ISSN 2073-1523

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 КГАСУ

2016 г., № 3 (37)

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:

Ахмадиев Ф.Г., д-р техн. наук, проф.;
Есаулов Г.В., д-р архитектуры, проф., академик РААСН;
Ильичев В.А., д-р техн. наук, проф., первый вице-президент РААСН;
Каюмов Р.А., д-р физ.-мат. наук, проф.;
Королев Е.В., д-р техн. наук, проф.;
Мирсаяпов И.Т., д-р техн. наук, проф.;
Строганов В.Ф., д-р хим. наук, проф., почетный член РААСН;
Хозин В.Г., д-р техн. наук, проф.

МЕЖДУНАРОДНЫЙ РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

Фиговский О.Л., д-р техн. наук, проф., член Европейской АН, иностранный член РААСН (Израиль);
Фишер Х.-Б., доктор-инженер (Германия);
Хассан Абдалла, д-р наук (PhD), проф. (Великобритания);
Янотка И., канд. техн. наук, с.н.с. (Словакия).

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ:
ФГБОУ ВО «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: patent@kgasu.ru Сайт: http://izvestija.kgasu.ru

© Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета, 2016

ISSN 2073-1523

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
2016, № 3 (37)

BBC 38
I 33
UDC 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:

Ahmadiev F.G., Dr. tech. sci., prof.,
Esaulov G.V., Dr. arch. sci., prof., member of the Academy of RAACS;
Ilichev V.A., Dr. tech. sci., prof., First Vice President of RAACS;
Kayumov R.A., Dr. phys-mat. sci., prof.;
Korolev E.V., Dr. tech. sci., prof.;
Mirsayapov I.T., Dr. tech. sci., prof.;
Stroganov V.F., Dr. chem. sci., prof., honorary m. of RAACS;
Khozin V.G., Dr. tech. sci., prof.

INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD:

Figovskiy O.L., Dr. tech. sci., prof., member of EAS, foreign member of RAACS (Israel);
Fischer H.-B., Dr.-Ing (Germany);
Hassan Abdalla, PhD, prof. (Great Britain);
Janotka I., Cand. tech. sci., head of unit (Slovakia).

THE FOUNDER AND THE PUBLISHER:
FSBEI of HE «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 PI № FS77-25136, dated July, 20th, 2006). It is included in the all-Russian catalogue of JSC «ROSPECHAT» Agency; subscription number 36939.

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

© News of the Kazan State University of Architecture and Engineering, 2016

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕОРИЯ И ИСТОРИЯ АРХИТЕКТУРЫ, РЕСТАВРАЦИЯ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ИСТОРИКО-АРХИТЕКТУРНОГО НАСЛЕДИЯ	
Агишева С.Т. Интерпретация понятия буферной зоны объектов всемирного культурного наследия: переход от принципов сохранения к принципам устойчивого развития исторических городских ландшафтов	7
Хабибуллин А.Н. Казанская крепость в золотоордынский период (XIII-XV века)	15
Чебинев А.И., Чебинева Е.В. Уникальность восточного района г. Торонто	21
АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	
Бурова Т.Ю. Цветное освещение в интерьере: особенности и приемы использования	28
Ибрагимова А.Ф., Михайлова А.С. Концептуализм в современной архитектурной среде (на примере городской скульптуры)	34
Мхитарян К.О., Кожевникова А.Ю. «Зеленые стены» в дизайне городской среды – (зарубежный опыт)	41
Покка Е.В. Мосты и крытые переходы в архитектуре многофункциональных общественных комплексов	49
Рябов О.Р., Ахмадиева Л.А. Образовательные пространства города, как элемент брендинга территории	56
Рябов О.Р., Николаева И.В. Эмоциональное восприятие архитектурной среды	62
Смолова М.В. Архитектурно-художественные концепции архитектуры метрополитена	68
Степанчук А.В. Особенности архитектурного формирования объектов культурного туризма с ремесленно-креативной функцией	75
Шинкарёв А.Н., Прокофьев Е.И. Анализ отечественного и зарубежного опыта в исследовании проектирования объектов системы здравоохранения	82
ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО, ПЛАНИРОВКА СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ	
Балакина Л.А. Временные поселения: история и градостроительное развитие	93
Гришина М.П., Калимуллина Л.Р. Концепция развития приволжской зоны г. Казани	102
Исмагилова С.Х., Залетова Е.А. Формирование ландшафтно-рекреационного и транспортного каркасов городского округа г. Казань	110
СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ	
Абдрахимова Н.С., Миронова Ю.В., Шамсутдинова А.И. Экспериментально-теоретические исследования усиленных штепсельных стыков железобетонных колонн при действии поперечной силы	118
Замалиев Ф.С. К расчету сталежелезобетонных перекрытий со стальным профилированным настилом	129
Карасев И.В., Майстренко И.Ю., Куклин А.Н., Хозин В.Г., Гиздатуллин А.Р. Экспериментальное исследование работы поликарбонатных модульных систем	135
Каюмов Р.А., Хайруллин Л.Р., Попов М.М., Хамитов А.Р. Методика оценки удерживающей способности дорожного ограждения	143
Каюмов Р.А., Шакирзянов Ф.Р., Ахметшин М.М. Долговечность армированной панели с учетом ползучести заполнителя	150
Кузнецов И.Л., Гимранов Л.Р., Хусаинов Д.М., Пеньковцев С.А. Оценка несущей способности цилиндрического диффузионного аппарата	155
Майсурадзе Н.В., Морозова Н.Н., Галиев Т.Ф. Исследование влияния термолитового наполнителя на теплофизические свойства мелкозернистых бетонов	162
Удлер Е.М. Приближенный расчет площади поверхности тентового покрытия с точечно заданной геометрией	168
ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ, ПОДЗЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ	
Мирсаяпов И.Т., Алюшев И.И. Экспериментальные исследования моделей армированных горизонтальными сетками оснований при циклическом нагружении	173
Мирсаяпов И.Т., Шарафутдинов Р.А. Расчетная модель несущей способности и осадок грунтового основания, армированного вертикальными и горизонтальными элементами	179
ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ	
Вачагина Е.К., Золотоносов Я.Д., Мустакимова С.А., Крутова И.А. Определение эквивалентного диаметра пружинно-витых труб	188
Хабибуллин Ю.Х., Барышева О.Б. Энергосберегающее вентиляционное устройство	195
ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ	
Захватов Г.И. Электрохимическая регенерация растворов химического никелирования	200
Урмитова Н.С., Абитов Р.Н., Хисамеева Л.Р., Низамова А.Х. Изучение режимов фильтрации при изменении гидравлических и гидродинамических характеристик коалестирующих загрузок	205

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ	
Морозов Н.М., Хозин В.Г., Авксентьев В.И., Боровских И.В. Исследование эксплуатационных свойств самоуплотняющихся песчаных бетонов	211
Старовойтова И.А., Зыкова Е.С., Сулейманов А.М., Семенов А.Н., Мишурова М.В. Изучение физико-механических характеристик наномодифицированного базальтового ровинга и композиционного материала на его основе	217
Халиуллин М.И., Нуриев М.И. Влияние дисперсности и содержания добавки керамзитовой пыли на свойства гипсоцементнопуццоланового вяжущего	225
Хузин А.Ф., Рахимов Р.З. Влияние многослойных углеродных нанотрубок на пористость цементного камня	231
ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА	
Мудров А.Г. Молотковая мельница	238
ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО ДОРОГ, МЕТРОПОЛИТЕНОВ, АЭРОДРОМОВ, МОСТОВ И ТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЕЙ	
Буланов П.Е., Асанбаев Р.Б., Хайруллин И.И., Валеева Г.Р., Репенко Д.А., Вдовин Е.А., Мавлиев Л.Ф. К вопросу о применении цементогрунта в дорожном строительстве	244
Сахапов Р.Л., Махмутов М.М., Земдиханов М.М., Фазылов М.А. Расчет устройства для демаркировки дорожной разметки	250
СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА	
Серазутдинов М.Н., Убайдуллоев М.Н., Низамеев В.Г. Расчет нагруженных конструкций, усиливаемых способами увеличения сечения и изменения расчетной схемы	255
ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ (в строительстве)	
Воронцова В.Л. О влиянии роста аэродинамического параметра на поведение предельных циклов при движении орбитальной тросовой системы по круговой орбите	263
Сафиуллин Р.К. Исследования быстропроточных газоразрядных CO_2-лазеров с коническими разрядными трубками	268
Правила представления материалов для публикации в научном журнале «Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета»	278

CONTENTS

ARCHITECTURE THEORY AND HISTORY, HISTORICAL AND ARCHITECTURAL HERITAGE RESTORATION AND RECONSTRUCTION	
Agisheva S.T. Interpretation of World Cultural Heritage Buffer Zone objects: shift from conservation principles to principles of sustainable development for historic urban landscapes	7
Khabibullin A.N. Kazan fortress in the Golden Horde period (XIII-XV century)	15
Chebinev A.I., Chebineva E.V. The uniqueness of the Eastern district of Toronto	21
HOUSES ARCHITECTURE. THE CREATIVE CONCEPT OF ARCHITECTURAL ACTIVITIES	
Burova T.Y. Colored lighting in an interior: features and methods of use	28
Ibragimova A.F., Mikhaylova A.S. Conceptualism in the modern architectural environment (an example of city sculpture)	34
Mkhitaryan K.O., Kozhevnikova A.U. «Green walls» in urban environment design (foreign experience)	41
Pokka E.V. Bridges and covered transitions in architecture of multipurpose public complexes	49
Riabov O.R., Ahmadieva L.A. Urban educational environment as an element of territorial branding	56
Riabov O.R., Nikolaeva I.V. Emotional perception of the architectural environment	62
Smolova M.V. Architectural and artistic concepts of subway architecture	68
Stepanchuk A.V. Features of the architectural formation of cultural tourism objects with craft and creative function	75
Shinkarev A.N., Prokofiev E.I. Analysis of domestic and foreign experience in research of objects of health care system design	82
URBAN DEVELOPMENT, RURAL SETTLEMENTS PLANNING	
Balakina L.A. Temporary accommodation: history and urban development	93
Grishina M.P., Kalimullina L.R. The concept of development of Privolzhsky district of Kazan	102
Ismagilova S.H., Zalyotova E.A. Forming of Landscape-Recreational and Transport Frameworks of the City of Kazan	110
BUILDING STRUCTURES, HOUSES	
Abdrakhimova N.S., Mironova U.V., Shamsutdinova A.I. Experimental and theoretical studies of plug joints reinforced concrete columns under shear force effect	118
Zamaliev F.S. Calculation of steel-reinforced concrete slabs with steel profiled decking	129
Karasev I.V., Maystrenko I.Yu., Kuklin A.N., Khozin V.G., Gizdatullin A.R. Experimental study of polycarbonate modular systems' work	135
Kayumov R.A., Khayrullin L.R., Popov M.M., Khamitov A.R. Methods of assessing the ability of holding road enclosure	143
Kayumov R.A., Shakirzyanov F.R., Ahmetshin M.M. Durability of the reinforced panel considering creep filler	150
Kuznetsov I.L., Gimranov L.R., Husainov D.M., Penkovcev S.A. Assessment of the bearing capacity of the cylindrical diffuser	155
Maisuradze N.V., Morozova N.N., Galiev T.F. The study of influence of filler material on the thermal properties of fine-grained concrete	162
Udler E.M. An approximate calculation of the surface area of an awning cover with numerical representation of the geometry	168
FOUNDATIONS, UNDERGROUND STRUCTURES	
Mirsayapov I.T., Alyushev I.I. Experimental studies of basments' models reinforced by horizontal grid under the cyclic loading	173
Mirsayapov I.T., Sharafutdinov R.A. The computational model of bearing capacity and foundation of soil sediment, reinforced by vertical and horizontal elements	179
HEATING, VENTILATION, AIR CONDITIONING, GAS SUPPLY AND LIGHTING	
Vachagina E.K., Zolotonosov Ya.D., Mustakimova S.A., Krutova I.A. The definition of equivalent diameter of spring-twisted pipes	188
Khabibullin Iu.Kh., Barysheva O.B. Energy-saving ventilation device	195
WATER SUPPLY, SEWERAGE, WATER CONSERVATION CONSTRUCTION	
Zakhvatov G.I. The electrochemical regeneration of nikel – plated solutons	200
Urmitova N.S., Abitov R.N., Khisameeva L.R., Nizamova A.Kh. Investigation of filtering regimes by changing the hydraulic and hydrodynamic characteristics of coalescing loading	205
BUILDING MATERIALS AND PRODUCTS	
Morozov N.M., Khozin V.G., Avksentev V.I., Borovskikh I.V. Study of operational properties of self-compacting sand concrete	211
Starovoitova I.A., Zykova E.S., Syleimanov A.M., Semenov A.N., Mishurova M.V. The study of the physical and mechanical properties of nanomodified basalt roving and based on it a composite material	217

Khaliullin M.I., Nuriev M.I. Effect of fineness and content of the expanded haydite dust additive on the properties of gypsum-cement-pozzolanic binder	225
Khuzin A.F., Rahimov R.Z. The effect of multiwalled carbon nanotubes on the porosity of the cement stone	231
CONSTRUCTION TECHNOLOGY AND ORGANIZATION	
Mudrov A.G. Hammer mill	238
ROADS, SUBWAYS, AIRPORTS, BRIDGES AND TUNNELS DESIGN AND CONSTRUCTION	
Bulanov P.E., Asanbaev R.B., Khairullin I.I., Valeeva G.R., Repenko D.A., Vdovin E.A., Mavliev L.F. General information on the use and application of road building materials on the basis of soil and Portland cement	244
Sakhapov R.L., Makhmutov M.M., Zemdikhanov M.M., Fazilov M.A. A calculation device for road demarker	250
CONSTRUCTION MECHANICS	
Serazutdinov M.N., Ubaidulloyev M.N., Nizameev V.G. Calculation of loaded structures strengthened by ways of increase in section and change of the calculation scheme	255
COMPUTER SCIENCE, COMPUTER FACILITIES AND MANAGEMENT (in building)	
Vorontsova V.L. About influence of the growth of aerodynamic parameters on the behavior of limit cycles while orbital tether system driving in a circular orbit	263
Safiullin R.K. Research of fast flow gas discharge CO_2 lasers with conical discharge tubes	268
Rules of representation of materials for the publication in scientific journal «Kazan State University of Architecture and Engineering news»	278

УДК 719:72
Агишева С.Т. – ассистент, аспирант
E-mail: agisheva@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Интерпретация понятия буферной зоны объектов всемирного культурного наследия: переход от принципов сохранения к принципам устойчивого развития исторических городских ландшафтов

Аннотация

В статье выявлены и систематизированы основные периоды развития охраны окружающих территорий объекта всемирного культурного наследия и возникновения буферных зон как самостоятельных групп защитных территорий: этап признания городского наследия; этап становления международного подхода по сохранению архитектурно-градостроительной среды объекта всемирного культурного наследия; этап развития концепции по определению буферных зон как дополнительных средств защиты объекта всемирного культурного наследия; этап перехода от классической концепции «сохранение» к парадигме «управления изменениями» историческими городскими ландшафтами. Рассмотрены вопросы интеграции современной архитектуры с историко-градостроительной средой, окружающей объекты всемирного культурного наследия, на теоретическом, законодательном и практическом уровнях.

Проанализирована теоретическая и законодательная базы международной охранной системы и стран-участниц Конвенции ЮНЕСКО, рассмотрены вопросы интерпретации определения «буферной зона» на законодательном уровне в странах Европы и предложено уточнение понятийно-терминологического аппарата.

Ключевые слова: буферная зона, объект всемирного культурного наследия, периодизация, устойчивое развитие, исторический городской ландшафт.

Особо ценные объекты всемирного культурного наследия, являющиеся историко-культурным потенциалом и активом городов, на сегодняшний день составляют более 70 % от всех объектов, внесенных в Список Всемирного культурного наследия ЮНЕСКО. Международное законодательство, также как и местное законодательство стран-участниц Конвенции ЮНЕСКО 1972 г., призванные к охране объектов всемирного культурного наследия, накладывают ограничения на развитие, как самих объектов, так и окружающей историко-градостроительной среды исторических городских ландшафтов и других территорий, расположенных в границах их буферных зон. Такая охранная система, обеспечивающая охрану культурного наследия, препятствует городскому развитию. Таким образом, возникает противоречие между стремительным ритмом современной жизни и традиционной структурой исторических городов, не приспособленных в полной мере реализовать потребности в социокультурном и социоэкономическом развитии городов.

