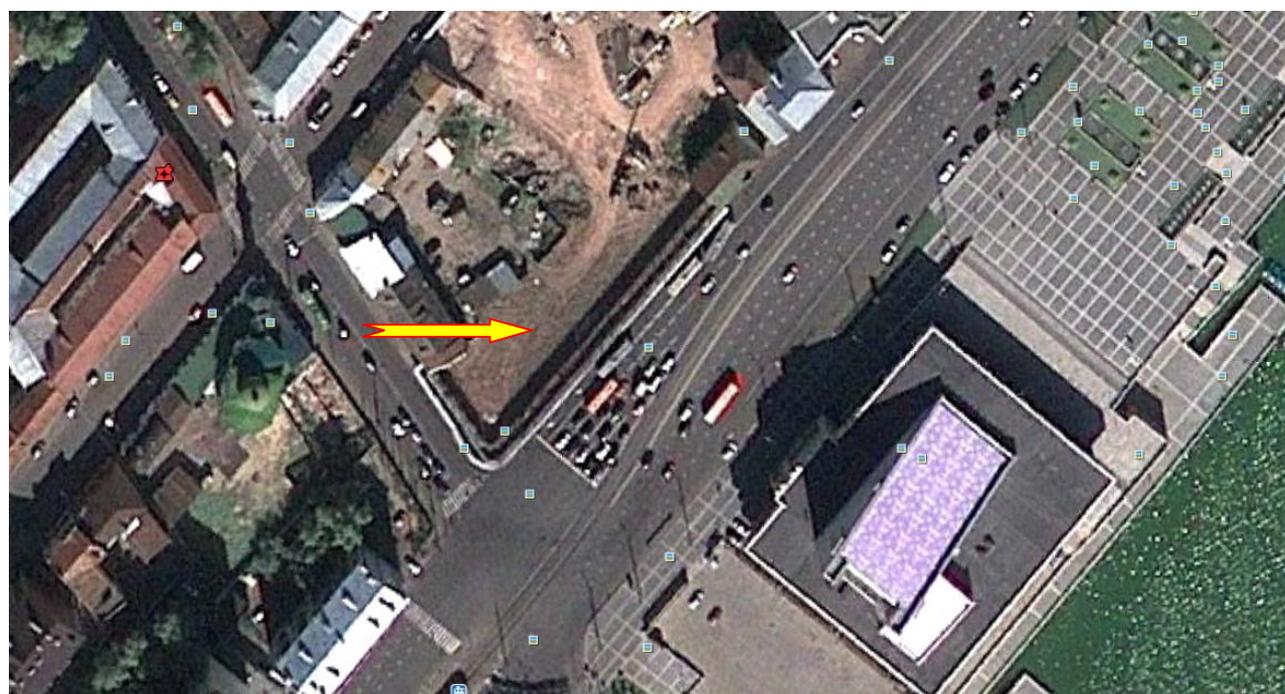


Рис. 2. Вид тыльной стороны «Номеров «Булгар» со двора здания лавок Юнусовского мусульманского детского приюта. Фотография вверху сделана в июне 2008 года – за два месяца до сноса исторического архитектурного памятника XIX века [11]. Сейчас от здания ничего не осталось

Для того, чтобы сохранить существующие объекты, минимизировать затраты на их восстановление и ускорить сроки производства строительных и реставрационных работ, необходимо разработать комплексный подход к изучению данного вопроса, состоящий из нескольких этапов:

1. На начальном этапе необходимо определиться с источниками финансирования, привлекая к работам ответственных инвесторов, которые будут гарантировать дальнейшую сохранность объекта и его эксплуатацию в соответствии с назначением.

2. Далее необходимо утвердить комиссию по изучению данного вопроса. Комиссия должна состоять из членов различных ведомств: историков, культурологов, архитекторов, археологов, геологов, обследователей, строителей и др.

Работа комиссии должна быть направлена на решение следующих вопросов:

- выявление существующих, сохранившихся исторических зданий, сооружений и их ансамблей; анализ состояния уже заявленных и выявленных объектов; районирование по расположению на карте города; обобщение конструктивных особенностей большинства зданий;

- выделение основных характерных особенностей климатических и геотехнических условий расположения исторического района города, определение агрессивных факторов, влияющих на сохранность наземных и подземных конструкций, разработка перспективной оценки развития среды, в которой расположены объекты.

3. На основе имеющегося опыта и анализа полученных данных необходимо выбрать оптимальные решения и разработать конструктивные мероприятия по восстановлению и усилению наземных и подземных конструкций.

Основной акцент при разработке решений необходимо сделать на усиление подземных конструкций реставрируемых зданий и укрепление их оснований, так как доступ к ним в условиях современной плотной городской застройки с течением времени будет еще более затруднен.

В настоящее время существует множество методов усиления фундаментов зданий, однако при реставрации зданий необходимо более тщательно подходить к этому вопросу, учитывая новейшие разработки в этой области. В мировой практике общеизвестны основные приемы усиления оснований и фундаментов: упрочнение конструктивной системы фундамента, увеличение прочности и уменьшение деформируемости грунтов основания и изменение условий передачи давления на грунт. Для получения наилучшего результата, обеспечения дополнительного запаса прочности на перспективу изменения геотехнических условий оснований здания необходимо в комплексе применять указанные приемы, в особенности мероприятия, направленные на передачу нагрузок от зданий на более глубокие слои грунта. Для этого, в первую очередь, необходимо обеспечить жесткость и неизменяемость надземных конструкций зданий, после чего приступать к подземным работам.

Интересным моментом на пути решения этого вопроса является опыт вывешивания или переноса зданий. Несмотря на то, что этот способ редко применяется в нашей стране, за рубежом он довольно широко используется, особенно в таких странах, как США. Существует немало фирм, специализирующихся в этом вопросе, таких как «Expert House Movers», «Wolfe» и др. (рис. 3).



Рис. 3. Перенос здания с применением платформы на колесном ходу, Бостон, США

Москва уже имеет подобный опыт. Так, в 1930-х годах при расширении центральных улиц города, когда многие здания просто сносили, некоторые из них было решено передвинуть. Самые известные из этих объектов: здание Моссовета (изначально дом генерал-губернатора постройки М.Ф. Казакова), подворье Саввинского монастыря, здание Глазной больницы.

Опыт, полученный при переносе зданий, можно спроецировать на сохранение исторических зданий как напрямую, так и косвенно. Другими словами, для того, чтобы сохранить то или иное здание, его можно перенести в более удобное место, либо данный опыт будет интересен при пересадке зданий на новые основания.

Итак, способов решения сложившейся ситуации достаточно. На сегодняшний день человечество уже имеет огромный опыт по восстановлению и сохранению важнейших исторических памятников. Необходимо лишь осознать сложившуюся проблему и приступить к решительным действиям.

Исходя из вышесказанного, на сегодняшний день проблема сохранения исторических зданий и сооружений во многих городах России, особенно в Казани, стоит очень остро. Для решения этого вопроса целесообразно концентрировать внимание на архитектурных ансамблях исторических городов в отдельности, учитывая климатические и геотехнические условия городской территории, конструктивные особенности основной массы зданий, их историко-культурную принадлежность и современные способы восстановления и усиления несущих и ограждающих конструкций. Для оптимизации расходов и удобства привлечения средств при разработке мероприятий необходимо стремиться к принятию универсальных решений, которые позволят использовать их на большинстве объектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Памятники, снесенные в Москве // Snob.ru. URL: <http://www.snob.ru/profile/blog/5167/16876> (дата обращения 21.09.10).
2. Открытое письмо о состоянии культурного наследия г. Казани // Звезда Поволжья [Электронный ресурс]. URL: <http://tatpolit.ru/category/zvezda/2006-11-22/68> (дата обращения 21.09.10).
3. Равикович Д.А. Охрана памятников истории и культуры в РСФСР. Труды НИИ музееведения. – М., 1970. – 36 с.
4. СНиП 2.07.01-89* (2000). Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. – М., 2000.
5. СРП-2007.1. Часть 1. Рекомендации о составе, порядке разработки, согласования и утверждения научно-проектной документации на выполнение производственных работ по сохранению объектов культурного наследия. – М., 2008.
6. Никифоров А.А. Реставрация начинается с фундамента. URL: <http://www.proektstroy.ru/publications/view/6147?bigid=31> (дата обращения 21.09.10).

УДК 625.731:624.138

Брехман А.И. – доктор технических наук, профессор

Вдовин Е.А. – кандидат технических наук, доцент

Мавлиев Л.Ф. – аспирант

E-mail: vdovin@kgasu.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

МОДИФИКАЦИЯ УКРЕПЛЕННЫХ ГРУНТОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ СЕЛЬСКИХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

АННОТАЦИЯ

Проведены исследования свойств укрепленных цементом суглинистых грунтов, модифицированных стабилизаторами «Nanostab» и «ANT». На основе анализа полученных результатов определены составы модифицированных укрепленных грунтов и разработаны конструкции сельских автомобильных дорог.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: полимерный стабилизатор «Nanostab», ионный стабилизатор «ANT», суглинистые грунты, прочность и морозостойкость укрепленных грунтов, конструкции сельских автомобильных дорог.

Brekhman A.I. – doctor of technical sciences, professor

Vdovin E.A. – candidate of technical sciences, associate professor

Mavliev L.F. – post-graduate student

Kazan State University of Architecture and Engineering

UPDATING OF STAKED PRIMING COATS AT BUILDING OF RURAL HIGHWAYS

ABSTRACT

Researches of properties of the loamy priming coats strengthened by cement modified by stabilizers «Nanostab» and «ANT» are conducted. On the basis of the analysis of the received results structures of the modified staked priming coats are defined and designs of rural highways are developed.

KEYWORDS: polymeric stabilizer «Nanostab», ionic stabilizer «ANT», loamy priming coats, durability and frost resistance of staked priming coats, designs of rural highways.

Одной из актуальных задач дорожно-транспортного комплекса Республики Татарстан и Российской Федерации является развитие сети автомобильных дорог, в том числе соединение сельских населенных пунктов с дорогами общего пользования [1].

Реализация Федеральной целевой программы «Развитие транспортной системы Российской Федерации (2010-2015 гг.)», проекта «Повышение эффективности предоставления социальных услуг в Республике Татарстан», национального проекта «Здоровье», Республиканской целевой программы «Дети Татарстана», национального проекта «Образование», Республиканской целевой программы «Развитие сельского хозяйства Республики Татарстан на 2008-2012 годы» во многом связаны с обеспечением доступности для населения сельской местности среднего и профессионального образования, необходимой медицинской помощи, а также повышением их эффективности [2].

В ряде регионов страны, в том числе в Республике Татарстан, отсутствуют запасы прочных каменных материалов. Себестоимость перевозок по грунтовым дорогам в 1,8-2,2 раза выше, чем по дорогам с твердым покрытием, и в 3-4 раза выше, чем с усовершенствованным. Замена природного щебня при строительстве автомобильных дорог региональной сети укрепленными грунтами – одно из перспективных направлений интенсификации и снижения стоимости дорожного строительства [3].

Сельские автомобильные дороги относятся к классу «дороги обычного типа» (нескоростная дорога), не отнесенные к классам «автомагистраль» и «скоростная дорога».

По технической классификации в соответствии со СНиП 2.05.02-85* это автомобильные дороги:

- IV технической категории (2 полосы движения, ширина полосы 3 м) и V технической категории (1 полоса движения, ширина полосы 4,5 м).
- имеющие единую проезжую часть;
- доступ на которые возможен через пересечения и примыкания в одном и разных уровнях, расположенных для дорог IV технической категории не чаще, чем через 100 м, V технической категории – 50 м друг от друга.

К наиболее распространенным грунтам на территории России и Республики Татарстан относятся глинистые грунты. Основным сдерживающим фактором широкого применения их в дорожном строительстве является резкое снижение физико-механических характеристик при увлажнении. Поэтому использование их в дорожных одеждах возможно только при укреплении вяжущими.

Обобщая многолетний отечественный и зарубежный практический опыт применения укрепленных грунтов, можно сделать вывод о том, что грунты, укрепленные одним вяжущим, характеризуются большим набором отрицательных свойств, значительно снижающих срок службы конструктивного слоя [4]:

- в случае укрепления грунтов органическими вяжущими образуемый материал обладает повышенной деформативностью, что ведет к колееобразованию и другим пластическим деформациям в слое при эксплуатации дороги.
- при укреплении грунта минеральным вяжущим получаемый материал, как правило, обладает высокой прочностью, технической жесткостью, что вызывает появление трещин температурно-усадочного характера в осенне-зимний период. К тому же для некоторых разновидностей грунтов (например, мелких песков), укрепленных цементом, очень сложно обеспечить требуемую морозостойкость;
- при укреплении грунтов синтетическими смолами образуемый материал обладает недостаточной водо- и морозостойкостью, чрезмерной хрупкостью.

Направленное изменение свойств местных грунтов возможно модифицированием их поверхностно-активными веществами специального действия – различными стабилизаторами и добавками. В производстве строительных материалов под модифицированием понимают видоизменение физико-химической структуры и свойств материала путем введения в его состав различных элементов или добавления к нему определенных веществ. При этом добавляемое вещество называют модификатором, введение которого в малых количествах в состав материала вызывает изменение структуры и свойств последнего [5].

Выпускаемые в настоящее время модификаторы не в полной мере отвечают целям дорожного строительства: многие из них токсичны и не соответствуют заявленным свойствам, большая их часть выпускается за рубежом и имеет достаточно высокую стоимость.

По данным С.Г. Фурсова, все стабилизаторы по составу и природе взаимодействия с грунтами объединены в два класса [4]:

1) ионные закрепители глинистых грунтов («Perma-Zyme», «LBS» – США, «ANT» – Россия, «Дорзин» – Украина, «Roadbond» – ЮАР, «Consolid» – Швейцария, «RRP-235-Special», «Kinpropano» – Германия, «Статус» – Россия и др.), которые позволяют ликвидировать способность глинистых грунтов взаимодействовать с водой за счет нейтрализации сил поверхностного притяжения воды. Гидрофобная пленка из поверхностно-активных веществ не допускает молекулы воды в зоне контактов минеральных частиц грунта и тем самым предохраняет грунт от размокания. Изменения на уровне микроструктуры приводят не только к стабильному сохранению физико-механических свойств природного глинистого грунта, но и к их улучшению (повышается прочность, снижается набухание и т.д.).

Данные модификаторы нельзя рассматривать как минеральные или органические вяжущие вещества, создающие прочные кристаллизационные и коагуляционные связи в укрепленном грунте. Рекомендуется применять их совместно с минеральным вяжущим веществом: цементом, известью, золой уноса и др. В этом случае модификатор способствует повышению физико-механических характеристик грунта, а также снижению расхода минерального вяжущего [4].

2) полимерные эмульсии (« M_{10+50} » – США, «Nanostab» – Германия), эффект модифицирования которых обусловлен распадом эмульсии (испарением воды) и отверждением полимера. Время распада эмульсии и отверждения полимера зависит от температуры и влажности воздуха, а также от содержания тонкодисперсных частиц грунта, активно отбирающих воду из эмульсии.

Целью работы явилось исследование свойств укрепленных грунтов, модифицированных современными стабилизаторами, и разработка на их основе конструкций сельских автомобильных дорог.

Для исследования влияния на свойства укрепленных грунтов использованы модификаторы двух вышеописанных классов, имеющих опыт стабилизации грунтов в дорожно-климатических условиях, схожих с Республикой Татарстан:

- 1) ионный стабилизатор «ANT», представляющий собой водорастворимую активную органо-минеральную добавку, содержащую амфотерные поверхностно-активные вещества и микроэлементы;
- 2) полимерная эмульсия «Nanostab», представляющая собой водную дисперсию стирол-бутадиен-полимера SiO_2 .

В качестве вяжущего использовали широко применяемый в дорожном строительстве портландцемент марки ПЦ 400-Д0-Н ГОСТ10178-85 (Портландцемент ЦЕМ I 32,5 Н ГОСТ 31108-2003).

Прочность обработанных цементом материалов и укрепленных грунтов в проектном возрасте 28 суток должна соответствовать требованиям ГОСТ 23558-94. По морозостойкости обработанные материалы и укрепленные грунты для II и III ДКЗ, в которых располагается Республика Татарстан, должны иметь марки по морозостойкости F15 и F25 в зависимости от вида конструктивного слоя дорожной одежды.

Для исследования действия стабилизаторов использована проба глинистого грунта, оптимальная влажность которого составила 15 %. Испытанный глинистый грунт относится к пылеватым суглинкам, по числу (интервалу) пластичности и содержанию песчаных частиц – к легким пылеватым суглинкам.

Результаты испытаний образцов пылеватого суглинка, укрепленного портландцементом с добавкой стабилизатора «ANT» и «Nanostab», приведены на рис. 1. Принятые дозировки цемента – 8, 10 и 12 % от массы грунта, дозировки стабилизатора «ANT» – 0,008 %, 0,016 % и 0,025 % от массы грунта, стабилизатора «Nanostab» – 0,5 %, 0,63 % и 0,75 % от массы грунта.

Анализ полученных данных показывает, что с добавлением стабилизатора «ANT» прирост прочности при сжатии не наблюдается, более того, при увеличении дозировок цемента и стабилизатора данный показатель снижается до 10 % (рис. 1). Понижение прочности на сжатие, возможно, происходит в результате большой адсорбции стабилизатора «ANT», как гидрофобизирующего поверхностно-активного вещества, на силикатных составляющих цементного клинкера, снижающего его гидратацию [6]. Однако, введение данного стабилизатора способствует приросту прочности на растяжение при изгибе до 38 %, что свидетельствует об увеличении деформативности полученного материала, а, следовательно, повышению его трещиностойкости (рис. 1).

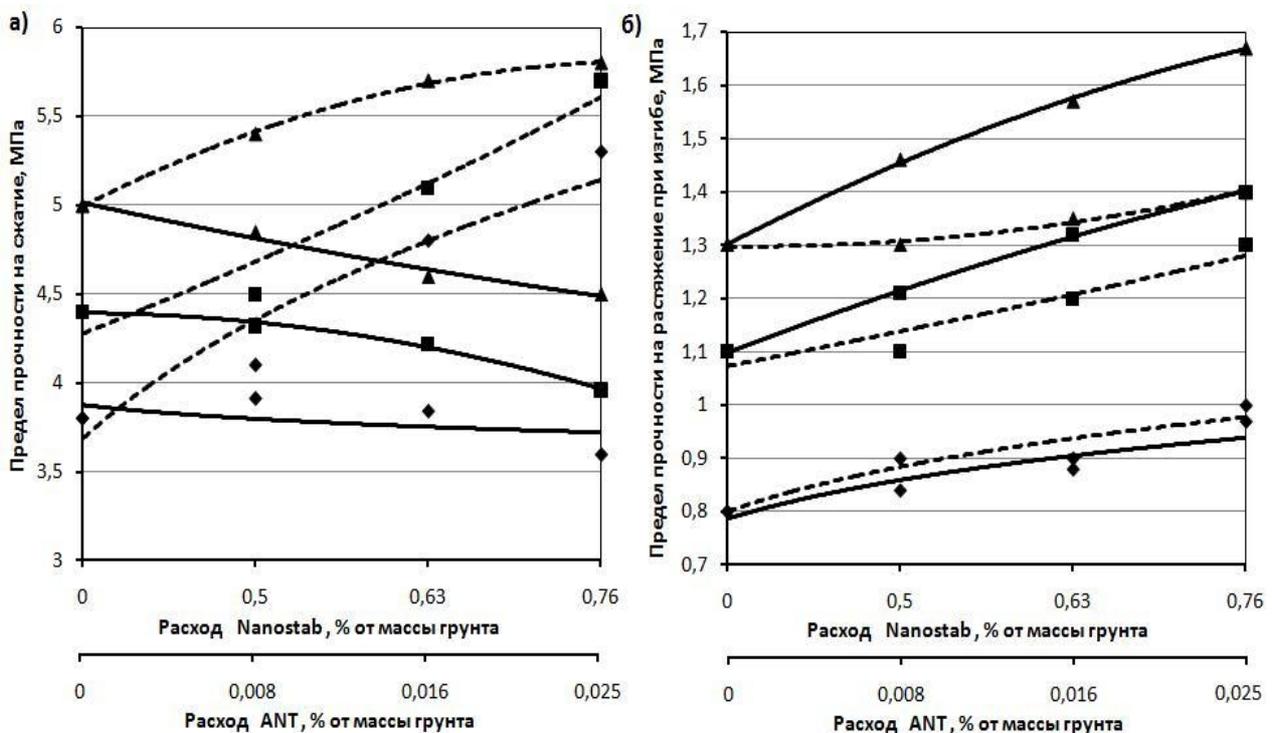


Рис. 1. Изменение прочности укрепленных грунтов
 «ANT» – — — — — «Nanostab» – - - - -
 ♦ – 8 % ПЦ ■ – 10 % ПЦ ▲ – 12 % ПЦ

Наибольший прирост прочности при сжатии наблюдается у составов с цементом и стабилизатором «Nanostab» (до 39 %). Увеличение прочности наблюдается с увеличением расхода стабилизатора «Nanostab» (рис. 1). С введением данного стабилизатора прочность укрепленного материала повышается с М20 до М40 по ГОСТ 23558-94. Повышение прочности на сжатие при модификации стабилизатором «Nanostab», возможно, объясняется образующимся адсорбционным слоем на поверхности зерен цемента, проницаемым для воды, что положительно влияет на рост прочности укрепленных грунтов [6]. Введение стабилизатора также способствует приросту прочности на растяжение при изгибе до 20 %.

Марка модифицированного укрепленного глинистого грунта по морозостойкости для всех составов получена не менее F 25 по ГОСТ 23558-94.

Строительство сельских автомобильных дорог с применением различных укрепленных грунтов в качестве оснований капитальных и облегченных, а также покрытий переходных типов дорожных одежд, возможно при использовании материала марки М60 с пределом прочности на сжатие 4-6 МПа, пределом прочности на растяжение при изгибе 0,8-1,2 МПа и маркой по морозостойкости не менее F25 в соответствии с ГОСТ 23558-94. Анализ полученных результатов показал, что этим требованиям соответствуют материалы на основе исследованного легкого пылеватого суглинка и 8 % портландцемента М400 совместно с 0,5 % стабилизатора «Nanostab» или 10 % портландцемента М400 совместно с 0,008 % стабилизатора «АНТ».

На следующем этапе разработаны конструкции дорожных одежд со слоями из модифицированных укрепленных грунтов для автомобильных дорог V технической категории (рис.2).

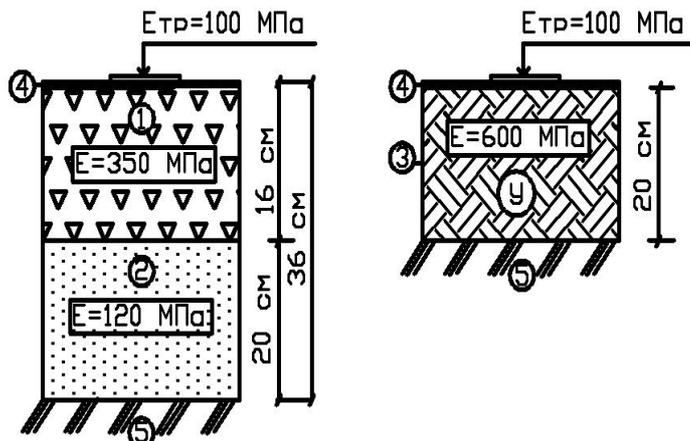


Рис. 2. Конструкции дорожных одежд автомобильных дорог V технической категории:
 1 – щебень М400, 2 – песок средней крупности, 3 – модифицированный укрепленный грунт,
 4 – двойная поверхностная обработка, 5 – грунт земляного полотна – суглинок легкий

Расчет сконструированных дорожных одежд производился в модуле «IndorPavement» системы автоматизированного проектирования «IndorCAD» в соответствии с ОДН 218.046-01 «Проектирование нежестких дорожных одежд». Все разработанные конструкции дорожных одежд являлись равнопрочными с требуемым модулем упругости 100 МПа.

Показатели расчетов традиционной и предлагаемых конструкций дорожных одежд с использованием модифицированных укрепленных грунтов для V технической категории представлены в таблице.

Таблица

Показатели расчетов конструкций дорожных одежд автомобильных дорог V технической категории

Номер конструкции	Материал	Вяжущее		Модификатор		Толщина слоя, см	Модуль упругости, МПа
		Наименование	Расход, % от массы грунта	Наименование	Расход, % от массы грунта		
1	Модифицированный укрепленный грунт	ПЦ*	8	«Nanostab»	0,5	20	600
2		ПЦ*	10	«АНТ»	0,025	20	600
3	Щебень М800	-	-	-	-	16	350
	Песок средней крупности	-	-	-	-	20	120

* – портландцемент М400

На основе анализа результатов проведенных исследований сделаны следующие выводы:

1. Показатели физико-механических свойств модифицированных укрепленных глинистых грунтов с добавками стабилизатора «Nanostab» и «ANT» отвечают требованиям ГОСТ 23558-94. Введение стабилизатора «Nanostab» существенно (до 39 %) повышает прочность на сжатие укрепленных материалов, по сравнению с теми же составами, укрепленными только цементом.

2. С введением стабилизатора «Nanostab» и «ANT» более интенсивно увеличиваются значения прочности на растяжение при изгибе, соответственно до 20 % и 38 %, что свидетельствует об увеличении деформативности полученных материалов, а, следовательно, повышении их трещиностойкости.

3. По морозостойкости укрепленные грунты, модифицированные добавкой стабилизатора «Nanostab» и «ANT», имеют марку по морозостойкости не ниже F25. Полученный модифицированный укрепленный материал пригоден для устройства верхних слоев земляного полотна при его переувлажнении, верхних и нижних слоев основания на дорогах III-IV категорий, а также покрытий со слоем износа на дорогах V категории во II и III дорожно-климатических зонах.

4. Для окончательных выводов о преимуществах полученных модифицированных укрепленных грунтов с применением стабилизатора «Nanostab» и «ANT», необходима опытно-производственная проверка в районах с дефицитом каменных материалов, в том числе в Республике Татарстан.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чабунин А.М. Федеральное дорожное агентство // Информационно-аналитический каталог «Дороги России. Инфраструктура». Изд. 2. – М.: «Реал-Медиа», 2009. – С. 6-7.
2. «Послание Президента Республики Татарстан Р.Н. Минниханова Государственному Совету Республики Татарстан» от 13.10.2010 г. [Электронный ресурс] / Аппарат Президента Республики Татарстан; Современные интернет Технологии. – Электрон. дан. URL: <http://president.tatar.ru/pub/view/11522>.
3. Ольховиков В.М. Надежный грунт // Строительная техника и технологии, 2008, № 7. – С. 93-94.
4. Фурсов С.Г. Строительство конструктивных слоев дорожных одежд из грунтов, укрепленных вяжущими материалами // Автомобильные дороги и мосты, 2007, вып. 3. – С. 17-21.
5. Прокопец В.С. Повышение эффективности дорожно-строительных материалов механоактивационным модифицированием исходного сырья // Дис. ...док. техн. наук. – Омск, 2005. – С. 302.
6. Баженов Ю.М. Технология бетона. – М.: Изд-во АСВ, 2002. – С. 500.