На сегодняшний день признается необходимость в содействии интеграции стратегий сохранения, управления и планирования в исторических городских районах с процессами местного развития в частности в отношении современной архитектуры и развития инфраструктуры [1, преамбула]. Также считается, что принцип устойчивого развития, предусматривающий сохранение существующих ресурсов (социальных, культурных, экономических и экологических), является непременной основой для устойчивого управления городским развитием и охраной наследия [2].

Несмотря на общее понимание необходимости в устойчивом городском развитии, формирование буферной зоны объекта всемирного культурного наследия практически не рассматривается мировым экспертным сообществом как средство одновременного сохранения объектов всемирного культурного наследия и управления динамикой развития и параметрами изменения исторических городских ландшафтов и других территорий в границах их буферных зон.

Историко-теоретичнеские предпосылки возникновения буферных зон объектов всемирного культурного наследия

На основе исторического и сравнительного анализа зарубежных и отечественных литературных источников, международных и отечественных нормативно-правовых и законодательных документов было проведено исследование, которое позволило выявить преодизацию развития политики, методики охраны и развития территорий исторических городских ландшафтов, окружающих объекты всемирного культурного наследия и впоследствии установления на этих территориях «буферных зон» объектов всемирного культурного наследия – 1) первый этап (до 1931 г.); 2) второй этап (с 1931 по 1977 гг.); 3) третий этап (с 1977 по 2002 гг.) и 4) четвертый этап (с 2002 г. по н.в.).

Анализ всех выявленных этапов ведется с двух позиций:

1) охрана историко-градостроительной среды, окружающей объекты всемирного культурного наследия – архитектурно-пространственное формирование буферных зон;

2) развитие историко-градостроительной среды, окружающей объекты всемирного культурного наследия – интеграция современной архитектуры с историко-градостроительной средой.

Первый этап (до 1931 г.) можно охарактеризовать как допроблемный период, в границах которого не ставились проблемы сохранения и развития окружающих территорий выдающихся объектов и памятников архитектуры.

В этот период признается значимость «городской цивилизации» («civitas» – city civilization) (Альберти, 1452 г.), а также в нач. XX в. – «городское наследие» (Г. Джованнони). В связи с переоценкой системы культурных ценностей, вылившейся в «современный культ памятников» (А.Ригель), начинают признаваться две категории ценности наследия: а) историческая, т.е. «памятная ценность», характеризуемая древностью наследия и признаваемая обществом; б) современная, т.е. «текущая ценность» или «потребительская ценность».

Таким образом, в сер. XIX-нач. XX вв. преобладали различные концепции по сохранению и развитию исторической городской среды. Одни концепции основывалась на «сохранении», «реставрации» и «ремонте» исторического наследия в виде памятников архитектуры (Э. Виоле-ле-Дюк, Д. Рескин и др.), другие – совершенствование исторической городской среды (К. Зитто, Г. Джованнони, П. Геддес, В Хегеман и др.), а противоположные концепции – создание нового архитектурного пространства на территории исторических центров, реконструкция городов и предложение новых систем расселения (А. Сант'Элиа, Ле Корбюзье, Н. Леонидов и др.).

Впервые городское пространно начинает восприниматься на уровне взаимодействия «пространства» и «времени» как среды с наслоениями разновременных пространств с различными по стилю и масштабу архитектурными объектами, создающих целостный образ исторического города.

Второй этап (с 1931 по 1977 гг.) связан с формированием международного подхода по охране не только объектов культурного наследия, но и окружающей их историко-градостроительной среды, отраженным в первом значимом документе – Афинская хартия о реставрации исторических монументов, (1931 г.). Переход от сохранения отдельных памятников архитектуры к охране их историко-градостроительной среды был связан с риском потери объектов и их естественного окружения (ИКОМОС Венецианская хартия, 1964 г.), военными конфликтами (Первая и Вторая мировые войны) с разрушениями памятников архитектуры и целых исторических городов (ЮНЕСКО Гаагская конвенция, 1954 г.), а также с реконструкцией городов под воздействием концепций эпохи модернизма (Рекомендации ЮНЕСКО, 1962 и 1968 гг.).

В этот период начинают подниматься вопросы не только по сохранению, но и по развитию территорий, окружающих объекты всемирного культурного наследия и включению современной архитектуры в историческую городскую среду. Историко-градостроительная среда начала восприниматься как пространства неиспользованных возможностей (К. Линч), которые могли следовать принципам историко-культурной преемственности городского развития (А.В. Иконников), создавая исторический каркас города (А. Росси) в рамках эволюционной динамики градостроительных систем (А.Э. Гутнов) и устойчивого развития (ООН). Включение элементов современной архитектуры

начало разрешаться в исторических ансамблях и монументах (Генеральная Ассамблея ИКОМОС, 1972 г.), а интеграция современной архитектуры происходила с использованием средового подхода (К. Линч) и типолого-морфолигического подхода (С. Муратори, Д. Каниджа, Л. Беневелло).

Третий этап (с 1977 по 2002 гг.) обозначен развитием концепции по формированию «буферных зон» как дополнительных средств защиты объектов всемирного культурного наследия и окружающих их территорий (Руководства по выполнению Конвенции ЮНЕСКО, 1977-1999 гг.). На данном этапе определение буферных зон для объектов всемирного культурного наследия носило рекомендательный характер, вследствие чего большинство объектов не имело буферных зон. В связи с отсутствием методик, определение границ буферных зон и их внутреннего зонирования не учитывало факторы, влияющие на архитектурно-пространственное формирование буферных зон, такие как ландшафтные, морфологические и типологические характеристики территории, особенности визуального, эстетического и художественно-образного восприятия объекта и окружающей его историко-градостроительной среды, а также градостроительные регламенты.

В результате объекты всемирного культурного наследия, находясь под давлением социально-экономического развития, процессов урбанизации и всемирной глобализации, были подвержены риску потери целостности (integrity), аутентичности (authenticity) и выдающейся универсальной ценности (OUV – outstanding universal value) объекта всемирного культурного наследия.

Изменение историко-градостроительной среды объектов всемирного культурного наследия повлияло на разработку принципов и подходов интеграции нового строительства с исторической городской средой. Восстановление ценностей (Ю. Йокилехто) позволило воспринимать городские пространства как информацию (И.А. Страутманис) о наслоениях исторических и современных урбанистических пространств – город-коллаж (К. Роу), а интеграция таких пространств была возможна за счет перекомпоновки фрагментов города в согласованную композицию (Р. Коолхаас). На законодательном уровне концепция адаптации объектов нового строительства рассматривалась в контексте стратегии сохранения объектов городского наследия и их окружения (ИКОМОС Вашингтонская хартия, 1987 г.).

Четвертый этап (с 2002 г. по н.в.) характеризуется как период осуществления прорыва в области «сохранения наследия» и «развития города», который был связан с кризисом теории охранной политики и практики сохранения культурного наследия. Международные эксперты в области охраны культурного наследия начали отмечать, что большинство исторических городов потеряло значительную часть исторической застройки и этот процесс продолжается. Таким образом, произошла «смена парадигмы охраны наследия», выраженная в переходе от классической концепции «сохранение» наследия к парадигме «управление изменениями» (managing change)исторической городской среды (Г. Араоз, М. Петцет), а разработанный подход «исторический городской ландшафт» (HUL – historic urban landscape) (Венский меморандум, 2005 г.) был направлен на «обеспечение интеграции целей сохранения городского наследия и социально-экономического развития» (статья 11, Рекомендация ЮНЕСКО, 2011 г.).

В этот период буферные зоны начали рассматриваться не только как дополнительные средства охраны культурного наследия, но и как средства развития окружающих их территорий с условием определения «пределов допустимых изменений» (limits of acceptable changes) (Г. Араоз) исторических городских ландшафтов, что привело к возможности интеграции объектов нового строительства (О. Мартин, Г. Пиатти).

С 2005 г. утверждение буферных зон становится обязательным для всех объектов всемирного культурного наследия, за исключением тех случаев, когда отсутствие буферных зон не влияет на их сохранность (Руководства по выполнению Конвенции ЮНЕСКО, 2005-2015 гг.).

В этот период происходит переориентация основных направлений по архитектурно-пространственному формированию буферных зон объектов всемирного культурного наследия, которое влияет на установление, корректировку или отказ от буферных зон, вызванных под влиянием ряда факторов:

а) природный фактор;

б) перцептивный фактор (психофизическое, эстетическое и художественно-образное восприятие);

в) группа социальных факторов (социокультурный, социально-экономический и социально-политический);

г) градостроительный фактор.

Исследованием установлено, что на данном этапе в мировой практике единая методика по архитектурно-пространственному формированию буферных зон по-прежнему отсутствует. Этап характеризуется поиском междисциплинарного подхода по «управлению изменениями» исторического городского ландшафта, основанного на ценностно-ориентированном подходе (value-based approach) и охране исторических городских ландшафтов, их развитие и управление изменениями (Новая Афинская хартия, 2003 г.; Венский меморандум, 2005 г.; Рекомендация ЮНЕСКО, 2011 г.; Принципы Валлетты, 2011 г.).

На международном уровне реализуются программы «Города всемирного наследия» (ЮНЕСКО), «Всемирное наследие и устойчивое развитие» (ЮНЕСКО), городского управления (ООН Хабитат).

Анализ и уточнение понятийно-терминологического аппарата

Согласно Руководству ЮНЕСКО по выполнению Конвенции об охране всемирного наследия (2015 г.), п.104: «буферная зона – это область вокруг номинированного объекта достояния, которая имеет дополнительные правовые и/или обычные ограничения, налагаемые на ее использование и развитие для обеспечения дополнительного уровня защиты объекта достояния», которая «должна включать непосредственное окружение номинированного объекта достояния, важных видовых раскрытий и других пространств или атрибутов, которые являются функционально важными в качестве поддержки объекта достояния и его защиты» [3].

Таким образом, в официальных документах ЮНЕСКО «буферной зоне» отводиться функция «дополнительной защиты». Несмотря на то, что Конвенции ЮНЕСКО (1972 г.) и последующие Руководства по выполнению Конвенции являются основополагающими международными документами для всех стран-участниц Конвенции, они имеют рекомендательный характер по установлению буферных зон для объектов культурного наследия различных категорий историко-культурного значения (монументы (monuments), группы зданий (group of buildings) и достопримечательные места (sites)), обладающие признаками всемирного (world), федерального (state), регионального (regional) и местного (local) значений.

На сегодняшний день, начиная с 2005 г., для объектов всемирного культурного наследия является обязательным требование по установлению буферных зон для «дополнительной защиты», за исключением тех случаев, когда отсутствие буферной зоны не сказывается на сохранности объекта всемирного культурного наследия согласно Руководствам по выполнению Конвенции ЮНЕСКО, 2005-2015 гг., п.104: «в тех случаях, где не предполагается устанавливать буферную зону, номинация (прим. документы для номинирования объекта культурного наследия для внесения в Список всемирного наследия ЮНЕСКО) должна включать утверждения причины, почему буферная зона не требуется» [3].

В результате изучения международных документов, выявлено, что Конвенция ЮНЕСКО (1972 г.) и Руководства по выполнению Конвенции, давая общие рекомендации по установлению буферных зон для объектов культурного наследия, предлагают странам участницам Конвенции на законодательном уровне определить методику определения буферных зон и соответственно виды разрешенной деятельности в их границах и за их пределами. На сегодняшний день единой методики по определению буферных зон не существует. Исследованием выявлено, что методы различается не только на международном уровне, но и на местном в рамках одной страны (например, методы, применяемые во Франции, Бельгии и др.). Сегодня также нет единого понимания значения и назначения «буферной зоны» и поэтому на местном уровне функциональное предназначение «буферной зоны» рассматривается как:

1) защитная зона, не имеющая юридического статуса (Нидерланды) [4];

2) дополнительное средство защиты объекта всемирного культурного наследия (Хорватия, Франция, Испания) [5; 6];

3) средство охраны и регулирования строительной деятельности (Россия) [7] и др.

Понятие «буферная зона» интерпретируется как:

1) «защитный сектор» (secteurs sauvegardes) с 500 метровыми «полями зрения» (de champ de visibilite) по всему периметру от границ объекта или «умного периметра» (perimeter intelligent) во Франции, призванных обеспечивать сохранение существующих объектов культурного наследия [5];

2) «зона охраны» для одиночных объектов культурного наследия (ОКН) или «объединенная зона охраны» нескольких ОКН в России, в границах которых устанавливаются «охранная зона», «зона регулирования застройки и хозяйственной деятельности» и «зона охраняемого природного ландшафта» в целях «обеспечения сохранности объекта культурного наследия в его исторической и сопряженной с ним территории» (Статья 34, п.1, Федеральный закон от 25.06.2002 г. № 73-ФЗ (ред. от 09.03.2016)) [7], когда «границами зон охраны объекта культурного наследия являются линии, обозначающие территорию, за пределами которой осуществление градостроительной, хозяйственной и иной деятельности не оказывает прямое или косвенное негативное воздействие на сохранность данного объекта культурного наследия в его исторической среде» (п. 6, постановление Правительства Российской Федерации от 12 сентября 2015 г. № 972) [8].

Для ОКН, расположенных в границах населенных пунктов, с неустановленной «зоной охраны» или «объединенной зоной охраны» устанавливаются «защитные зоны», от внешних границ территории памятника или ансамбля (т.е. периметральные границы) равные 100 метрам (для памятника) и 150 метрам (для ансамблей), в границах которых вводиться запрет на новое строительство или реконструкцию (изменение высотных параметров, количество этажей и площади) (Статья 34. «Защитные зоны объектов культурного наследия», п. 3, Федеральный закон от 05.04.2016 г. № 95-ФЗ) [9];

3) «защитная зона» (protected areas) в Испании, являющаяся «физическим пространством, окружающим объект культурного наследия и не имеющим собственной культурной ценности, целью которого является предоставление пространства для сохранения, защиты и созерцания объекта культурного наследия» [6] и др.

Как и в российской интерпретации границы буферной зоны (зоны охраны) – это «линии» [6], так и в понимании международных экспертов границами буферной зоны являются «lines on the map» (с англ. – линии на карте) [10, с. 47]. Такие «линии» и внутреннее содержание буферных зон зачастую не включены в законодательные документы на местном уровне в странах Европы и расцениваются как необходимое требование для включения или нахождения объекта в Списке всемирного наследия ЮНЕСКО.

Таким образом, анализ понятийно-терминологической базы показал, что сегодня нет единого понимания целей и задач «буферной зоны», требований по ее формированию, определению в ее границах режимов использования земель и градостроительных регламентов согласно современным подходам по устойчивому городскому развитию и градостроительному регулированию, учитывающему одновременное «сохранение» и «развитие» исторических городских ландшафтов.

Во время Международного экспертного заседания ЮНЕСКО «Всемирное наследие и буферные зоны» (Швейцария, 2008 г.), эксперты ИККРОМ (ICCROM) подчеркнули, что «буферная зона может быть очень важным средством управления в сохранении объектов всемирного наследия» и «может установить границы для охраны видовых раскрытий, окружения, землепользования и других аспектов, но может также позитивно содействовать новому строительству» [10].

В результате, понимая потенциал интеграции двух систем «сохранения объектов всемирного культурного наследия» и «развития исторических городских ландшафтов», окружающих объекты всемирного культурного наследия в контексте подходов, ориентированных на исторические городские ландшафты и устойчивое городское развитие, вводиться новое определение буферных зон для объектов всемирного культурного наследия, расположенных в границах городов.

Буферная зона – это сбалансированная архитектурно-пространственная система, обеспечивающая многоуровневое комплексное управление по сохранению объекта всемирного культурного наследия и развитию окружающих его исторических городских ландшафтов и других территорий, и учитывающая динамику развития города.