УДК 502.69

Строганов В.Ф. – доктор химических наук, профессор

E-mail: svf08@mail.ru

Гимранов Р.Ю. – аспирант, директор «Строй Стандарт»

E-mail: topcms@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

«ЗЕЛЁНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО» – ОДИН ИЗ АСПЕКТОВ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СТРАНЫ

АННОТАЦИЯ

В статье изложены методологические аспекты управления устойчивым экономическим развитием, включающие анализ понятийного аппарата предметной области, научных подходов и принципов. Представлены результаты анализа документов Совета по экологическому строительству в России (RuGBC), ГК «Олимпстрой», НП «Центр экологической сертификации – «Зеленые стандарты» по проблемам перехода к основам «зеленого строительства» в практике устойчивого развития территорий. Обосновывается необходимость разработки проектов управления отходами эксплуатации современных зданий и сооружений в целях принятия согласованных (инжиниринговых) решений на всех уровнях управления процессами проектирования, строительства и эксплуатации. Показана целесообразность проектирования инженерных систем, предназначенных для управления отходами и учитывающих все параметры, зависящие от состава, вида и количества отходов, способа эксплуатации, культурного уровня потребителей.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: «зеленое строительство», концепция устойчивого развития, экологическая сертификация, рейтинговая оценка, экологический стандарт, методы, технологии управления отходами, футуросона, кластер, инновационный процесс, конкурентные преимущества.

Stroganov V.F. – doctor of chemical sciences, professor

Gimranov R.Yu. – post-graduate student, director «Stroy Standart»

Kazan State University of Architecture and Engineering

«GREEN BUILDING» – ONE OF THE ASPECTS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE COUNTRY

ABSTRACT

The article describes the methodological aspects of management of sustainable economic development, including analysis of the conceptual apparatus of the subject area, of scientific approaches and principles. The results of analysis of documents of the Council for Ecological Building in Russia (RuGBC), State Corporation «Olimpstroy», Noncommercial enterprise «Center for Environmental Certification – «Green Standards» for the problems of transition to the basics of «green building», in practice of sustainable development of territories, were presented. The authors come to the conclusion of the necessity for projects drafting of waste management of modern buildings and structures exploitation in order to take confirmed (engineering) solutions at all levels of management processes of design, construction and operation. The expediency of design of engineering systems for waste management and considering all parameters, depending on the composition, the type and quantity of waste, method of operation, the cultural level of the consumers was specified.

KEYWORDS: «green building», the concept of sustainable development, ecological certification, rating valuation, ecological standard, methods, waste management technologies, futurozona, cluster, innovation process, competitive advantages.

Всемирная значимость проблемы защиты окружающей среды общеизвестна, что находит отражение в перспективах приоритетного развития экологической политики государств – лидеров. Специалисты строительной отрасли, овладевшие в достаточной степени основами экологических знаний, давно знакомы с такими словосочетаниями, как «экологически чистый» продукт, «безотходная технология» и некоторыми другими.

Однако следует заметить, что в настоящее время подходы и методы, нацеленные на дальнейшее развитие идей экологического обоснования принимаемых проектных решений, постоянно совершенствуются и развиваются. В связи с этим появляются новые экологические термины и понятия, значения которых не всегда понятны и знакомы. Так, последние 5-8 лет в зарубежных изданиях часто употребляется такой новый термин, как «зеленое строительство». Тематика публикаций отражает вопросы повышения экологической обоснованности объектов строительства, в которых затрагиваются интересы достаточно широкого круга специалистов: строителей, архитекторов, проектировщиков, девелоперов, экологов, а также специалистов, занимающихся эксплуатацией зданий и сооружений, благоустройством территорий. В этой связи возникает необходимость раскрытия смысла и содержания термина «зеленое строительство».

У специалистов прилагательное «зеленый», как правило, ассоциируется с термином «экология». Однако термин «зеленое строительство» может трактоваться неоднозначно и достаточно широко. Например, за рубежом с начала девяностых годов прошлого века введен в употребление и широко используется термин «green building», дословный перевод которого на русский язык, скорее всего, будет соответствовать словосочетанию «зеленое строительство». Необходимо отметить, что в нашей стране в последнее время появились нормативные документы, имеющие отношение к вопросам благоустройства и озеленения территорий. В них также фигурирует термин «зеленое строительство», но он, по нашему мнению, имеет несколько иную смысловую нагрузку [1].

Сама по себе идея «зеленого» строительства, возможно, и не является новой, поскольку издавна известно о применении философского направления «Фэн-шуй» в строительстве – использовании местных строительных материалов природного происхождения (например, камень, дерево и многие другие), что позволяло в определенной степени экономить природные ресурсы и одновременно с этим снижать нагрузку на окружающую среду. Вместе с тем, понятно, что современное жилище также должно обеспечивать необходимый уровень комфорта (соблюдение параметров микроклимата – температуры в помещении, освещенности, влажности, удобство эксплуатации конструкций и устройств, его гарантирующих) и благоустройства территории, прилегающей к нему (удобные парковки, развитая транспортная сеть, благоустроенная дворовая территория).

В современной трактовке «зеленого строительства» предлагается рассматривать более широкий круг вопросов, так как речь идет о возведении объектов по специальным технологиям на специально подготовленных территориях. Такие объекты должны строиться с расчетом минимального воздействия на окружающую их природную среду и обеспечения наиболее благоприятных и комфортных условия для проживания. Целью данной статьи является рассмотрение основных составляющих процесса «зеленого строительства», предлагаемых в зарубежных публикациях, и определение стратегии развития новой отрасли применительно к условиям существующего рынка строительства, для обеспечения устойчивого развития государства.

В настоящее время формируется философия «зеленого строительства», которая основывается на известной концепции устойчивого и безопасного развития городских территорий (англ. sustainable development). Основной тезис этой концепции сводится к тому, что современное поколение должно сделать все от него зависящее для сохранения окружающей природной среды и ее ресурсов для будущих поколений [2]. Она подразумевает обеспечение безопасности и создание благоприятных условий жизнедеятельности человека, ограничение негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду и обеспечение охраны и рационального использования всех видов природных ресурсов при осуществлении любого вида градостроительной деятельности. В этой связи, термин «зеленое строительство» может рассматриваться как механизм для обеспечения устойчивого развития территории в месте возведения объекта, а философия «зеленого строительства» определяется как деятельность, направленная на поиск рационального разрешения экологических проблем человеческого бытия. В данном случае в определении «зеленое строительство» мировоззренческая функция философии напрямую сопрягается с ее методологической функцией, а именно интеграцией суммы исходных знаний, и обосновывается система действий, с помощью которой получают новое знание. Необходимо более подробно раскрыть применение терминов методический документ (методы) в процессах «зеленого строительства». Практическая реализация принципов концепции устойчивого и безопасного развития городских территорий может потребовать, например, соответствующих дополнительных затрат электроэнергии, природных и материальных ресурсов. В свою очередь, дополнительные расходы топлива и энергии могут сказаться на увеличении выбросов в атмосферу углекислого газа, что также может явиться причиной

усугубления ситуации, обозначаемой как «парниковый эффект». Таким образом, на первый взгляд, достаточно простая и понятная в своей постановке задача может оказаться трудноразрешимой в условиях реального проектирования, поэтому в настоящий момент очень актуален поиск таких технических, технологических и организационных решений в области проектирования, строительства и эксплуатации, которые нацелены на уменьшение расхода энергии, воды и материалов, а также на обеспечение требуемого уровня комфортности здания и приобъектной территории. Известны статистические данные о том, что 45 % выбросов вредных газов в окружающую атмосферу обусловлены функционированием зданий и сооружений. Именно поэтому мы считаем необходимым применение инновационных решений в области управления отходами производства и эксплуатации современных зданий и сооружений, что отвечает задачам минимизации отходов или полностью их исключения, в том числе и в атмосферу. Одной из начальных стадий реализации концепции устойчивого и безопасного развития городских территорий, несомненно, является процесс сертификации, заключающийся в том, что разработанный проект здания представлен в сертифицирующую организацию на предмет оценки (необходимых и достаточных) представленных экологических решений. По результатам оценки может быть сделан вывод о возможности отнесения объектов, построенных в соответствии с предлагаемым проектом, к объектам «зеленого строительства». Необходимо отметить, что за рубежом термин «зеленое строительство» используется в контексте стандарта «зеленого строительства», что, скорее всего, подразумевает сам нормативный документ, в рамках которого регламентированы некие общепринятые и узаконенные нормы и правила.

Однако этим термином также обозначают некий нормированный показатель (норму), который является установленным и узаконенным стандартным показателем, нормативом (или просто – стандартом). Иногда стандартом «зеленого строительства» называют методический документ, содержащий характеристики некоего множества конкретных нормативных показателей (стандартов), которым должен удовлетворять объект, причисляемый к разряду сооружений такого строительства, и поэтому применительно к данному случаю вместо термина стандарт «зеленого строительства», наверное, логичнее будет использовать выражение методический документ (методика). Необходимо отметить, что перечень таких нормативных показателей (стандартов) в методическом документе может быть достаточно большим. Как правило, в рамках конкретного методического документа они группируются определенным образом, определяя направление, в котором нужно действовать, чтобы достигнуть определенных целей, поставленных при проектировании, строительстве и эксплуатации объекта. Например, такой подход может быть использован для оценки энергоэффективности оборудования построенного здания, микроклимата в его помещениях и т.д.

Наибольший интерес представляют существующие на данный момент механизмы, позволяющие отнести тот или иной объект к разряду сооружений, возведенных в соответствии с принципами «зеленого строительства». Этот интерес вызван той простой причиной, что методика всегда с успехом может быть использована при решении конкретной практической задачи. Известно, что в настоящее время за рубежом существуют и используются ряд методических подходов, подробный анализ и изучение которых позволяет:

- во-первых, руководствуясь изложенными в них требованиями определить, в какой мере запроектированное сооружение отвечает требованиям, предъявляемым к объектам «зеленого строительства»;
- во-вторых, на основе изучения их общей структуры и требований могут быть установлены принципы, заложенные в их универсальность и применимость для различных типов объектов и природных условий;
- в-третьих, установить, насколько успешно их адаптирование в других странах с учетом особенностей природных условий и специфики существующей нормативной базы. Известно, что такие экологические стандарты разработаны и с успехом применяются в ряде европейских стран: Франции, Германии, Финляндии и Великобритании. Также они существуют и используются в Канаде, Австралии, Индии и США [3]. Их разнообразие и количество связано с многообразием естественно-природных условий этих стран, что в определенной степени влияет на конструктивные особенности объектов, используемые в проекте технологические и технические решения, а главное – на масштабе и особенностях проявления воздействия объекта на окружающую природную среду. В 2009 году с целью разработки собственных стандартов в Минприроды РФ запущен проект по созданию национальных институтов экологической сертификации, основанных на «зеленых стандартах», а также институтов экологического страхования и аудита (Распоряжение № 19-р от 24.05.2010 «О добровольной

экологической сертификации объектов недвижимости с учетом международного опыта применения «зеленых» стандартов». Министерство природных ресурсов и экологии РФ, г. Москва, 2010 г.).

Однако, если оценивать возможность использования рекомендаций зарубежных методических и нормативных документов в создаваемой российской экологической сертификации «зеленые стандарты», то совершенно очевидно, что их механическое использование без адаптации к нашим условиям может быть не только затруднительным, но и нецелесообразным. К тому же в нашей стране существует достаточное количество нормативных документов (стандартов), регламентирующих вопросы охраны окружающей среды и, в частности, относящихся к разряду международных стандартов (например, стандарты серии ИСО 14000). Следовательно, вопрос использования зарубежных методических и нормативных документов в большей мере может относиться к тому, в какой части и степени требований наши стандарты идентичны требованиям зарубежных нормативных документов. Для ответа на этот вопрос необходим более подробный анализ содержания и опыта применения отечественных и зарубежных стандартов, возможности их адаптирования, корректировки и гармонизации, применительно к «зеленому строительству». Эта проблема решается в настоящий момент при разработке российских стандартов и систем экологической сертификации «зеленые стандарты».

Далее целесообразно рассмотреть методологию проектирования объектов «зеленого строительства», в основу которых закладывается ряд общих принципов, реализация которых при проектировании и возведении конкретного объекта обеспечивает достижение поставленной проектом цели. Степень ее достижения оценивается, например, на основе использования одной из методик, базирующихся на так называемой рейтинговой оценке варианта проекта, которая отражает основные принципы «зеленого строительства»:

- использование комплексного системного подхода к решению экономических, социальных и экологических задач, возникающих в ходе проектирования, строительства и эксплуатации;
- обеспечение энергоэффективности систем и оборудования объекта и оптимизации параметров микроклимата в помещениях, а также технической возможности их регулирования;
- оптимизацию процесса отвода ливневых сточных вод с участка, на котором расположен объект, а также обоснованный выбор места строительства объекта с учетом сложившейся экологической обстановки вблизи объекта;
- разработку в ходе проектирования оптимальных технических решений применительно к технологическим процессам в здании (например, вентиляции, теплоснабжению, водопотреблению, водоотведению и т.д.) с целью экономии соответствующих ресурсов, а также использование для этого прогрессивных технических систем и устройств;
- минимизацию отходов производства и потребления в ходе строительства и эксплуатации здания, использование экологически безопасных сертифицированных материалов и оборудования и обеспечение высокого уровня благоустройства территории, прилегающей к объекту.

На практических механизмах реализации последних двух принципов «зеленого строительства» хотелось бы остановиться более подробно. Такими механизмами могут служить специализированные технологии управления отходами производства и эксплуатации современных зданий и сооружений. Данные технологии предполагают подход к процессу управления отходами, при котором основные акценты делаются на этап сбора отходов на стадии образования, быстрой транспортировки внутри здания и временном хранении перед утилизацией, или вывозом на полигон для последующего захоронения. Технологии управления отходами должны учитывать специфику отходов, образующихся на объектах, и разрабатываться индивидуально для каждого объекта и обеспечивать минимальное вмешательство в производственный, торговый или офисный процесс. Продуктом гармонизации технологий управления, различных отходов эксплуатации и производства в единое комплексное решение, является «проект управления отходами эксплуатации и производства современных зданий и сооружений». Отсюда можно сделать вывод о **целесообразности проектирования инженерных систем, предназначенных для управления отходами во вновь строящихся офисных и жилых зданиях, учитывающих все параметры, зависящие от состава, вида и количества отходов, способа эксплуатации, культурного уровня потребителей.**

В настоящее время на рынке проектных и инженеринговых услуг существуют инновационные предложения по разработке «проектов управления отходами эксплуатации и производства современных зданий и сооружений», объединяющие не только различные технологии по сбору, транспортировке и временной утилизации любых возможных отходов эксплуатации и производства современных зданий в единое целое, но и включающие практическое курирование и выполнение всех

этапов процесса: от концепции, реализации и дальнейшей «зеленой» практики эксплуатации объекта. При своевременной гармонизации процессов реального проектирования систем по управлению отходами, процессов коммерциализации экологических технологий и формированию общественного мнения по продвижению критериев «зеленые стандарты» в общие концептуальные решения, можно рассчитывать на общий синергетический эффект дальнейшего развития практики применения «зеленого строительства», что и должно способствовать обеспечению устойчивого развития страны.

Аналитический прогноз специалистов Совета по экологическому строительству в России (RuGBC) на быстрое развитие тренда по «озеленению» зданий свидетельствует о том, что через два-три года мы будем иметь более совершенные механизмы при строительстве экологических зданий [4]. Судя по ориентированным действиям правительств ряда стран и крупных финансовых институтов, все более популярными кандидатами в замещающий класс активов инвестирования становятся отрасли, способные приносить прибыль, пусть пока более низкую сегодня, но многообещающую в долгосрочной перспективе. Речь идет в первую очередь об инвестициях в проекты по повышению экологической и социальной устойчивости, особенно в сфере энергоэффективности, развития возобновляемых источников энергии и снижения выбросов парниковых газов.

Мощнейшим модератором данного процесса в России выступает Олимпиада в Сочи. Сочинская Олимпиада априори не может быть неэкологичной. Уже объявлено о применении экологических стандартов при проектировании и строительстве олимпийских объектов [5]. В будущем стандарты, разработанные для Олимпиады, могут стать национальными эко-стандартами. Таким образом, Олимпиада не только продемонстрирует, что такое эко-строительство, но и даст мощный толчок к развитию «зеленых» технологий в России.

Основными инициаторами продвижения направлений энергоэффективности и экологичности недвижимости, внедрения новых стандартов на рынке строительства, обеспечения бизнеса информационной базой по экологическим технологиям и материалам, для устойчивого планирования, а также поиска новых решений для их экономически оптимального внедрения могут и должны стать общественные объединения, так называемые *строительные кластеры*. Уровень развития экономики любой страны может оцениваться по большому количеству критериев, в том числе наличию отраслей, являющихся конкурентоспособными на мировом рынке, что также является производным от множества базовых и специфических факторов и инновационных путей их развития. Стратегия на создание кластеров является одним из таких путей развития сегодня. Интерес к теории кластеров возрос в 90-е годы после опубликования М. Портером ряда работ. Он уточнил, что кластер или промышленная группа – это группа географически соседствующих взаимосвязанных компаний и связанных с ними организаций, действующих в определенной сфере и характеризующихся общностью деятельности и взаимодополняющих друг друга. Остановимся более подробно на существующих теориях кластеров.

В теории инноваций (работы Н. Кондратьева, Й. Шумпетера, Г. Менша, А. Кляйнкнехта, М. Портера) понятие «кластер» имеет разные значения [6-10]. Ряд авторов отмечают взаимосвязь между цикличностью развития экономики, инновациями и возникновением кластеров. А. Кляйнкнехт считает, что кластеры инноваций-продуктов действительно образуются на фазе депрессии, а вот инноваций-процессов – на стадии роста длинной волны, что впервые убедительно показано на существовании кластеров нововведений (их «сгущений» во времени), как совокупности базисных инноваций, сконцентрированных на определенном отрезке времени и в определенном экономическом пространстве [9]. Можно предположить, что регион, сумевший воспользоваться растущей инновационной волной, почти автоматически становится экономическим лидером страны.

Для полного понимания процесса развития кластера инноваций-продуктов необходимо рассмотреть понятие футурозоны инноваций-процессов, являющихся экспериментальными площадками, на которых могут формироваться отдельные образцы принципиально новой формы и нового типа деятельности [11]. Следствием взаимосвязи массива практики (I) и футурозоны (II) является инновационный процесс (III), который можно представить следующей схемой (рис. 1).

Конкурентные преимущества также разделяют на фактические (ФКП), или реализованные, и потенциальные (ПКП), т.е. не используемые в настоящее время. Рассмотрим ряд показательных примеров таких преимуществ в Республике Татарстан.

Проект проведения Универсиады 2013 г. в Казани в соответствии с «зелеными» стандартами – это ПКП.

Реализация внедрения комплекса наилучших доступных инновационных технологий и «зеленых» стандартов, соответствующих международным экологическим требованиям, при проектировании и строительстве объектов Универсиады – процесс вывода ПКП в число ФКП.

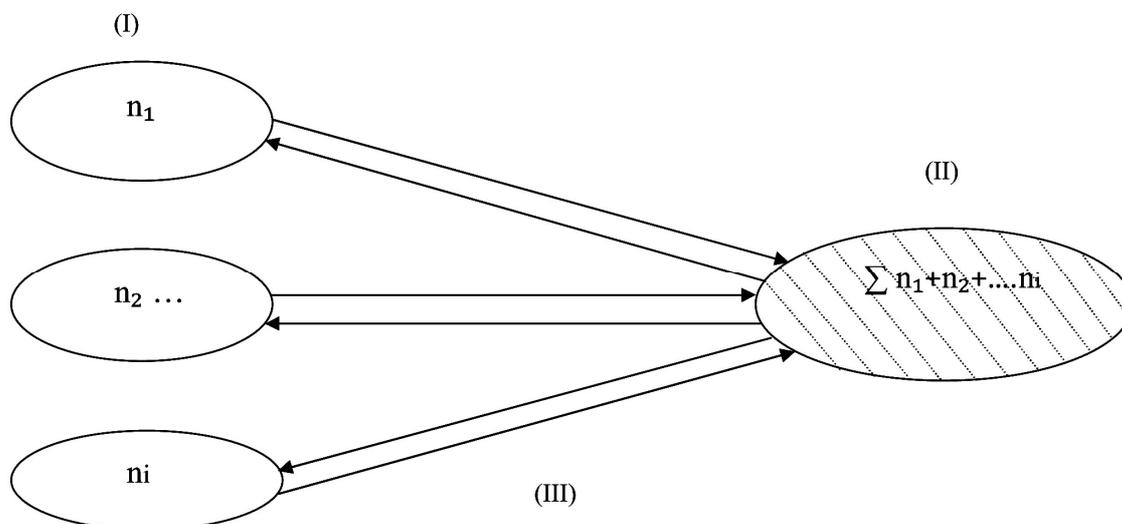


Рис. 1. Схематическое изображение инновационного процесса с участием футуросоны

Конкурентные преимущества каждого региона могут быть абсолютными и относительными. Абсолютные конкурентные преимущества региона связаны с наличием уникальных ресурсов и возможностей в данном регионе (географическое положение, минеральные ресурсы, пейзажи, сочетание производств, проведение крупных международных знаковых мероприятий и др.).

Мы считаем, что при разработке различных концепций необходимо в качестве генеральных подрядчиков приоритетно использовать потенциал соответствующих компаний именно татарстанского кластера, что наиболее целесообразно в финансовом плане стратегического развития строительной отрасли. Кроме того, необходимо отметить и еще одну важную стратегическую причину: доверяя Универсиаду татарстанским компаниям, мы способствуем значительному подъему уровня их компетенции, что позволит в будущем продать на международном и внутреннем рынке опыт, наработанный в процессе подготовки Игр-2013.

В качестве другого значимого примера ПКП можно привести проект строительства инновационного экологического жилого микрорайона «Экопарк «Дубрава», как экспериментальной площадки (футуросоны), для проработки практики образования и деятельности **строительного кластера** на современных жилых комплексах [12, 13]. Площадка застройки проекта с трех сторон граничит с природной лесопарковой зоной, а застройщик готов к практическому внедрению современных достижений в области практической экологии. Это создает предпосылки к применению в строительстве и в дальнейшей эксплуатации построенных зданий принципов «зеленого строительства» и последующего перевода ПКП проекта в ФКП.

Совершенно очевидно, что для успешного продвижения и реализации проектов строительного кластера необходима реальная техническая и технологическая база, а для её формирования необходимо разработать комплексную Программу мероприятий.

Основной лейтмотив программы может звучать как: **«Проект по развитию процессов «устойчивого развития» и перехода к практике применения основ «зеленого строительства» на территории РТ».**

В рамках реализации этого проекта предполагается создание некоммерческого общества (НП), как было сказано выше, в целях организации широкомасштабной просветительской работы. В мировой практике выделяют три вида мотивации для предпринимательства – это законодательство, мнение общественности и возможная выгода. Если говорить о «зеленом» строительстве, то в России на данном этапе соответствующего законодательства нет. Господствующей экологической идеологии тоже пока нет. Значит, необходимо объяснять, что «Экостроительство» – это эффективно и выгодно. В первую очередь – это принесет дополнительную прибыль девелоперам, потому что в России зеленое строительство может быть гораздо выгоднее, чем в других странах [14]. Одной из основных

задач *НП* является информирование, поэтому собрать в одном центре существующую в мире информацию обо всех направлениях в области, энергоэффективности, эко-девелопмента, эко-технологий, «зеленого» строительства, инженерии и проектирования – первоочередная цель участников строительного комплекса. Одним из практических механизмов широкомасштабной просветительской работы *НП* является организация и проведение серии межрегиональных и международных конференций под общим названием «Зеленое строительство – практика и перспективы развития территорий», на различные темы и с привлечением основных участников рынка «зеленое строительство» (рис. 2).



Рис. 2. Основные участники рынка «зеленое строительство»

Основная цель конференций – продвижение тем энергоэффективности и экологичности недвижимости, внедрение новых стандартов работы на рынке, совместное решение проблем, возникающих при внедрении инновационных технологий строительства в России.

Первоочередные темы конференций могут звучать следующим образом:

- Универсиада 2013 года в г. Казани как мощнейший модератор развития основ зеленого строительства на территории РТ;
- финансирование проектов недвижимости в рамках устойчивого развития территорий: новые возможности для девелопера;
- стандарты экологического строительства в России;
- межвузовское совещание экологических кафедр высших строительных и технологических вузов Приволжского федерального округа на тему: Развитие тренда «устойчивое развитие» и перехода к практике применения основ «зеленого строительства».

Для реализации основного принципа деятельности НП – доступность информации – необходимо создавать медиа-ресурсы, которые будут доступной дискуссионной, информационно-аналитической площадкой для практиков и теоретиков, где можно не только узнать о новых тенденциях в области «зеленого» тренда, но поделиться своими знаниями и разработками, участвовать в продвижении устойчивого развития региона. Ресурс позволит отслеживать все инновации и технологические разработки в области эффективного расходования природных ресурсов, управлять ими и эффективно экономить на затратах и эксплуатации.

В заключение хотелось бы отметить:

– для России нет невозможного – необходимо стимулировать создание совершенно новой индустрии и занять ведущую роль в сфере экологического строительства в РФ. Задача специалистов строительной отрасли – своевременно повлиять на все аспекты строительства: от экологического проектирования до внедрения энергоэффективных технологий и инновационных финансовых моделей;

– совершенно очевидно, что Республике Татарстан необходимо находиться в авангарде нового тренда экономики и внедрять принципы устойчивого развития в строительную практику как можно быстрее, с целью обеспечения лидирующих позиций в формировании нового рынка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ЕНиР. Сборник Е18. Зеленое строительство. – М.: ЦНИБ, 1986. – 34 с.
2. Моисеев Н.Н. Идеи Вернадского и проблема SUSTAINABLE DEVELOPMENT с мыслями о будущем России. – М.: Фонд содействия развитию социальных и политических наук, 1997. – 20 с.
3. Экологический стандарт BREEAM // Green Awards, 2010. URL: <http://www.greenawards.ru/ru/about/breeam> (дата обращения: 04.09.2010).
4. Экологический стандарт LEED // U.S. Green Building Council, 2010. URL: <http://www.usgbc.org/DisplayPage.aspx?CategoryID=19> (дата обращения: 05.09.2010).
5. Экологический стандарт DGNB // Совет по экологическому строительству, 2009. URL: <http://www.rugbc.org/green-building/dgnb/> (дата обращения: 06.09.2010).
6. Совет по экологическому строительству RuGBS, 2009. URL: <http://www.rugbc.org/> (дата обращения: 08.09.2010).
7. ГК Олимпстрой: Экология, 2009. URL: <http://www.sc-os.ru/ru/activity/ecologia/> (дата обращения: 15.09.2010).
8. Кондратьев Н.Д. Мировое хозяйство и его конъюнктуры во время и после войны. – Вологда: Обл. отд-ние гос. изд-ва, 1922. – 258 с.
9. Шумпетер Й.А. Экономические циклы. – М.: Прогресс, 1939. – 455 с.
10. Менш Г. Технологический пат: инновации преодолевают депрессию. – М., 1975. – 272 с.
11. Кляйнкнехт А. Инновационные риски венчурного капитала и управления ими. – М., 2003. – 303 с.
12. Портер М. Конкурентная стратегия. Методика анализа отраслей и конкурентов / Пер. с англ. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2005. – 714 с.
13. Громыко Ю. ММК / Миссия России / Промышленность / Национальная инновационная система. Искушение инновациями, 2002. URL: <http://mmk-mission.ru/prom/innovat/20020918-gromyko.html> (дата обращения: 05.10.2010)
14. Ткаченко Т.Б. Кластерная концепция развития предпринимательства в строительном комплексе // Промышленное и гражданское строительство, 2009, № 1. – С. 20-21.
15. Семёнов Ю.А. Экопарк Дубрава // Официальный сайт генерального директора ООО «Тандем-Д», 2009. URL: <http://www.ecoparkdubrava.ru/> (дата обращения: 19.09.2010).
16. Совет по экологическому строительству RuGBS, 2009. URL: http://www.rugbc.org/brochure_rus.pdf (дата обращения: 23.09.2010).