Пространственные границы (территориальные и высотные) буферной зоны включают исторические городские ландшафты и/или иные территории. В их границах устанавливаются режимы использования земель и градостроительные регламенты, определяющие предельно допустимые параметры и масштабы количественных и качественных изменений, обеспечивающих социально-функциональную, структурную и визуальную целостности объекта всемирного культурного наследия и окружающих его территорий, исходя из ресурсного потенциала территории (культурные, социальные, экономические, экологические составляющие) в контексте динамичных изменений систем ценностей и подходов историко-культурного и градостроительного развития.

Вывод

На основе выводов, автором выявляется взаимосвязь процессов сохранения и развития историко-градостроительной среды исторических городских ландшафтов, окружающих объект всемирного культурного наследия, для формирования сбалансированной среды интегрированных разновременных и разнохарактерных архитектурных пространств посредствам учета факторов при архитектурно-пространственном формировании буферных зон объектов всемирного культурного наследия.

Таким образом, новое определение позволяет рассматривать буферную зону как интегрированную архитектурно-пространственную систему по одновременной охране объектов всемирного культурного наследия и развития окружающей их историко-градостроительной среды исторических городских ландшафтов.

Список библиографических ссылок

1. Рекомендация ЮНЕСКО об исторических городских ландшафтах, 2011 г. // UNESCO.ORG: официальный сайт Организации Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры (ЮНЕСКО). URL: http://whc.unesco.org/en/activities/638/ (дата обращения: 12.04.2016).
2. Colletta T. The role of the integrated conservation of cultural heritage for a creative, resilient and sustainable city // ACTA of the ICOMOS – CIVVIH Symposium, Naples 2012. – Milano: Francesco Angeli s.r.l., 2013. – P. 146-150.
3. Руководство ЮНЕСКО по выполнению Конвенции об охране всемирного наследия, 2015 г. // UNESCO.ORG: официальный сайт Организации Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры (ЮНЕСКО). URL: http://whc.unesco.org/en/guidelines/ (дата обращения: 18.04.2016).
4. De Wit L. A Dutch approach to buffer zones. // KYUSHI-U.AC.JP: сайт конференции ICOMOS Symposium «The World Heritage Convention and the Buffer Zone», 2006 г. URL: quris.law.kyushu-u.ac.jp/programsinenglish/hiroshima/de_wit.pdf (дата обращения: 02.05.2016).
5. Versaci A., Cardici A. On the safeguarding of the sites and historic areas: a study on the evolution of the French legal system // Manuela Piscitelli (Ed.). Best practices in heritage conservation and management. From the world to Pompeii. XII Forum Internazionale di Studi. – Napoli: La scuola di Pitigora editrice, 2014. – P. 447-456.
6. Villanueva A.L. The Buffer Zone and the Protection of Cultural Heritage: The Spanish Case // KYUSHI-U.AC.JP: сайт конференции ICOMOS Symposium «The World Heritage Convention and the Buffer Zone», 2006 г. URL: http://quris.law.kyushu-u.ac.jp/programsinenglish/hiroshima/villanueva.pdf (дата обращения: 02.05.2016).
7. Федеральный закон от 25.06.2002 № 73-ФЗ (ред. от 09.03.2016) «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации» // CONSULTANT.RU: официальный сайт по размещению законодательных документов. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_37318/ (дата обращения: 17.05.2016).

8. Постановление Правительства Российской Федерации от 12 сентября 2015 г. № 972 «О зонах охраны объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации» // CONSULTANT.RU: официальный сайт по размещению законодательных документов. URL: http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=186038&fld=134&dst=100001,0&rnd=0.946605003 8410654 (дата обращения: 24.05.2016).
9. Федеральный закон от 05.04.2016 г. № 95-ФЗ о внесении изменении в Федеральный закон «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации» и статью 15 Федерального закона «О государственном кадастре недвижимости» // CONSULTANT.RU: официальный сайт по размещению законодательных документов. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_196294/ (дата обращения: 25.05.2016).
10. Martin O., Piatti G. World Heritage and Buffer zone. – Paris: UNESCO, 2009. – 47 с.

Agisheva S.T. – post-graduate student, assistant
E-mail: agisheva@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Interpretation of World Cultural Heritage Buffer Zone objects: shift from conservation principles to principles of sustainable development for historic urban landscapes

Resume

The monuments, groups of monuments and sites with (OUV) Outstanding Universal Value listed into the UNESCO World Heritage List impose restrictions on the development of the cultural heritage site and its historical and urban environmental surrounding of the historic urban landscape and other areas located within the buffer zone. On the one hand, such a conservation system is aimed to ensure the protection of the cultural heritage sites, but on the other hand, it prevents or interrupts urban development.

In case for lack of a comprehensive study, assessment and methodology for forming of the world cultural heritage buffer zones, present research represents particular relevant and important level.

The article shows the identification and systematization of the genesis and the main periods of the protective actions for the surrounding areas of the world cultural heritage sites and the occurrence of buffer zones as independent groups of protection areas. The genealogy of cultural heritage surroundings' protection and creation of world cultural heritage buffer zones includes the following stages: (1) recognition of the urban heritage; (2) international approach to conserve architectural and urban environment of the world cultural heritage sites; (3) development of the concept for the buffer zone definition as an additional protection of world cultural heritage sites; (4) shift from the classical concept of «conservation» to the paradigm of «managing changes» for historic urban landscapes.

The theoretical and legal framework of the international conservation system and the legislation of the State Parties (countries participating in the UNESCO Convention) were analyzed to study the issues of interpretation of a term «buffer zone» at the legislative level in Europe and to offer the new clarified definition.

Keywords: buffer zones, world cultural heritage, timeline, sustainable development, historic urban landscape.

Reference list

1. UNESCO Recommendation on Historic Urban Landscape, 2011 // UNESCO.ORG: the official website of The United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). URL: http://whc.unesco.org/en/activities/638/ (reference date: 12.04.2016).

2. Colletta T. The role of the integrated conservation of cultural heritage for a creative, resilient and sustainable city // ACTA of the ICOMOS – CIVVIH Symposium, Naples 2012. – Milano: Francesco Angeli s.r.l., 2013. – P. 146-150.
3. Operational Guidelines for the Implementation of the World Heritage Convention, 2015 // UNESCO.ORG: the official website of The United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). URL: http://whc.unesco.org/en/guidelines/ (reference date: 18.04.2016).
4. De Wit L. A Dutch approach to buffer zones. // KYUSHI-U.AC.JP: website of the ICOMOS Symposium «The World Heritage Convention and the Buffer Zone», 2006 г. URL: quris.law.kyushu-u.ac.jp/programsinenglish/hiroshima/de_wit.pdf (reference date: 02.05.2016).
5. Versaci A., Cardici A. On the safeguarding of the sites and historic areas: a study on the evolution of the French legal system // Manuela Piscitelli (Ed.). Best practices in heritage conservation and management. From the world to Pompeii. XII Forum Internazionale di Studi. – Napoli: La scuola di Pitigora editrice, 2014. – P. 447-456.
6. Villanueva A.L. The Buffer Zone and the Protection of Cultural Heritage: The Spanish Case // KYUSHI-U.AC.JP: website of the ICOMOS Symposium «The World Heritage Convention and the Buffer Zone», 2006 г. URL: http://quris.law.kyushu-u.ac.jp/programsinenglish/hiroshima/villanueva.pdf (reference date: 02.05.2016).
7. Federal Law on 25.06.2002 № 73-FL (edit. 09.03.2016) on Cultural heritage (monuments of history and culture) of nation of the Russian Federation // CONSULTANT.RU: the official website for uploading the legislative documents. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_37318/ (reference date: 17.05.2016).
8. Regulation of the Government of the Russian Federation on 12 September 2015, № 972 on Protection zones of cultural heritage (monuments of history and culture) of nation of the Russian Federation // CONSULTANT.RU: the official website for uploading the legislative documents. URL: http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=186038&fld=134&dst=100001,0&rnd=0.9466050038410654 (reference date: 24.05.2016).
9. Federal Law on 05.04.2016. № 95-FL on Introduction of changes into the Federal Law on Cultural heritage (monuments of history and culture) of nation of the Russian Federation and paper 15 of the Federal Law on The State cadastre of properties // CONSULTANT.RU: the official website for uploading the legislative documents. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_196294/ (reference date: 25.05.2016).
10. Martin O., Piatti G. World Heritage and Buffer zone. – Paris: UNESCO, 2009. – 47 p.

УДК 726.7; 728.81
Хабибуллин А.Н. – архитектор
E-mail: almaz-hab@mail.ru
Строительная компания «Радиант»
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Достоевского, д. 40

Казанская крепость в золотоордынский период (XIII-XV века)

Аннотация

В публикации описывается развитие Казанской крепости в золотоордынский период XIII-XV века. В это время Казань являлась таможенной крепостью на реке Волга и была стратегическим пунктом Казанского княжества. Автор ставит под сомнение версию о том, что в этот период город не имел укреплений. Этот факт также подтверждается археологически, что уже в XIV веке оборонительные сооружения были восстановлены.

Ключевые слова: татарская фортификация, Казанская крепость, архитектура оборонительных сооружений Казани.

Функционально Казань состояла из крепости, цитадели и рабата. Город был дополнительно укреплен дополнительными рвами и стенами. Так как в этот период в крепости был размещен монетный двор, внутри крепости возникает цитадель. Возможно, что в золотоордынский период появляются крепостные башни для фланкирующего обстрела подходов к стенам. Внутри цитадели стояла дозорная башня, с которой подавались сигналы другим крепостям

После разорительных походов монгольской армии на Волжскую Булгарию происходит миграция коренного населения в северные районы государства. Город Казань благодаря выгодному местонахождению становится одним из центров политической и культурной жизни государства. В это время она обозначена на многих географических картах и изображена в виде караван сарая (рис. 1). Несмотря на то, что монголы разрушили около 40 укрепленных пунктов [15, с. 121] и ввели запрет на укрепление большинства крепостей подвластных территорий [15, с. 128], это не коснулось Казани, которая в период Золотой Орды не теряет своих стратегических функций таможенного пункта на реке Идель.

Рис. 1. Изображение Казани на некоторых географических картах XIV-XVI вв.

По мнению некоторых историков, в золотоордынский период государства, завоеванные монголами, не имели укреплений [5, с. 14], как например, было в самом Сарае, где стены и башни имел лишь дворец хана [8, с. 55]. Эти мнения в основном опираются на противоречивые воспоминания иностранцев [4, с. 110], но археологические данные явно опровергают эти суждения. Это отчетливо видно судя по развитию городов Волжской Булгарии фортификация которых продолжает развиваться и в этот период [3, с. 63]. Мало того, в период существования Улуса Джучи у булгар возникает большое количество новых городов: Лаеш, Тятеш, Тюляче, Иске (Эчке) Казан и т.д. В золотоордынский этап были произведены активные инженерные мероприятия и в самом Булгаре [3, с. 63]. Стратегической политикой монгол было укрепление торговых путей и приграничных территорий. Об этом можно судить по публикациям историков и археологическим данным.

В качестве исследователей, работы которых связаны с историей развития фортификации Казани золотоордынского периода можно упомянуть Н.Ф. Калинина, А.Х. Халикова, Ф.Ш. Хузина, А.М. Губайдуллина, А.Г. Ситдикова, Х.Г. и т.д.

По археологическим данным известно, что каменные укрепления домонгольской Казани XII века функционировали в период завоевания ее монголами и не утратили своего значения. Есть мнения, что Казань, являясь небольшим городом, не осаждалась [2, с. 2] войсками хана Батыя в XIII веке и эмира Тимура в XIV веке и поэтому не была разрушена [12, с. 173], к тому же укрепления Казани не представляли угрозы для мощной монгольской армии [3, с. 63]. Есть сведения о том, что в 1270 году, при подавлении восстания, город был снесен [1, с. 7]. Существует также мнение, что в XIII-XIV вв. укрепления Казани были частично разрушены монголами и не функционировали, а стены были восстановлены лишь к концу XIV века в прежнем периметре.

Золотоордынский период развития Казанской крепости можно подразделить на два основных этапа: переходный период от домонгольского к золотоордынскому (XIII-пер. пол. XIV вв.) и период развития в золотоордынский этап (втор. пол. XIV-XV вв.). Возможно, что основной расцвет архитектуры оборонительных сооружений в золотоордынский период приходится на середину XIV в. т.к. именно в этот период укрепления, были восстановлены. В XIII-XIV вв. Казань становиться столицей вилайета (княжества), правящей над другими булгарскими городами, и именуется как «Болгар аль-Джадид» [2, с. 5]. Являясь пограничной крепостью Золотой Орды и имея воинственных соседей, Казань должна была иметь оборонительные сооружения. По мнению А.Х. Халикова в XIV в. Казани располагается монетный двор [15, с. 128], который, находился в резиденция с оборонительными сооружениями «князей Казанских» [6, с. 210-211].

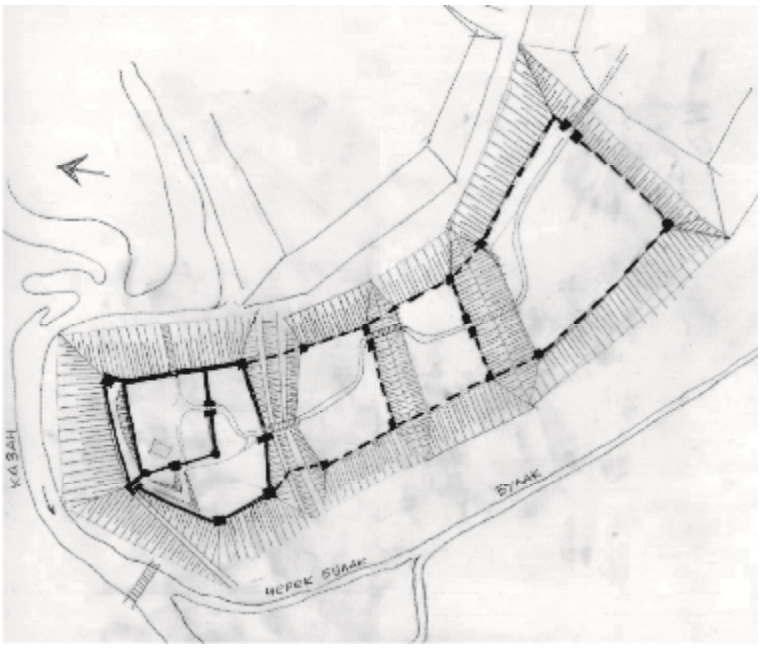


Рис. 2. Казань в XIV-XV вв.

Как и в домонгольский период крепость по-прежнему ограничивается с южной стороны рвом Тазик [9, с. 1; 11, с. 98]. В это время крепость, возможно, была укреплена дополнительными рядами рвов и валов, препятствующих подкатке осадных машин, в соответствии с новейшими требованиями войны (рис. 2). Эскарпируются склоны холма и заболачиваются подходы к крепости. Возможно, что именно в золотоордынский период в крепости появляются крепостные башни, которые обеспечивали активную оборону фланкированным огнем. При раскопках Северо-западной башни Казанского кремля в 1979 года археологом Л.С. Шавохиным были найдены остатки древней крепостной башни доханского периода [18, с. 179].

Ров Тазик глубина которого была около 3,7 м, сооруженный еще в домонгольский период просуществовал вплоть до XV в. [12, с. 26]. В золотоордынский период ров не был срыт и функционировал по своему назначению, и это подтверждается археологически. Возможно, в золотоордынский период развития крепости возникают так называемые Старый и Большой рвы (Олуг ор), а также дополнительный ров в районе сегодняшней улицы Чернышевского. Эти рвы возникли в качестве препятствия для подкатки осадных орудий. Для лучшей обороны входы располагались в шахматном порядке как это было сделано, например, в крепости Кызыл-Тура Тюменского юрта Улуса Джучи [14, с. 321] (рис. 3). Именно эта крепость является прямой аналогией Казанской крепости золотоордынского периода. Старый ров Казани проходил от сегодняшних Преображенских ворот до середины прясла между Консисторской и Юго-восточной башнями. Остатки рва были прослежены в 1934 году во дворе Горсовета и конце 40-х годов XX века в 25 м от кремлевской стены. Размеры были прослежены только на материке глубиной 1,6 м и шириной 6 м. Ров существовал также в XVIII веке и в конце XVIII-начале XIX веков его засыпали [17, с. 97]. На дно и склоны рвов возможно были установлены дополнительные колья, как например это было сделано на валу Болгара [3, с. 64] или в русских крепостях в золотоордынский период [10, с. 44].

Вал Тезицкого рва был высотой около 0,9 м, шириной 12 м и был сложен из нескольких слоев, говорящих о его постоянном развитии. Между «ядрами» вала прослежены остатки от свай-коротышей [12, с. 26], которыми было уплотнено основание для наземных конструкций. По наблюдениям Халитова Н.Х., грунт, из которого была сооружена насыпь вала, отличался от состава выкопанного грунта рва. Возможно, что грунт был принесен сюда из рвов или земли, полученной при гидротехнических работах в низине холма. На кромках дополнительных валов устанавливались деревянные стены из частокола или столбовой конструкции, создавая дополнительные рубежи обороны.

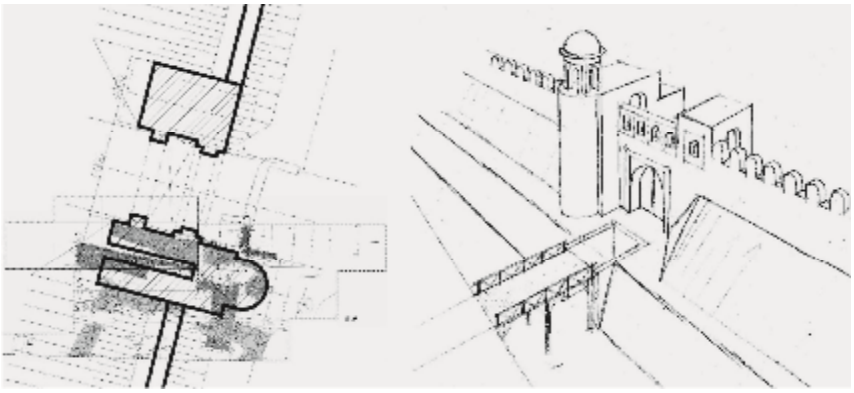


Рис. 3. Реконструкция ворот Казанской крепости XII-XV вв. Реконструкция автора.
Рис. А.Р. Калимуллина

Каменные стены Казани, воздвигнутые на рубеже XII-XIII веков, эксплуатировались и в золотоордынский период и просуществовали до начала XV веков [13, с. 21], однако в этот период они, возможно, наращивались по ширине, т.е. была устроена дополнительная внутренняя стена из дерева позади существующей каменной стены. На ответственных участках толщина стен доходила до 3-4 м, в остальных местах до 1,5-2 м. Башни и стены, возможно, имели наклонную наружную плоскость, завершение стен могло состоять из «зубцов» или «парапетов» шириной не менее 0,55 м. Ширина стен в верхней части складывалась из ширины парапета и боевого хода о должна была быть около 2 м, т.к. на боевом ходу должны были свободно разойтись два вооруженных воина. Каменная стена Казанской крепости была вкопана в толщу вала. После ее устройства с внешней стороны была отсыпана глина еще на 1 м [12, с. 26]. Со второй половины XIV века начинается увеличение высоты крепостных стен. К середине XV века в стенах русских крепостей появляются бойницы «подошвенного боя», возможно, что они могли появиться и в стенах Казани. Дополнительные стены у других трех рвов были укреплены стенами из частокола (бревен диаметром 15-20 см) или деревянными городнями.

В крепости золотоордынского периода возможно было трое ворот: на Тезицком рву, на месте сегодняшних Тайницких ворот, а также дополнительные «потайные» ворота. Главный въезд в крепость в XIV-XV веках располагался с южной стороны (рис. 4). Новые ворота на месте сегодняшних Тайницких ворот появились, возможно, в XIII веке. Эти ворота были установлены параллельно стене и были устроены в виде захаба. Дополнительные «потайные» ворота могли располагаться в восточной части крепости. Именно в этот период на воротах возможно могли появится металлические решетки на воротах. Об этом можно судить по русским крепостям, на которых «герсы» – опускные решетки стали появляться в крепостях в XIV-XV веках. Чаще они были стальные, реже деревянные обитые железом. Перед воротами на Тезицком рву был устроен мост с подъемной секцией, как это и применялось в домонгольский период.

Надо заметить, что, подъемный механизм ворот – прием достаточно редкий и не характерный для булгарской фортификации. Наличие подъемного механизма на воротах говорит о том, что ворота были полностью каменными или, по крайней мере, два ее яруса были каменными, потому что для несущей схемы подъема ворот требовалось достаточно мощная капитальная несущая основа. О возможном существовании подъемных ворот говорит фрагмент предмостной стенке, обнаруженной археологами. Перед воротами у Тезицкого рва существовал деревянный мост. По выявленным на XX раскопе столбовым ямкам мы можем сказать, что деревянный, где мост был шириной около 4 м. Расстояние между опорами было 2 м. Настил моста, скорее всего, был бревенчатый, аналогично мостовым, которыми были замощены основные дорожные трассы крепости. Мосты также существовали на других рвах Казанской крепости.

Возможно, что в золотоордынское время для защиты монетного двора появляется арк Казанской крепости, и он огораживается укрепленной стеной из частокола или столбовой конструкции [16, с. 100]. В качестве ближайшей аналогии казанскому арку можно привести дворец Касим-хана в Хан-Кермане, который изображен на гравюрах XVII в. А. Олеария и Н. Витсена. Реконструкцию арков татарских крепостей выполнил Н.Х. Халитов и ним можно представить, как могли выглядеть цитадели Казани и Касимова в рассматриваемый период.

На северной оконечности мыса располагалась сторожевая башня. Она стояла на деревянном свайном фундаменте [15, с. 96]. По мнению Халикова А.Х. на месте нынешней башни Сююмбике XVII века в XIII-XIV веках располагалась белокаменная сторожевая башня, которая также имела проезд на нижнем ярусе [15, с. 137]. Она была высотой около 25-30 м, имела сквозной проезд 3,5 м и два пилона (3,5х4,3 м) на первом ярусе. Фундамент (глубина заложения – 1,3 м) башни был обнаружен в 1977 году, который был установлен на уплотненном сваями-коротышами основании. По выводам археолога перекрытия башни были деревянными и ее изображение можно увидеть на карте Фра-Мауро 1459 года [7, с. 19].

Рис. 4. Крепость Кызыл-Тура, изображенная на Ремезовской летописи

Рис. 5. Фрагмент гравюры Касимова, опубликованной А. Олеарием, с изображением арка Касимова

Исходя из вышеизложенного, можно сказать, что Казанская крепость в XIII-XV вв. развивалось как фортификационное сооружение. Город имел несколько ступеней обороны с дополнительными рвами, валами и стенами. Крепость была реконструирована

и основной ее расцвет в золотоордынское время приходится на XIV в. В этот период появляется арк крепости с расположенным в нем монетным двором. Вопреки расхожему мнению о том, что в золотордынский этап крепости Волжской Булгарии не развивались на примере Казани можно говорить об обратном. Архитектура оборонительных сооружений Казанской крепости на тот период является образцом татарской крепости с фортификационными элементами.

Список библиографических ссылок

1. Алишев С.Х. Источники и историография города Казани. – Казань: ИИ им. Ш. Марджани АН РТ, 2001. – 75 с.
2. Алишев С.Х. Казанское ханство: в серии «История татар». – Казань: ТКИ, 2002. – 48 с.
3. Губайдуллин А.М. О Фортификации Волжской Булгарии в золотоордынский период // Вопросы истории фортификации, № 3. – М.: Остров, 2012. – С. 63-65.
4. Губайдуллин А.М. Фортификация городищ Волжской Булгарии. – Казань: Институт истории АН РТ, 2002. – 232 с.
5. Зиливинская Э.Д. Очерки культового и гражданского строительства Золотой Орды; монография. – Астрахань: Астраханский государственный университет, Издательский дом «Астраханский университет», 2011. – 253 с.
6. Исхаков Д.М., Измайлов И.Л. Этнополитическая история татар (III-середина XVI в.). − Казань: РИЦ «Школа», 2007. − 356 с.
7. Абдуллин Я.А., Алишев С.Х., Гильманов З.И., Смыков Ю.И., Халиков А.Х., Хасанов Х.Х. История Казани. Книга 1. – Казань: ТКИ, 1988. – 352 с.
8. История Татарии в материалах и документах / Под. ред. Н.Л. Рубинштейна. – М., 1937. – 504 с.
9. Калинин Н.Ф. Казанский Кремль. – Казань: ГМТ, 1952. – 7 с.
10. Носов К.С. Русские крепости и осадная техника VIII-XVII в. – СПб.: Полигон, 2003. – 176 с.
11. Ситдиков А.Г. Казанский Кремль: история фортификации // Ученые записки Казанского Государственного университета. Серия Гуманитарные науки, кн. 3, ч. 1, т. 152. – Казань, 2010. − С. 97-106.
12. Ситдиков А.Г. Оборонительные укрепления древней Казани // Средневековая Казань: возникновение и развитие. Материалы Международной научной конференции. – Казань: Мастер-Лайн, 2000. – С. 22-40.
13. Ситдиков А.Г. Топография средневековой Казани в свете археологических работ в исторической части города // Казань в средние века и раннее новое время. – Казань, 2006. − С. 21-22.
14. Хабибуллин А.Н. К вопросу об архитектуре оборонительных сооружений Сибирских ханств XI-XVI вв. // Истоки и эволюция художественной культуры тюркских народов: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 150-летию со дня рождения педагога-просветителя Ш.А. Тагирова (17-18 апреля 2008). – Казань, 2009. − С. 318-322.
15. Халиков А.Х. Татарский народ и его предки. – Казань: ТКИ, 1989. – 222 с.
16. Халитов Н.Х. Очерки по архитектуре Казанского Ханства. Гипотезы. Факты. Размышления. – Казань: Мастер Лайн,1999. − 232 с.
17. Хованская О.С. К истории города Казани. – Казань, 2001, № 1. – С. 95-102.
18. Шавохин Л.С. Раскопки северо-западной башни Казанского кремля // Археологические открытия 1979 года. – М.: Наука, 1980. – С. 178-179.

Khabibullin A.N. – architect
E-mail: almaz-hab@mail.ru
Construction Company «Radiant»
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Dostoevsky st., 40

Kazan fortress in the Golden Horde period (XIII- XV century)

Resume

The publication describes the development of the Kazan fortress in the Golden Horde period of the XIII-XV century. At this time, Kazan was a customs fortress on the Volga River and was a strategic point of the Kazan principality. The author puts into question the version of that in this period the city had fortifications. This fact is also confirmed archaeologically that already in the XIV century fortifications were restored. Functionally Kazan consisted of the fortress, the citadel and the discount. Additional walls and moats further strengthened the city. Since there is, the citadel at this time in the fortress of the mint inside the fortress was placed. Perhaps that appear during the Golden castle towers flanking fire to the wall. Inside the citadel stood a watchtower from which signals are fed to the other fortresses. We can say that the Kazan fortress in the XIII-XV centuries developed as a fortification. The city had several levels of defence with additional ditches, ramparts and walls. The architecture of the Kazan fortress on the period is the sample of the Tatar fortress with fortification elements.

Keywords: Tartar fortification, Kazan fortress, defensive architecture Kazan facilities.

Reference list

1. Alishev S.H. Sources and historiography of the city of Kazan. − Kazan: History Institute after the name of Sh. Mardjany AN RT, 2001. − 75 p.
2. Alishev S.H. Kazan Khanate: in the series «History of Tatars». − Kazan: TKI, 2002. − 48 p.
3. Gubaidullin A.M. About Fortification of Volga Bulgaria in the Golden Horde period // Questions of history of fortification, № 3. – M.: Ostrov, 2012. − P. 63-65.
4. Gubaidullin A.M. Fortification settlements of Volga Bulgaria. − Kazan: Institute of History of the Academy of Sciences RT, 2002. − 232 p.
5. Zilivinskaya E.D. Essays on religious and civil construction of the Golden Horde; monograph. − Astrahan: Astrakhan State University, publishing house «Astrahanskij universitet», 2011. − 253 p.
6. Iskhakov D.M., Izmaylov I.L. Ethno-political History of the Tartars (III-the middle of the XVI century). − Kazan: RITs «Shkola», 2007. − 356 p.
7. Abdullin J.A., Alishev S.H., Gilmanov Z.I., Smykov Y.I., Khalikov A.K., Khasanov H.H. History of Kazan. Book 1. − Kazan: TKI, 1988. − 352 p.
8. History of Tatarstan in the materials and documents / red. N.L. Rubinshteyna. − M., 1937. − 504 p.
9. Kalinin N.F. Kazan Kremlin. − Kazan: GMT, 1952. − 7 p.
10. Nosov K.S. Russian fortress and siege machines VIII-XVII century. – SPb.: Polygon, 2003. − 176 p.
11. Sitdikov A.G. Kazan Kremlin: the history of fortification // Uchenye zapiski Kazanskogo Gosudarstvennogo universiteta Seriya Gumanitarnye nauki, B. 3, Part 1, t. 152. − Kazan, 2010. − P. 97-106.
12. Sitdikov A.G. Fortification of the ancient Kazan // Medieval Kazan: the emergence and development. Proceedings of the International Scientific Conference. − Kazan: Master Line, 2000. − P. 22-40.
13. Sitdikov A.G. The topography of medieval Kazan, in the light of archaeological work in the Old Town // Kazan in the Middle Ages and early modern times. – Kazan, 2006. − P. 21-22.
14. Khabibullin A.N. To a question about the architecture of defensive works of the Siberian Khanate XI-XVI centuries // Origins and evolution of the artistic culture of the Turkic peoples: Proceedings of the International scientific-practical conference dedicated to the 150th anniversary of the birth of the teacher-educator S.A. Tagirova (17-18 April 2008). − Kazan, 2009. − P. 318-322.
15. Khalikov A.H. Tatar people and their ancestors. − Kazan: TKI, 1989. − 222 p.
16. Khalitov N.H. Essays on the architecture of the Kazan Khanate. Hypotheses. Data. Reflections. − Kazan: Master Line, 1999. − 232 p.
17. Khovanskaya O.S. On the history of the city of Kazan // Kazan, 2001, № 1. – P. 95-102.
18. Shavokhin L.S. Excavations north-west tower of the Kazan Kremlin // Archaeological discoveries in 1979. − M.: Nauka, 1980. – P. 178-179.

УДК 719
Чебинев А.И. – профессор
E-mail: art.sasha.i@yandex.ru
Чебинева Е.В. – старший преподаватель
E-mail: chebineva@yandex.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Уникальность восточного района г. Торонто

Аннотация

В статье рассматривается архитектура жилого района викторианской эпохи г. Торонто, который, благодаря своему географическому положению к концу XIX в. стал центром провинции Онтарио.

Своеобразие канадской архитектуры рассматриваемого периода во многом обязано процессам, протекавшим в экономике страны. Наличие многонационального населения отразилось на своеобразии канадской архитектуры, приобретшей черты эклектики.

Процесс урбанизации привел к обособлению Восточного района жилой застройки, как самобытной структурной единицы города. Уникальность района выразилась в его исторической сохранности, как экстерьера, так и щадящего дизайна интерьера.

Ключевые слова: этапы становления Канады, структура города Торонто, архитектура Восточного района.

Восточный район г. Торонто

В настоящее время площадь территории города Торонто составляет 63 км^2, его центральная историческая часть, именуемая «нижний город», в черте современного города составляет приблизительно 3,2 % от всей территории. Сегодня это деловая часть города, застроенная высотными зданиями банков, офисов различных предприятий, учебных учреждений, больниц и торговых центров. История возникновения города датируется 17 веком. Вначале это было индейское поселение, затем его стали представлять французы – первые переселенцы из Европы, организовавшие торговые постройки. Зодчество их ранних сооружений из камня базировалось на архитектурных традициях Северной Франции, характеризовавшееся сильными пережитками средневековья. Живучесть средневековых традиций определяет специфику городов французских провинций Канады. Здесь, в старых центрах Монреаля, Квебека и ряде мелких городов можно встретить узкие извилистые улички, застроенные примыкающими вплотную друг к другу каменными домами, имеющими сходство с французскими прототипами.