УДК 338.53

Гимадиева Л.Ш. – кандидат экономических наук, доцент

E-mail: LI-DA2007@yandex.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

АННОТАЦИЯ

Рассмотрены основные изменения и проведен анализ нормативной базы системы ценообразования в строительстве в свете новых законодательных актов органов власти и управления.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: сметное ценообразование, нормативная база ценообразования в строительстве.

Gimadieva L.Sh. – candidate of economic sciences, associate professor

Kazan State University of Architecture and Engineering

PROBLEMS OF MODERN STANDARD BASE OF PRICING IN BUILDING

ABSTRACT

The basic changes are considered and the analysis of standard base of system of pricing in building in the new let out acts of governing bodies is carried out.

KEYWORDS: budget pricing, standard base of pricing in building.

В условиях изменившегося градостроительного и бюджетного законодательства происходит реформа системы ценообразования в строительстве по государственному заказу. С января 2010 года вступило в законную силу Постановление Правительства РФ № 427 «О порядке проведения проверки достоверности определения сметной стоимости объектов капитального строительства, строительство которых финансируется с привлечением средств федерального бюджета». Согласно Постановлению, лимит финансирования бюджетных строек станет основным показателем в ограничении параметров будущего объекта в процессе проектирования.

Сметное ценообразование в строительстве определяется системой методических документов (МДС) и сметно-нормативной базой. Действующая система ценообразования и сметного нормирования в строительстве включает в себя государственные сметные нормативы и другие сметные нормативные документы, необходимые для определения сметной стоимости строительства.

В настоящее время за политику в сфере строительства отвечает Министерство регионального развития Российской Федерации. Теперь ни одно министерство не вправе без согласования с Минрегионом выпускать свои нормы и расценки, как это было до недавнего времени. Минрегионразвития, получив такие полномочия, издал приказ № 44 «О порядке утверждения сметных нормативов на территории РФ». Ранее действовавшая система сметного нормирования предполагала разработку сметных нормативов различными органами, что и определяло ее как «необязательную», даже в отношении объектов, финансируемых из государственного бюджета. В настоящее время произошло два существенных изменения. Во-первых, отменены фирменные сметные нормативы. Во-вторых, сметный норматив любого уровня должен пройти через Минрегионразвития.

Создан «Федеральный реестр сметных нормативов, подлежащих применению при определении сметной стоимости объектов капитального строительства, строительство которых планируется осуществлять с привлечением средств федерального бюджета». Правомочность сметных нормативов должна подтверждаться включением их в Реестр. Приказом Минрегионразвития установлены признаки достоверности печатных изданий федеральной нормативной базы 2009 г. – голограмма и печать ФГУ ФЦЦС.

Методические документы устанавливают как общий порядок определения стоимости строительства (МДС 81-35.2004 «Методика определения стоимости строительной продукции на территории Российской Федерации»), так и указания по всем частным вопросам: определения стоимости ресурсов, накладных расходов и сметной прибыли; разработки и применения элементных сметных норм и единичных расценок на все виды строительных, монтажных, ремонтно-строительных, пусконаладочных работ.

МДС разработаны и утверждены в период 1999-2006 гг. Сметно-нормативная база составлена в ценах и тарифах на 01.01.2000 г. и введена в действие с 01.01.2001 г. Она включает сборники государственных элементных сметных норм и единичных расценок (федеральных, территориальных, отраслевых); сметные цены на эксплуатацию строительных машин и материалы, тарифные ставки рабочих; нормативы, выраженные в %: накладных расходов, сметной прибыли, лимитированных затрат.

Нормативная база 2001 г. была основана на принципах и сметных нормах 1984, 1991 гг. с применением поправочных коэффициентов к затратам труда рабочих и ко времени работы строительных машин. В нормативную базу вносились дополнения и изменения.

С целью усиления государственного регулирования порядка определения сметной стоимости строительства, осуществляемого за счёт средств государственного бюджета, был создан Федеральный центр ценообразования в строительстве и промышленности строительных материалов (ФЦЦС), а затем его филиалы в субъектах Российской Федерации, в т.ч. в Республике Татарстан.

Вопросы совершенствования механизмов сметного нормирования, выработки современной концепции ценообразования в строительстве не раз в 2007-2008 годах поднимались на различных совещаниях федерального правительства. С 2007 г. созданные центры приступили к реформированию системы ценообразования в строительстве. Заключалась она в полном пересмотре сметных нормативов на федеральном и территориальном уровнях. К 2009-2010 гг. эта работа была завершена и выпущены в свет новые варианты сметно-нормативной базы 2001 г.:

На федеральном уровне:

- сборники государственных элементных сметных норм на строительные, монтажные, ремонтно-строительные и пусконаладочные работы (за исключением нескольких сборников на строительство специальных сооружений) – ГЭСН-2001, ГЭСН_м-2001, ГЭСН_р-2001, ГЭСН_п-2001;
- сборники федеральных единичных расценок на аналогичные виды работ (ФЕР-2001, ФЕР_м-2001, ФЕР_р-2001, ФЕР_п-2001);
- сборник сметных норм и расценок на эксплуатацию строительных машин и автотранспортных средств (ФСЭМ-2001);
- сборник сметных цен на материалы, изделия и конструкции, применяемые в строительстве (в 5 частях) – ФСЦМ.

На территориальном уровне:

- территориальная сметно-нормативная база (ТСНБ), включающая сборники ТЕР на строительные, монтажные, ремонтно-строительные, пусконаладочные работы, капитальный ремонт оборудования (ТЕР, ТЕР_м, ТЕР_р, ТЕР_п, ТЕР_{мр});
- укрупнённые показатели стоимости капитального строительства и капитального ремонта;
- сборники средних сметных цен на основные материалы, изделия и конструкции, применяемые в строительстве (ТССЦ);
- сборник сметных норм и расценок на эксплуатацию строительных машин и автотранспортных средств (ТСЭМ);
- тарифные ставки оплаты труда рабочих и система индексов изменения стоимости строительно-монтажных работ по отношению к 01.01.2000 г.

Территориальные единичные расценки (ТЕР) были разработаны региональными органами по ценообразованию в соответствии с поручениями органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации. В соответствии с Приказом Министерства регионального развития РФ № 44 «О порядке утверждения сметных нормативов на территории РФ» сборники территориальных единичных расценок рассматривались Минрегионом России на предмет их соответствия принятому порядку разработки сметных нормативов. После утверждения органом исполнительной власти субъектов Российской Федерации согласованных с Минрегионом России сборников ТЕР их реквизиты вносятся в федеральный реестр сметных нормативов. Включенные в реестр сборники ТЕР могут быть использованы для определения стоимости объектов капитального строительства, финансирование которых осуществляется с привлечением бюджетных средств.

Нормативная база в ценах на 01.01.2000 г. существовала порядка 10 лет. За это время обновились техника и технология строительного производства, виды и качество многих строительных материалов. Фактически средняя стоимость строительно-монтажных работ выросла в текущем периоде в 5-6 раз. А заработная плата рабочих-строителей выросла почти в 10 раз. В 2007 г. введен новый Единый тарифно-квалификационный справочник профессий рабочих в строительстве, предусматривающий восемь разрядов и новые тарифные коэффициенты. Сметные расходы на эксплуатацию строительных машин включали нормы амортизации, которые также изменились в последнее время. Все это, на наш взгляд, должно было лечь в основу новой нормативной базы строительства. Однако цены остались на прежнем уровне. И предлагаемые Минрегионом России индексы изменения сметной стоимости строительства не могут покрыть фактических затрат подрядчика.

После ознакомления с содержанием основных сборников можно говорить об изменениях сметно-нормативной базы новой редакции.

В сборнике сметных норм и расценок на эксплуатацию строительных машин и автотранспортных средств 2001 г. расценки приводились с распределением по элементам и группам затрат и включали: амортизацию машин и автотранспортных средств; переменные эксплуатационные затраты (расходы на текущее обслуживание и текущий ремонт, включая заработную плату рабочих-машинистов и ремонтных рабочих, стоимость расходных материалов и запасных частей, а также расходы на энергетические ресурсы – электроэнергию, топливо, сжатый воздух, смазочные материалы и др.); затраты по доставке машин на строительную площадку, а также на монтаж и демонтаж машин); сметную расценку. В редакции 2009 г. в ТСЭМ распределение затрат отсутствует, не приводятся нормы затрат труда, расхода энергоресурсов. Разделы 38 «Импортные машины и механизмы», 39 «Импортные маломеханизированные машины и инструмент» данного сборника существенно дополнились, но в основном расценки на эксплуатацию машин не изменились.

Как и ранее, Территориальный сборник средних сметных цен на материалы, изделия и конструкции, применяемые в строительстве, (ТССЦ) состоит из пяти частей: I «Материалы для общестроительных работ», II «Строительные конструкции и детали», III «Материалы и изделия для санитарно-технических работ», IV «Бетонные, железобетонные, керамические изделия, нерудные материалы, товарные бетоны и растворы», V «Материалы для монтажных и специальных работ». Однако, надо заметить, что редакция 2009 г. включает в себя также еще отдельных два сборника, дополняющие ТССЦ – I «Общие положения», III «Приложения». Наличие разных сборников, на наш взгляд, будет затруднять работу сметчиков.

В сборниках сметных цен на материалы (ТССЦ – 2009) отсутствует полезная информация – масса брутто, приводимая ранее в сборниках 2001 г. и необходимая для определения транспортных расходов. При определении сметных цен изменились транспортные расходы, это отразилось на уровне отпускных цен, что нелогично: отпускная цена – исходный показатель для расчёта сметной стоимости материалов. Еще в базе 2001 года предполагался выпуск сборников сметных цен на перевозку грузов для строительства железнодорожными, автомобильными, речными (морскими), тракторными перевозками. Однако на территориальном уровне, например в Республике Татарстан, были разработаны сборники сметных цен на перевозку грузов автомобильным транспортом и погрузочно-разгрузочные работы при них.

Многочисленные поправки внесены в ГЭСН-2001 и ФЕР-2001. По данным ФЦС, примерно 80 % расценок откорректированы, а в ГЭСН были внесены более ста новых видов работ.

Некоторые изменения коснулись так называемых открытых и закрытых расценок территориальной базы. «Открытые» единичные расценки не включают в себя стоимость основных строительных материалов, изделий и конструкций, принимаемых исходя из проектных данных и текущих цен по условиям поставки. При осуществлении строительного производства используется большое количество материальных ресурсов. Условно все используемые материалы можно разделить на основные и вспомогательные. К основным относятся бетонные и железобетонные изделия, кирпич, арматура, растворы и бетоны и т.д., а к вспомогательным относятся прочие материалы: метизы, мелкие металлоконструкции, электроды, добавки, лакокрасочные и битумные материалы и т.д.

Известно, что в составе прямых затрат доля материалов занимает порядка 50-65 процентов. А стоимость основных материалов как раз и определяет общую стоимость материалов. Влияние вспомогательных материалов на общую стоимость невелика. Поэтому при определении сметной стоимости работ необходимо точно определить сметную стоимость основных материалов, а вспомогательные могут быть приняты по средним ценам.

В редакции 2009 г. некоторые расценки ТЕР стали закрытыми, в то время как в старой редакции они были открытыми, и наоборот. Изменения коснулись, например, кирпича и теплоизоляционных материалов. Территориальные сборники были переработаны с учетом конкретных условий производства и поставки всех видов ресурсов, а также с учетом их условного деления на основные и вспомогательные.

Таблица 1

Сравнение единичных расценок из сборника ТЕР-2001-12. Кровли в редакциях 2009 и 2001 гг.

Номера расценок	Наименование и характеристика строительных работ и конструкций	Прямые затраты, руб.	В том числе, руб.				Затраты труда рабочих, чел.-ч.
			оплата труда рабочих	эксплуатация машин		материалы	
Коды неучтенных материалов	Наименование и характеристика неучтенных расценками материалов, единица измерения			всего	в т.ч. оплата труда машинистов		расход неучтенных материалов
1	2	3	4	5	6	7	8
Таблица 12-01-013. Утепление покрытий плитами (редакция 2009 г.) Измеритель: 100 м ² утепляемого покрытия							
12-01-013-01	из пенопласта полистирольного на битумной мастике в один слой	5447,77	167,95	167,45	6,39	5112,37	21,02
Таблица 12-01-013. Утепление покрытий плитами (редакция 2001 г.) Измеритель: 100 м ² утепляемого покрытия							
12-01-013-01 (104-9090)	из пенопласта полистирольного на битумной мастике в один слой <i>Плиты теплоизоляционные, м²</i>	2065,92	168,37	155,39	14,37	1742,16 (103)	21,02

Таблица 2

Сравнение единичных расценок из сборника ТЕР-2001-12. Конструкции из кирпича и блоков в редакциях 2009 и 2001 гг.

Номера расценок	Наименование и характеристика строительных работ и конструкций	Прямые затраты, руб.	В том числе, руб.				Затраты труда рабочих, чел.-ч.
			оплата труда рабочих	эксплуатация машин		материалы	
Коды неучтенных материалов	Наименование и характеристика неучтенных расценками материалов, единица измерения			всего	в т.ч. оплата труда машинистов		расход неучтенных материалов
1	2	3	4	5	6	7	8
Таблица 08-02-001. Кладка стен из кирпича (редакция 2009 г.) Измеритель: 1 м ³ кладки							
08-02-001-01 (402-9070) (404-9037)	Кладка стен кирпичных наружных простых при высоте этажа до 4 м <i>Раствор готовый кладочный, (м³)</i> <i>Кирпич керамический, силикатный или пустотелый, (1000 шт.)</i>	85,76	42,07	42,08	4,16	1,61 (0,24) (0,394)	5,4
Таблица 08-02-001. Кладка стен из кирпича (редакция 2001 г.) Измеритель: 1 м ³ кладки							
08-02-001-01	Кладка стен кирпичных наружных простых при высоте этажа до 4 м	618,47	42,12	42,08	4,15	534,27	5,4

Как видно из таблиц, в новой редакции ТЕР на данные виды работ можно увидеть уменьшение норм затрат труда и заработной платы машинистов, достигаемое путем исключения из нормативов 2001 г. затрат труда и заработной платы водителей автотранспортных средств. Оплата труда водителей с начисленными накладными расходами и сметной прибылью учтена в расценках на эксплуатацию автотранспортных средств (раздел 40 Сборника сметных расценок на эксплуатацию строительных машин).

Традиционно в расценки на эксплуатацию строительных машин, в том числе автотранспортных средств, включается заработная плата машинистов (водителей), а также накладные расходы и прибыль организаций, занимающихся их ремонтом и обслуживанием. Тем не менее, было принято выделять в ГЭСН-2001 затраты труда и заработную плату рабочих, управляющих строительными машинами, и водителей автотранспорта, стоящего под разгрузкой и перемещающего строительные материалы и изделия в пределах строительной площадки. Не учитываются затраты труда и заработная плата водителей автомашин, занятых вывозом грунта и мусора со строительной площадки, так как это осуществляется за ее пределами, и данные затраты рассматриваются как транспортные расходы.

На такой порядок формирования фонда оплаты труда рабочих ориентированы действующие нормы накладных расходов и сметной прибыли. При его изменении требуется соответствующая корректировка этих нормативов. Таким образом, предложенный ФЦЦС порядок формирования фонда оплаты труда рабочих требует более основательных методических обоснований.

Следует отметить, что пересмотр сметно-нормативной базы осуществлялся при отсутствии ясных методических подходов. Согласно Приказу Минрегионразвития от 07.11.2008 г. № 248 «Об отмене Постановления Государственного комитета Российской Федерации по строительству и жилищно-коммунальному комплексу», были отменены основные методические указания о порядке разработки: государственных элементных сметных норм на строительные, монтажные, специальные строительные и пусконаладочные работы (МДС 81-19.2000); сборников сметных цен на материалы, изделия, конструкции, на перевозку грузов для строительства (МДС 81-2.99); сборников сметных норм и расценок на эксплуатацию строительных машин (МДС 81-3.99). Соответствующие новые методические указания пока не разработаны.

Ранее выпущенные сборники содержали техническую часть, включающую в себя «Общие указания», «Правила исчисления объемов работ» и «Коэффициенты к нормам», и таблицы норм. В настоящее время технические части всех сборников выделены и собраны в отдельные сборники, что, на наш взгляд, не является удобным при работе с печатными вариантами нормативных сборников.

Раньше таблицы сборников ГЭСН содержали полный перечень состава работ и операций. Если работа относилась не ко всем нормам таблицы, то указывались номера граф, к которым она относилась. В уточненной редакции сборников ГЭСН удобно видеть подробное описание технологии и состава работ, подлежащих выполнению, для каждой графы, что позволяет избежать споров между заказчиком и подрядчиком. Это является одним из достоинств уточненной редакции сборников ГЭСН.

В Республике Татарстан введение в действие территориальных единичных расценок уточненной редакции ТЕР-2001 проходило достаточно плавно. В письме Министерства строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства Республики Татарстан № 01-09-1215 от 11 февраля 2010 года был разъяснен порядок перехода к работе в 2010 году по новой уточненной редакции ТЕР-2001 Республики Татарстан. Согласно этому письму определение сметной стоимости объектов капитального строительства, строительство которых финансируется с привлечением средств федерального бюджета с 1 января 2010 г., осуществляется по сметным нормативам, вошедшим в Реестр нормативов в области сметного нормирования и ценообразования в сфере градостроительной деятельности, действующий на территории Российской Федерации.

Сметная стоимость объектов капитального строительства, разработанная по ТЕР-2001 РТ в редакции 2001-2007 гг., прошедшая государственную экспертизу до 31.12.2009 г., обязательному пересчету не подлежит. В тех случаях, когда производится расконсервация строительства и его остаточная стоимость составляет более 50 % от сметной, остаток сметной стоимости подлежит пересчету по нормативам уточненной редакции ТЕР-2001 РТ.

Одной из мер по совершенствованию системы сметных нормативов является создание укрупненных сметных нормативов, а также показателей сметной стоимости конструктивных решений, что позволило бы определять стоимость строительства объектов на стадиях проектирования и планирования. Договорная цена между заказчиком и подрядчиком должна остаться

именно договорной, а роль государства при формировании договорных цен должна заключаться в обосновании современной политики ценообразования и в грамотной экспертизе сметной документации на строительство. Рекомендуем ввести такую практику для любых объектов строительства, независимо от ведомственной принадлежности и форм финансирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методика определения стоимости строительной продукции на территории Российской Федерации, (МДС 81-35.2004) (Госстрой России). – М., 2004.
2. Письмо Министерства строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства Республики Татарстан от 11 февраля 2010 года № 01-09-1215 «О переходе к новой уточненной редакции ТЕР-2001 Республики Татарстан».
3. Постановление Правительства РФ от 18 мая 2009 г. № 427 «О порядке проведения проверки достоверности определения сметной стоимости объектов капитального строительства, строительство которых финансируется с привлечением средств федерального бюджета».
4. Приказ Министерства регионального развития Российской Федерации от 11 апреля 2008 г. № 44 «Об утверждении порядка разработки и утверждения нормативов в области сметного нормирования и ценообразования в сфере градостроительной деятельности».

УДК 691.33

Загидуллина Г.М. – доктор экономических наук, профессор

Замалиев Э.Ф. – аспирант

E-mail: em_z@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

ОСОБЕННОСТИ ПРОГРАММЫ СОЦИАЛЬНОЙ ИПОТЕКИ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается действующая программа социальной ипотеки Республики Татарстан, раскрыты основные схемы, положения, приведено сравнение с банковской схемой ипотеки, проведен анализ работы программы на перспективу.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: социальная ипотека, инвестиции, источники финансирования.

Zagidullina G.M. – doctor of economical sciences, professor

Zamaliyev E.F. – post-graduate student

Kazan State University of Architecture and Engineering

FEATURES OF THE PROGRAM OF THE SOCIAL MORTGAGE OF REPUBLIC TATARSTAN

ABSTRACT

In article considered the operating program of a social mortgage of Republic Tatarstan, the basic schemes, positions are opened, comparison with the bank scheme of a mortgage is resulted, the analysis of work of the program on prospect is carried out.

KEYWORDS: social mortgage, investments, financing sources.

Накопленный опыт и успешные итоги ликвидации ветхого жилья подготовили базу для дальнейшего развития жилищного строительства и реализации нового республиканского проекта – социальной ипотеки. 27 декабря 2004 года принят Закон Республики Татарстан № 69-ЗРТ «О государственной поддержке жилищного строительства в Республике Татарстан». Государственный внебюджетный жилищный фонд при Президенте Республики Татарстан преобразован в некоммерческую организацию «Государственный жилищный фонд при Президенте Республики Татарстан» (ГЖФ), не имеющую членства и не ставящую своей целью извлечение прибыли.

Основным направлением деятельности фонда является реализация жилищных программ, принятых Правительством Российской Федерации, органами государственной власти Республики Татарстан и органами местного самоуправления, а также реализация жилья населению Республики Татарстан на принципах социальной ипотеки, ипотечного кредитования граждан и юридических лиц. Фонд инвестирует средства в строительство жилых домов, объекты социальной, инженерной инфраструктуры и благоустройство, выступает заказчиком, застройщиком строящихся и реконструируемых объектов, имеет право приобретать и реализовывать в установленном порядке жилые объекты в соответствии с целями деятельности фонда – развитие жилищного строительства и обеспечение доступным жильем населения республики, в том числе молодых семей.

Действие Программы социальной ипотеки запланировано на долгосрочную перспективу – до 2019 года, плановый объем инвестиций программы определен в размере 244 519 млн. рублей. Предусмотрено увеличение объема вводимого жилья до 1 млн. кв. м. в год к 2010 году. По состоянию на 01.11.2008 года активы фонда составляют 39 066,8 млн. рублей. При низких доходах отдельных категорий граждан и в отсутствие их уверенности в стабильности финансовых институтов программа способна в короткие сроки привлечь в реальный сектор экономики средства населения, отложенные на улучшение жилищных условий. Аккумулируя и вкладывая их в широкомасштабное строительство, программа дает уникальный способ решения жилищной проблемы значительной части населения. Реализуется программа при тесном взаимодействии Фонда с органами власти. Правительством республики утверждены нормативные акты, определяющие механизм взаимодействия участников программы, порядок постановки на учет граждан, нуждающихся в улучшении жилищных условий,

порядок предоставления жилья. Ежегодно утверждаются целевые программы «Обеспечение жильем граждан в Республике Татарстан по социальной ипотеке».

Опыт работы Государственного жилищного фонда при Президенте Республики Татарстан сначала по реализации Программы ликвидации ветхого жилья, а в 2005-2010 гг. – Программы социальной «ипотеки», позволил фонду плавно интегрироваться в реализацию Национального проекта «Доступное и комфортное жилье – гражданам России». В рамках федеральной целевой программы «Жилище» фонд реализует подпрограммы «Обеспечение жильем молодых семей», «Обеспечение земельных участков коммунальной инфраструктурой», «Обеспечение жильем семей молодых специалистов на селе» в рамках программы «Развитие агропромышленного комплекса», а также подпрограмму «Выполнение государственных обязательств по обеспечению жильем отдельных категорий граждан».

Республика, опираясь на внутренние резервы, нашла механизмы, при которых способна решать жилищную проблему более доступными средствами, нежели это делается сегодня в целом по Российской Федерации. Однако прежде чем программа заработала, над ней трудились почти два года. Еще в 2003 году, когда другая программа Республики Татарстан – «ликвидации ветхого жилья» – верно двигалась к своему завершению, а желающих улучшить свои жилищные условия меньше не становилось, Президент дал поручение соответствующим службам проанализировать возможности предоставления жителям республики ипотечного жилья. Почти год различные министерства и ведомства детально изучали вопрос, разрабатывали необходимые документы, центром ответственности стала специально созданная республиканская комиссия. Прделанная ими работа явилась результатом того, что весной 2004 года в нескольких городах в порядке эксперимента был запущен механизм социальной ипотеки. Сначала ссуды выдавались на 3-5 лет, и лишь к концу 2005 года были оформлены первые документы, согласно которым за ипотечное жилье можно рассчитываться в течение 15-20 лет.

При разработке программы социальной ипотеки удалось сохранить такой важный компонент, как системность застройки – в рамках программы предусматривается разработка генеральных планов. Тем самым республике удалось решить одну из самых болезненных проблем всего российского строительного комплекса – вопрос развития инженерных коммуникаций. Появляются сетевые компании, определяются способ их работы и схема привлечения капитала без ущерба для тех, кто ведет непосредственно строительство объектов. То есть, бизнес разделяется на сетевой и жилищный. Одно это влечет за собой снижение стоимости самого строительства примерно на 18 процентов. В целом за счет мероприятий, связанных с планировочными решениями и очередностью застройки, оптимизации размещения всех объектов удастся получить не менее 20 процентов экономии. Снижает себестоимость и то, что применение находят лишь проекты, наиболее эффективные с точки зрения планировочных решений.

Развитие инженерных коммуникаций ведется сетевыми компаниями за счет средств Государственного жилищного фонда взамен акций «Татэнерго». Акции накапливаются, затем реализуются на рынке, позволяя получить дополнительные средства на развитие социальной ипотеки.

Схема социальной ипотеки РТ проработана таким образом, что в ней отсутствуют некоторые структуры, традиционно имеющиеся в классической ипотеке. Между гражданином и коммерческим жильем стоит Государственный жилищный фонд – некоммерческая организация, которая решает многие вопросы, не ставя целью извлечение прибыли. Поэтому разрыв между реальной себестоимостью жилья и ценами на него минимален. Из программы, например, исключен банк со своими доходами как финансовый, кредитный центр, источник ресурсов. Он является только инструментом, который осуществляет услуги в виде расчетов. Нет необходимости и в услугах страховых компаний, поскольку жилье остается собственностью фонда до тех пор, пока за него не будет выплачена полная стоимость. Речь может идти только об общей страховке имущества, но это совершенно другие и риски, и цели. Практически не нуждается фонд и в услугах нотариальных контор. Значительно оптимизированы расходы, связанные с регистрацией.

Все это значительно снижает общие расходы – по сравнению с классической, социальная ипотека при среднем сроке кредита 15 лет обойдется жителям Татарстана на треть дешевле.

Сравнительный анализ графика платежей по социальной и банковской ипотеке (рис. 1).