Переселенцы из Англии осваивали южные территории. Английское укрепление Йорк являлось административным центром английской колонии Верхняя Канада. В провинциях этой части Канады преобладало более практичное в условиях Нового Света деревянное строительство. Здесь была создана местная, свободная от влияния метрополии строительная традиция. Конструкция стен – это каркас, обшитый тесом.

И те и другие переселенцы стремились воссоздать в Новом Свете обстановку покинутой родины, что и отразилось в архитектуре как самих построек, так и в использовании при строительстве зданий разных материалов. В 1763 г. по Парижскому договору вся власть в Канаде переходит к англичанам.

С 1834 г. поселение Йорк зарегистрировано как город Торонто, который становится центром провинции Онтарио. XIX и начало XX в. стали важным этапом в развитии истории Канады. В этот период были заложены основы канадского государства, началось формирование особенностей политического и экономического строя страны. Временной период отражает быстрое развитие капитализма, застройку новых и расширение ранее построенных городов Приток переселенцев ведет к расширению существующих и строительству новых производств. Значительное влияние на развитие канадской архитектуры второй половины XIX в. оказала деятельность акционерных компаний по строительству

железных дорог и прежде всего Общества Канадской Тихоокеанской железной дороги: две трансконтинентальные магистрали, которой прорезали страну от океана до океана.

Деятельность этой и других акционерных компаний не ограничивалась проведением дорог. Ими осваиваются новые территории, на которых проводятся гидротехнические работы по орошению и мелиорации земель. Страна становится крупным поставщиком зерна. Строятся мосты, крупные складские постройки (типа элеваторов). По размаху строительства и его технической оснащенности Канада этого временного периода не уступала передовым странам Европы. К концу XIX в. вдоль новых трасс выросли десятки городов. Огромные площади неосвоенных земель сказались на характере планировки и общем облике городов Канады. В городах отсутствовала характерная для Европы плотная капитальная средневековая застройка. Канадские города привольно раскинулись на больших территориях.

К концу указанного периода сложилась структура ядра города Торонто. Город, расположенный на северном берегу просторов озера Онтарио мог бы принять любую планировку, однако, несмотря на богатый рельеф местности, в его основу был положен математический принцип – сетка прямоугольных кварталов и улиц. Особенности рельефа местности и условия естественной природы внесли свои коррективы в транспортную сеть, где криволинейные дороги скорее исключение, а прямоугольная схема улиц остается системой организации всего города в целом.

Упорядоченная структура городских улиц никак не уживалась со стихийностью застройки, как частных участков, так и размещением небольшого количества административных и общественных зданий, таких как здание Суда, чаще называемое Осгуд-холл, особняк 19 века построенный для городской мэрии, здание старой Ратуши и парламента провинции Онтарио, комплекс университета.

Жилая застройка состояла в основном из одноквартирных или блокированных деревянных домов, высота которых редко превышала 1-2 этажа.

Географически местоположение города уникально. Проходящая железнодорожная магистраль и порт, который выступающей частью суши врезается в воды озера с восточной стороны от города, обеспечивали городу связь практически с любой точкой мира. Сформировавшийся мощный транспортный узел дал возможность для развития промышленности на территории свободной от застройки, находящейся на востоке от границы города. Очередная волна эмигрантов способствовала росту промышленных предприятий, которые обеспечивали наличие новых рабочих мест. В связи с этим наряду с промышленным, дальше на восток вдоль береговой линии озера велось новое городское строительство. Своеобразной границей, отделяющей промышленную зону от восточного района новой городской застройки, послужила река Дон, протекающая с севера на юг. Таким образом, к концу 19 века промышленная зона заняла центральное место между старой сложившейся частью города и новой строящейся, где было налажено массовое производство типовых сборных деревянных фермерских и городских жилых домов.

Своеобразие канадской архитектуры рассматриваемого периода во многом обязано процессам, протекавшим в экономике страны. Недавние выходцы из Европы ревниво следили за тем, чтобы не отстать от «стиля» архитектуры покинутых ими стран. Все они стремились создать на новых землях некое подобие оставленной родины – в этом одна из причин широкого распространения стилизации и эклектики в архитектуре Канады этого периода. Эклектика, характерная для мировой архитектуры середины и второй половины XIX в., в Канаде стала первой, общей практически для всей страны, архитектурной системой и господствовала там вплоть до 40-х гг. текущего столетия. Канадские историки искусства и архитектуры называют ее викторианской по имени английской королевы Виктории. И хотя в Англии это название вышло из употребления, оно сохранилось в Канаде, что подчеркивает и косвенно характеризует зависимость ее зодчества от метрополии, его консерватизм и приверженность традициям. Период господства эклектики в Канаде был чрезвычайно длителен. Он охватил целое столетие – с 1830 по 1930 гг.

Начиная с первой половины 20 в. отмечается начало урбанизационного процесса, следующего, современного этапа, когда меняется, исторически сложившаяся структура градообразования, предопределяя необходимость расширения осваиваемых под застройку территорий за границы городов, возникновения обширных новых городских и

пригородных районов. В результате в пределы окружающих крупный город территорий, перемещаются жилищное строительство, места занятости, объекты обслуживания, собственно городское население.

Начало процессу положили три взаимосвязанных условия: первый – очередной колоссальный приток эмигрантов, требующий расселения; второй – отражает сложившуюся в американском обществе систему индивидуальных ценностей в отношении места проживания и социального статуса – рост жизненного уровня, позволяющий городскому населению иметь собственный дом поблизости от города, но в большинстве своем продолжать работать в городе; третий – рост спроса промышленных предприятий на землю.

При бурном освоении территорий под новое городское строительство в Торонто, приоритетными стали северное и западное направления. Сложившаяся застройка восточного района города осталась практически не тронутой. Эта застройка прибрежной зоны являясь памятником архитектуры, представляет собой уникальные образцы жилого строительства викторианской эпохи. Памятник архитектуры несет в себе два основных значения: историческое и эстетическое. Историческая составляющая важна узкому кругу специалистов, а эстетическая – всему обществу, проживающему в конкретном районе и туристам. При необходимости сохранения или реставрации чего-либо – возникает компромисс между старыми научными требованиями и не менее старыми и точными требованиями эстетическими. Исторический район и урбанизированные территории состоят из материальных и нематериальных элементов. Материальные элементы включают в себя, в дополнение к городской структуре, элементы архитектуры, ландшафт, панорамы, небесные линии (силуэты), видовые секторы и местные достопримечательности. Нематериальные элементы включают виды деятельности, символические и исторические функции, культурные обычаи, традиции, культурные ориентиры, которые составляют сущность их исторической ценности. Подлинность и целостность исторических районов городской застройки, выражаются в природной основе и согласованности всех материальных и нематериальных элементов

Жизнь города, зародившегося в далекие времена, проходит в совершенно ином историческом периоде. Город формировался и проектировался как среда для пребывания человека, пропорционально его возможностям. Нынешнее значение города имеет другой характер. Исторический район и урбанизированные территории, а также их окружение должны рассматриваться в совокупности. Их сбалансированность и характер зависят от составляющих их частей. Тем не менее, охрана исторических городских районов и урбанизированных территорий должны быть неотъемлемой частью общего понимания структуры города и его окрестностей.

Охраняемая застройка восточного района является территорией не только составляющей часть повседневной жизни человека, но и представляет исторический период развития города. В 1987 г. На конгрессе в Вашингтоне «Международная Хартия по охране исторических городов» определила принципы и задачи по охране исторического наследия городов. Из основных принятых положений можно выделить следующие:

– строгая регламентация движения транспорта в исторических городах и кварталах, в них не должно быть транзитных и крупных городских магистралей

Этот уникальный район сохранившейся жилой застройки заключен в систему городской структуры улиц Торонто современными скоростными магистралями двух направлений З-В и С-Ю, которые явились границей между застройкой 19-20 вв. и современным строительством.

Структура района, сформированная центральной улицей Квин и сетью регулярных параллельно и перпендикулярно ей расположенных второстепенных улиц, сохранила застройку состоящую, из памятников и подлинной городской ткани, здания которой выражают культурные ценности, придают территории ее индивидуальный характер. Улица Квин, берущая начало в историческом центре города, пересекает восточный район в направлении З-В на всю его длину. Это двухполосная дорога, разделенная посередине трамвайными путями. Ее ширина говорит о том, что уже в 19 веке она была не только основной связующей дорогой, но и центральной улицей всего восточного района. Трамвай, как городской вид транспорта, курсирует по ранее проложенному маршруту по

сей день. Улица Квин является осью, вдоль которой сформировался общественно-культурный и торговый центр этого района;

– сохранение окружения, запрет отделения декора и элементов

Фронт ее застройки представлен одно- двухэтажными жилыми домами (рис. 1), открытыми пространствами скверов и парка и зданиями общественного назначения.

Наиболее значимые из них и функционирующие: универмаг, здания оперы (рис. 2), ветеринарный госпиталь (рис. 3).

Рис. 1

Рис. 2

Рис. 3

Мелкие кварталы застройки вдоль второстепенных улиц представлены участками территорий с отдельно стоящими, небольшими по площади одно-двухэтажными жилыми домами.

– деликатное внедрение новых функций в исторических городах

Поскольку большая часть финансовой и управленческой деятельности сосредоточилась в центральной части города, некоторые крупные общественные здания поменяли профиль своей деятельности. При этом были учтены условия баланса при которых: 1. внедрение новых видов деятельности не поставило под угрозу существование ее традиционных видов и всего того, что поддерживает повседневную жизнь местного населения. 2. проведен учет количества потребителей и совместимость с другими существующими видами деятельности.

– вмешательство в историческую среду должно быть минимальным и очень осторожным

Исторический район города не может отвечать современным потребностям жителей в полной мере, которое ему диктует время. В связи с этим, внедрение современных архитектурных сооружений должно происходить с уважением к ценности места и его окружения. Те немногие, вновь появившиеся здания, по своей архитектуре и композиции не оказывают негативного влияния на существующую архитектуру и вполне совместимы с пространственной организацией всего восточного района. Независимо от стиля новая архитектура избежала негативных последствий резких контрастов, разрывов городской ткани и пространства.

Подлинность и целостность застройки подтверждается сохранностью исторического экстерьера зданий, как это определено их конструкциями, стилем, масштабом, материалом, цветом, декором, а также интерьером. Закон страны запрещает какое-либо вмешательство в экстерьер зданий и это помогает сохранить историко-культурное разнообразие среды (рис. 4).

Рис. 4

В этом районе нет супермаркетов. Так как все жилые здания находятся в собственности, некоторые их владельцы предпочитают совмещать свою частную жизнь с деловой. В большей степени это касается центральной улицы.

Практически вся улица Квин представляет собой череду маленьких специализированных магазинчиков, продовольственных и промышленных товаров, либо частных мастерских, размещаемых в первых этажах зданий. В таких мастерских шьют, вяжут, бреют, т.е. предоставляют все необходимые услуги по бытовому обслуживанию населения района. Небольшие площади помещений диктуют владельцам мастерских свои условия. Как правило, это совмещение в едином пространстве торгового зала экспозиции товара и места производства, вынесенного в дальнюю часть дома, но активно присутствующего в интерьере (рис. 5).

Рис. 5

Такие маленькие мастерские наряду с основными услугами, предлагают очень много товаров, сопутствующих основному назначению. Зачастую бывает трудно определить главенствующее направление в их деятельности.

Исторически сложившаяся торговая сеть восточного района в своем большинстве не изменилась, равно как и интерьеры, разительно отличающиеся от тех современных решений, которые встречаются в центральной части города. Независимо от того чем торгует магазин: свежим мясом, сыром или овощами наряду с современным оборудованием, обеспечивающим основной процесс, в интерьере присутствуют предметы старинного торгового оборудования, домашней утвари, витрины для выкладки товаров. В одних случаях эти предметы старины используются в качестве экспонатов для поддержания основной идеи общего решения интерьера, его колорита, в других – по назначению.

Исторически сложившаяся архитектура Восточного района практически не претерпела современного вмешательства нового строительства. Немногие новые сооружения очень органично согласуются с существующей пространственной схемой и городским окружением. Это касается в первую очередь его доминирующих свойств: высотной гармонии, цвета, материала и форм, отношений объемов зданий к емкости пространств, также как их усредненных размеров и их расположения. Перспектива восприятия застройки района с озера Онтарио, ключевые точки восприятия и визуальные коридоры фрагментов среды экстерьера подтверждают историческую ценность и уникальность Восточного района г. Торонто.

Список библиографических ссылок

1. Артоболевский С.С. Регулирование городских агломераций в странах Европы. URL: http://www.archipelag.ru/agenda/povestka/evolution/irkutsk/b2_reg_aglomer/ (дата обращения: 02.02.2016).
2. Васильев Д.В. Опыт регулирования развития крупных городов в зарубежных странах // В кн. Экономические методы регулирования развития крупных городов. – Л.: Наука, 1990. – 245 с.
3. Гутнов А.Э., Глазычев В.Л. Мир архитектуры. – М.: Молодая гвардия, 1990. – 350 с.
4. Кэлторп П. Постиндустриальные американские пригороды. (Доклад на советско-американском симпозиуме по градостроительству). – М.: ЦНИИП градостроительства, 1985.
5. Лежава И.Г. Архитектурное пространство и функция // В сб. Проблемы архитектуры. – М.: Стройиздат, 1981. – С. 56-64.
6. Малоян Г.А. Агломерация – градостроительные проблемы: монография. – М.: Изд-во: Ассоциация строительных вузов, 2010. – 116 с.
7. Род П. Процессы урбанизации и субурбанизации в США // Новая родина, № 3, 1982.
8. Щенков А.С. Архитектурное наследие на рубеже 20-21 веков: Проблемы реставрации и охраны наследия. – М.: Изд-во: «Ленанд», 2014. – 146 с.

Chebinev A.I. – professor
E-mail: art.sasha.i@yandex.ru
Chebineva E.V. – senior lecturer
E-mail: chebineva@yandex.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

The uniqueness of the Eastern district of Toronto

Resume

The article deals with the time period of formation of Canada as a nation. Early 20th century was characterized by the rapid development of capitalism. A new wave of immigrants gives rise to further economic development of the country, which leads to the expansion of existing and construction of new plants in the newly developed areas. Regardless of the fact that the British architecture of the Victorian era was the official image of the government, the uniqueness of the Canadian architecture owes much to recent immigrants from Europe who wanted to create a semblance of new lands abandoned homeland. This desire was one of the causes of widespread styling and eclecticism in Canadian architecture of this period. The process of urbanization of the first half of the 20th century leads to the transformation of the urban environment. The city became a center of economic activity in which services are used by citizens and a kind of a transit node that redistributes population flows. At such times, especially acute question of the protection and preservation of historically significant buildings and urban structures which include the development of the eastern area of the city of Toronto. The current construction of the eastern area of the city being a historical monument, is a unique sample of a residential building of the Victorian era. Each architectural monument carries the two main values: historical and aesthetic. If the historical component is important to a narrow circle of specialists, the aesthetic – the whole society. Both components are important for the preservation of the historic appearance of the country.

Keywords: milestones Canada, Toronto city structure, the eastern region architecture.

Reference list

1. Artobolevsky S.S. The Regulation of urban agglomerations in Europe. URL: http://www.archipelag.ru/agenda/povestka/evolution/irkutsk/b2_reg_aglomer/ (reference date: 02.02.2016).
2. Vasiliev D.V. Experience of regulation of development of large cities in foreign countries // In the book. Economic methods of regulation of development of large cities. – L.: Nauka, 1990. – 245 p.
3. Gutnov A.E., Glazychev V.L. The World of architecture. – M.: Molodaya Gvardiya, 1990. – 350 p.
4. Calthorp P. Post-industrial American suburbs. (Report on the Soviet – American Symposium on urban planning). – M.: CNIIP gradostroitelstva, 1985.
5. Lezhava I.G. Architectural space and function // Col. Problemy arhitektury. – M.: Stroiizdat, 1981. – P. 56-64.
6. Malayan G.A. Agglomeration – urban planning problems: the monography. – M.: Publishing house: Associaciya stroitelnyh vuzov, 2010. – 116 p.
7. Rod P. the Processes of urbanization and suburbanization in the United States // Novaya rodina, № 3, 1982.
8. Shchenkov A.S. Architectural heritage at the turn of 20-21 centuries: Problems of restoration and heritage protection. – M.: Publishing house: «Lenand», 2014. – 146 p.