Условия		Социальная ипотека	Банковская ипотека
Цена 1 кв. м		16000 руб.	35000 руб.
Площадь квартиры		54 кв. м	54 кв. м
Начальная стоимость квартиры		864000 руб.	1 890000 руб.
Процент первоначального взноса		15,4 %	15,4 %
Сумма первоначального взноса		133056 руб.	291060 руб.
Срок рассрочки	В годах	15	15
	В месяцах	180	180
Процентная ставка		7 %	13,5 %
Ежегодная ставка страхования		0 %	0,8 %
Налог на имущество		0 %	1,0 %

Срок платежа	Социальная ипотека	Банковская ипотека
За первый месяц	4 327,95	20 759,33
Через 12 месяцев	4 601,12	20 759,33
Через 24 месяца	4 920,21	20 759,33
Через 36 месяцев	5 262,86	20 759,33
Через 48 месяцев	5 630,76	20 759,33
Через 60 месяцев	6 025,74	20 759,33
Через 72 месяца	6 449,76	20 759,33
Через 84 месяцев	6 904,91	20 759,33
Через 96 месяцев	7 393,45	20 759,33
Через 108 месяцев	7 917,79	20 759,33
Через 120 месяцев	8 480,52	20 759,33
Через 132 месяца	9 084, 42	20 759,33
Через 144 месяца	9 732,45	20 759,33
Через 156 месяцев	10 472,82	20 759,33
Через 168 месяцев	11 173,94	20 759,33
Через 180 месяцев	11 974,48	20 759,33
Общая стоимость	1 482092,39	4 253276,61
Экономия средств на оплату квартиры	2 771184,22	-
Коэффициент снижения платежей по социальной ипотеке	2,87	-

Рис. 1. Сравнительный анализ графика платежей

Жилищный вопрос во все времена оставался одним из самых трудноразрешаемых. В современных же условиях, когда бесплатного жилья уже нет, а купить заветную квартиру по рыночным ценам может далеко не каждый, он звучит с особой остротой. Татарстанскую Программу социальной ипотеки в этой связи можно назвать народной – ее участником может стать любой городской житель республики, имеющий менее 18 квадратных метров жилья, и сельский, располагающий менее 21,2 квадратного метра жилой площади на человека. В этом же ряду и те, кто имеет жилье большей площади, но не обеспеченное при этом соответствующими услугами (например, газом или централизованным отоплением).

Программа позволяет приобрести квартиру даже тем, у кого нет средств на первоначальный взнос. Все нуждающиеся в улучшении жилищных условий в рамках социальной ипотеки делятся на три группы. Это работники предприятий, бюджетники и малообеспеченная часть населения. Сегодня определено, что 10 процентов ипотечного жилья будет предоставляться именно последней категории. Эти люди вряд ли будут в состоянии заплатить первоначальный взнос, весьма сомнительно даже, что они вообще смогут оплачивать ипотеку. 45 процентов квартир будет предоставляться работникам предприятий, столько же – бюджетникам.

Одно из главных и неоспоримых достоинств социальной ипотеки – процентная ставка, действующая при расчетах за жилье. Она составляет всего 7 процентов годовых – ровно на столько будут ежегодно дорожать еще не оплаченные квадратные метры квартиры, в которой участники программы уже будут жить. Максимальный срок, в течение которого можно будет рассчитываться за жилье, – 28,5 лет.

В рамках Программы социальной ипотеки применено еще одно новшество. Любая семья, приобретая квартиру по данной схеме, получает право на бесплатные метры жилья в случае рождения ребенка. Ей будет безвозмездно выплачиваться субсидия в размере 200 тыс. рублей на погашение ссуды за примерно 18 квадратных метров, которые оформят на ребенка, и он станет их собственником, достигнув совершеннолетия. Если во время погашения ссуды родится еще один ребенок, семья получит следующие 200 тыс. рублей, т.е. 18 квадратных метров бесплатно. Таким образом, республика намерена решить еще одну проблему – улучшить демографическую ситуацию.

По своему размаху Программа социальной ипотеки превосходит завершенную ранее Программу ликвидации ветхого жилья. Если в рамках последней даже в самые лучшие годы сдавалось порядка 4,5-5 тысяч квартир, то в 2005 году по программе социальной ипотеки удалось построить 6 тысяч квартир, в 2006 году – 7,5 тысяч, в 2007 году – 8,9 тысяч, в 2008 году – 10,3 тысяч квартир. В последующем республика намерена увеличить строительство квартир по программе до 10 тысяч и более.

Сегодня республика в неограниченном количестве получает предложения, связанные с предоставлением финансовых ресурсов под Программу социальной ипотеки. Причем, достаточно серьезно к Татарстану приглядываются иностранные инвесторы. Немалую роль здесь играют надежность ипотечной схемы и благоприятный инвестиционный климат в республике. Самый большой интерес к татарстанской социальной ипотеке проявляют европейские государства – Германия, Франция, Англия. Безусловно, привлекательна она и для внутреннего рынка. Достаточно активно пытаются найти себя в этой системе негосударственные пенсионные фонды, страховые компании.

Только в нынешнем году Татарстан планирует вложить в реализацию Программы социальной ипотеки более 7,5 миллиардов рублей. Их предполагается потратить на достройку ранее начатых жилых домов, развитие инженерной инфраструктуры под будущее строительство, возведение самого жилья, а также на проектирование зданий и сооружений. Это не разовая кампания, а долгосрочная программа, и она будет развиваться. В следующем году планируется увеличить общую сумму инвестиций в проект до 11 миллиардов рублей.

Увеличение объемов инвестиций, направленных на строительство, до 9,4 миллиардов рублей в 2009 году (рис. 2) привело к увеличению объемов строительства с 330 тыс. кв.м. до 853 тыс. кв.м. (рис. 3).



Рис. 2. Динамика объема инвестиций, направленных на жилищное строительство (млн. руб.)

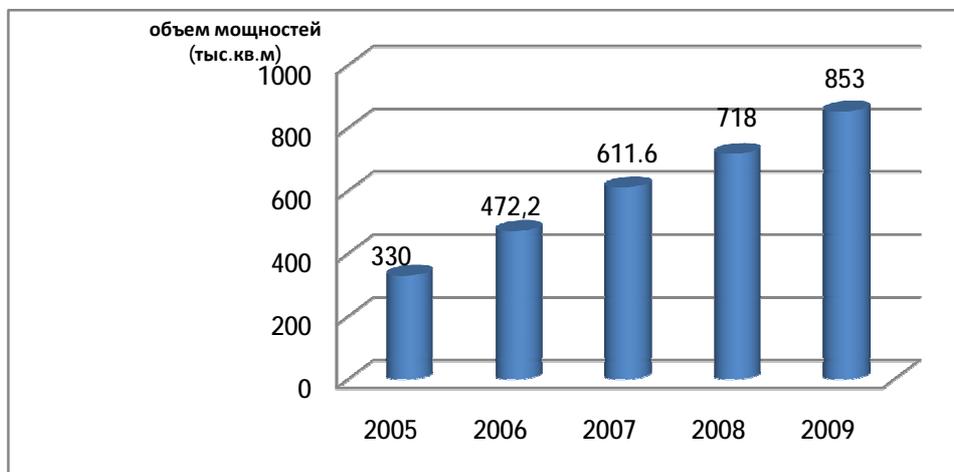


Рис. 3. Динамика объемов строительства по Программам, финансируемым Государственным жилищным фондом при Президенте Республики Татарстан

Денежные средства на программу Государственный жилищный фонд намерен привлекать из нескольких источников. Это платежи предприятий и организаций, которые в этом году оцениваются примерно в 3 миллиарда рублей, порядка 1 миллиарда 400 миллионов рублей составят первичные взносы населения, какая-то часть придется на текущие платежи. Определенные активы, которые также будут использоваться в процессе реализации программы, накоплены у самого фонда.

Сегодня формирование источников финансирования Государственного жилищного фонда, направленных на выполнение программы социальной ипотеки, происходит по нескольким источникам:

- средства предприятий;
- средства участников ипотеки.

При равном ежегодном финансировании предприятиями, составляющем 85 % от всех средств, через 15 лет средства предприятий составят 1/3 всех средств, а средства участников ипотеки с 595 тыс. рублей (14,7 %) вырастут до 8,068 млн. рублей (70,7 %) и общий объем средств до 11,4 млн. рублей (рис. 4).



Рис. 4

При 10-летнем стабильном вложении средств на уровне 3434 тыс. руб. предприятиями можно уменьшить размер их вложений. Это не приведет к уменьшению общего количества средств (рис. 5).



Рис. 5

Такая раскладка средств обеспечит объем ввода жилья через 10 лет – 1 млн. кв. м. в год, через 15 лет – 1225 тыс. кв.м. в год (рис. 6).

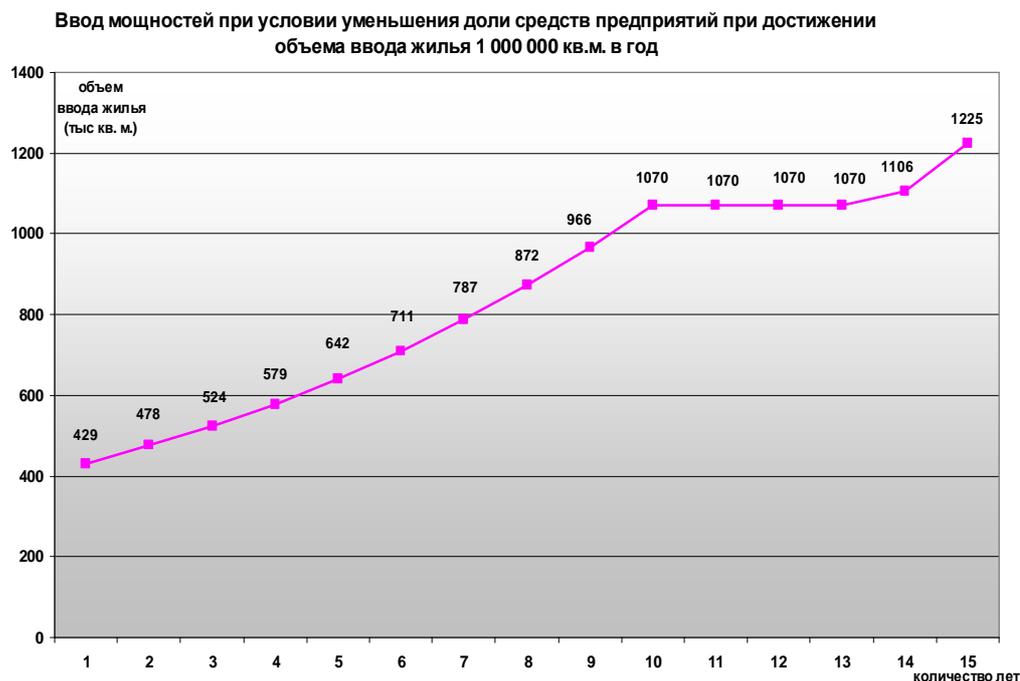


Рис. 6

Проведенный анализ показывает перспективность программы социальной ипотеки Республики Татарстан, путей формирования источников финансирования, её долгосрочный характер.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Постановление Кабинета Министров Республики Татарстан от 23 декабря 2002 г. № 731 «Концепция развития ипотеки и поддержки жилищного строительства РТ».
2. Постановление Кабинета Министров Республики Татарстан от 15 апреля 2005 г. № 188 «О порядке реализации жилья по социальной ипотеке».
3. Постановление Кабинета Министров Республики Татарстан от 15 апреля 2005 г. № 189 «О порядке зачета стоимости находящегося в собственности граждан жилых помещений при приобретении ими нового жилья по социальной ипотеке Республики Татарстан».
4. Постановление Кабинета Министров Республики Татарстан от 15 апреля 2005 г. № 190 «Об утверждении правил и порядка постановки на учет нуждающихся в улучшении жилищных условий в системе социальной ипотеки в Республике Татарстан».
5. Цылигина Г.А. Ипотека: жилье в кредит. – М.: Финансы и статистика, 2005. – 170 с.
6. Косарева П.Б., Страйк Р. Жилищное ипотечное кредитование в условиях современной России // Деньги и кредит, 2007, № 8.

УДК 332.146

Романова А.И. – доктор экономических наук, профессор

E-mail: aisofi@kgasu.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

ИНВЕСТИЦИОННОЕ СТИМУЛИРОВАНИЕ РЫНКА СТРОИТЕЛЬНЫХ УСЛУГ

АННОТАЦИЯ

Мировой экономический кризис наглядно продемонстрировал деструктивное свойство безудержного роста спекулятивной составляющей цены конечной продукции, в частности, на рынке строительных услуг. Опасность безудержного роста заключается в том, что этот процесс создает очевидную угрозу для экономики всей страны, так как после «обрушения» рынка жилья запускается процесс массового невозврата заемных средств. В свою очередь, это приводит к тому, что кредитные учреждения начинают нести колоссальные убытки в силу отсутствия возможности реализации отчужденного залогового имущества по первоначальной цене. В результате кредитным учреждениям ничего не остается, как запускать процесс радикального ужесточения требований к новым заемщикам, а иногда и «старым». Однако подобного рода политика сама по себе провоцирует снижение активности на рынке жилья, что приводит к очередному витку снижения цен и росту спекулятивной составляющей.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: экономический кризис, спекулятивная составляющая, инвестиционное стимулирование.

Romanova A.I. – doctor of economics, professor

Kazan State University of Architecture and Engineering

INVESTMENT STIMULATION OF THE MARKET OF BUILDING SERVICES

ABSTRACT

The world economic crisis has visually shown destructive property of impetuous growth of the speculative making price of end production, in particular, in the market of building services. Danger of impetuous growth consists that this process creates obvious threat for economy of all country as after «collapse» of the market of habitation process of a mass non-return of extra means is started. In turn, it leads to that credit institutions start to incur enormous losses owing to absence of possibility of realization of aloof mortgaging property at the initial price. As a result, to credit institutions remains nothing how to start process of radical toughening of requirements to new borrowers, and sometimes and «old». However this sort of policy in itself provokes activity decrease in the habitation market that leads to the next coil of reduction of prices and growth of a speculative component.

KEYWORDS: an economic crisis, a speculative component, investment stimulation.

Одним из действенных мер по стимулированию жилищного строительства и увеличению инвестиционной активности, в дополнение к предлагаемым на уровне правительства, как в период экономического кризиса, так и в последующие этапы экономического становления может стать привлечение дополнительных средств за счет сбережений граждан путем создания строительных сберегательных касс, например, по аналогии с Германией.

Этот шаг послужит не только новым дополнительным источником финансирования объемов жилищного строительства, но и хорошим «предохранителем» от роста непроизводительной компоненты затрат в строительстве, что обычно является причиной спекулятивного роста конечной стоимости продукции, в нашем случае – жилья.

Опасность неукротимого роста спекулятивной составляющей цены заключается в том, что это создает очевидную угрозу для экономики всей страны, так как после «обрушения» рынка жилья, а история не раз доказывала, что процесс безудержного роста стоимости имеет свои логически обоснованные пределы, запускается процесс массового невозврата заемных средств. В свою очередь, это приводит к тому, что кредитные учреждения начинают нести колоссальные убытки в силу отсутствия возможности реализации отчужденного залогового имущества по первоначальной цене. В

результате кредитным учреждениям ничего не остается, как запускать процесс радикального ужесточения требований к новым заемщикам, а иногда и «старым». Однако подобного рода политика сама по себе провоцирует снижение активности на рынке жилья, что приводит к очередному витку снижения цен. В дополнение, большинство кредитных учреждений начинает сталкиваться с проблемами невозможности кредитования предприятий прочих секторов экономики в прежних объемах. Это порождает проблемы уже во всей экономике. С теоретической точки зрения, процесс может развиваться по «спиралеобразной» траектории до бесконечности.

В этой связи предлагаем [1] расчет индикативных показателей, отражающих наличие и возможную предельную величину спекулятивной составляющей цены жилой недвижимости, которые могут быть использованы в ходе разработки и реализации целевых программ развития жилищного строительства в условиях экономического роста и спада страны.

По результатам анализа развития зарубежных рынков жилой недвижимости [2, 3] нам видится, что при отсутствии серьезных качественных скачков развития строительной отрасли в практической плоскости, носящих фундаментальный характер, наиболее оптимальная величина соотношения общей стоимости жилого фонда к ВВП страны ($St_{ж}/ВВП$) будет находиться в диапазоне 0,8-1:

$$\frac{St_{ж(всего)}}{ВВП} = 0,8 - 1.$$

Зная такие показатели, как численность населения страны ($Ч$), количество жилья, приходящегося на 1-го жителя страны ($V_{ж(чел.)}$), а также ВВП страны ($ВВП$), представляется возможным вычислить среднюю стоимость кв.м. жилой недвижимости в условиях практического отсутствия спекулятивной составляющей ($St_{ж(кв.м.)}$):

$$St_{ж(кв.м.)} = \frac{(1 - 0,8) * ВВП}{Ч * V_{ж(чел.)}}.$$

С учетом корректировки на экономически обоснованный износ жилого фонда ($\approx 40\%$), стоимость квадратного метра в новом жилом фонде ($St_{ж(кв.м., нов)}$):

$$St_{ж(кв.м., нов)} = \frac{St_{ж(кв.м.)}}{(1 - 0,4)}.$$

По итогам расчетов $St_{ж(кв.м., нов)}$ составит 14 440,3 – 18 050,5 руб/кв.м.

Оптимальное значение индекса доступности жилья, при котором практически отсутствует спекулятивная составляющая ($И_{дж}$), по итогам расчетов составит 2,6-3,2. Расчетный $И_{дж}$ должен быть несколько меньше официального, считающегося оптимальным ($И_{дж} = 3,2$) и используемого в качестве индикатора эффективности реализации национального проекта «Доступное и комфортное жилье – гражданам России».

В результате, по нашему мнению, все программы жилищного обновления страны должны использовать предложенные скорректированные значения доступности жилья в качестве одного из главных индикаторов экономической эффективности реализации поставленных задач, где отклонение от этого индикатора может трактоваться как высокая вероятность возникновения спекулятивной составляющей в цене продукции. Можно отметить также, что исторически по мере прохождения волн спекулятивного роста стоимости жилья индекс доступности жилья имеет тенденцию к поступательному увеличению, при этом увеличивается амплитуда колебаний, в этой связи целесообразна перспективная шкала диагностирования уровня угроз для экономики страны в связи с ростом спекулятивной инвестиционной составляющей в стоимости жилья (табл.).

Таблица

Шкала индекса доступности жилья ($И_{дж}$)

Индекс доступности жилья ($И_{дж}$):	Невысокая степень угрозы	Средняя степень угрозы	Критическая степень угрозы
текущая шкала	2,6-3,2	3,2-4,2	4,2-5,1
перспективная шкала	2,9-3,5	3,5-4,5	4,5-5,8

В качестве отправной точки расчетов предлагаем использовать следующие значения превышения общей стоимости жилья над общим объемом ВВП:

1) текущая шкала:

- а) 0,8-1,0 – *невысокая степень угрозы;*
- б) 1,0-1,3 – *средняя степень угрозы;*
- в) 1,3-1,6 – *критическая степень угрозы.*

2) перспективная шкала:

- а) 0,9-1,1 – *невысокая степень угрозы;*
- б) 1,1-1,4 – *средняя степень угрозы;*
- в) 1,4-1,8 – *критическая степень угрозы.*

Изменения нижних и верхних значений перспективной шкалы обусловлены наличием исторически сложившегося поступательного увеличения доступности жилья с четко обозначенным превышением верхней части над нижней. Превышение $I_{дк}$ критического уровня будет означать переход рынка недвижимости в неуправляемое состояние инвестиционного обрушения.

Основные действия по оптимизации инвестиционной деятельности строительного комплекса состоят в следующем [1]:

- 1) господдержка банковской системы осуществляется при соглашении выполнения банками определенных условий кредитования населения и фирм;
- 2) выдача ипотечных кредитов согласно условиям, поставленным государством (оптимальные требования: ставка 14-15 %, срок выдачи 25-30 лет);
- 3) восстановление кредитных линий строительных фирм, снижение ставок по кредитам до уровня начала 2008 года;
- 4) осуществление господдержки при создании стройсберкасс;
- 5) привлечение денежных средств населения в стройсберкассы;
- 6) привлечение бюджетных средств в развитие инфраструктурных проектов;
- 7) дополнительное привлечение бюджетных средств на поддержку жилищного строительства.

Стоит отметить, что повышение доступности банковского кредитования для предприятий предусмотрено Правительством РФ в рамках антикризисных мер, но конкретно не прописаны требования к банкам, получающим государственную поддержку. Таким образом, данный механизм воздействия государства на банковскую систему в настоящее время практически не работает.

Что же касается дальнейших тенденций развития рынка ипотеки, на ближайшие годы хорошую перспективу имеют жилищные накопительные схемы. Это жилищно-накопительные вклады, строительные сберегательные кассы и кредитные кооперативы, которые могут стать альтернативой ипотечному кредитованию. В 2009-2010 годах рынок ждет масштабная консолидация. Среди участников ипотечного рынка будут происходить сделки по слиянию и поглощению с целью укрупнения бизнеса.

Известно, что в России в 2004 году формировался пакет документов, нацеленных на ускорение жилищного строительства, в то время закон о стройсберкассах в данный пакет документов не попал. Причиной этому послужило мнение, что правильно выстроенная система ипотечного кредитования сможет решить все проблемы.

В условиях современного кризиса ко многим экспертам начинает приходить понимание того, что для нормальной и устойчивой инвестиционной деятельности одних ипотечных механизмов явно недостаточно. А в рамках наступившего кризиса данная проблема встает особенно остро.

При этом, с нашей точки зрения, американская ипотечная схема кредитования изначально является порочной в силу заложенных механизмов стимулирования излишнего инвестиционного спроса на такой социально важный для любой страны продукт, как жилье. Но в силу невозможности одномоментного отказа от данной схемы, она может быть использована с определенными ограничениями в переходных моделях.

В результате очевидной становится необходимость других способов мобилизации средств для кредитования и жилищного строительства. Одним из таких способов может выступить система строительных сбережений. Благодаря такой системе будущие собственники жилья будут кредитоваться из средств, накопленных ими же, а также к данным средствам будет прибавлена государственная премия. Во многих странах практика целевых жилищных накоплений осуществляется в специализированных сберегательных институтах, таких как строительно-сберегательные кассы.

Принцип работы стройсберкасс довольно прост: договор вкладчика предусматривает внесение в течение оговоренного срока (от 2 до 7 лет) денежных средств фиксированного объема. После того, как накопленная вкладчиком сумма будет составлять 30-50 % от стоимости приобретаемой квартиры, вкладчик получает возможность на получение кредита в сумме, необходимой для данной покупки. Кредиты могут предоставляться на срок 7-15 лет. Замкнутая система денежных потоков стройсберкасс позволяет установить относительно низкие процентные ставки, независимые от колебаний рынка, как относительно вкладов, так и относительно кредитов.

Стоит подчеркнуть, что стройсберкассы и ипотечная кредитная система в переходных моделях не являются конкурентами, и они могут эффективно дополнять друг друга. Такую схему можно представить как «стройсберкасса + ипотека»: 30-40 % от стоимости квартиры гражданин накапливает в стройсберкассе, ссуда от стройсберкассы составляет примерно столько же, остаток в 20-40 % финансирует банк за счет ипотечного кредита. В такой ситуации банк получает клиента с хорошей кредитной историей, которая сформировалась в течение всего срока накопления средств в стройсберкассе.

Положительным является тот факт, что накопления через систему стройсберкасс обеспечивают приход на рынок ипотеки низшего сегмента среднего класса, представители которого в настоящее время практически не могут получать ипотечные кредиты. Следует заметить, что система строительных сбережений дает возможность сравнительно быстро накопить средства для первоначального взноса при обращении в банк за ипотечным кредитом, а также данная система лучше всего подходит для реальных российских условий, где присутствует значительная теневая составляющая в доходах населения. Также данная система посредством предоставления государственных премий может стимулировать накопление собственного капитала в жилищном строительстве. Размер государственной премии должен достигать максимальных значений на первоначальной стадии внедрения строительных сбережений, а по мере развития данной системы и в процессе увеличения числа участников и объемов накопленных средств размер господдержки будет уменьшаться. Также следует определить предельный размер ежегодных накоплений, на которые будет начисляться государственная премия. На первом этапе создания системы строительных сбережений процент предоставления государственных премий должен быть существенным. Но начинать с 40 % не является целесообразным. Оптимальным вариантом является меньшая премия, но распространяемая на больший объем накоплений. Такой подход должен иметь стимулирующее значение с учетом сформировавшихся высоких цен на недвижимость. Таким образом, целесообразным будет принять процент государственной премии в пределах 20 %.

Кроме всего прочего, в систему строительных сбережений могут эффективно встраиваться такие формы государственной поддержки, как накопительно-ипотечные системы для военнослужащих, использование жилищных сертификатов, программы по предоставлению жилья молодым семьям, сертификаты на использование материнского капитала и другие. Выделение таких средств через систему строительных сбережений может удваивать данные средства, благодаря предоставлению кредита на эквивалентную сумму.

Еще одним шагом по преодолению кризиса может стать привлечение бюджетных средств в развитие инфраструктурных проектов. За счет масштабных инвестиций в инфраструктурные проекты возможно создание большого количества новых рабочих мест, что особенно актуально в рамках кризиса. Также развитие инфраструктурных проектов может выступить как механизм поддержки строительных фирм и экономики в целом.

В свою очередь, необходимо понимать, что причиной текущего мирового экономического кризиса, а также предыдущих стало чрезмерное кредитное стимулирование роста экономики путем экономически необоснованного и чрезмерного снижения процентной ставки, в особенности в ряде отраслей, в первую очередь на рынке жилой недвижимости. При этом целевым ориентиром было увеличение конечного спроса в ущерб предложению, что в итоге привело к возникновению инфляции спроса, когда искусственно стимулируемый избыток спроса приводил к завышению цен на производимую продукцию.

В России это проявилось не только тенденцией по активному стимулированию развития ипотечного кредитования, но и перетоком избыточного спроса из ряда других отраслей, сформированного в результате благоприятной внешней макроэкономической конъюнктуры и отсутствия надежных источников его приложения, при одновременном значительном отставании роста производительности труда от темпов увеличения доходов населения, что породило скачкообразное увеличение стоимости жилья, по большей части обусловленное значительным и

экономически необоснованным увеличением доли непроизводительных затрат в себестоимости продукции.

Следует в той или иной степени согласиться с мнением Л. Мизеса, одного из основоположников австрийской школы экономики, в отношении того, что «по этому вопросу существует ошибочная точка зрения, широко разделяемая политиками, представителями бизнеса, прессой и публикой. Она состоит в том, что желательной целью экономической политики является уменьшение процентной ставки, доведение ее до уровня ниже того, который сложился бы на свободном рынке. Считается, что самым простым способом обеспечить указанное снижение является расширение банковского кредита» [4]. Неоднократно отмечено, как под влиянием этой точки зрения правительствами многих зарубежных стран вновь и вновь предпринимались попытки вызвать экономический подъем, предоставляя дополнительные ссуды.

На начальных этапах результат такой кредитной экспансии соответствовал заявленным ожиданиям правительства. Экономика страны шла на подъем, рыночные субъекты возрождались к жизни. В то же самое время, стимулирующий эффект кредитной экспансии не длился бесконечно долго. Рано или поздно экономический «бум», созданный такой политикой, заканчивался «коллапсом», приводя к серьезным социально-экономическим потрясениям.

Действительно, разумно предположить, что при процентной ставке, которая складывается на рынке без дополнительного кредита, создаваемого банковской эмиссией, в некоторое конкретно определенное время t доступным будет жилье только для семей с уровнем доходов, достаточным для последующего обслуживания кредита (подразумевается привлечение заемных средств, в дополнение к уже имеющимся, с целью приобретения жилья). Пусть теперь ставка понижена путем кредитной экспансии. В результате те семьи, которые не входили в данную категорию при рыночной ставке, войдут в нее при ставке, искусственно заниженной. При снижении ставки против рыночного уровня появляется возможность кредитовать ту категорию семей, для которых бремя кредитных выплат было бы разорительным при естественной ставке кредита. После снижения процентной ставки реализация именно таких начинаний, собственно, и выливается в экономический «бум».