УДК 721.012.8
Бурова Т.Ю. – кандидат архитектуры, доцент
E-mai: tadrik@yandex.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Цветное освещение в интерьере: особенности и приемы использования

Аннотация
В данной статье рассматриваются особенности освещения разных типов пространств. Показано, что при формировании цветного освещения нужно учитывать назначение помещения и его размеры. Косвенно рассматривается вопрос о показателе дискомфорта, который определяется чувством неудобства и напряжённости, вызванным резкими различиями цветности в освещаемом пространстве.
Ключевые слова: приемы освещения, цветное освещение, освещение в интерьере, эффекты цветного освещения, цветовая температура, стилевая концепция.

Искусственное освещение – обязательная составляющая любого интерьерного пространства. Искусственный свет имеет множество характеристик, таких как световой поток, яркость, сила света и цветовая температура. Искусственный свет имеет и цвет. Всевозможные оттенки зависят как от характера источника света, так и от абажура или от предполагаемого цветного фильтра. Кроме этого различные конструкции осветительных приборов позволяют сформировать различные сценарии работы проектируемого пространства с учетом использования цветности освещения.

Широкое использование инновационных осветительных технологий привело к пересмотру роли света в современных интерьерах. Для достижения комфорта, эстетичности, а также для привлечения внимания, дизайнер не должен забывать об уникальных возможностях цветного освещения.

Прежде всего, цветное освещение позволяет создавать необычные цветосветовые эффекты. Это может быть разделение пространства на зоны, каждая из которых имеет подсветку своего оттенка, изменение освещения в зависимости от использования, либо цветная подсветка отдельных элементов.

Экспериментируя с цветом, не стоит забывать о его физическом и психическом влиянии на организм человека. Желтые и оранжевые оттенки создадут в доме уютную, теплую атмосферу. Они визуально расширяют пространство. Зеленые тона успокаивают, вызывая ассоциации с природой. Кроме того, глаза отдыхают при восприятии оттенков зеленого цвета. Синий цвет создает ощущение стабильности, уверенности, покоя. Стены, подсвеченные голубым цветом, оптически отодвигаются, что создает ощущения простора. Красный цвет вызывает возбуждение и тревогу, а поверхности, подсвеченные красным, как бы придвигаются к зрителю [1].

Цветная подсветка может быть неоновой, светодиодной или же из люминесцентных или энергосберегающих ламп.

Неоновые трубки и лампы дают ровный и насыщенный цвет. И хотя неоновые лампы чаще всего используются для подсветки коммерческих помещений или рекламы, в квартире или доме с их помощью тоже можно создавать интерьеры, тем более, что их яркость можно регулировать. Название «неоновая лампа» иногда применяется и для аналогичных ламп, наполненных другими инертными газами (как правило, для получения свечения другого цвета). Неоновые светильники нельзя устанавливать в помещениях с большой влажностью, а также в помещениях, где есть дети. Люминесцентные лампы являются альтернативой неоновым. Цвет придается путем окрашивания колбы [2]. Области применения – для создания цветовых эффектов в сценическом освещении, для подсветки витрин, для праздничных иллюминаций, в осветительных установках баров, дискотек. Люминесцентные цветные светильники подходят для установки в лоджии, так как их свет не привлекает насекомых.

Ультрафиолетовые лампы применяют для облучения конструкций, способных светиться при облучении ультрафиолетом. Наиболее ярко данный эффект проявляется в затемненных помещениях – барах, клубах, дискотеках и концертных залах.

Для цветного освещения применяют также светодиодные светильники. Цветные светодиоды бывают следующие: красный, оранжевый, янтарный, жёлтый, зелёный, голубой и белый. Голубой и белый светодиоды более дорогие, чем другие цвета. Светодиодные светильники позволяют получать до 16 миллионов цветовых оттенков [2]. Они не перегорают очень долго и на протяжении всего срока светят одинаково ярко, а управлять такой подсветкой можно с помощью пульта или клавиш с тумблеров на стене. Существует и так называемый гибкий неон – силиконовый шланг с запаянными внутри светодиодами. Подходит для подсветки витрин, ниш. Цвет и свет менее яркий, чем у неоновой лампы.

Тепловые лампы также бывают цветными – это цветные галогенные лампы, иллюминационные лампы накаливания и рефлекторные лампы накаливания. У первых окрашивается фильтр, а у вторых – стеклянная колба. В отличие от вышеперечисленных источников света, они имеют малую мощность – 10-25 Ватт и применяются в основном в декоративных целях [3].

Цвет света может изменять при помощи разноцветных лампочек, цветных фильтров а так же при использовании цветных абажуров. Кроме этого необходимо учитывать такую характеристику, как цветовая температура источника света. Она может варьироваться в пределах от 2000 К до 8500 К, что соответствует очень теплому, почти оранжевому «белому» свету или очень холодному, практически фиолетовому свету. Цветной свет изменяет и оттенки окружающих предметов. Он способен окрашивать светлые поверхности согласно своему оттенку, а другие изменять в зависимости от собственного цвета предмета. Например, при использовании цветного освещения в «белых» интерьерах можно полностью изменить гамму пространства. Так, при теплом освещении нейтральный белый и все его молочно-теплые оттенки становятся теплее и мягче; оттенки «звонкого, кислотного» белого размываются вплоть до нежных пастельных. Слишком желтые тона могут исказить весь эффект белого интерьера. Пространственное решение в этом случае может приобрести неряшливый вид, стать более камерным и, казаться, меньшим по площади. При холодном освещении тот же нейтральный белый и все его молочно-теплые оттенки становятся бледными и сероватыми, как подернутыми туманом. Если белый интерьер имеет зеленоватую гамму, то при теплом освещении он приобретает салатовый оттенок, а холодный свет придает белой зеленоватой гамме оттенок морской волны. Пространство, в свою очередь, становится прозрачнее, невесомее [4].

Можно усилить эффект от цветного освещения с помощью специальной полупрозрачной пленки. Благодаря разнообразным цветам и уровням прозрачности пленки, свет может быть рассеянным, живым, цветным или естественным. Отличный вариант для тех, кто стремится к оригинальным решениям – сочетание зеркал и цветной подсветки. Эффектно будет смотреться и колонны и панели из цветного оргстекла или матового подсвеченного. Такие цветные стеклянно-световые конструкции смотрятся очень необычно и моментально преображают пространство. Также известна технология «Диплайн» – крохотные светодиоды прикрепляются к подвесной панели, вдоль которой расположены токопроводящие пластины. Используют и стеклянные потолки из акрилового либо обычного стекла. Свет через него рассеивается, и комната заливается приглушенным теплым свечением.

В жилых пространствах цветной свет способен создать уникальное настроение интерьера, хотя и является дополнительным. В гостиной и спальне предпочтительнее традиционный желтый свет, мягкий и теплый, тем более, что такой оттенок визуально приподнимает поверхности. Хорошего эффекта можно добиться, подсветив таким образом многоуровневый потолок [5]. В гостиной также допустимы акценты и яркая ночная подсветка. На кухне не стоит слишком экспериментировать с цветным освещением, в особенности в пределах рабочей зоны – ей лучше подсветить естественным светом. Будет уместна цветная подсветка отдельных элементов, таких, как барная стойка, фасады шкафчиков, декоративные поверхности, карнизы. Не стоит использовать на кухне лампы с

холодными или кислотными оттенками, так как это отбивает аппетит. В рабочем кабинете уместнее всего синие и фиолетовые оттенки, они мобилизуют и наводят на размышления [6, 7]. Но не стоит забывать о том, что цветная подсветка в кабинете не должна отвлекать от рабочего процесса, поэтому неоновые светильники и светодиодные ленты стоит сразу исключить. В детской приветствуется подсветка отдельных элементов, при этом свет должен быть теплым, не раздражающим. В коридорах и гардеробных цветной свет лучше установить в роли декоративной подсветки.

В ванных или санузлах в качестве общего освещения используются синие или желтые светильники. Синий цвет освежает, хорошо подчеркивает внутреннюю отделку помещения, а желтый отлично подойдет для освещения ванны в классическом стиле. Но зеркала должны подсвечиваться обычным белым цветом, цветная подсветка искажает восприятие и делает лицо болезненным.

Находиться постоянно под влиянием цветного освещения довольно утомительно. Поэтому его в квартире должно быть в меру, и оно должно быть в основном нюансным [8].

В интерьерах общественного назначения цветной свет не всегда уместен, хотя использовать его не запрещено. Так, например, в учебных заведениях цветная подсветка редко используется, так как большее внимание уделяется естественному освещению, а искусственный свет в школах, как правило, бывает белых или светло-желтых оттенков. Здесь цветное освещение можно встретить в фойе или актовых залах, но только местное или акцентное – например, подсветка информационных стендов и сцены. Лучше всего для этого подойдет гибкий неон или светодиодная лента, а от хрупких светильников следует отказаться. Зато цветное освещение широко используется при решении интерьеров выставочных пространств [9]. Это особенно характерно для выставок современного искусства и выставок товаров, где цветное освещение применяется для создания эффектного, запоминающегося образа. Цвет и свет могут служить не только подсветкой экспонатов, но и являться частью их композиции. Тематики современных выставок настолько разнообразные, что уместны любые оттенки освещения, но все же рекомендуется сочетать в одном выставочном помещении не более трех. Мощность светового потока сильно варьируется, это опять же зависит от тематики; существуют выставки, которые проводятся почти в полной темноте. При использовании цветного освещения для подсветки экспонатов и стендов, следует помнить, что не стоит выбирать кислотные оттенки, если в оформлении присутствуют мелкие шрифтовые композиции. Общее цветное освещение в музеях и выставках желательно делать рассеянным и равномерным, а светильники устанавливать так, чтобы избежать бликов. Это же правило касается оформления магазинов и их витрин.

При выборе освещения для рабочих офисных помещений необходимо руководствоваться тем, что свет в офисе должен быть, в максимальной степени, приближен к естественному. Цветное же освещение будет уместно в зоне отдыха, зоне для переговоров и в фойе. Зону отдыха сотрудников лучше всего решить в теплой гамме ненасыщенных желтых и оранжевых оттенков, а для зоны переговоров и вестибюля прекрасно подойдут холодные оттенки зеленого и синего цветов. Не рекомендуется использовать яркий направленный свет и размещать цветные светильники слишком близко к глазам [10, 11].

В клубах используют самую разнообразную подсветку: от светодиодных лент до лазерных систем. В ночном клубе отсутствует естественное освещение, поэтому популярнее всего яркие неоновые лампы, светодиодные прожекторы, а также лампы черного света. Оттенки чаще всего холодные: голубой, фиолетовый, синий. Комплектация системы освещения зависит от высоты потолков, типа подвесных конструкций, особенностей интерьера. Если, например, для отделки помещения использовались светлые материалы, то необходимо подбирать мощное оборудование, чтобы световая картинка не поблекла на фоне окружающей обстановки. Ночной клуб, в отличие от других общественных помещений, можно полностью осветить цветным светом. При проектировании интерьера нужно помнить о наличии громоздких систем освещения.

В кафе и ресторанах для привлечения посетителей также используются цветные источники света. Они выполняют самую разнообразную функцию: освещение барной стойки, подсветка ниш, подсветка декоративных элементов, световые панели.

Правильнее использовать палитру теплых оттенков, так блюда кажутся презентабельнее, но слишком близко к столу размещать источник света не стоит. Яркий красный цвет часто используют заведения быстрого питания, так как красный цвет возбуждает аппетит. Цветным светом можно удачно подчеркнуть освещение ресторана на зоны, при этом свет должен быть мягким и рассеянным, особенно в отгороженных и закрытых зонах. Направленный цветной свет может быть установлен, если в заведении есть сцена. Стоит помнить о наличии естественного света и его влиянии на цветные светильники – прямой солнечный свет делает цвета ламп бледнее. На кухне цветное освещение не рекомендуется устанавливать.

В фойе кинотеатра допустимо использовать палитру любых оттенков. Чем ярче и насыщеннее свет, тем больше зрителей он привлечет. Как правило, ярким цветом выделяют дополнительное освещение кинотеатров: подсветка ступенек, сцены, а также освещение других зон кинотеатра: кассы, бары, уборные. В кинозале и зоне перед ней следует избегать ярких и чистых оттенков направленного цвета, так как человеку будет некомфортно при резкой смене освещения.

В производственных помещениях освещение подразделяется на рабочее, аварийное, охранное и дежурное. Цветное освещение чаще относится к аварийному. Цвета, кроме белого и холодного белого не желательно использовать в рабочих помещениях, лабораториях, цехах и заводах, так как это плохо сказывается на зрении и отвлекает, и как следствие, портит качество работы. Исключением являются люминесцентные цветные лампы – они устанавливаются в производственных цехах для изготовления микросхем, а также для помещений, где недопустимо наличие ультрафиолетового излучения и синей составляющей, например типографий. Сигнальные лампы накаливания с колбой красного цвета применяются для освещения объектов проведения ремонтно-строительных работ, а также на заводах и в цехах. Они обладают высокой степенью защищенности от пыли и влаги. Иногда в промышленных помещениях, таких, как лаборатории и цеха, используют люминесцентные лампы холодного голубого цвета, так как это повышает работоспособность. Их можно устанавливать на автоматизированных производствах, где допустимо небольшое искажение цветовосприятия.

Цветное аварийное освещение на предприятиях, а также в общественных помещениях, как правило, делается в холодных оттенках синего и зеленого – эти цвета не вызывают паники. Аварийное освещение располагается на путях эвакуации: у входов, лестниц, проемов. Ступеньки также желательно подсветить.

Следует помнить, что цвета разных спектров в одном помещении – это излишество. Только сочетание белого с цветными акцентами поможет раскрыть все возможности цвета и света. Кроме того, цветное освещение в значительной степени влияет на цвета предметов. Так, теплые тона при красном освещении становятся насыщеннее, а при зеленом становятся грязно-серыми. Существуют специальные колористические таблицы, показывающие, как «теплый» и «холодный» искусственный свет влияет на мутации цветовой гаммы [12].

При проектировании цветного освещения следует учитывать не только назначение помещения, но и его характеристики, количество естественного цвета, цветовую гамму интерьера, материалы, тип светильника и влияние цвета на человека.

Список библиографических ссылок

1. Агостон Ж. Теория цвета и ее применение в искусстве и дизайне. – М.: МИР, 1982. – 184 с.
2. Юнович А.З. Светодиоды и их применение для освещения. – М.: Знак, 2011. – 17 с.
3. Кнорринг Г.М. Справочная книга для проектирования электрического освещения. – М.: Книга по Требованию, 2012. – 381 с.
4. Бурова Т.Ю. Особенности искусственного освещения «белых» интерьеров // Известия КГАСУ, 2014, № 2 (28). – С. 44-51.
5. Юрченко Е.С. Потолки. Светильники. Практическое руководство для любителей современного дизайна и интерьера. – М.: Феникс, 2004. – 288 с.

6. Корякин-Черняк С. Л. Освещение квартиры и дома. – М.: Наука и техника, 2005. – 192 с.
7. Каплинская М.Ю., Бурский В.Б. Свет в современном жилище. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 94 с.
8. Скачкова Н.В. Цветоведение и световой дизайн. / Учеб. Пособие для ВУЗов. – Томск.: Изд-во ТГПУ, 2011. – 151 с.
9. Кетрин Сорел. Пространство и свет в современном интерьере. – М.: Кладезь-Букс, 2007. – 144 с.
10. Люси Мартин. Эффекты домашнего освещения. – М.: АРТ-Родник, 2004. – 256 с.
11. Бухман Г.Б. Интерьер и проектирование освещения. – Киев.: Будівельник,1965. – 88 с.
12. Мизина О.А. Роль освещения в дизайне интерьера // электронный научный журнал VII Международная студенческая электронная научная конференция «Студенческий научный форум» – 2015// URL: http://www.scienceforum.ru/2015/921 /10841 (дата обращения: 21.05.2016).