Но не стоит забывать, экономика недостаточно богата, чтобы всецело поддержать экономический «бум» – в ней нет свободных ресурсов, необходимых для бесконечного стимулирования. Необходимые ресурсы должны быть изъяты у других субъектов экономики, тем самым способствуя росту одного сегмента экономики в ущерб другому.

Как отмечает Л. Мизес, «кредитная экспансия не в состоянии увеличить предложение реальных благ. Она, скорее, способствует их перераспределению. Она отклоняет капитальные вложения от тех направлений, которые предписываются наличным состоянием общественного богатства и рыночными условиями. В итоге экономический подъем не имеет под собой достаточно твердого основания. Он представляет собой, так сказать, иллюзорное процветание, поскольку не является следствием увеличения общественного богатства. Наоборот, подъем начинается именно вследствие того, что кредитная экспансия создала иллюзию этого увеличения. Рано или поздно становится очевидным, что небоскреб «экономического процветания» возведен на песке».

Также небезосновательно мнение Л. Мизеса относительно того, что «кредитная экспансия прерывается под действием двух обстоятельств – во-первых, из-за ситуации, которая складывается в сфере международной торговли, и, во-вторых, вследствие наличия опыта предыдущих кризисов. Этот опыт, как правило, рано или поздно воплощается в нормах национального законодательства, накладывающих ограничения на право центрального банка эмитировать банкноты и выдавать кредиты. В любом из этих случаев политике кредитной экспансии должен быть положен конец – если не раньше, вследствие изменения политики частных банков, то позже – вследствие того, что события приобретают катастрофический характер. Чем раньше будет прекращена кредитная экспансия, тем меньший ущерб будет нанесен стимулированием деловой активности в неверном направлении, тем более мягким является кризис и тем короче будет период общей депрессии и экономической стагнации».

С другой стороны, резкое прекращение кредитной экспансии, как было отмечено выше, грозит экономическим коллапсом. С нашей точки зрения, в период развития экономического кризиса снижение объемов кредитной экспансии, осуществляемой в соответствии с принципами экономики докризисного периода, должно происходить постепенно в управляемом русле, при этом на некоторых промежутках времени даже возможен обратный процесс. Одновременно должны меняться принципы кредитной экспансии.

Таким образом, в рамках реализации национального жилищного приоритета процесс кредитной экспансии должен происходить следующим образом:

- 1) необходимо стимулировать предложение, а не конечный спрос;
- 2) в рамках стимулирования предложения необходимо наладить механизмы по стимулированию снижения непроизводительной компоненты затрат;
- 3) в рамках стимулирования предложения необходимо отдавать предпочтение проектам, предполагающим применение экономически обоснованных комплексных инновационных решений.

В генерировании процесса «искусственного» торможения снижения цен на жилье, т.е. снижении непроизводительной (спекулятивной) компоненты до разумных пределов, несомненно, есть свои положительные и отрицательные моменты. В разряд отрицательных можно отнести тот факт, что в случае существенного снижения цен произойдет переоценка имущественного залогового обеспечения банками с последующим требованием к его увеличению. Данный шаг может привести к банкротству ряда физических и юридических лиц (заемщиков), но не к полному коллапсу рынка жилищного строительства. В свою очередь, к коллапсу с некоторым временным лагом может привести ситуация искусственного сохранения статус-кво ввиду стремительно увеличивающегося дисбаланса спроса и предложения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Галимов Н.Р. Совершенствование методов государственного регулирования инвестиционной деятельности в условиях преодоления экономического кризиса (на примере реализации национального жилищного приоритета в Республике Татарстан, науч. рук. Романова А.И.). // Дисс...к.э.н...08.00.05. – Казань, 2009. – 152 с.
2. Alan G. Ahearne, John Ammer, Brian M. Doyle, Linda S. Kole, Robert F. Martin. House Prices and Monetary Policy: A Cross-Country Study // Board of Governors of the Federal Reserve System. International Finance Discussion Papers. № 841, 2005. – P. 43-45.
3. URL: http://www.urbanecomomics.ru/projects/?mat_id=228&page_id=505.
4. Людвиг фон Мизес. Экономический кризис и его причины (Доклад, подготовленный Л. фон Мизесом для Совета немецких промышленников, был прочитан им на заседании Совета 28 февраля 1931 года). URL: <http://www.sapov.ru/2003/n03-02.htm>.
5. Кейнс Дж. М. Общая теория занятости, процента и денег: Избранное / Пер. с англ. Е.В. Виноградова и др. – М.: Эксмо, 2007. – 957 с.

УДК.338

Сиразетдинов Р.М. – кандидат экономических наук, доцентE-mail: rustem.m.s_1999@mail.ru**Казанский государственный архитектурно-строительный университет****ИННОВАЦИОННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЖИЛИЩНОЙ ПОЛИТИКИ****АННОТАЦИЯ**

Строительная отрасль, как и другие отрасли народного хозяйства, заметно ощутила на себе последствия мирового кризиса. Жилищное строительство находится в состоянии системного кризиса. В настоящее время сложилась благоприятная ситуация для создания и реализации масштабного жилищного проекта, который должен стать инструментом для решения жилищных проблем населения. Необходимо формирование инновационных направлений, которые позволили бы сделать жилье доступным для населения России.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: строительная отрасль, рынок недвижимости, кризис, жилищный проект, доступность жилья, инновационные направления, стратегия развития жилищного строительства.

Sirazetdinov R.M. – candidate of economic sciences, associate professor**Kazan State University of Architecture and Engineering****INNOVATIVE DIRECTIONS OF FORMATION OF THE HOUSING POLICY****ABSTRACT**

The building branch, as well as other branches of a national economy, has considerably felt on itself consequences of world crisis. Housing construction is in a condition of system crisis. At the moment time there was a good situation for creation and realization of the scale housing project which should become the tool for the decision of housing problems of the population. Formation of innovative directions which would allow to make accessible habitation for the population of Russia is necessary.

KEYWORDS: building branch, the real estate market, crisis, the housing project, availability of habitation, innovative directions, strategy of development of housing construction.

Последствия мирового финансового кризиса в настоящее время коснулись всех сфер экономики, в том числе и строительства. На ситуацию, в особенности в секторе жилищного строительства, действует ряд факторов, связанных с последними негативными событиями, в том числе в финансовой сфере, что является серьезной угрозой как для развития стройкомплекса, так и для экономики страны в целом.

Известен факт, что причиной кризиса в США был бум на рынке недвижимости. Рост рынка недвижимости обеспечивался внедрением финансовых новаций. Стабилизация же цен на жилье и их дальнейшее падение породили обвал цен в секторе ипотечных кредитов и далее в финансовом секторе в целом. Следует отметить, что рост цен на рынке недвижимости наблюдался во многих странах. Не подвержены общей тенденции оказались только некоторые страны, такие, как Япония и Германия.

Основным фактором бурного роста цен на рынке недвижимости была легкая доступность и дешевизна денежных ресурсов. Как следствие, наблюдался рост кредитования, в том числе ипотечного. Следует отметить, что наблюдалась серьезная зависимость стран от внешнего финансирования, в частности в банковском секторе. Резкое уменьшение либо прекращение иностранных инвестиций ведет к резкому снижению кредитования экономики. Как следствие, снижение платежеспособности населения и снижение цен на недвижимость. Таким образом, стоимость недвижимости является индикатором, отражающим состояние экономики страны.

Мировой рынок недвижимости все больше распадается на отдельные сегменты, развивающиеся по своим сценариям.

В определенной мере важным видится отслеживание ситуации с американской недвижимостью. Хотя если абстрагироваться от этого, можно сказать, что у российского и

американского рынка недвижимости своя история. Тем не менее, интересным представляется то, что происходит с недвижимостью в Америке. Именно проблемы с американской ипотекой стали отправной точкой мирового финансового кризиса. А также Америка – это самый развитый и большой рынок недвижимости в мировом масштабе. Это говорит о важности проведения анализа и мониторинга на американском рынке недвижимости. Также следует отметить, что российские власти пытаются копировать не европейские, а именно американские подходы к построению рынка жилья, отличительными особенностями которого являются ставка на банковскую ипотеку, построение двухуровневой ипотечной модели с вторичным рынком закладных и либерализация рынка.

В настоящее время оживление на рынке ипотечного кредитования, а следовательно, и незначительный рост на рынке недвижимости обеспечен государственными инвестициями. Россия относится к категории стран, бурно развивающих кредитование.

Основной целью развития рынка недвижимости, в частности жилой недвижимости, является обеспечение населения жильем. В числе первоочередных задач социально-экономического развития Российской Федерации стоит формирование рынка доступного жилья за счет увеличения спроса населения с помощью развития жилищного кредитования при одновременном увеличении объемов жилищного строительства. Данная задача реализуется посредством приоритетного национального проекта «Доступное и комфортное жилье – гражданам России». Основным инструментом ее реализации служит Федеральная программа «Жилище» [1].

Однако сейчас в секторе жилищного строительства наблюдается серьезный дисбаланс между платежеспособным спросом и предложением в сторону спроса, усиленный механизмами реализации национального жилищного проекта, отдающего приоритет государственной поддержке приобретения жилья в собственность на свободном рынке (посредством ипотечного жилищного кредитования, адресных жилищных субсидий на цели приобретения жилья и т.п.). Данное обстоятельство привело к сохранению высокой динамики роста цен. Максимум роста цен пришелся на 2006 г., когда в среднем по России цены на жилье за год выросли на 54 %, а в крупных городах почти в 2 раза.

Нам видится необходимым создание и реализация масштабного жилищного проекта, который должен не только помочь экономике окончательно выйти из кризиса, но и стать инструментом для решения жилищных проблем населения.

Сектор жилищного строительства в России является одним из тех, которые наиболее сильно ощутили на себе влияние мирового финансового кризиса. Наблюдается возрастание инфляции и ужесточение требований по ипотечным кредитам. Таким образом, доступность жилья еще более снизилась даже для обладающего стабильными доходами достаточно узкого слоя населения.

Проблемы возникли также и у девелоперов с кредитованием строительных проектов со стороны банков. В сочетании с увеличивающимися рисками не реализации построенного жилья, возникли серьезные проблемы у профессиональных участников по всей цепочке инвестиционно-строительной деятельности.

Однако следует констатировать достаточно спокойную реакцию на обвал в целом. Государственные власти решили, что не будут помогать строительству, и вместе с девелоперами находились в процессе ожидания окончания кризиса. Нам же видится в этом аспекте возможность использовать ситуацию кризиса как возможность для стратегического планирования, для закладывания новых структур и утилизации отжившего. Процесс спокойного ожидания приведет к единственному результату, который выразится в потере времени, необходимого для переосмысления, усовершенствования и возможного перехода на другую, новую модель развития жилищного строительства.

Реализация проекта по повышению доступности жилья началась со стимулирования спроса при слабом строительном комплексе и не имея эффективных механизмов развития территорий.

В связи со сложившейся ситуацией напрашивается необходимость выработать такие пути, которые позволили бы решить проблемы доступности жилья для населения России.

Представляется целесообразным комплексный подход к строительству [2].

Следует констатировать, что, наряду с последствиями мирового финансового кризиса, наша страна испытывает и системный кризис. Необходимо отводить земли под застройку, прокладывать коммуникации, создавать новую стройиндустрию. Система строительства основана на исчерпании уже имеющихся коммуникаций. Застройка новыми объектами ведется хаотично и преимущественно на существующие коммуникации. Данный ресурс практически исчерпан, и в связи с этим наблюдается проблема с парковочными местами для автомобилей, а также проблемы, связанные с экологической обстановкой.

Вызывает сомнения акцент на многоэтажном строительстве, на старых технологиях, в которых задействовано большое количество металлоконструкций и бетона.

Не впечатляют объемы ежегодно вводимого жилья, которые необходимы для обеспечения доступности жилья. Платежеспособность населения находится на значительно низком уровне. Проведенный анализ рынка жилья показывает, что стоимость жилья является высокой.

Основная масса жилья построена в советские времена. Это говорит о том, что основная его доля имеет высокий процент износа. Следующий этап в данной ситуации – это массовое выбытие жилья. В настоящее время не наблюдается простого воспроизводства жилищного фонда, не говоря уже о расширенном. Это также свидетельствует о неэффективной системе строительства.

Целью национального проекта является увеличение объемов строительства до одного квадратного метра в год на человека. Анализ пакета законопроектов показывает, что реализация цели намечена через увеличение ипотечного кредитования. Однако других механизмов реализации вышеуказанных проблемных направлений не наблюдается.

Жилищное строительство несет в себе большую социальную составляющую. Развитие же жилищной сферы в нашей стране рассматривается с позиции спекулятивного девелопера. Девелоперы стремятся получить максимальную прибыль с инвестированных средств. Если прибыль в проекте не прослеживается, девелопер, вероятнее всего, заморозит проект. Этот акцент в жилищном строительстве на позицию девелопера является неправильным.

В качестве новых мер реализации жилищного проекта необходимо выделить огромные территории земельных участков под строительство. Благо, в этом наша страна обладает конкурентным преимуществом, по сравнению с другими странами, имеется большой земельный фонд. Негативным моментом в этом аспекте является спекулятивность земельного рынка.

Выделяемые под строительство земельные участки необходимо обеспечить инженерной инфраструктурой. Развитие данного направления возможно через механизм частно-государственного партнерства.

Застройка ведется хаотично, без продуманного плана застройки территории. Весь процесс планирования и застройки отдан на откуп девелоперам. Большинство девелоперов не стремятся к строительству дешевого и качественного жилья. Приоритет отдается наиболее доходным сегментам рынка недвижимости, таким, как строительство дорогого и элитного жилья.

Тем не менее, кризис заставил изменить концепцию развития некоторых застройщиков. Первыми из кризиса начали выходить строительные компании, которые адаптировали проекты, разработанные до кризиса, под современный спрос и проявляющие разумную политику в ценообразовании.

Текущий спрос диктует необходимость создания жилья экономкласса с максимальным количеством небольших по площади квартир. В более выигрышном состоянии будут те девелоперы, которые предложат жилье, соответствующее оптимальному соотношению цены и качества.

Анализ показывает, что востребованным является жилье с небольшой площадью. Целесообразная площадь однокомнатных квартир от 35 до 43 кв. м, двухкомнатных от 50 до 65 кв. м и трехкомнатных 72 кв. м. Однако в настоящее время в этом направлении наблюдается дисбаланс. На рынке много дорогих квартир с большой площадью.

На современном этапе развития экономики существует потребность в создании современной строительной индустрии.

Если в докризисный период залогом успеха девелоперского проекта были взаимоотношения с чиновниками, то теперь актуальность приобретают технологии и маркетинговые составляющие.

Некоторые крупные компании заявили о планах расширения мощностей индустриального домостроения. Конкурентным преимуществом некоторых застройщиков становится доступ к индустриальным технологиям домостроения. Преимуществом такого подхода является быстрый выход на рынок, скорость строительства и небольшая себестоимость. При застройке больших территорий альтернативы панельному домостроению практически нет. Тем не менее, комфортность проживания и экологическая составляющая данного вида жилья оставляют желать лучшего. С этой целью необходима стратегия развития индивидуального жилищного строительства, целью которой является сокращение панельного домостроения.

Необходимость формирования рынка доступного жилья – важнейшая задача любого государства, и важно иметь четкую концепцию развития в национальном масштабе.

Вызывает некоторые опасения реализация мер по улучшению жилищных условий населения страны. Здесь, как уже отмечалось, наметился явный крен в сторону развития ипотечного

кредитования. Однако, кажется очевидным развитие новых механизмов для реализации доступности жилья. Необходимо развитие системы жилищно-строительных кооперативов, строительство жилья, предоставляемого в аренду, строительство доходных домов, развитие малоэтажного строительства, строительство дорог, разработка новых эффективных строительных технологий и материалов.

Одним из перспективных направлений видится развитие системы взаимного кредитования. В России наиболее распространенным видом организаций, занимающихся взаимным кредитованием, являются жилищно-строительные кооперативы. Опыт функционирования данных организаций выявил определенные преимущества. Если анализировать европейский опыт, то в Германии, например, почти две трети жилья приобретаются через накопительные системы. Идея коллективного владения недвижимостью и постепенного накопления квадратных метров сегодня популярна. Целесообразно также рассмотреть механизм развития накопительных систем через систему частно-государственного партнерства. В целом для строительства жилищно-накопительные кооперативы являются выгодными, так как они позволяют аккумулировать денежные средства частных инвесторов [3].

В условиях отсутствия возможности приобретения жилья подавляющей частью населения нашей страны актуальным является развитие строительства социального жилья, предоставляемого в аренду, и системы доходных домов. В этом аспекте важным является выработка и отслеживание критериев предоставления права на договор социального найма.

В нашей стране имеется опыт Москвы и Санкт-Петербурга по реализации инвестиционных проектов строительства и эксплуатации доходных домов. Целесообразно проанализировать данные проекты, выявить проблемные моменты, усовершенствовать положительные наработки в этом направлении.

Неотделимым этапом повышения реального спроса является удешевление себестоимости строительства. В нашей стране имеется достаточное количество инновационных разработок, просто необходимо уделить им должное внимание, обеспечить финансированием и апробировать. Тем не менее, пока основные причины роста цен на недвижимость лежат за рамками самого рынка недвижимости и строительной отрасли.

Идея развития пригородных территорий, малоэтажного строительства, выделения земельных участков была озвучена еще в восьмидесятые годы. С годами она все больше приобретает актуальность и значимость.

Сегодня в стране приоритетным направлением развития малоэтажного строительства является комплексный системный подход. Целью является приобретение массовости малоэтажной застройки. Очевидны преимущества малоэтажного строительства. Это экологическая обстановка, строительство инфраструктурных объектов, объектов социального назначения, необходимых для нормального существования, а также психологический комфорт.

На сегодняшний день загородное жилье можно рассматривать в качестве альтернативы городской квартире. Для решения проблемы высоких цен в городе нужно развивать пригородное строительство и стимулировать миграцию населения в предместья. Но не все так просто. С одной стороны, преимущества жизни в собственном доме в экологически чистом районе оценит любой горожанин. Однако, несмотря на прекрасную экологию, единое социальное окружение, комфорт, безопасность и возможность существенно расширить жизненное пространство, массового переселения за город не наблюдается. Главная тому причина – катастрофически неразвитая социальная и транспортная инфраструктура. А ведь именно она во многом определяет спрос и цены на жилье в тех или иных городах и поселках Российской Федерации.

Следует обратить внимание на создание кластеров малоэтажного строительства. Сегодня целесообразна застройка территорий, где в центре будет расположена территория среднеэтажного строительства одновременно с возведением детских садов, школ, поликлиник, торговых центров. А вокруг располагается малоэтажная застройка. Необходимо обратить внимание в кластерах и на зоны отдыха и общественную инфраструктуру, чтобы люди не так часто выбирались в городскую среду. В перспективе здесь должны быть возведены экологически чистые предприятия для создания рабочих мест.

В этом аспекте также актуальна застройка с привлечением механизма частно-государственного партнерства. На коммерческого застройщика в качестве обременения накладывается обязанность по постройке объектов общественного назначения.

В качестве проблем реализации данного направления видится проблема с земельными участками. Большинство пригородных территорий, которые целенаправленно можно использовать для комплексной средне- и малоэтажной застройки, принадлежит частным собственникам, а не

государству. Частным собственникам же нецелесообразно реализовывать на не выгодных для себя условиях земельные наделы. Тем не менее, снижение стоимости земельных участков в кризисный период, большие затраты по содержанию огромных земельных наделов в виде земельного налога позволят при желании пойти на диалог с государством по выкупу земли у частных собственников для реализации социально значимых проектов.

Для дальнейшего успешного развития малоэтажного строительства необходимо сделать его комфортным и доступным для людей со средним уровнем дохода. Для снижения себестоимости строительства необходимо повсеместное внедрение экономичных технологий: к примеру – каркасных и полносборных домов, объемно-модульного деревянного домостроения, с применением пенобетона и газобетона.

Однако на конечную цену предложения влияет не столько себестоимость строительства дома, сколько объем предложения, который зависит от условий и цены предоставления земельных участков, темпов получения исходно-разрешительной документации и так далее. Таким образом, никакие инновационные технологии не сделают малоэтажное жилье доступным, если участки под застройку предлагаются по завышенной цене, со значительными обременениями.

Следует обратить внимание на строительство дорог при ежегодно увеличивающейся автомобилизации населения нашей страны. Необходимы расширение и модернизация существующих трасс, строительство дополнительных транспортных развязок, железнодорожных веток, легкого метро. Популярность малоэтажного строительства, особенно загородного, будет существенно зависеть от транспортной доступности.

Короткие сроки и небольшая себестоимость возведения объектов, наличие достаточного количества участков и потенциально высокий спрос со стороны населения свидетельствуют в пользу развития сектора малоэтажного строительства. Инвестиционно-строительные компании полного цикла способны создавать подобную недвижимость.

Дополнительным механизмом реализации земельных наделов под застройку является использование земель сельскохозяйственного назначения, которые можно приспособить для строительства жилья. Это может стать дополнительным стимулом для развития агропромышленного комплекса.

Обозначенные новые направления реализации жилищной политики свидетельствуют о том, что при наличии определенных проблем существуют благоприятные условия и положительные моменты. Необходимо эффективное управление на уровне государства.

Прежде всего, это масштабное и системное освоение земельного участка, улучшение его потребительских свойств и повышение инвестиционной привлекательности. Причем, одним из важнейших принципов данного процесса является достижение самодостаточности территории за счет создания полноценной инфраструктуры и грамотного расположения транспортных коридоров.

Важным моментом является грамотная концепция коттеджного поселка. До кризиса застройщики особо не задумывались об эффективности строительства и конечной цене на жилье, возводя преимущественно дома из кирпича. Кризис заставил задуматься над себестоимостью строительства и обратить внимание на строительство из более экономичных и эффективных материалов.

В качестве примера можно привести массовое деревянное домостроение. Следует констатировать тот факт, что массовое деревянное домостроение только формируется. Возникает вопрос, почему в нашей стране так мало строят из дерева. Предпосылки для деревянного строительства существуют. Наша страна богата лесом, но при этом основная его часть продается за границу в качестве сырья, практически не развита переработка. Если сравнивать с Америкой, то доля жилья, возводимого в Штатах, в десятки раз выше, чем у нас.

В России в последнее время при экономическом росте у населения идея дома для жизни постепенно преобразовалась в идею дома для статуса. И в эту концепцию, безусловно, дерево как материал с невысокой стоимостью для домостроения не вписывается. Тем не менее, кризисная ситуация заставит задуматься над данной идеологией и обратить пристальное внимание на массовое деревянное домостроение.

Очевидно, что деревянное домостроение может быть дешевле кирпичного по себестоимости строительства. Однако тут необходимо обратить пристальное внимание на технологии.

Являются востребованными одноэтажные дома, построенные по канадской технологии. Постройка дома из сэндвич-панелей проводится очень быстро и при этом доступна по цене.

В своё время в США и Канаде развитие малоэтажного строительства позволило дать рабочие места задействованным как в строительстве домов, так и в прокладке коммуникаций, и в изготовлении строительных материалов [4]. Это свидетельство того, что сектор жилищного строительства является общественно важной задачей, несет в себе огромную социальную составляющую и требует эффективного государственного управления.

Наиболее актуальным моментом следует считать вопросы территориального планирования, градостроительного проектирования. Сейчас в нашей стране слабая градостроительная политика. А это является важнейшим элементом для реализации жилищной политики. Представляется целесообразным широкое использование инновационных подходов при решении проблем пространственной организации территории России.

Таким образом, следует констатировать, что в настоящее время система жилищного строительства находится в кризисе. Это подтверждается многими факторами, которые мы можем сегодня наблюдать, в частности по показателю доступности жилья для населения. Следовательно, необходимо переосмысление, усовершенствование и внедрение новых инновационных направлений стратегии развития жилищного строительства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральная целевая программа «Жилище» на 2002-2010 гг. Утв. Постановлением правительства РФ от 17.09.2001 г. № 675.
2. Сиразетдинов Р.М. Управление недвижимостью // Сб. научных трудов «Сборник научных трудов I Международной научно-практической конференции». – Кемерово: Куз. гос. техн. ун-т, 2010. – С. 187-190.
3. Сиразетдинов Р.М., Гареев И.Ф., Казаков В.А., Сарваров Р.И. Инновационные формы финансирования жилищного строительства // Региональная экономика. Теория и практика, 2010, № 10. – С. 62-65.
4. Сиразетдинов Р.М., Хуснуллин М.Ш., Зайнуллина Д.Р. Инновационное развитие региона на основе активизации рынка загородной недвижимости // Региональная экономика. Теория и практика, 2010, № 8. – С. 32-40.

УДК 338.2

Файзуллин И.Э. – кандидат экономических наук, доцент

E-mail: Irek.Fayzullin@tatar.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИОННЫХ МЕТОДОВ МАЛОЭТАЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

АННОТАЦИЯ

Сегодня в России приоритетным направлением развития малоэтажного строительства является комплексный системный подход. Для государства, да и для собственника, это гораздо выгоднее в экономическом плане, нежели точечный подход к строительству. Тенденции на российском рынке организованной загородной недвижимости показывают, что от строительства коттеджей как «второго жилья» для состоятельных семей инвесторы переориентируются на возведение жилья для среднего класса со всей сопутствующей инфраструктурой.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: инновационное развитие, малоэтажное строительство, инвестирование, недвижимость.

Fayzullin I.E. – candidate of economical sciences, associate professor
Kazan State University of Architecture and Engineering

PROSPECTS FOR DEVELOPMENT OF INNOVATIVE METHODS OF LOW BUILDING

ABSTRACT

Today in Russia a priority direction of development of low building is the complex system approach. For the state, and for the proprietor, it is much more favourable in the economic plan, rather than the dot approach to building. Tendencies in the Russian market of the organized country real estate show that from building of cottages as «second habitation» for well-founded families investors are reoriented on erection of habitation for middle class with all accompanying infrastructure.

KEYWORDS: innovative development, low building, investment, real estate.

В последние несколько лет в Российской Федерации на смену неорганизованной малоэтажной застройке постепенно приходит комплексное освоение пригородных территорий путем строительства централизованных поселков. Заявленная правительством программа малоэтажного строительства в рамках приоритетного национального проекта «Доступное и комфортное жилье – гражданам России» придаёт инициативе частных инвесторов дополнительный импульс.

По сравнению с городской, загородная недвижимость демонстрирует хорошие показатели эффективности, и этот рынок всегда был более осязаемым, менее рискованным, поскольку на загородном рынке объектом приобретения является реальный объект – частный дом и земельный участок в том числе. Иными словами, человек приобретал некоторое имущество за те деньги, которые он вкладывал. Загородная и городская недвижимость – смежные области, однако живут каждая по своим законам. В малоэтажном строительстве риски минимальны, так как этот формат жилья находится в дефиците и неудовлетворенность спроса в перспективе гораздо больше, нежели в других сегментах [1].

По оценкам экспертов, с обвалившегося фондового рынка за последнее время было выведено от 30 до 70 млрд. долларов. Значительная часть этих средств после стабилизации ситуации с высокой долей вероятности будет направлена на приобретение ликвидных объектов недвижимости. В обозримом будущем это может спровоцировать очередной скачок цен на домовладения в поселках крупных игроков. На рынке загородной недвижимости по той же причине на ряд проектов уровень цен сохранится, на ряд проектов – даже возрастет. В любом случае внимание к ликвидным малоэтажным проектам будет повышенным.

Спрос на ликвидные объекты отдельных крупных девелоперов даже в настоящее время превышает предложение. Однако большинство сходится на мнении, что когда спадет всеобщее напряжение, покупок на загородном рынке станет еще больше, что приведет к новому скачку цен.

Для дальнейшего успешного развития малоэтажного строительства необходимо сделать его комфортным и доступным для людей со средним уровнем дохода. Для снижения себестоимости строительства необходимо повсеместное внедрение экономических технологий: к примеру – каркасных и полносборных домов, объемно-модульного деревянного домостроения, с применением пенобетона и газобетона. Однако на конечную цену предложения влияет не столько себестоимость строительства дома, сколько объем предложения, который зависит от условий и цены предоставления земельных участков, темпов получения исходно-разрешительной документации и т.д. Таким образом, никакие инновационные технологии не сделают малоэтажное жилье доступным, если участки под застройку предлагаются по завышенной цене, со значительными обременениями. Становится уже несущественным, собирается ли дом за 24 часа или за месяц, если на сбор всех подписей уходит полтора-два года.

Инвесторы и девелоперы крупномасштабных проектов малоэтажной застройки сталкиваются с рядом дополнительных сложностей. Для развития больших площадей необходимо консолидировать множество земельных участков. В нашей стране, помимо юридических сложностей, каждый собственник старается реализовать свой участок как можно дороже, что, естественно, не способствует доступности построенного жилья.

По мнению федеральных властей, масштабное возведение малоэтажных домов в предместьях является одним из наиболее очевидных способов сделать жилье доступнее. На сегодняшний день загородное жилье можно рассматривать в качестве альтернативы городской квартире. Для решения проблемы высоких цен в городе нужно развивать пригородное строительство и стимулировать миграцию населения в предместья. Но не все так просто. С одной стороны, преимущества жизни в собственном доме в экологически чистом районе оценит любой горожанин. Однако, несмотря на прекрасную экологию, единое социальное окружение, комфорт, безопасность и возможность существенно расширить жизненное пространство, массового переселения за город не наблюдается. Главная тому причина – катастрофически неразвитая социальная и транспортная инфраструктура. А ведь именно она во многом определяет спрос и цены на жилье в тех или иных городах и поселках Российской Федерации [2].

Короткие сроки и небольшая себестоимость возведения объектов, наличие достаточного количества участков и потенциально высокий спрос со стороны населения свидетельствуют в пользу развития данного сектора недвижимости. Покупатель сегодня все чаще отдает предпочтение крупным, в 100-200 домовладений, коттеджным поселкам, которые представляют собой небольшой город со всей необходимой инфраструктурой и единым профессиональным управлением. Реализация подобных проектов под силу далеко не каждому застройщику, поскольку лэнд-девелопмент – развитие территории – исходя из объективных предпосылок ее наиболее эффективного и рационального использования. Одним из важнейших принципов данного процесса является достижение самодостаточности территории за счет создания полноценной инфраструктуры и грамотного расположения транспортных коридоров. Необходимо тщательно проработать общую концепцию поселка, включая размещение основных объектов, функциональное зонирование, определение характера и плотности застройки. Только так можно удовлетворить растущие требования людей и обеспечить развитие пригородного строительства как альтернативы городскому жилью.

Сейчас открывается большой пласт недооцененных активов малоэтажного сегмента, как для инвестирования, так и для формата загородного проживания. Данная отрасль обладает рядом преимуществ в сравнении с многоэтажным строительством. Основными его плюсами являются возможность применять альтернативные строительные материалы, возможность уменьшить себестоимость и сократить сроки строительства при сохранении качества объектов, а также упрощение процедуры введения их в эксплуатацию.

Одним из важнейших направлений социально-экономической политики в России сегодня является увеличение объемов жилищного строительства в соответствии с национальным проектом «Доступное и комфортное жилье – гражданам России» и федеральной целевой программой «Жилище». Общая потребность населения России в жилье составляет около 1,57 миллиарда кв. метров. Основным направлением в жилищной сфере на сегодняшний день является переход на преимущественный рост малоэтажного строительства. В планах на ближайшее будущее 70 % застройки в России должно быть малоэтажным. Для страны это возможность в скором времени решить жилищную проблему. Кризис полезен для новых технологий малоэтажного домостроения. Сейчас, в связи с экономическим кризисом, страна уже не может строить только из монолита и кирпича, и открывается большой пласт недооцененных активов малоэтажного сегмента, как для

инвестирования, появления и развития новых технологий малоэтажного домостроения, так и для формата загородного проживания.

Для увеличения жилищного строительства потребуется увеличение производства строительных материалов и изделий в 1,5-2 раза. Производство их должно быть в различных регионах страны обосновано с учетом спроса на рынке, оптимального использования имеющегося сырья, максимальной экономии материальных и топливно-энергетических ресурсов и, конечно, с учетом экологической безопасности, как самих материалов, так и их производства и применения. При этом материалы должны обеспечивать наметившиеся тенденции в строительстве, а именно: снижение массы возводимых зданий, обеспечение энергосбережения при эксплуатации зданий, обеспечение комплексной безопасности, включая экологическую, обеспечение комфортабельности жилья и снижение его стоимости [3].

Самыми приемлемыми для среднего горожанина являются городские посёлки, где малоэтажное жильё по цене сопоставимо с ценой квартиры в многоэтажном доме. Как известно, спрос рождает предложения, и строительство малоэтажного жилья в черте города сегодня стало нормой. Подобные городские посёлки, как правило, располагаются на окраине города. Это своего рода жильё бизнес-класса. Цена таких одноэтажных домов и в самом деле сопоставима с ценой квартиры соответствующей площади в многоэтажном доме. Переходным по цене малоэтажным жильём между коттеджами для состоятельных семей и домами бизнес-класса являются городские посёлки в центре мегаполисов. Они представляют собой элитное малоэтажное жильё, их отличает не только прекрасно развитая инфраструктура и место положения, но и высокая цена.

Загородное строительство по-прежнему остаётся одним из самых востребованных. Здесь также наметилась чёткая тенденция к снижению этажности. Одноэтажные дома сегодня – норма и для загородных участков. Всё дело в экономичности возведения такого строительства. Здесь нет опасности превращения загородного строительства в долгосрочное. Особенно это актуально при возведении загородных посёлков строительными компаниями. Малоэтажное строительство позволяет в короткие сроки осваивать большие территории, а доступность цены таких домов делает их более востребованными на потребительском рынке. Времена загородных замков уходят в прошлое, сегодня это, скорее, исключение, нежели правило. Очень востребованы одноэтажные дома, построенные по канадской технологии. Постройка дома из сэндвич-панелей проводится очень быстро и при этом доступна по цене.

В своё время в США и Канаде развитие малоэтажного строительства позволило дать рабочие места задействованным как в строительстве домов, так и в прокладке коммуникаций, и в изготовлении строительных материалов. В нашей стране малоэтажное строительство позволяет не просто осваивать большие пространства, но и поставлять дома, доступные по цене для среднего служащего. Малоэтажные дома часто строятся по канадскому методу. Чаще всего – это строительство каркасно-щитовым методом. Такие дома очень быстро собираются, очень удобны, практичны и при этом доступны в цене. Учитывая, что климат Канады сходен с климатом России, эти дома, как никакие другие, подходят нам и по климатическим условиям. Они очень тёплые, в них не страшна самая холодная зима. Малоэтажные деревянные дома популярны не менее. Их производство буквально поставлено на поток. В заводских условиях изготавливаются элементы будущего дома и доставляются на строительную площадку. Затем собирается дом, словно конструктор, за 2-3 месяца.

Объём индивидуального жилищного строительства, под которым в отчетах Росстата подразумеваются индивидуальные дома, построенные за счет населения, традиционно велик. С начала века в структуре сданного жилья доля индивидуального сохранялась на уровне 40 %, с незначительным колебанием в 1-2 %. А по итогам прошлого года достигла 49 % в общем вводе жилья. Притом, что общая цифра сданного в эксплуатацию жилья выросла более чем до 60 млн. кв. метров. Данные официальной статистики традиционно не учитывают так называемого самостроя. С учетом доли самостроя в России в последние годы возводится около 70 % индивидуального жилья [4].

Республика Татарстан, войдя в перечень регионов Российской Федерации по реализации пилотных проектов строительства малоэтажного быстровозводимого жилья, располагая необходимой базой стройиндустрии, земельными ресурсами и обладая высокой инвестиционной привлекательностью, имеет необходимые благоприятные предпосылки для серьезного развития малоэтажного строительства. Большинство из возводимых на территории республики коттеджных поселков расположены в пределах 25 км от столицы региона, но достаточно большая часть поселков, около 21 %, строятся на расстоянии более 35 км от центра города (рис.).

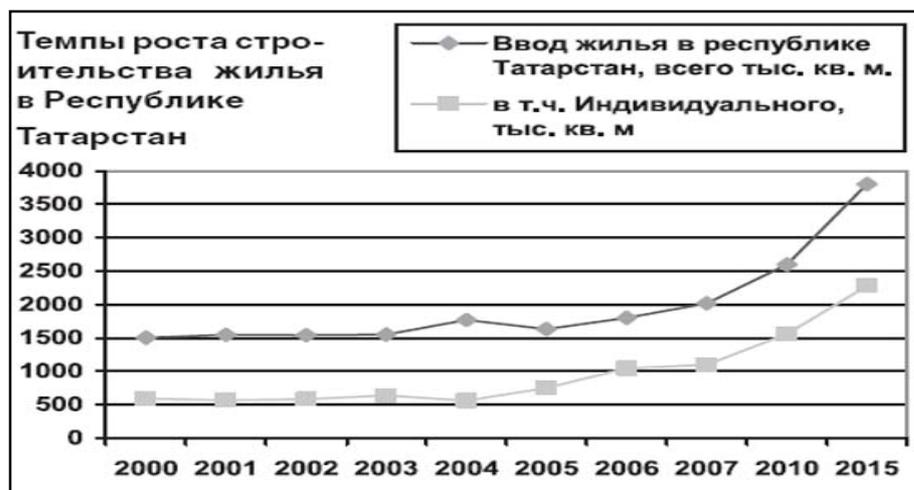


Рис. Темпы роста строительства жилья в Республике Татарстан

На сегодняшний день сегмент малоэтажного строительства находится лишь на своём начальном этапе развития, как в Республике Татарстан, так и по стране в целом. Однако девелоперские организации, работающие в данной сфере деятельности, уже сталкиваются с проблемами, которые не связаны с низким спросом или отсутствием кредитных ресурсов. О необходимости менять существующую систему участникам рынка недвижимости понятно давно. Например, следует принять комплекс мер по созданию прозрачного рынка земли (поскольку сегодня очень трудно приобрести в собственность участок под строительство), упростить процедуру получения необходимых согласований, а также установить ответственность должностных лиц за ее затягивание. Таким образом, необходимо не только наращивать объемы строительства, но и подробно регламентировать весь процесс.

Одна из острых проблем российских девелоперов – бюрократические барьеры. Кроме того, временные и финансовые затраты на преодоление административных препон в итоге значительно увеличивают стоимость конечного продукта. Впрочем, реформа технического регулирования в России постепенно набирает обороты. Система технического регулирования – это совокупность стандартов и требований, регламентирующих процесс создания и допуска на рынок товаров и услуг. На сегодняшний день нормативная база строительной отрасли находится в ужасном состоянии, что пагубно влияет на состояние жилищного рынка в целом и на реализацию приоритетного национального проекта «Доступное и комфортное жилье – гражданам России» в частности.

Возникают проблемы с внедрением новой техники и строительных методик, сужается круг девелоперов и растет стоимость возводимых жилых и коммерческих объектов также и вследствие несовершенства отраслевых норм. В настоящий момент система насчитывает около 170 тысяч нормативных документов, многие из них содержат избыточные, устаревшие и даже противоречащие друг другу требования или абсурдно завышенные нормативы [5].

Развитие рынка пригородного жилья, несмотря на огромное конкурентное преимущество (более низкие по сравнению с квартирами в городе цены), медленно развивается и из-за трудностей (прежде всего административного характера) с освоением земельных участков. Например, крайне сложны процедуры изменения черты поселений, существуют противоречия между земельным законодательством и Градостроительным кодексом. Кроме того, очень нелегко приобрести участок по прямой сделке купли-продажи, что провоцирует многих девелоперов прибегать к различным незаконным схемам. Это не только отпугивает девелоперов и не дает им в полной мере применять имеющиеся мощности, но и заставляет нести дополнительные расходы, которые в итоге ложатся на плечи покупателя. Компании готовы взять на себя развитие неосвоенных земель, у них есть и опыт, и средства, и ресурсы, но без содействия муниципальных властей данный процесс идет медленно. Помимо всего прочего, значительные территории находятся в собственности физических лиц, просто не знающих, что делать с землей. Участники рынка надеются на скорые изменения в законодательстве, в результате чего налог на недвижимость начнут рассчитывать исходя из кадастровой стоимости участка, которую, в свою очередь, приблизят к рыночной цене. Соответственно, содержание неиспользуемых наделов станет для их владельцев накладным, и они будут просто вынуждены либо продать их, либо заняться освоением. Поскольку многие

спекулятивные инвесторы не смогут развивать имеющиеся у них в активе территории, произойдет массовый выброс земельных участков на рынок.

Перспективы развития малоэтажного домостроения во многом зависят от решения проблем, некоторые из которых общие для всего жилищного строительства, а другие – специфические. Среди общих проблем особенно выделяется безудержный рост цен на жилье, что снижает его доступность и, соответственно, спрос. На Западе сначала вкладывают средства в строительную индустрию, затем – в строительство и только потом – в финансовые механизмы, такие как ипотека. У нас же наоборот – ипотечный рынок сильно разогрет, развитие строительства застыло на одном уровне, а развитие производства стройматериалов только начинается. Отсюда и безудержный рост цен на жилье, который в короткое время сделал его гораздо менее доступным [6].

Если сравнивать с Западом и Америкой, то там загородное жилье всегда считалось дешевым, и перемещение населения в пригороды стало надежным способом решения жилищной проблемы. У нас же загородное жилье до сих пор воспринимается как роскошь, которую может позволить себе не всякий. Те технологии, которые сделали Америку малоэтажной, – легкие деревянные каркасы с эффективными теплоизоляционными заполнителями (до 80 % жилья), у нас даже не рассматриваются, 64 % застройщиков отдадут предпочтение кирпичу, 30 % – цельному бревну и брусу.

Как показывает опыт многих регионов, снижение себестоимости строительства мало способствует снижению цен на жилье вследствие перегретости рынка жилья. Поэтому один за другим регионы включают механизмы госрегулирования: участвуя в финансировании подведения коммуникаций и ходатайствуя о получении застройщиком субсидий, они требуют соблюдать соотношение элитного и экономического жилья и не поднимать цены.

Особенно сдерживает малоэтажное строительство (по сравнению с многоэтажным) отсутствие инфраструктуры, поскольку строительство начинается, как правило, на полностью неосвоенных землях, часто даже требующих перевода в категорию земель поселения, что само по себе процесс длительный и трудоемкий. В значительной мере вопрос инфраструктуры могли бы помочь решить новейшие технологии автономного жизнеобеспечения, которые получают широкое распространение в Европе, вплоть до «энергопассивного здания», которое совсем не потребляет энергии. Но у нас опыт организации автономных зданий и поселений пока отсутствует [7].

Другим сдерживающим фактором на пути перемещения населения в малоэтажные здания служит отсутствие дорог и концентрация производства в городских центрах. Именно по причине отсутствия производств и достойного заработка в сельских районах буксует даже программа социальной ипотеки: люди не берут кредиты просто потому, что трезво оценивают свои возможности по их возвращению. Сказывается и отсутствие гласности при распределении ресурсов, планировании и строительстве.

Таким образом, для полномасштабной реализации идеи малоэтажного домостроения, малоэтажных Татарстана и России, лозунг «новой модели расселения», выдвинутый властью, должен быть расширен моделью нового экономического уклада. Уклад этот будет включать как макроэкономический уровень (финансы, распределение производства, инвестиции), так и микроэкономический (обеспечение автономности новых поселений по экономическим, энергетическим, демографическим и другим показателям).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Губанова Е.С. Инвестиционная деятельность в регионе. – 2-е изд-е. – Вологда: ВНКЦ ЦЭМИ РАН, 2003.
2. Доступное и комфортное жилье: научно-аналитический отчет // Академия наук Республики Татарстан. – Казань, 2008.
3. Кольев А.А., Пахолков Н.А. Привлечение инвестиций в жилищное строительство / Под общ. ред. Пахолкова Н.А. – Вологда: ВоГТУ, 2005.
4. Щанова О.С. Рациональная инвестиционная стратегия в жилищном строительстве // Жилищное строительство, 2001, № 1.
5. Развитие инвестиционно-строительной деятельности в современных условиях экономики России: Опыт. Проблемы. Перспективы: Монография / Под общ. ред. Бушуева Б.С. – М.: МАКС Пресс, 2003. – С. 117-131.
6. Васильев В.М., Панибратов Ю.П., Резник С.Д., Хитров В.А. Управление в строительстве: Учеб. для вузов. – М.: Изд-во АСВ, 2005. – 367 с.
7. Шиян Д.В. Управление инновационными и инвестиционными процессами в строительстве // Предпринимательство, 2007, № 1.

УДК 332.834.8

Хабибулина А.Г. – аспирантE-mail: albgomer@mail.ru**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

ИННОВАЦИОННЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ СНИЖЕНИЯ СТОИМОСТИ УСЛУГ ЗАСТРОЙЩИКА

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются современные инструменты финансирования жилищного строительства, позволяющие застройщику сформировать диверсифицированный портфель заемных и привлеченных средств.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: жилищное строительство, застройщик, источники финансирования, финансовые средства.

Khabibulina A.G. – post-graduate student**Kazan State University of Architecture and Engineering**

INNOVATIVE TOOLS OF DEPRECIATION OF SERVICES OF THE BUILDER

ABSTRACT

In article modern tools of financing of the housing construction, allowing the builder to generate a portfolio of the extra and involved means are considered.

KEYWORDS: housing construction, the builder, financing sources, financial assets.

Правительством Российской Федерации строительный сектор выделен в приоритетную область развития. С 2006 года для ускорения развития экономики страны и увеличения объемов жилищного строительства реализуются мероприятия приоритетного национального проекта «Доступное и комфортное жилье – гражданам России».

Предпринимаемые меры высокоэффективны, однако масштабы бюджетного финансирования в общем объеме инвестиционно-строительной деятельности, по нашим оценкам, незначительны и не превышают 15-20 %. Для опережающего развития жилищного строительства необходимо дальнейшее формирование полноценной институциональной инфраструктуры и инструментария финансирования жилищного строительства.

Необходимость развития системы финансовых инструментов связана с тем, что существующий перечень используемых источников финансирования настолько мал, что до сих пор «не заслужил внимания» и не выделен в приоритетную группу для дальнейшей разработки и внедрения в рамках какой-либо из государственных целевых программ развития жилищного строительства.

В посткризисный период сложность ситуации в жилищном строительстве определяется нестабильностью кредитного рынка, ограничивая участие российских банков, а следовательно, и частных заемщиков. Определенный импульс сектору жилищного строительства способен оказать выкуп жилья государством.

Одним из наиболее ёмких по объему ресурсов являются средства населения. К началу 2000-х на первичном рынке существовала преимущественно одна схема финансирования жилищного строительства – долевое участие в строительстве. Для застройщиков привлекательность участия дольщиков в процессе строительства объясняется недоступностью других, прежде всего, заемных источников финансирования.

С 1 апреля 2005 года вступил в действие закон о долевом участии в строительстве многоквартирных домов и иных объектов недвижимости [1]. В соответствии с ним застройщику предписывалось привлекать средства дольщиков только при наличии зарегистрированных прав на земельный участок, подготовленной и утвержденной проектно-сметной документации, разрешения на строительство и опубликованной проектной декларации. Вместе с тем, положения данного

закона не содержали прямого запрета на реализацию проектов жилищного строительства без наличия указанных положений, что сохранило популярность «серых» схем финансирования. Осознавая неоднозначность экономической ситуации, в июне 2010 года законодателями были приняты поправки, запрещающие привлечение средств дольщиков не иначе, как в соответствии с рассматриваемым законом.

Сложившаяся ситуация является следствием превышения спроса над предложением. Вместе с этим, указанные ресурсы являются крайне нестабильным источником финансирования строительно-монтажных работ, так как их количество определяется верно выбранной концепцией реализации проекта. Понимая это, застройщики жилых комплексов начали активные поиски более совершенных инструментов финансирования.

Для средних и крупных застройщиков наиболее распространенными инструментами привлечения денежных средств выступают банковский кредит и выпуск облигаций. Вместе с тем, в период 2005-2007 годов более привлекательным способом привлечения внешнего финансирования стало проведение первичного публичного размещения акций на фондовых биржах (ИПО), имеющее значительные преимущества перед остальными инструментами внешнего финансирования.

Таким образом, анализ перспектив использования инструментов финансового рынка в условиях недостаточности банковского кредитования нами рассматривается как необходимое условие для создания предпосылок опережающего развития жилищного строительства.

Выпуск облигационного займа в последние годы рассматривается главным инструментом мобилизации средств крупными девелоперами Российской Федерации. Выпуск облигаций содержит ряд привлекательных черт для компании-эмитента:

- посредством их размещения организация мобилизует дополнительные ресурсы без угрозы вмешательства их держателей-кредиторов в управление финансово-хозяйственной деятельностью заёмщика;

- более низкие ставки в сравнении с банковскими кредитами (10-12 % против 13-16 % годовых). С помощью публичного облигационного займа компании получают доступ к широкому кругу инвесторов (населению, коммерческим банкам, пенсионным и инвестиционным фондам, страховым компаниям различных регионов России). Широкий круг потенциальных покупателей бумаг позволяет добиться превышения спроса над предложением и, следовательно, снижения ставки заимствования;

- большие объемы заимствований (средний банковский кредит – 100-200 млн. руб., по облигационным выпускам – около 1 млрд. руб.);

- более длинные сроки заимствования. 90 % кредитов выдается на срок до года, средний срок обращения облигаций – 3-5 лет. Такие сроки заимствования дают возможность использовать привлеченные деньги не только для пополнения оборотных средств, но и для развития и перевооружения предприятия. Обязательства, оформленные ценной бумагой (облигацией), могут легко переуступаться одним кредитором другому, что способствует образованию ликвидного вторичного рынка этих бумаг. Кредитор готов инвестировать в бумаги с длительным сроком обращения, когда он уверен в том, что сможет в любой момент превратить облигации в деньги, продав их на рынке;

- выход на рынок облигаций позволяет предприятию получить публичный рейтинг финансовой устойчивости в виде процентной ставки по своим долгам, расширить круг потенциальных инвесторов и партнеров до масштабов всей страны, сократить издержки, связанные с недоверием к платежеспособности предприятия;

- отсутствие зависимости от одного кредитора (права кредиторов ограничиваются только правом на получение основной суммы долга и процентов). В случае банковского кредита заемщик зависит от одного кредитора, и кредитор, как правило, ставит перед заемщиком множество дополнительных условий. В случае облигационного займа интересы инвесторов ограничиваются только получением в установленные сроки процентных платежей, номинала бумаги, а также информации о деятельности предприятия в объеме ежеквартальных отчетов и сообщений о существенных фактах, предоставляемых в ФСФР России;

- возможность привлекать средства без обеспечения. В соответствии с законом «Об акционерных обществах» общество вправе размещать облигации без обеспечения, но не ранее третьего года своего существования и на сумму, не превышающую уставный капитал общества. В

случае, если объем планируемого займа превышает уставный капитал, его можно осуществить в пределах обеспечения, предоставленного обществу третьими лицами для цели выпуска облигаций. Каких-либо ограничений на третьих лиц законодательно не установлено, поэтому ими могут выступить, например, дочерние компании общества. В случае недостаточности уставного капитала бывает целесообразно предварительно увеличить его за счет имущества общества путем распределения среди акционеров дополнительных акций либо увеличения их номинальной стоимости. Наличие качественного обеспечения третьих лиц или прочего обеспечения способствует снижению ставки заимствования, однако фактически инвесторов интересуют именно финансовые возможности самого предприятия по обслуживанию и погашению долга;

– гибкое управление долгом через операции на вторичном рынке. Эмитент может гибко управлять объемом займа путем совершения операций на вторичном рынке по приобретению бумаг и их продаже;

– процентные платежи и затраты на организацию выпуска облигаций уменьшают налогооблагаемую базу. В соответствии с налоговым кодексом процентные платежи по облигационному займу и затраты на организацию выпуска относятся к внереализационным расходам и уменьшают налогооблагаемую базу в части налога на прибыль предприятий.

Вместе с этим, существуют и затруднения для средних и мелких компаний при выпуске корпоративных облигаций, которые вызваны следующими факторами:

– необходимость выплаты купонного дохода еще в инвестиционной стадии проекта является не всегда финансово возможной;

– объем выпуска по номиналу ограничен размером уставного капитала или размером предоставленных третьими лицами гарантий;

– предприятия не имеют кредитной истории, поэтому процентная ставка (размер купонного дохода) должен быть достаточно высоким;

– отсутствует публичная информация о предприятиях, они не известны широкому кругу инвесторов;

– первый выход на рынок требует достаточно высоких затрат.

Дальнейшее развитие девелоперов на финансовом рынке предусматривает выпуск акций [2]. В современном мире выход компании на IPO – один из наиболее важных механизмов привлечения капитала. Он открывает совершенно новые возможности для развития бизнеса. Публичное размещение акций является весьма сложным и затратным процессом, в ходе которого компании совместно с партнерами предстоит решить ряд важных задач и иногда полностью перестроить свою структуру. Вместе с тем, грамотно организованное и проведенное IPO полностью окупит потраченные на него усилия. Ведь помимо большого количества денег, компания получит еще ряд значительных преимуществ. И, что самое важное, существенно повысит свой статус среди участников рынка. В целом, размещение акций:

– открывает возможность привлечения средств на безвозвратной основе;

– повышает статус компании;

– выступает как экономически целесообразный способ привлечения финансирования на долгосрочную перспективу;

– позволяет привлечь стратегического инвестора для долгосрочного сотрудничества;

– помогает приобрести опыт работы с международными инвесторами;

– повышает прозрачность деятельности компании.

Целью размещения акций является:

– превращение бизнеса в товар, имеющий цену и рынок;

– повышение капитализации;

– изменение системы финансирования растущего бизнеса;

– привлечение инвестиций;

– реструктурирование бизнеса.

Изменение системы финансирования растущего бизнеса позволит:

– сократить зависимость от долговых источников финансирования (банка или иного кредитора);

– снизит стоимость привлечения капитала.

В области привлечения инвестиций будут решены следующие задачи:

- покрытие дефицита финансирования на стадии ускоренного роста, замещение венчурного и неформального финансирования регулярным;
- реализация интересов собственников через рынок ценных бумаг (реструктурирование, создание групп связанных предприятий).

До настоящего времени отечественные девелоперские компании несколько сторонились фондового рынка. Такая ситуация складывалась вследствие доступных банковских кредитов, закрытости функционирования корпоративных систем и финансовых потоков строительных организаций при постоянном росте стоимости и востребованности квадратного метра жилья и коммерческих площадей. Крупные строительные компании не рассматривали первичное размещение акций на фондовых рынках как необходимый инструмент для привлечения инвестиций. В реальности среди девелоперов IPO рассматривается в лучшем случае как один из способов повышения капитализации компании, в худшем – «имиджевый ход». Как результат, на международном фондовом рынке размещены акции всего 10 крупных структур, причастных к строительному бизнесу в России [3].