Burova T.Y. – candidate of architecture, associate professor
E-mail: tadrik@yandex.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Colored lighting in an interior: features and methods of use

Resume

Colored lighting in an interior – the bright component creating the unique maintenance of the space. Colored lighting can be created by color light sources and (or) color reflectors, lamp shades. Colored illumination can be neon, light-emitting diode or from luminescent or energy saving lamps. The perception of space is formed by distribution of color, brightness and shadows. Colored light can not only «operate» a form of objects, but also create mood. Colored lighting is capable to regulate «character» of objects and space. Besides colored lighting allows to create unusual color and light effects. It is defined that it isn't recommended to use colors of different ranges in one room. Only the combination white with color accents will help to open all opportunities of color and light.

The review of the main receptions of means for a possibility of implementation of the style concept of an interior with the use of color lighting is presented in the article. The effects created by colored lighting are consistently described. By means of examples it is illustrated that similar receptions provide formation of semantic and emotional pithiness of an interior. Together with it ways of realization of colored lighting with the use of modern technologies are presented.

Keywords: methods of lighting, color lighting, lighting in an interior, effects of color lighting, color temperature, the style concept.

Reference list

1. Agoston Zh. The theory of color and its application in art and design. – M.: MIR, 1982. – 184 p.
2. Yunovich A.Z. Light-emitting diodes and their application for lighting. – M: Znak, 2011. – 17 p.
3. Knorring G.M. Reference book for design of electric lighting. – M.: Kniga po Trebovaniy, 2012. – 381 p.
4. Burova T.Y. Features of artificial illumination of «white» interiors // Izvestiya KGASU, 2014, № 2 (28). – P. 44-51.
5. Yurchenko E.S. Ceilings. Lamps. Practical guidance for fans of modern design and an interior. – M.: Fenix, 2004. – 288 p.
6. Koryakin-Chernyak S.L. Lighting of the apartment and house. – M.: Nayka i tehnika, 2005. – 192 p.

7. Kaplinskaya M.Yu., Boer V.B. Light in the modern dwelling. – M.: Energoatomizdat, 1984. – 94 p.
8. Skachkova N.V. Chromatics and light design. / Studies. A grant for higher education institutions. – Tomsk.: TGPU publishing house, 2011. – 151 p.
9. Catherine Sorel. Space and light in a modern interior. – M.: Kladez-Buks, 2007. – 144 p.
10. Lucie Martin. Effects of house lighting. – M.: ART Rodnik, 2004. – 256 p.
11. Buchmann G.B. Interior and design of lighting. – Kiev.: Budivelnik, 1965. – 88 p.
12. Mizin O.A. Role of lighting in interior design // electronic scientific journal of the VII international student electronic scientific conference «Student scientific forum» – 2015 // URL: http://www.http://www.scienceforum.ru/2015/921/10841 (reference date: 21.05.2016).

УДК 74.01/.09
Ибрагимова А.Ф. – аспирант
E-mail: miopost@gmail.com
Михайлова А.С. – кандидат искусствоведения, доцент
E-mail: misuoka@gmail.com
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Концептуализм в современной архитектурной среде (на примере городской скульптуры)

Аннотация

Статья посвящена одному из актуальных направлений в области дизайна – насыщению предметно-пространственной среды города объектами, а именно скульптурными формами. В статье рассматривается отдельное направление в области городской скульптуры – концептуализм, раскрываются особенности его становления, развития и взаимосвязь с другими областями изящных искусств, дизайна и архитектуры. На всемирно известных примерах раскрывается основная суть концептуальной скульптуры.

Ключевые слова: концептуализм, городской дизайн, городская скульптура, концептуальная скульптура, дизайн среды, арт-объект, скульптура, дизайн города, современный дизайн, постиндустриальный дизайн, паблик-арт.

«Мы пытаемся привнести в искусство реальность, а не делать просто искусство об искусстве» Марк Куинн (брит. скульптор).

Художественная культура последних десятилетий явила множество направлений, тенденций и открытий в искусстве, дала авторам оригинальные возможности в выражении своих мыслей. Технический прогресс, интернациональность, информационные технологии сделали искусство доступным каждому. Постмодернистические тенденции способствовали раскрытию творческого потенциала и авторских идей. Плюрализм мнений и взглядов, распространившийся после 70-х лет в том числе и в искусстве, способствовал смелости и концептуальности художественности решений. На этом фоне городская скульптура становится весомым носителем авторской идеи и объектом концептуального формообразования, весьма успешным инструментов взаимодействия со зрителем-прохожим на разных уровнях.

Тенденции развития городской скульптуры до сих пор слабо освящаются в научной литературе не смотря на достаточно большое количество смелых и неординарных решений в мировой практике. В современном отечественном искусствознании, по сравнению с западноевропейским и американским, теоретическое осмысление особенностей развития и бытования искусства городской скульптуры в культуре XX века представлено значительно меньше, а современная городская скульптура последних десятилетий рассматривалась лишь в кратких статьях периодических изданий. Кроме того, сегодняшнее российское искусствознание больше внимания уделяет другим видам художественного творчества, в результате чего искусство городской скульптуры остается на периферии исследовательских интересов.

Атмосфера современной городской среды требует новых подходов к организации пространственной среды и ее предметного наполнения, в том числе и создания новых форм городского дизайна. Одним из таких новаторств стал новый тип городской скульптуры, возникший как особая форма синтеза монументально-декоративного искусства и городского дизайна.

Городская скульптура, будь то традиционные памятники и монументы, объекты паблик-арта или музейные инсталляции, находясь в городской среде, всегда являлись объектами исключительно общественными, формирующими публичную сферу жизни социума.

Если мы рассмотрим городскую скульптуру до середины двадцатого века, то убедимся, что основная функция городской скульптуры – мемориализация важных событий истории. Собственно, отсюда и происходит классификация городской скульптуры, исключительно по форме: памятники, монументы, обелиски и т.п.

Сегодня понятие современного искусства и современной скульптуры, в частности, необходимо подвести под определение искусства о современности, о реальности, о насущности, и ни в коем случае не о попытках рефлексии стилистических или практических особенностей прошлого. В этом ключе принципиален именно реальный мир, как объект искусства, который меняется быстро и зачастую весьма неумолимо и цинично, и если искусство не будет успевать его фиксировать, не будет отображать все те изменения происходящие в обществе, то автоматически, оно будет низведено в ранг консервативного, традиционного, порой, в самом негативном смысле этих определений.

В данной статье хочется рассмотреть такое современное направление городской скульптуры, как концептуализм, целью которого является донести до зрителя идейную составляющую объекта с помощью современных инструментов репрезентации.

Зародившийся в середине 1960-х годов, концептуализм, провозгласил идею главным инструментом искусства, за которой покорно следует форма. В объектах концептуального искусства первична концепция, преподносимая часто в необычной, шокирующей форме. Передавать идею в духе концептуализма можно в достаточно привычной форме: в виде фраз, текстов, схем, графиков, чертежей, фотографий, аудио- и видео- материалов. Важным здесь является не просто эмоциональное восприятие, а интеллектуальное осмысление увиденного и прочувствованного. И хотя объектами концептуального искусства могут стать практически любые предметные формы, следует отдавать отчет и понимать, что это прежде всего художественный жест. «Идея становится машиной, производящей искусство», как говорил Сол Левитт, американский художник – минималист и концептуалист, автор теоретических работ по концептуализму. Задачи концептуалистов были всегда социальными и философскими: изменить общество, провозглашая в ряде своих работ идеи, касающиеся окружающей среды и гражданского самосознания, обратить внимание на проблемы отдельной личности, участие и сочувствие, осуждение равнодушия, нравственное воспитание. Для подобных идей использовались различные инструменты: дискуссия, акционизм, провокация, новаторские формы. Концептуализм достаточно болезненно вливался в современную городскую скульптуру. Часто кричащие, провокационные образы создаваемые художниками, воспринимались вперед содержания, что категорически неправильно. В итоге у зрителя формировалось отторжение формы и ключевая задача передать основную заложенную в объект мысль не выполнялась. За ярким или наоборот невнятным, но всегда обращающим на себя внимание обликом городской скульптуры, скрывается глубокая смысловая нагрузка, которая и должна быть передана случайному прохожему – зрителю. Концептуализм требует к себе терпения и понимания. Сегодня концептуализм можно применить ко многим современным течениям в искусстве, архитектуре и дизайне и, безусловно, к скульптуре. Концептуализм стал более широким понятием, объединившим многие движения, так или иначе связанные с теоретическими вопросами, от дадаизма Марселя Дюшана до сегодняшнего интервенционализма Маурицио Каттелана [1].

В потоке современности мы не заметили как из постиндустриального общества превратились не в общество информационное, а в общество мультиинформационное, и в этой связи важно, чтобы наряду с второсортной информацией, поступали сверхважные сведения, заявлялись проблемы вневременные, проблемы принципиальные. Учитывая публичность городской скульптуры, такая тенденция как концептуальность является, пожалуй, одной из интереснейших, и более того, необходимых обществу.

Почему современное искусство городской скульптуры, стало концептуальным, социальным, пытающимся взвалить на себя роль учителя, философа, взывать к гражданскому самосознанию? Ответ на это находится внутри пластического искусства, внутри самой скульптуры, а также, как и в любой социальной или гуманитарной науке, в процессах, происходящих внутри общества, и внутри человека, в частности.

Если разбираться в причинах популярности концептуализма в городской скульптуре, то нужно отметить, что необходимость концептуализации публичного искусства продиктована в первую очередь самим обществом. Уже начиная с 1990 года экспозиционным пространством является не музей или город как таковые, а вся совокупность каналов распространения и приумножения информации. Городская улица или галерея – лишь частные его случаи, составные части куда более широкого

публичного пространства [2]. Концептуализм же, который всегда направлен на зрительское рассуждение об объекте, нашел выход в городской скульптуре, как в искусстве, максимально приближенном к человеку. Эта публичность городской скульптуры, заложенная в ее определении, наконец-то позволила не только вопросам памяти, религии или пропаганды выйти наружу (типичные темы монументальной городской скульптуры), но и затронуть глобальные вопросы экологии, бедности, социальных табу и предрассудков – социальные вопросы общества и отдельного взятого человека, иначе говоря, вопросы философские и вопросы социальные.

Можно выдвинуть гипотезу, что так же как искусство средневековья являлось библией для неграмотных, так и сегодня концептуальное искусство – это своего рода философия для современного общества потребления.

Второй серьезный толчок, который дает всплеск концептуальности – это то, что городской скульптуре стало трудно конкурировать с продуктами массового потребления, телевидением, рекламой. В пестроте городских улиц художественные объекты абсолютно теряются. Кроме того сегодня все еще сохраняется традиционное представление об основной функции скульптуры, как функции формирования публичного пространства и рассчитанное на восприятие в публичной сфере и даже на ее участие в формировании этой сферы, что как раз проявилось в бесконечном желании скульптуры «выйти» навстречу монументу, архитектуре, человеку. Естественно, в действительности, восприятие публичной среды контролируется режимами медиатоварного производства: реклама, видео, фотография играют гораздо более принципиальную роль в распространении репрезентаций, чем скульптура [3]. В связи с этим, художники больше не занимаются поисками нового формообразования и стиля. На этом фоне логичнее всего предположить, что искусство обязано вернуться к своим истокам нравственного содержания, но уже с учетом проблематики XXI века, с новыми формами человеческих взаимоотношений, интерпретировав по-новому истинные ценности.

В качестве подтверждения необходимости освещать жизненные, философские аспекты в искусстве, на фоне желания скульптуры противостоять медиа- и продуктам массового потребления можно привести ответ прекрасного британского скульптура Марка Куинна, который на вопрос о взаимоотношениях с массовой культурой резко отвечает: «Всё наоборот – это медиа выбирают те же сюжеты, что и я. Эти темы универсальны – они отражают то, чем является человеческая природа сегодня. Мне интересны загадки вселенной и культуры, в которой я живу, – мы существуем внутри медиа, и, конечно, я реагирую на то, что там происходит, я же смотрю телевизор и читаю интернет. Но это наш мир. И в будущем люди будут смотреть на мои работы и понимать, что было важно в наши дни. А те, кто оглядываются на систему критических оценок, – они просто салонные живописцы» [4].

Также необходимо отметить еще один фактор, который серьезно повлиял на концептуализацию скульптуры – это деформация жанра скульптуры, и дальнейшее желание скульпторов как-то самоидентифицироваться. С середины XX века скульптура утратила монополию на свое классическое определение как трехмерного объекта. Ни один из видов искусства не был так «размазан» в определении. Теперь скульптурой стали называть абсолютно все, и, как отмечает Розалинда Краусс, известный теоретик искусства, понятие скульптуры стало применяться «к самым неожиданным вещам: узким коридорам с телевизионными мониторами в конце; огромным фотографиям с видами горных пейзажей; зеркалом причудливо расставленным в обычных комнатах; рельефным полосам, насекающим почву пустыни. Достаточно представить себе все многообразие того, что теперь принято называть скульптурой, как смысловые границы этого понятия начинают стираться. Если только не предположить, что в само это понятие было заложено свойство безграничной изменчивости» [5]. В желании обособиться от объемной живописи, перформансов и инсталляций привело к тому, что скульптура, так же как и эти виды искусства, стала концептуальной, но важным отличием является то, что только скульптура обладает силой постоянства, силой давления над человеком, нежели любая другая современная форма искусства, не говоря уже о живописи, которая с трудом может быть представлена на улицах города, за исключением, пожалуй, современного стрит-арта. В данной ситуации можно логично вынести предположение, что скульпторы в последнее время взяли на себя роль

законодателей концептуализма в искусстве, тем самым сформулировав и обнаружив новые признаки в области современного пластического моделирования, что было необходимо как воздух, после двадцатого века поиска и сомнений.

Темы концептуального всегда диктуют сложившиеся обстоятельства и проблемы, которые волнуют художника, которые он и собирается донести до случайного прохожего. Можно выделить несколько основных тем, поднимаемых сегодня концептуалистами: социальные проблемы, политические проблемы, проблемы индивида, экологические проблемы, глобальные проблемы человечества. Самыми яркими инструментами, которые заставляют зрителя обратить на себя внимания являются: провокация, сатира, философия и др. Некоторые из тем можно рассмотреть на ярких мировых примерах городской скульптуры.

Первой хочется разобрать работу, которая является максимально социальной и поднимает глобальные вопросы экологии – это инсталляция Флорентина Хофмана (рис. 1). Скульптура выполнена мастером в виде ондатры и установлена в голландском городке Nieuwerkerk, в местности, считающейся самой низкой территорией во всех Нидерландах (почти 7 метров ниже уровня моря). Дело в том, что система дамб, предотвращающая эту часть Голландии от затопления, все время разрушают ондатры и вот именно ей Хофман установил своеобразный антипамятник, тем самым иллюстрируя нешуточную проблему. Работа выглядит весьма эстетично, задорно, и современно.

Рис. 1. Флорентин Хофман «Ондатра» (Найверкерк, Нидерланды 2004 г.) [4]

В качестве другого примера можно привести концептуальную работу скульптора Марка Куинна, творчество которого началось в 90-ых годах и успешно зафиксировало себя среди имен молодых YBA (Молодые Британские Художники) заявляет о глубоких социальных неравенствах. Его прекрасная, утонченная скульптура из мрамора молодой беременной художницы-инвалида, изображенной в обнаженном виде, была установлена в 2005 году на трафальгарской площади в рамках проекта четвертого постамента. Вот что сам автор говорит на эту тему: «Элисон Лаппер была установлена на Трафальгарской площади, где стоит монумент мертвому человеку, одержавшему победу над империей. Элисон же – человек, одержавший победу над собственными обстоятельствами. Это имело огромный резонанс, и увеличенная до гигантских размеров копия этой работы участвовала в церемонии открытия Параолимпийских игр. Ее видели миллионы по всему миру, так что я думаю, она повлияла на осведомленность общества в вопросах о правах инвалидов» [5]. Как иронично Марк Куинн подчеркивает то, что на трафальгарской площади стоит памятник мертвому военачальнику, одержавшему победу в войне, подразумевая под этим капитана Нельсона. И в самом деле, разве сегодня проблемы инвалидов менее значимы, чем события истории вековых давностей. Эта скульптура прекрасно выявляет проблемы общества, раскрывает социальную тему неравенства и необходимости отчасти пересмотра современных ценностей, в том числе мемориальных.