Таблица

Участие российских девелоперских компаний на фондовых биржах [3]

Девелоперы Биржа	ЛСР	ПИК	AFI Development	ОПИН	«Система- Галс»	R.G.I. International	Mirland Development	PTM	EPH	Raven Rusia
РТС	ОА, ПА	ОА	-	ОА	-	-	-	ОА	-	-
ММВБ	ОА, ПА	ОА	-	ОА	ОА	-	-	ОА	-	-
МФБ	-	-	-	-	GDR	-	-	-	-	-
LSE	GDR	GDR	GDR	-	GDR	ОА	ОА	-	-	ОА
BerSE	-	-	-	-	GDR	-	-	-	-	-
SWX	-	-	-	-	-	-	-	-	ОА	-

Примечание: ОА – обыкновенные акции, ПА – привилегированные акции, GDR – депозитарные расписки.

В целом, подготовка девелоперской компании к публичному размещению существенно повысит как качество осуществляемого компанией бизнеса, так и инвестиционную привлекательность ее ценных бумаг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Об участии в долевом строительстве многоквартирных домов и иных объектов недвижимости и о внесении изменений в некоторые законодательные акты Российской Федерации» [Электронный ресурс]: Федеральный закон Российской Федерации от 30.12.2004 г. № 214-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «Консультант-Плюс».
2. Хуснуллин М.Ш., Гареев И.Ф., Вирцев М.Ю., Сарваров Р.И. Источники финансирования деятельности участников ипотечного рынка Республики Татарстан // Финансы и кредит, 2009, № 40. – С. 80-84.
3. Инструменты/ Акции застройщиков: покупать или продавать? REALESTATE.RU: информационный портал о недвижимости, 2009, 25 фев. URL: <http://www.realestate.ru/event.aspx?id=258> (дата обращения: 29.10.2010).

УДК 338.27

Харисова Г.М. – кандидат экономических наук, доцент

E-mail: rida@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

РАЗВИТИЕ ИННОВАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

АННОТАЦИЯ

В статье дается определение инновации, рассмотрена классификация инноваций по характерным признакам. Приводится характеристика инновационного процесса, связанного с созданием, освоением и распространением инноваций. Представлены составляющие инновационной деятельности. Рассмотрены объекты инновационной инфраструктуры Республики Татарстан и основные показатели деятельности технопарков, технополисов, венчурного фонда. Обоснована необходимость создания и развития инновационной инфраструктуры.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: инновации, инновационный процесс, технополисы, инновационная инфраструктура, технопарки, венчурный фонд.

Kharisova G.M. – candidate of economic sciences, associate professor

Kazan State University of Architecture and Engineering

DEVELOPMENT OF INNOVATIVE INFRASTRUCTURE OF REPUBLIC OF TATARSTAN

ABSTRACT

The article provides a definition of innovation, considered the classification of innovation on the typical characteristics. Characteristics of the innovation process associated with the creation, development and dissemination of innovations. Presents the components of innovation. Consider an object of the innovation infrastructure of Republic of Tatarstan and the key performance indicators for industrial parks, techno, venture capital fund. The necessity of the establishment and development of innovation infrastructure.

KEYWORDS: innovation, innovation process, technopolis, innovation infrastructure, technology parks, venture fund.

Инновации определяют будущее развитие компании и предполагают значительные изменения в производстве, маркетинге, управлении фирмы. Компании подходят к инновациям в самом широком смысле, используя как новые технологии, так и новые методы работы, осваивая новые методы достижения конкурентоспособности или находя лучшие способы конкурентной борьбы при использовании старых способов. Инновации могут проявляться в новом дизайне продукта, в новом процессе производства, в новом подходе к маркетингу или в новой методике повышения квалификации работников. В большинстве они оказываются достаточно простыми и некардинальными, основанными, скорее, на накоплении незначительных улучшений и достижений, чем на едином, крупном технологическом прорыве [1].

В российской экономической науке под инновациями принято считать конечный результат инновационной деятельности, получивший воплощение в виде:

- нового или усовершенствованного продукта, внедренного на рынке;
- нового или усовершенствованного технологического процесса, используемого в практической деятельности;
- нового подхода к социальным услугам [2].

Известны классификации инноваций по следующим признакам [3]: распространенность, место в производственном цикле, преемственность, охват рынка, степень новизны и инновационный потенциал. Если же толковать понятие «инновация» в широком экономическом смысле, то оно предстает как завершённый акт качественной модификации технологического базиса производства, характеризуемый, с одной стороны, неопределенностью и краткосрочностью для данного звена общественного производства, а с другой – долгосрочным эффектом, достигаемым суммой

инновационных актов, объединенных в непрерывный инновационный процесс. Инновационный процесс, в свою очередь, связан с созданием, освоением и распространением инноваций.

Инновационный процесс – это последовательная цепь событий, в ходе которой новшество «вызревает» от идеи до конкретного продукта, технологии или услуги и распространяется в хозяйственной практике.

Инновационный процесс определяется совокупностью работ инновационной деятельности, которые регламентированы этапами их организации, ресурсного обеспечения от зарождения перспективной идеи до создания новых продуктов, услуг или техники, их коммерциализации в условиях конкуренции.

Результатом инновационного процесса на начальном этапе являются новые научно-технические знания, на заключительном этапе – это вся документация, необходимая для производства и воплощения идей в продукт. Это позволяет компаниям, осуществляющим инновационный процесс, не только самостоятельно использовать его результаты, но и вести самостоятельный вид бизнеса, продавая эти результаты как товар. Составляющие инновационного процесса представлены на рис.1.

Выполнение всех этапов инновационной деятельности приводит к результатам, оправдывающим все использованные в процессе разработок деньги, ресурсы и время.

Таким образом, результатом инновационной деятельности фирм является обеспечение в будущем доходов, увеличение инновационного потенциала компании и развитие способностей быстрого и качественного проведения всех разработок; быстрой коммерческой реализации проекта; быстрого обучения и изменения, эффективного управления ресурсами.

Татарстан обладает конкурентными преимуществами для успешного инновационного развития: выгодным географическим положением, значительными природными ресурсами, развитым сельским хозяйством и промышленным производством, высококвалифицированными кадрами.

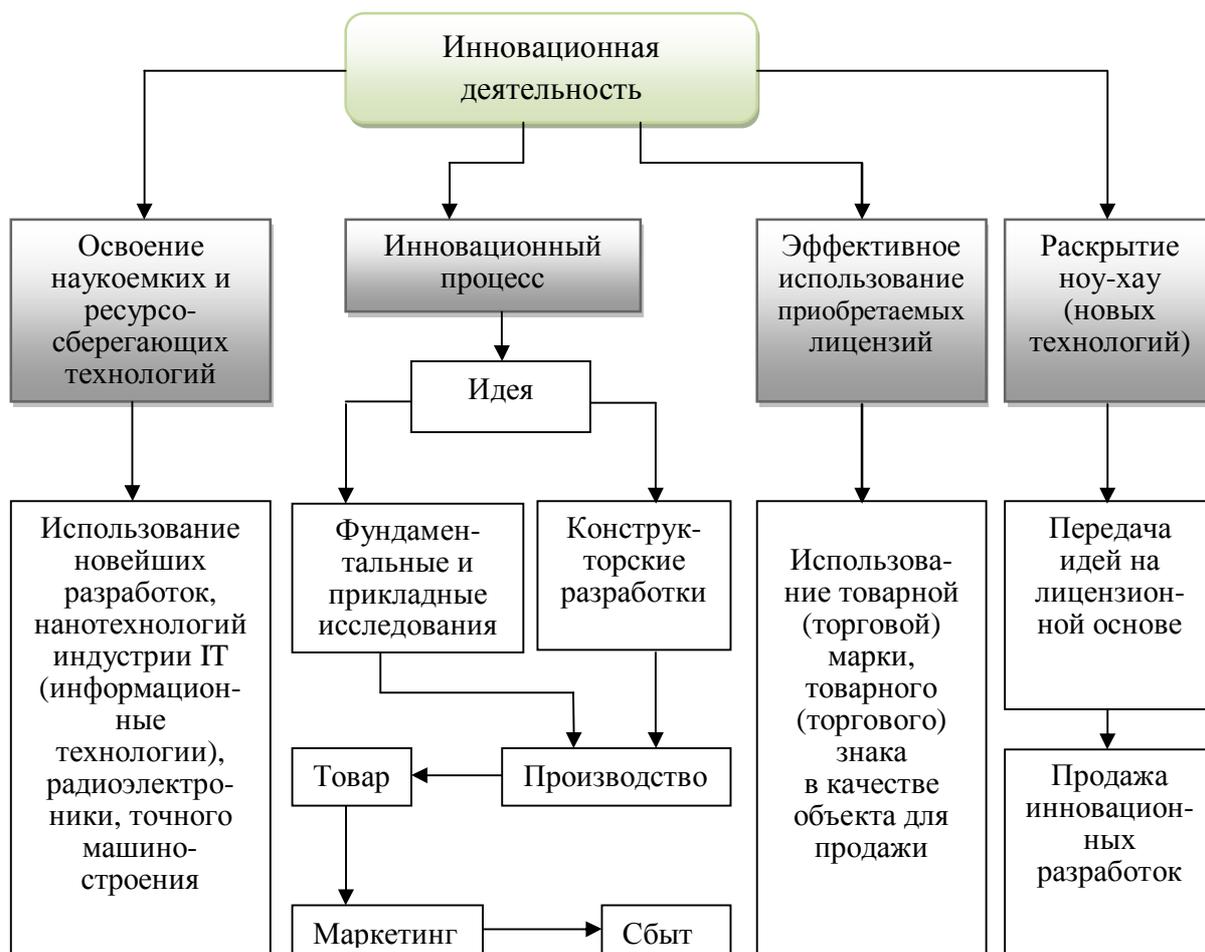


Рис. 1. Составляющие инновационной деятельности

Ключевым в создании конкурентоспособной национальной экономики является инновационный подход, то есть изменения в формах и методах управления экономикой, внедрение новых, инновационных технологий в производств, создание системы инновационного образования.

Руководство Республики Татарстан развивает экономику за счет развития инновационных, высокотехнологичных производств в нефтехимии и машиностроении. В этой связи важнейшим является разработка высокотехнологичных наукоемких проектов, в том числе и с экспортным потенциалом.

Татарстан, одним из первых среди регионов России, организовал работу по созданию собственной инновационной системы. Инновационная инфраструктура предполагает наличие специфических рыночно-ориентированных субъектов хозяйствования – технопарки, технополисы, инновационно-технологические центры, инновационные и венчурные предприятия. Создана и развивается сеть технопарков и бизнес-инкубаторов, функционируют государственная некоммерческая организация «Инвестиционный венчурный фонд Республики Татарстан», региональные фонды инвестиций в малые предприятия в научно-технической сфере и в сфере IT, действует особая экономическая зона промышленно-производственного типа «Алабуга», предоставляющая оптимальные условия для развития высокотехнологичных производств.

В зависимости от ориентации технопарки, технополисы, инновационные центры являются институциональными субъектами, главное назначение которых состоит в реализации инновационной деятельности, коммерциализации результатов НИОКР и их ускоренном продвижении в сферу материального производства, в создании благоприятных условий для инновационного развития экономики страны.

Инновационную инфраструктуру можно разложить на 4 составляющие [5]:

1. Правовая инфраструктура:

- комплекс законов об охране объектов интеллектуальной деятельности и защите прав;
- правовые акты, стимулирующие НИОКР в интересах промышленности и регулирующие процессы передачи результатов исследований в сферы их использования;
- комплекс законодательных актов, определяющих условия создания и деятельности институтов поддержки предпринимательского бизнеса;
- правовое обеспечение деятельности малого и среднего бизнеса.

2. Информационная инфраструктура: справочная, патентная, конъюнктурная, аналитическая, техническая и рекламная информация.

3. Специализированные инновационные центры: бизнес-инкубаторы, технопарки, инновационные центры, центры поддержки предпринимательства, особые экономические зоны:

- технопарк – субъект инновационной инфраструктуры, способствующий развитию предпринимательства в научно-технической сфере путем создания благоприятных условий, включающих материально-техническую и информационную базу;
- свободная экономическая зона – ограниченная территория с особым юридическим статусом по отношению к остальной территории и льготными экономическими условиями для национальных и/или иностранных предпринимателей.

4. Финансовые институты: банки, инвестиционные институты, индивидуальные инвесторы, венчурные фонды, бюджет.

В Республике Татарстан действует 14 технопарков, включая Камский индустриальный парк «Мастер», инновационно-производственный технопарк «Идея» и 5 бизнес-инкубаторов. В Казани запущен в эксплуатацию технополис «Химград» и парк высоких технологий.

Технополисы – это одна из форм свободной экономической зоны, призванная активизировать инновационный процесс с помощью региональных центров по разработке и освоению продукции высокого технического уровня.

Технополис «Химград» объединил уже существующие ведущие предприятия отрасли и служит росту числа новых перерабатывающих и сервисных нефтехимических предприятий, создает условия для дополнительного передела нефтехимической продукции.

«Химград» – платформа для размещения предприятий малого и среднего бизнеса, занятого именно в сфере химии и переработки полимеров. Одной из основных задач «Химграда» является создание условий для успешного старта и развития предприятий, в том числе выпускающих инновационную продукцию, а также решается задача по обеспечению процесса переработки полимеров, в том числе вторичных.

Технополис решает еще одну важную задачу: в качестве связующего звена «Химград» выстраивает малые предприятия, занимающиеся разработкой инновационных технологий, в единую технологическую цепочку, наладив производственную кооперацию между ними и подключив к этому процессу крупнейших республиканских поставщиков сырья, таких как: ОАО «Нижнекамскнефтехим», ОАО «Казаньоргсинтез», ОАО «Химический завод им. Л.Я. Карпова», ОАО «Казанский завод синтетического каучука».

Главной целью создания IT-парка являлось ускоренное инновационное развитие высокотехнологичных отраслей, производство новых видов наукоемкой продукции на основе научного, образовательного и производственного потенциала Республики Татарстан. Объем инвестиций на создание IT-парка составил более 7,8 млрд. руб. на условиях паритетного финансирования федерального и республиканского бюджетов.

На территории IT-парка размещен центр IT-разработок встроенных систем в сфере машиностроения и нефтехимии, центр инновационно-технологического бизнес-образования, центр коллективного пользования вычислительным кластером, помещения компаний-резидентов. Также сегодня идет работа по созданию индустриального парка для предприятий малого и среднего бизнеса в 40 километрах от Камских Полян. Предприятием, которое будут обслуживать резиденты парка, может стать «Нижнекамскнефтехим». Основным направлением деятельности будет переработка полимеров.

Среди объектов инновационной инфраструктуры в республике активно развивается особая экономическая зона (ОЭЗ) промышленно-производственного типа «Алабуга».

Основная цель деятельности ОЭЗ «Алабуга» – оказание содействия развитию экономики Татарстана и России в целом, путем создания наиболее благоприятных условий для реализации российскими и международными компаниями проектов в области промышленного производства и выпуска высокотехнологичной и инновационной продукции.

Промышленно-производственная направленность ОЭЗ включает в себя производство автокомпонентов, полный цикл производства автомобилей, химическую и нефтехимическую промышленность, обрабатывающую промышленность, фармацевтическое производство, авиационное производство, производство мебели и многое другое.

ОЭЗ «Алабуга» находится в центральной части Российской Федерации, поэтому транспортировка импортных сырьевых ресурсов с целью переработки и дальнейшего их реэкспорта выглядит просто бессмысленной [5]. Россия обладает крупной ресурсной базой для переработки и производства конечных товаров, а российский внутренний рынок товаров растет, требуя развития импортозамещающих производств, чему и послужит данная ОЭЗ.

Достижение этой цели невозможно без создания промышленной и деловой инфраструктуры международного уровня, запуска отлаженного механизма совместной работы всех задействованных государственных органов и служб, передовой системы информационных технологий, применения эффективных практик по привлечению инвесторов и сопровождения деятельности резидентов, продуманной политики в области кадрового обеспечения и развития социальной сферы.

Резиденты ОЭЗ «Алабуга» получают налоговые и таможенные преференции (освобождение от таможенных пошлин и НДС, отмена экспортных пошлин на вывоз произведенной продукции), представленные в табл. 1.

Таблица 1

Налоговые и таможенные преференции

Наименование налога	Ставка	
	Для юридических лиц	Для резидентов ОЭЗ
1. Налог на прибыль	24,0 %	20 %
2. Налог на имущество	2,2 %	0 %
3. Земельный налог	1,5 %	0 %
4. НДС на компоненты и оборудование	18 %	0 %
5. Ввозная пошлина	от вида товара	0 %

В Республике Татарстан успешно функционирует инновационно-производственный технопарк «Идея». На его территории размещены 17 различных зданий и сооружений: производственных и административных корпусов общей площадью более 30 тыс. кв. м. Это позволяет оказывать комплекс услуг инновационным предприятиям, находящимся на его территории. Их основная специализация – проектные, опытно-конструкторские и научно-изыскательские работы в области инноваций. Также технопарк осуществляет взаимодействие между разработчиками и промышленным сектором, привлекая инвестиции в зависимости от типа проекта. Среди партнеров технопарка – Агентство по развитию предпринимательства Республики Татарстан, Межрегиональный маркетинговый центр Казань-Москва, Казанский государственный технический университет им. А.Н. Туполева (КАИ), белорусский Технопарк «Метолит», Uppsala Science Park и другие.

Инновационный Технопарк «Идея» состоит из 3-х функциональных единиц: Бизнес-инкубатора, Инновационно-технологического центра (ИТЦ) и Бизнес-парка. В настоящее время на территории технопарка размещено 84 компании. Динамика изменения численности компаний, участвующих в инновационной деятельности технопарка «Идея» и технополиса «Химград», представлена на рис. 2.

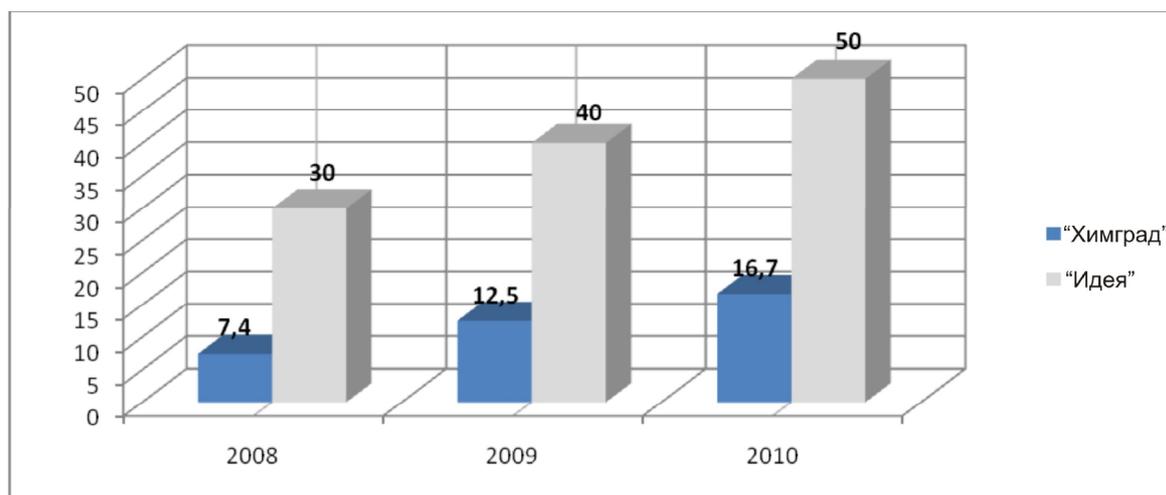


Рис. 2. Доля резидентов, осуществляющих свою деятельность в инновационной сфере, от общей численности компаний, %

Бизнес-инкубатор предназначен для размещения творческих коллективов и компаний ранней стадии развития, а также менеджеров технопарка «Идея», которые оказывают консалтинговые услуги и сопровождают творческие коллективы и компании.

В инновационно-технологическом центре технопарка «Идея» находится бизнес-инкубатор «Свяга», созданный в рамках федерального конкурса по созданию и развитию инфраструктуры поддержки субъектов малого предпринимательства. Бизнес-инкубатор «Свяга» предназначен для размещения компаний стадии «Start-up» на условиях льготной аренды в течение первых 3-х лет с прогрессивной арендной ставкой. Совместное пребывание на одной территории компаний ранней стадии и крупных компаний с уже сформировавшейся корпоративной культурой управления позволяет обеспечить положительный синергетический эффект. Доля инновационных товаров и услуг в общем объеме отгруженной продукции технопарка «Идея» и технополиса «Химград» представлена на рис. 3.

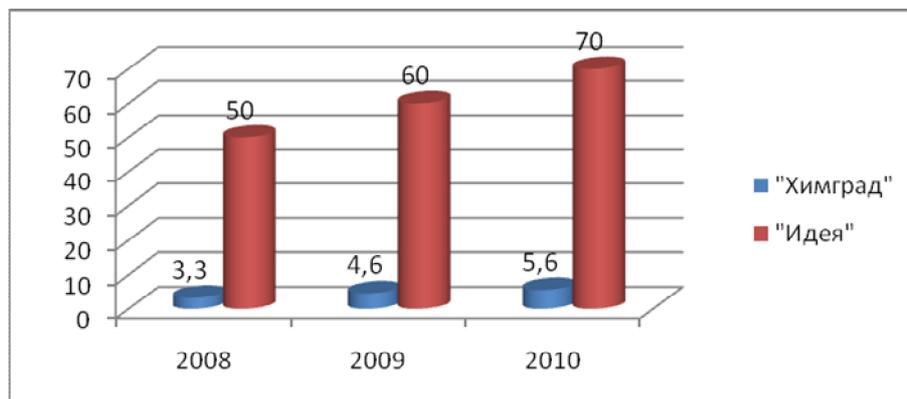


Рис. 3. Доля инновационных товаров и услуг в общем объеме отгруженной продукции, %

По состоянию на январь 2010 года в базе данных технопарка «Идея» зарегистрировано более 1200 проектных заявок с информацией по сути предложения, стадии проекта, отраслевой принадлежности и объему запрашиваемых инвестиций. Менеджерами сопровождения осуществляется проектное управление по 94 проектам, из них 11 профинансированы государственной некоммерческой организацией «Инвестиционный венчурный фонд Республики Татарстан». Большинство проектов – разработки в области химии и нефтехимии, машиностроения, информационных технологий и строительства. Государственная некоммерческая организация «Инвестиционный венчурный фонд Республики Татарстан» аккумулирует и направляет инвестиционные средства на реализацию инновационных высокоэффективных проектов [4]. Основные показатели деятельности венчурного фонда представлены в таблице 2.

Таблица 2

**Показатели развития государственной некоммерческой организации
«Инвестиционный венчурный фонд Республики Татарстан»**

№	Наименование показателя	2008 год	2009 год
1.	Объем вложенных средств на реализацию научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, инновационных и инвестиционных проектов, млн. руб.	2168,0	1426,5
2.	Доля научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ и инновационных проектов в общем объеме вложенных средств, %	10,3	20,3
3.	Доля коммерциализированных инновационных (венчурных) проектов в общем количестве инновационных (венчурных) проектов, %	2	3
4.	Объем привлеченных средств, млн. руб.	40,0	40,0-50,0

Таким образом, можно с полной уверенностью утверждать, что создание и развитие инновационной инфраструктуры в Республике Татарстан стало одним из стержней развития промышленности и науки, общедоступным и экономически оправданным средством реализации венчурных проектов.

Из вышеизложенных материалов становится ясно, что задачи реализации программных мероприятий инновационной деятельности в РТ, включающие создание системы взаимосвязанных подсистем инновационной инфраструктуры, были выполнены вполне успешно: подготовлена законодательная и инвестиционная базы для дальнейшего развития и расширения масштабов инновационной деятельности, введены в эксплуатацию и успешно функционируют специализированные инновационные центры.

Создание условий для более масштабного привлечения инвестиций в наукоемкие отрасли промышленности, несомненно, будет способствовать трансформации результатов научных исследований и разработок в новые или усовершенствованные продукты, технологические процессы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Портер М.Е. Конкуренция. – СПб., М., Киев: Изд. дом "Вильямс", 2000.
2. Словарь рыночной экономики. – М., 2004. – 574 с.
3. Инновационная деятельность малых предприятий: Учеб. пособие / Под ред. ЗАО «МАРП». – М.: 2004. – 115 с.
4. Инновационная деятельность / Законодательство субъектов РФ / Республика Татарстан / «Инновационный меморандум Республики Татарстан на 2008-2010 годы»: Инновации и предпринимательство.
5. Ахромеева Т.С., Малинецкий Г.Г. Инновации и кризис // Журн. Инновации, 2009, № 1. – С. 53-59.

УДК [658 51: 624.04]: 699.8 (083.74)

Волков А.А. – доктор технических наук, профессор

E-mail: volkov@mgsu.ru

Московский государственный строительный университет

Вагапов Р.Ф. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: niistroy@mail.ru

ГУП институт «БашНИИстрой», Уфа

К ВОПРОСУ РАСЧЕТА КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ НА ПРОГРЕССИРУЮЩЕЕ ОБРУШЕНИЕ. ОСНОВАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЕКТА

АННОТАЦИЯ

Предлагается системный аналитический подход к выявлению элементов проекта, способных оказывать негативное влияние на процесс возникновения и ликвидации чрезвычайных ситуаций на строительных объектах на стадии их автоматизированного проектирования.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: конструктивная безопасность, системы автоматизированного проектирования, чрезвычайные ситуации.

Volkov A.A. – doctor of technical sciences, professor

Moscow State Construction University

Vagapov R.F. – candidate of technical sciences, associate professor

Scientific-Research Institute «BashNIISTroy», Ufa

TO THE PROBLEM OF CALCULATION OF BUILDINGS STRUCTURES FOR PROGRESSIVE FAILURE. THE DESIGN BASIS AND OPTIMIZATION

ABSTRACT

A system analytical approach to show the design elements negatively influencing the process of origin and liquidation of emergency situations at the building projects at the stages of their automated design is suggested.

KEYWORDS: structural safety, automated design systems, emergency situations.

Проблемы обеспечения конструктивной безопасности были и остаются основными в строительном проектировании. В этом смысле вопросы расчетов конструкций зданий на прогрессирующее обрушение с использованием различных программных комплексов все еще нуждаются в дальнейшем теоретическом и практическом развитии.

Как правило, геометрические размеры несущих конструкций здания для подобных расчетов принимаются по чертежам заказчика.

Для конструкций железобетонных задаются:

- размеры и класс бетона фундаментов;
- толщины плит перекрытий;
- толщины стен, колонн и пилонов;
- бетон конструкций надземной части (класс);
- защитные слои бетона до центра тяжести арматуры;
- арматура (класс);
- жесткость основания.

На основе анализа конструктивной схемы здания определяются характерные, наиболее опасные для здания гипотетические (возможные) схемы локальных разрушений, например:

- удаление колонны на k -м этаже на пересечении осей X и Y ;
- удаление стены (фрагмента стены) на l -м этаже между осями X и Y и пр.

Исходные данные, расчетная модель и схемы локальных разрушений согласовываются с заказчиком.

Расчетная схема здания включает в себя, как правило, фундаментные конструкции (железобетонные), перекрытия, железобетонные или стальные балки, вертикальные связи и вертикальные несущие конструкции – пилоны и стены. Определяется величина коэффициента жесткости основания, боковое давление грунта и другие нагрузки на подземные части здания.

Рассматривается пространственная система элементов конструкций в нелинейной постановке при последовательном выбывании виртуально «поврежденных» элементов из расчетной модели. Исследуются альтернативные пути передачи нагрузок за счет перераспределения усилий в оставшихся элементах, нелинейные деформации в области повреждения при работе материалов за пределами упругости.

Расчеты выполняются на различные загрузки, например, при действии вертикальных нормативных нагрузок (постоянных и временных).

В расчетную схему включаются различные типы конечных элементов, например треугольные и четырехугольные конечные элементы оболочки, пространственные стержни с учетом физической и геометрической нелинейности.

В основу нелинейного расчета положен шаговый метод. В расчете нагрузка прикладывается за N равных шагов. По результатам расчета на каждом шаге программа анализирует напряженно-деформированное состояние нелинейных элементов, определяет образование трещин, пластических шарниров или полное разрушение сечения. С учетом этого вычисляются жесткости элементов на следующих шагах нагружения. Программа исключает из расчетной модели разрушенные элементы для последующих шагов нагружения.

Целью расчета на прогрессирующее разрушение в условиях возможных чрезвычайных ситуаций является исследование напряженно-деформированного состояния конструкций здания в соответствии с «Рекомендациями по защите монолитных жилых зданий при чрезвычайных ситуациях» [1].

Критерием безопасности здания в чрезвычайной ситуации при локальном разрушении является отсутствие условий, вызывающих цепное разрушение элементов конструкций и приводящих к обрушению части здания или здания целиком.

Рассматривается пространственная система элементов конструкций в нелинейной постановке при последовательном выбывании виртуально «поврежденных» элементов из расчетной схемы. Исследуются альтернативные пути передачи нагрузок за счет перераспределения усилий в оставшихся элементах, нелинейные деформации в области повреждения при работе материалов за пределами упругости. В зависимости от возможности локализации области повреждения делается вывод о возможности развития либо предотвращения лавинообразного разрушения объекта.

Проведенные численные исследования, как правило, показывают, что в результате виртуального удаления стены на l -м этаже между осями X и Y , либо колонны на k -м этаже на пересечении осей X и Y вертикальные перемещения вышележащего перекрытия увеличиваются на ΔL мм (по сравнению с перемещениями при отсутствии локального разрушения).

При этом отмечается возможное развитие трещин и разрушений в вышележащих конструкциях и перекрытиях (над удаленными конструкциями), а также делается вывод о том, носят ли указанные нарушения целостности элементов конструкций здания ограниченный характер, или имеют тенденции к дальнейшему развитию.

На основе расчетов определяется, возможно ли для данной конструктивной схемы создание условий, приводящих к прогрессирующему (цепному) обрушению здания, или нет.

Системный анализ процессов проектирования строительных объектов во многих случаях может стать основой для эффективного использования информационного пространства, окружающего строительный объект от момента возникновения идеи о необходимости его возведения до момента утилизации (разрушения). Иллюстрируем сказанное, описав аналитический подход к выявлению элементов проекта, способных оказывать негативное влияние на процесс ликвидации возможных чрезвычайных ситуаций в строительных объектах [2, 3].

Одной из целей информационной интеграции процессов моделирования развития и результатов чрезвычайных ситуаций в системы автоматизированного проектирования строительных объектов [2-7] является возможность выявления элементов проекта здания или

сооружения, которые могут оказывать прямое или косвенное влияние на динамику чрезвычайной ситуации или процесс ее локализации и ликвидации [3].

Нельзя сказать, что проектирование зданий и сооружений априори не учитывает надежность отдельных конструктивных элементов и их совокупности, как раз наоборот, – теория надежности в архитектурно-строительном проектировании – одна из методологических основ проектирования зданий и сооружений. Однако основной целью этой теории является недопущение чрезвычайных ситуаций в проектируемом объекте, связанных с несоответствием конструктивных решений, применяемых строительных материалов и технологий тем нагрузкам, которые будут оказываться на объект при эксплуатации. Обычно расчет на штатные внешние статические и динамические нагрузки проводится с некоторым запасом прочности, в зависимости от класса проектируемого объекта. Отдельно следует отметить расчет зданий и сооружений на возможные экстремальные нагрузки, связанные с географическим положением объекта (например, в сейсмически неблагоприятном районе или в зоне возможного затопления), особенностями размещенного на нем технологического цикла и эксплуатации.

Все подобные, безусловно, важные и необходимые расчеты, ориентированы на предотвращение чрезвычайных ситуаций, а не на моделирование уже произошедших с целью их контроля и оперативного управления. Следует отметить, что большинство явных недостатков проекта выявляется именно на проектной стадии. Теория надежности представляет собой тот математический аппарат, который, кроме прочего, накладывает на проект ряд ограничений, исходя из требований к обеспечению безопасной эксплуатации здания или сооружения в течение некоторого расчетного периода. Однако, некоторые особенности проектных и конструктивных решений, кажущиеся «безобидными» с точки зрения их реализации и удовлетворяющие требованиям теории надежности, могут играть значительную роль в условиях развития реальной чрезвычайной ситуации и, к сожалению, не всегда позитивную. Если часть из них можно достаточно легко прогнозировать логически, а в некоторых случаях – руководствуясь эмпирическими данными и статистикой, то остальные можно выявить, лишь моделируя развитие различных чрезвычайных ситуаций на конкретном проектируемом объекте. Например, использование некоторых теплоизоляционных и декоративных материалов может привести при их нагреве, что не редкость в случае возможного возгорания, к выделению ядовитых продуктов горения, что во многих случаях значительно затрудняет доступ для производства работ с отдельными элементами объекта, оперативное усиление которых может предотвратить обрушение здания или его частей. Кроме того, в этом случае возникает реальная опасность отравления людей продуктами горения.

Далее предлагается системный аналитический подход к выявлению элементов проекта, способных оказывать негативное влияние на процесс ликвидации возможных чрезвычайных ситуаций в строительных объектах на стадии их автоматизированного проектирования.

Предположим, что все конструктивные решения элементов разрабатываемого проекта составляют некоторое непустое множество $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$, $P \neq \emptyset$. Задача формулируется в следующем виде: необходимо сформировать множество $X = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$, $X \subset P$ тех элементов проекта здания или сооружения, которые способны оказывать негативное влияние на процесс ликвидации возможных чрезвычайных ситуаций в проектируемом объекте в рассмотренном выше смысле. Аналитический подход к решению задачи состоит в следующем.

1. Необходимо сформировать множество неизменяемых, по тем или иным причинам, элементов проекта $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_s\}$, $Q \subset P$. Причинами ограничений могут быть экономические, конструктивные, технологические особенности проектируемого объекта и ряд других. Рассмотрение всех причин подобных ограничений выходит за рамки настоящей статьи. Решение о формировании подобного множества вырабатывается проектной организацией согласованно с руководителем проекта. В течение процессов проектирования и строительства множество Q может быть изменено.

2. Если сформированное множество Q совпадает с исходным множеством всех конструктивных решений элементов разрабатываемого проекта P , т.е. $P = Q$, то анализ необходимости изменения элементов проекта на данном этапе проектирования не даст желаемых результатов из-за наложенных ограничений. В большинстве случаев этого не происходит. Если же

$P = Q$, руководство проекта должно искусственно сузить множество Q с целью обеспечения возможности проведения адекватного анализа и на основе его результатов корректировать множество Q реально.

3. Следующий этап – формирование множества аналогий O конструктивных элементов проекта на основе базы аналогий, содержащей множество $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ подобных элементов, сформированное на основе статистики чрезвычайных ситуаций. Другими словами, все случаи, когда те или иные проектные или конструктивные решения элементов зданий или сооружений вызвали препятствия в локализации чрезвычайных ситуаций в строительных объектах или являлись источниками повышенной опасности в условиях развития чрезвычайных ситуаций в любой трактовке этого понятия, должны быть занесены и составлять некоторую базу аналогий на основе их множества A .

4. Для некоторых объектов множество аналогий A может быть пустым, т.е. $A = \emptyset$, что в большинстве случаев определяется либо уникальностью объекта, либо неполнотой используемой базы аналогий. В этом случае необходимо действовать в соответствии со следующим этапом (5). Если множество аналогий A не пусто, т.е. $A \neq \emptyset$, то на его основе формируется множество элементов к изменению X , получаемое на данном этапе объединением пустого пока множества X ($X = \emptyset$) и множества аналогий $O \subset A$: $X = O \cup X$. Далее производится оценка степени риска, т.е. вероятности влияния возможных чрезвычайных ситуаций на каждый элемент множества X : $\forall x_i \in X$ на основе статистических данных и элементов моделирования развития чрезвычайных ситуаций в строительных объектах, сопоставление полученных оценок со стоимостью внесения изменений в проект для $\forall x_i \in X$. На основе проведенного теоретического анализа и в тесном взаимодействии с руководителем проекта производится принятие решений по внесению изменений в проект для $\forall x_i \in X$. Точного математического описания подобной методики принятия решений не существует из-за бесконечного многообразия конкретных ситуаций, в которых руководитель должен принимать решения. Крайними являются ситуации, когда: а) руководство проекта учитывает все выявленные замечания и корректирует проект по всем «опасным» элементам и б) руководство проекта не имеет возможности внести изменения в процесс проектирования. Первый случай идеален. Второй определяет бессмысленность всех описанных действий. В реальной практике подобные решения часто принимаются на основе субъективных предпочтений лиц, принимающих решения. Этот элемент субъективности и является во многих случаях единственно возможным способом объединения и сравнительного анализа совершенно несопоставимых критериев и аргументации.

5. В случае пустого множества аналогий A , когда $A = \emptyset$, а также независимо от его полноты, т.е. параллельно, необходимо самостоятельно формировать множество F конструктивных элементов здания или сооружения, подверженных влиянию факторов, определяемых развитием чрезвычайных ситуаций в строительных объектах. Подобное множество может быть сформировано только путем моделирования развития различных чрезвычайных ситуаций на конкретном проектируемом объекте. Масштабы охвата возможных чрезвычайных ситуаций определяют мощность формируемого множества $F - \#F$. После формирования множества F производится проверка на пересечение множеств F и Q , если $F \cap Q = \emptyset$, то к сформированному множеству элементов к изменению X добавляются все элементы множества F : $X = X \cup F$. Дальнейшие действия по принятию решений об изменении элементов проекта подобны описанным выше. В случае частичного или полного совпадения множеств совпадения F и Q , т.е. $F \cap Q \neq \emptyset$, множество X формируется на данном этапе как объединение уже существующего множества X с элементами множества F , не совпадающими с элементами множества Q . Следующий шаг – внесение предложения руководству проекта об изменении (корректуре) множества Q , в случае значительных ограничений на состав неизменяемых элементов проекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рекомендации по защите монолитных жилых зданий при чрезвычайных ситуациях // Правительство Москвы. – М.: Москомархитектура, 2005.
2. Volkov A.A. Aktive Sicherheit von Bauobjekten in aussergewöhnlichen Situationen // IKM 2000, ABSTRACTS: PROMISE AND REALITY. – Weimar: Bauhaus-Universität Weimar, 2000. – P. 49.
3. Волков А.А. Активная безопасность строительных объектов // Межвуз. сб. науч. тр. Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. Вып. 9. – М.: АСВ, 2000. – С. 147-150.
4. Волков А.А. Активная безопасность строительных объектов в условиях чрезвычайной ситуации // Промышленное и гражданское строительство, 2000, № 6. – С. 34-35.
5. Волков А.А. Информационная поддержка процессов оперативного влияния на динамику чрезвычайных ситуаций в строительных объектах // Большой Российский каталог. Строительство. – М.: Каталоги и справочники, 2000. – С. 38-40.
6. Волков А.А., Вагапов Р.Ф., Отчерцов М.В. Управление конструктивной безопасностью сооружений // Вестник МГСУ, 2007, № 4. – С. 76-78.
7. Волков А.А., Вайнштейн М.С., Вагапов Р.Ф. Расчеты конструкций зданий на прогрессирующее обрушение в условиях чрезвычайных ситуаций. Общие основания и оптимизация проекта // Вестник МГСУ, 2008, № 1. – С. 388-392.

УДК 658.51: 624.04

Волков А.А. – доктор технических наук, профессор

E-mail: volkov@mgsu.ru

Московский государственный строительный университет

Вагапов Р.Ф. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: niistroy@mail.ru

ГУП институт «БашНИИстрой», Уфа

КОНСТРУКТИВНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СООРУЖЕНИЙ: ЭЛЕМЕНТЫ УПРАВЛЯЕМЫХ КОНСТРУКЦИЙ

АННОТАЦИЯ

В обычной практике проектирования интеллектуальных зданий превалирует автоматизация инженерных систем объекта. В настоящей статье рассмотрена возможность сохранения конструктивной безопасности зданий и сооружений посредством управляемых строительных конструкций.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: конструктивная безопасность, системы автоматизированного проектирования, управляемые конструкции.

Volkov A.A. – doctor of technical sciences, professor

Moscow State Construction University

Vagapov R.F. – candidate of technical sciences, associate professor

Scientific-Research Institute «BashNIISTroy», Ufa

CONSTRUCTIVE SAFETY OF STRUCTURES: ELEMENTS OF CONTROLLED CONSTRUCTIONS

ABSTRACT

In general practice of the intellectual buildings design the automation of the project engineering systems is prevailed. The given paper presents the possibility of buildings and structures constructive safety maintaining with the controlled constructions.

KEYWORDS: constructive safety, automated design systems, controlled constructions.

Рассмотрим некоторые аспекты нового для прикладной области инженерной практики «интеллектуальных» зданий в целом направления автоматизации в современном строительстве – т.н. «управляемых конструкций». Отдавая себе отчет в том, что многие из изложенных идей далеки от практического воплощения, мы считаем необходимым и полезным обратить теперь внимание специалистов и на эту, совсем еще новую грань «интеллекта» зданий, имеющую хорошие перспективы для практического внедрения в недалеком будущем.

Управление конструктивной безопасностью сооружений – одно из самых важных и актуальных направлений в рамках концепции гомеостата строительных объектов [3-8] – фундаментальной основы проектирования и создания «интеллектуальных» зданий, сооружений и комплексов. До последнего времени задачи в подобной формулировке представлялись сложными не только в части поиска приемлемых решений, но и в части адекватной постановки задачи. В этом смысле решение классических задач строительной механики приобретает качественно новое развитие, связанное, прежде всего, с возможностью проектирования и реализации систем, динамически изменяющих характеристики конструкций, в зависимости от условий внешних сред. Профессор Н.П. Абовский, автор идеи, которую нам хотелось бы донести теперь до читателя, отмечает, что «...системы интеллектуального управления конструкциями – это современные проблемы. Передовая современная научная и инженерная мысль ведет к синтезу механики и кибернетики, к созданию автоматически управляемых конструкций. Уже нельзя ограничиться классическими задачами строительной механики конструкций...» [1]. К схожим выводам приходят сегодня ученые и специалисты, так или иначе причастные к решению задач как управления, так и строительной

механики. Например, профессор Г.В. Васильков отмечает, что «...анализ исторического развития физики и механики показывает, что все обратимые физические явления можно описать вариационными принципами, т.е. уравнения движения таких систем вытекают из утверждения о том, что для действительных процессов некоторые функционалы принимают стационарные значения. Таким образом, наряду с законами сохранения и эвристическими принципами энергетического смещения системы, большую роль количественного описания природных явлений играют вариационные принципы... Самоорганизующиеся, саморегулирующиеся системы с изменяемой структурой требуют иных подходов при выявлении рациональных параметров системы...» [2].

В этом смысле, наиболее перспективными представляются задачи управления напряженно-деформируемым состоянием [1]:

- задачи управления прочностью;
- задачи управления жесткостью;
- задачи управления устойчивостью;
- задачи управления колебаниями;
- технологические задачи управления;
- задачи обеспечения геометрической стабильности формы конструкций;
- задачи управления с целью исключения аварийных ситуаций.

В традиционных конструкциях, используемых во многих областях техники, сегодня учитывается и нормируется лишь их деформируемость, т.е. инженерная практика направлена на преодоление ее негативных последствий. Управление процессом деформирования конструкций на разных стадиях эксплуатации отсутствует. Переход к управлению деформированием конструкций открывает новые возможности для инженерного конструирования.

Управляемые конструкции – это конструкции нового класса, представляющие собой деформируемые системы с переменными управляемыми параметрами. Управление деформированием и перестройкой конструкции осуществляется с применением управляющего модуля в цифровом, аналоговом или механическом варианте, измерительной аппаратуры и исполнительных устройств (актуаторов), реализующих прямую и обратную связи с управляемой конструкцией. В целом – это система автоматического управления напряженно-деформированным состоянием (САУ НДС) [1].

Управляемые конструкции создаются на стыке механики деформируемого твердого тела с общей теорией управления, кибернетикой, робототехникой, электротехникой, вычислительной математикой, численными методами решения задач математической физики и др. На пути интеграции указанных наук определена новизна и приоритетность общей постановки задачи автоматического управления деформируемыми конструкциями и возможность решения ряда прикладных задач на уровне изобретений и открытий [1].

В отличие от широко используемых в различных областях техники традиционно неуправляемых конструкций, автоматическое управление позволяет достичь качественно новых характеристик [1]:

- снизить материалоемкость за счет рационального изменения напряженного и деформированного состояния при переменных во времени внешних воздействиях и параметрах конструкции;
- обеспечить стабильность эксплуатационных характеристик и повысить надежность конструкций за счет расширения их адаптивных свойств;
- улучшить характеристики управляемости механизмов путем обеспечения управления деформативностью их элементов;
- повысить качество и точность изготовления продукции на основе учета и управления деформативностью изделия и технологического оборудования;
- эффективнее и полнее использовать ресурсы конструкции, повысить их эффективность в различных областях техники (в строительстве, радиотехнических устройствах, летательных аппаратах, робототехнике, машиностроении и др.), особенно там, где традиционные способы конструирования становятся малоэффективными или технически нереализуемыми;
- предотвращать аварийные ситуации (разрушение конструкций);
- управлять конструкцией в труднодоступных для человека местах.

Перспективными вопросами создания и развития управляемых конструкций являются [1]:

- дальнейшая разработка теории и методов управления деформированием и перестройкой механических систем;
- систематизация постановок задач по управлению конструкциями и определение методов их решения на основе функционально-структурного подхода;
- разработка структурно-модульных схем цифровых, аналоговых и нейроподобных систем автоматического управления, реализация их на моделях конструкций;
- формулировка алгоритмов процессов управления конструкциями в различных режимах, в том числе в оптимальном, на основе решения вариационной задачи поиска экстремума целевой функции с учетом принятых ограничений; создание комплекса специальных программ расчета сложных тонкостенных конструкций для цифровых систем управления;
- выявление новых рациональных областей применения управляемых деформируемых конструкций в задачах управления, в том числе в обеспечении геометрической стабильности и исключении аварийных ситуаций;
- приложение к третьим областям техники (например, для управления оболочкой антенны, вантовым мостом, конструкцией летательного аппарата и др.).

Очевидно, что при решении подобных задач исключительную важность приобретает проектирование механизмов, реализующих принципы обратной связи в системе управления. При этом системы автоматического управления с обратной связью могут быть построены на основе двух основных принципов действий, известных из классической кибернетики:

- управление по отклонениям;
- управление по возмущениям.

В первом случае управляющие воздействия формируются на основе совокупности сигналов воздействий внешних сред на объект управления.

Во втором случае управление инициируется по сигналам о состоянии системы.

В целом, системы автоматического управления по отклонениям могут обеспечить наиболее эффективное управление напряженно-деформируемым состоянием конструкций [1].

При этом общие принципы управления в пространстве ситуаций будут математически формализованы основаниями, изложенными в [6].

В силу определений [6], множество $f(I) \cap q_i$ представляет всю совокупность сигналов, составляющих входную информацию для элемента $i \in I$ в данный момент времени. Следует отметить, что каждый индивид из I способен на самостоятельную интерпретацию воспринимаемой информации. В этой связи предполагается, что «на вход» элемента i в данный момент поступает объект $\{i\} \times (f(I) \cap q_i)$, называемый (*мгновенной*) *входной буквой*. При этом, множество входных сигналов не искажается, но снабжается дополнительной меткой, определяющей адресность входной буквы.

Пусть для некоторых $f \in F$ и $q \in Q$ $s = f \circ f^{-1} \circ q$; тогда $(\{i\} \times (f(I) \cap q_i)) = s \circ \Delta_{\{i\}}$, множество $A_s = \{a \mid (\exists i)(i \in I, a = s \circ \Delta_{\{i\}})\}$ – разбиение ситуации $s \in S$; совокупность всех входных букв, появление которых принципиально возможно на входах элементов гиперсети I , определяется равенством $A = \{a \mid (\exists s)(\exists i)(s \in S, i \in I, a = s \circ \Delta_{\{i\}})\}$; семейство множеств вида $A_i = \{a \mid (\exists s)(s \in S, a = s \circ \Delta_{\{i\}})\}$ для каждого $i \in I$, называемых *локальными входными алфавитами*, является разбиением множества A ; семейство $(A_s)_{s \in S}$ – покрытием множества A .

Одношаговая процедура перехода гиперсети I из заданной ситуации $s \in S$ в «следующую» на основании функций локальных переходов (функций активации) может быть представлена формально. Пусть $G = \bigcup_{i \in I} (A_i \times \{i\})$, а «на входы» индивидов из I поступило входное множество A_s .

Как видно, $G \circ \Delta_{A_s} : A_s \rightarrow I$ – взаимно однозначное отображение, т.е. выполнены равенства

$\Delta_{A_s} \circ G^{-1} \circ G \circ \Delta_{A_s} = \Delta_{A_s}$ и $G \circ \Delta_{A_s} \circ G^{-1} = \Delta_I$. Пусть в данный момент для каждого индивида $i \in I$ определена некоторая, всюду определенная на A_i , функция (локального перехода) $g_i : A_i \rightarrow X_i$. Так как при i, j из I в случае $i \neq j$ всегда $(A_i \times X_i) \cap (A_j \times X_j) = \emptyset$, то $g = \bigcup_{i \in I} g_i$ является некоторым отображением вида $A \rightarrow V$, а композиция $j = g \circ \Delta_{A_s} \circ G^{-1}$, на основании определений, есть та конфигурация из F , которая возникает в гиперсистеме в «следующий» момент времени в результате локально принятых решений вида $g_i(s \circ \Delta_{\{i\}})$ как реакций на входные буквы $(s \circ \Delta_{\{i\}})_{i \in I}$. Если в этот же момент гиперсистема оказалась под воздействием нового глобального возмущения $q \in Q$, то новой ситуацией из S будет ситуация $j \circ j^{-1} \circ q$; затем процесс повторится.

Легко видеть, что задача управления гиперсистемой по такой схеме достаточно сложна. Одна из причин такова: если из каких-то внemodelных соображений выделяется подмножество $S_0 \subset S$ желаемых (приемлемых, оптимальных) ситуаций (или конфигураций, ибо $F \subset S$), то оно может оказаться недостижимым при конкретном наборе функций локальных переходов $(g_i)_{i \in I}$. Не исключено также, что функции локальных переходов в некоторых задачах управления могут оказаться многозначными – произвольными подмножествами прямоугольников вида $A_i \times X_i$. В этой связи вводится понятие «[мгновенного] глобального управления гиперсистемой в целом». Так как $A_i \cap A_s = \{s \circ \Delta_{\{i\}}\}$, то при любом $f \in F$ отображение $f \circ G \circ \Delta_{A_s} : A_s \rightarrow V$ инъективно и выбирает по одному элементу из каждого множества семейства $(X_i)_{i \in I}$. Каждое такое отображение названо [мгновенным] глобальным управлением.

Множество всех глобальных управлений есть $U = \{u \mid (\exists f)(\exists s)(f \in F, s \in S, u = f \circ G \circ \Delta_{A_s})\}$. Если в данный момент в гиперсистеме I возникла ситуация $s \in S$, то глобальное управление $u \in U$ такое, что $u = u \circ \Delta_{A_s}$, преобразует входную информацию (совокупность A_s входных букв) так, что к следующему моменту времени выходные сигналы всех элементов системы образуют конфигурацию $f = u \circ G^{-1} \in F$; если при этом гиперсистема окажется под воздействием глобального возмущения $q \in Q$, то возникнет новая ситуация $f \circ f^{-1} \circ q$ и процесс повторится. Как видно, теперь множество S может быть переопределено: $S = \{s \mid (\exists u)(\exists q)(u \in U, q \in Q, s = u \circ u^{-1} \circ q)\}$, из чего следует, что пространство ситуаций представимо в терминах глобальных управлений и глобальных возмущений [6].

Семейство $(U_f)_{f \in F}$, где $U_f = \{u \mid (\exists s)(s \in S, u = f \circ G \circ \Delta_{A_s})\}$ для каждого фиксированного $f \in F$, и семейство $(U_s)_{s \in S}$, где для каждого фиксированного $s \in S$ $U_s = \{u \mid (\exists f)(f \in F, u = f \circ G \circ \Delta_{A_s})\}$ – суть разбиения множества U . При этом, U_f – совокупность глобальных управлений, переводящих каждую ситуацию из S в единственную конфигурацию $f \in F$; U_s – совокупность глобальных управлений, переводящих данную ситуацию $s \in S$ в любую конфигурацию из F .

В целом, принципами управляемых конструкций (по профессору Н.П. Абовскому) являются следующие [1]:

1. Энергетический принцип управления.

2. Принцип перестройки системы (изменение объекта управления).
3. Принцип мобилизации внутренних ресурсов системы.
4. Принцип трансформации (преобразования) внешнего воздействия на конструкцию.
5. Принцип дополнительного внешнего воздействия на конструкцию.
6. Принцип управляющей связи.
7. Принцип использования истории создания (сборки) системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абовский Н.П. Управляемые конструкции – САУ НДС: учебное пособие. – Красноярск: КИСИ, 1995. – 125 с.
2. Васильков Г.В. Теория адаптивной эволюции механических систем. – Ростов-на-Дону: Terra Принт, 2007. – 248 с.
3. Волков А.А. Гомеостатическое управление зданиями // Жилищное строительство, 2003, № 4. – С. 9-10.
4. Волков А.А. Гомеостат в строительстве: системный подход к методологии управления // Промышленное и гражданское строительство, 2003, № 6. – С. 68.
5. Волков А.А. Гомеостат зданий и сооружений: кибернетика объектов и процессов // В кн. «Информационные модели функциональных систем» / Под ред. К.В. Судакова, А.А. Гусакова. – М.: Фонд «Новое тысячелетие», 2004. – С. 133-160.
6. Волков А.А. Комплексная безопасность условно-абстрактных объектов (зданий и сооружений) в условиях чрезвычайных ситуаций // Вестник МГСУ, 2007, № 3. – С. 30-35.
7. Волков А.А., Вагапов Р.Ф., Отчерцов М.В. Управление конструктивной безопасностью сооружений // Вестник МГСУ, 2007, № 4. – С. 76-78.
8. Волков А.А., Вайнштейн М.С., Вагапов Р.Ф. Расчеты конструкций зданий на прогрессирующее обрушение в условиях чрезвычайных ситуаций. Общие основания и оптимизация проекта // Вестник МГСУ, 2008, № 1. – С. 388-392.