Рис. 2. Марк Куинн «Элисон Лаппер» (Лондон, Великобритания 2006 г.) [6]

Третий яркий пример – скульптура Д. Херста. Используя все те же средства провокационного характера и так же изображая беременную женщину, но, прибегая к более жестким визуальным эффектам, британский художник Дэмиен Херст обращается к абсолютному иному вопросу общества, к вопросу правосудия и института власти. Его бронзовая скульптура 2012 года под названием «Правда», по словом самого художника, является современной аллегорией правосудия. Статуя была передана скульптором местным властям на 20 лет и будет размещена на городском пирсе. После огласки этой новости сотни местных жителей обратились с жалобами в местный совет, протестуя против аморальной скульптуры, которая по их мнению выглядит нелицеприятно и может поощрить рождаемость у подростков. Беременную женщину обозвали множеством негативных эпитетов, обвиняя при этом автора в безвкусице. Тем не менее, местный совет согласился установить статую на почетном месте набережной. Мотивацией стал тот факт, что городок испытывает упадок туристической сферы и ему необходимы новые туристы, которых и должна привлечь сюда скульптура знаменитого автора.

Рис. 3. Дамиен Херст «Правда» (Ильфрэкам, Великобритания 2012 г.) [7]

У следующего проекта более печальная развязка. Скульптурная группа в виде повешенных детей, итальянского скульптура Маурицио Каттелана просуществовала около 27 часов, после чего была низвергнута миланскими жителями, причем один из местных жителей умудрился упасть с лестницы, при попытке произвольного демонтажа. В то же время, одна мать, живущая неподалеку, прикрепила к месту инсталляции открытое письмо, где выразила сожаление из-за утраты произведения, привлекавшего внимание к проблемам, с которыми сталкиваются в Милане настоящие дети.

У этой провокационности, как инструмента концептуального искусства, есть очень весомый аргумент, который любит повторять Каттелан, что его инсталляции порождают дискуссии, но не конфликты [8]. В этой простой фразе и заключается одна из скрытых целей концептуализма – дискуссия.

В заключении, хочется отметить, что концептуализм в городской скульптуре отсылается к философскому определению искусства в целом, а именно: искусство – отождествление жизни, создание отношения к миру, материализация отношений к пространству и времени в той или иной форме [2].

Сегодня данный процесс не может быть асоциальным, все меньше и меньше зрителю интересны новые формы или стили в городской скульптуре, на передний план выходят именно новаторские подходы в идейном содержании, именно идея, являясь инструментом новым и концептуальным, сближает скульптуру и человека, отождествляя собой целый мир смыслов. Структура современного общества, которое давно уже является информационным, такова, что общим является всё (информация, образование, мысли и т.п.), и люди делятся каждой секундой своей жизни в интернете – это и есть мир глобальный, где проблема каждого человека обращается в проблему общества в целом. И такая функция скульптуры как описание жизни, а значит и проблем мироздания, является демонстрацией максимальной социализации, которая должна выражаться в концептуальных образах современного искусства.

Так же как и философия, искусство скульптуры не дает буквальных рекомендаций в вопросах бытия, а лишь озвучивает их, предваряет дальнейшую работу человеческого разума и действий других наук, вызывает дискуссии.

Не стоит забывать что, озвучивание проблемы, это гигантская ответственность перед обществом и справится ли с этим городская скульптура? Время расставит все на свои места. Но пока именно она, контактируя с каждым случайным прохожим, является искусством, взывающим к гражданскому самосознанию современного общества, искусством глубоко философским.

Список библиографических ссылок

1. Филлипс Сэм... Измы: как понимать современное искусство. – М.: Ад Маргинем Пресс, 2014. – 160 с.
2. Буррио Николя. Реляционная эстетика. Постпродукция. – М.: Ад Маргинем Пресс, 2016. – 216 с.
3. Хэл Фостер, Розалинд Краусс и др. Искусство с 1900 года: модернизм, антимодернизм, постмодернизм. – М.: Ад Маргинем Пресс, 2015. – 816 с.
4. Инсталляции Флорентина Хофмана: размер имеет значение // Культурология – информационный портал. URL: http://www.kulturologia.ru/blogs/210909/11516 (дата обращения: 1 июня 2016).
5. «Это интересное искусство. А вы очень циничны» Марк Куинн о китче, братьях Чепменах и роскоши // Город. Afisha Daily. URL: https://daily.afisha.ru/archive/gorod /archive/mark-kuinn-o-kitche-brat-jah-chepmenah-i-roskoshi (дата обращения: 31 мая 2016).
6. Марк Куинн // Сайт о современных художниках. URL: http://contemporary-artists.ru/Marc_Quinn.html (дата обращения: 28 мая 2016).
7. Краусс Р. Скульптура в расширенном поле // Краусс Р. Подлинность авангарда и другие модернистические мифы. – М.: Издательство «Художественный журнал», 2003. – 278 с.
8. Томкинс К. Жизнеописания художников. – М.: V-A-C press, 2013. – 272 с.

Ibragimova A.F. – post-graduate student
E-mail: miopost@gmail.com
Mikhaylova A.S. – candidate of art, associate professor
E-mail: misuoka@gmail.com
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Conceptualism in the modern architectural environment (an example of city sculpture)

Resume

The article is devoted to the actual direction in the field of design – to the design of the urban environment, art objects and sculpture as their private type. The sculpture still is the frequent instrument of filling the subject and the spatial environment of the city, method of orientation the person in city space, a point of an attraction of the pedestrian, the object of educational and esthetic function, and also the object of performance.

The article considers the separate modern direction in the field of city sculpture – conceptualism. The purpose of this direction – to introduce the ideological component of the object to the viewer by modern instruments of representation. The authors reveal the features formation of conceptualism in art and sculpture, the evolution and interrelation with other areas of fine arts, design and architecture.

The conceptualism was formed in the 60th years of the twentieth century. It has proclaimed the main instrument of art – the idea the form followed by.

The conceptualism is always directed to the reasoning of an object and has found a way out in city sculpture, as in art which is close as possible to the person. From the middle of the 20th century the sculpture has lost monopoly for the classical determination as a three-dimensional object. It is possible to allocate several primary subjects lifted today by conceptualists: social problems, political problems, individual's problems, environmental problems, global problems of mankind. The brightest tools which force the viewer to attract attention are: provocation, satire, philosophy and others similar. In an article on the example of modern sculptors the called conceptual tendencies are considered.

Keywords: conceptualism, city design, city sculpture, conceptual sculpture, design of the environment, art object, sculpture, design of the city, modern design, post-industrial design, public art, public sculpture.

Reference list

1. Phillips Sam ...Isms: how to understand the modern art. – M.: Ad Marginem Press, 2014. – 160 p.
2. Bourrio Nicolas. Relational esthetics. Post-production. – M.: Ad Marginem Press, 2016. – 216 p.
3. Hal Foster, Rosalind Krauss, etc. Art since 1900: modernism, anti-modernism, postmodernism. – M.: Ad Marginem Press, 2015. – 816 p.
4. Installations of Florentin Hoffman: the size matters // Kulturologia – information portal. URL: http://www.kulturologia.ru/blogs/210909/11516 (reference date: 01.06.2016)
5. «This is interesting art. And you are very cynical» Mark Kuinn about kitsch, brothers Chepmenakh and luxury // Gorod. Afisha Daily. URL: https://daily.afisha.ru/archive/gorod/archive/mark-kuinn-o-kitche-brat-jah-chepmenah-i-roskoshi (reference date: 31.05.2016).
6. Mark Kuinn // Website about modern artists. URL: http://contemporary-artists.ru/Marc_Quinn.html (reference date: 28.05.2016).
7. Krauss R.A. Sculpture in the expanded field//Krauss R. Authenticity of avangard and other modernist myths. – M.: «Hudozhestvennyj zhurnal» publishing house, 2003. – 278 p.
8. Tomkins To. Biographies of artists. – M.: V-A-C press, 2013. – 272 p.

УДК 712
Мхитарян К.О. – аспирант
E-mail: mk92@inbox.ru
Кожевникова А.Ю. – аспирант
E-mail: tonya.koz@yandex.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

«Зеленые стены» в дизайне городской среды – (зарубежный опыт)

Аннотация

Статья посвящена актуальной теме зеленых стен в современном дизайне, основанная на опыте зарубежных коллег. Выводится формулировка зеленых стен, их подразделение на две основные категории – зеленые фасады и живые стены, а также последующая их внутренняя типология с описанием. Также, затрагивается тема основных преимуществ зеленых стен в дизайне городской среды, независящих от каких-либо факторов.

Ключевые слова: зеленая стена, вертикальный сад, вертикальное озеленение, зеленые фасады, живые стены, преимущества зеленых стен, категории зеленых стен, дизайн городской среды.

Зеленые стены уже давно захватили ума и сердца ученых и простых обывателей по всему миру. Вертикальное озеленение применяется в дизайне архитектурной среды за рубежом для повышения эстетических, экологических и экономических качеств окружающей среды. Оно широко распространено в США, Европе, в Австралии, ЮАР и других странах. И даже у нас начинают появляться первые попытки в применении настолько актуального приема озеленения городской среды. Но прежде чем что-то внедрять, стоит разобраться во всей этой системе.

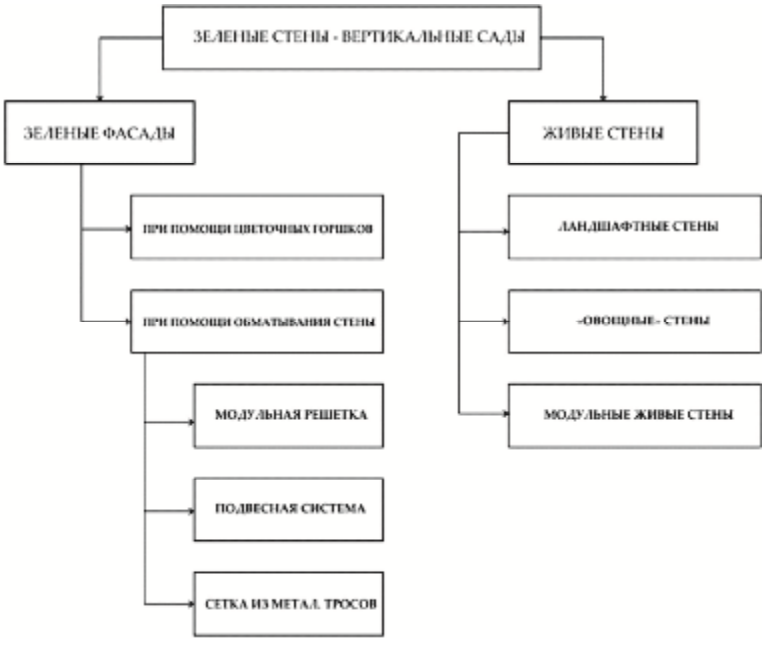


Рис. 1. Типология зеленых стен

Вертикальные сады или зеленые стены не имеют четкой формулировки, практически все российские интернет источники уравнивают понятия зеленых стен, зеленого фасада, живой стены и т.д., хотя это совсем не так. Зеленая стена – это общее обозначение всех ограждающих конструкций, покрытых зеленью, которая в свою очередь подразделяется на две категории – зеленые фасады и живые стены. Эти же категории имеют свою внутреннюю типологию. Зеленые стены могут быть различных форм и

размеров. Они могут быть установлены внутри здания или снаружи, зафиксированы в любом месте на стене или сами являться разделительной конструкцией. Ко всему этому, разнообразные растения придают зеленой стене большую палитру цветов и рельефа.

Зеленая стена (Вертикальный сад) является термином, используемым для обозначения всех форм заросших стеновых поверхностей. Зарубежные эксперты в области зеленых стен и крыш подразделяют зеленые стены на две основные категории: зеленые фасады и живые стены [2-8]. Зеленые фасады в свою очередь делятся на типы по принципу поддержания растений: при помощи цветочных горшков, при помощи наложения на стены (модульной решеткой, подвесной системой, сеткой из металлических тросов). А живые стены на ландшафтные, овощные и модульные.

Зеленые фасады

Зеленые фасады представляют собой тип системы зеленой стены, в которой растения вьются или растут каскадом. Зеленые фасады могут быть привязаны к существующим стенам или построены как отдельно стоящие конструкции, такие как заборы, колонны или арки. Они состоят из вьющихся растений, либо растут непосредственно на стене или в специально предназначенных для этого несущих конструкциях. Растение растет вверх по склону здания, будучи привязанным к земле.

Модульные решетки. Строительный блок этой модульной системы представляет собой жесткую, легкую конструкцию. Трехмерная панель изготовлена из оцинкованной и сварной стальной проволоки, которая поддерживает растения, как сеткой лицевой стороны, так и глубиной панели. Эта система предназначена для того, чтобы отделить зеленый фасад от поверхности стен и растения не соприкасались со зданием. Она обеспечивает «плен» растущей среде и создает опору для растений, новых побегов, и помогает сохранить целостность здания. Панели могут быть сложены и соединены, чтобы покрывать большие площади, или сформированы для создания кривых форм. Отличительной особенностью таких модульных решеток является то, что они сделаны из переработанных материалов и стали, которые подлежат вторичной переработке. Поскольку панели являются жесткими, они могут охватывать какие-либо структуры, а также могут быть использованы для автономных зеленых стен.

Сетка и системы металлических тросов. Сетки применяются на зеленых фасадах, которые предназначены для поддержки быстро растущих вьющихся растений с более плотной листвой. Проволочные сети часто используются для поддержки медленно растущих растений, которые нуждаются в дополнительной поддержке, эти системы обеспечивают более близкие интервалы между растениями. Обе системы используют высокопрочные стальные тросы, якоря и дополнительное оборудование. Различные размеры и модели могут быть размещены дополнительно как гибкие вертикальные и горизонтальные проволочные тросы, соединенные через кросс-фиксаторы.

Живые стены

Живые стены, также называемые биостены или вертикальные сады, состоят из панелей, вертикальных модулей или посаженных «одеял» с предварительно выращенными растениями. Эти панели могут быть изготовлены из пластика, вспененного полистирола, синтетической ткани, глины, металла и бетона, и поддерживают большое разнообразие и плотность растительных видов. Живые стены нуждаются в большей защите, чем зеленые фасады из-за разнообразия и плотности растительности. Живые стены выполнены из трех частей: металлический каркас, слой ПВХ и воздушный слой (почва не нужна). Эта система поддерживает множество видов растений, таких как смесь растительности, многолетних цветов, низких кустарников и папоротников и т.д. Она хорошо работает в различных климатических условиях. Тем не менее, выбор лучших видов может адаптироваться к преобладающим климатическим условиям, таким образом, чтобы было легче производить техническое обслуживание системы. Как правило, используется автономный автоматизированный полив и питание системы, чтобы облегчить содержание живых стен.

Ландшафтные стены. Эти стены – эволюция «склонов» в ландшафте и стратегический инструмент в подходе к «живой» архитектуре. Ландшафтные стены, как правило, находятся под наклоном, в отличие от вертикальных, и имеют первичную функцию уменьшения шума и стабилизации склона. Как правило, они построены из той или иной формы укладки материала, изготовленного из пластика или бетона с возможностью укоренения растущих сред и растений.

«Овощные» стены[1]. «Овощная» стена является уникальной формой зеленой стены, впервые представленной Патриком Бланком. Она состоит из двух слоев синтетической ткани с карманами, которые физически поддерживают растения и растущие средства. Тканевые стены поддерживаются рамой и отделены водонепроницаемой мембраной от стены здания из-за высокого содержания влаги и возможного разрушения стены. Питательные вещества в основном распределяются через ирригационную систему, где циклы воды проходят из верхней части системы в нижнюю.

Модульные живые стены. Модульная система живой стены возникла частично из использования модулей для применения зеленых крыш, с целым рядом технологических новшеств. Модульные системы состоят из квадратных или прямоугольных панелей, которые поддерживают питательную среду для содержания растительного материала.

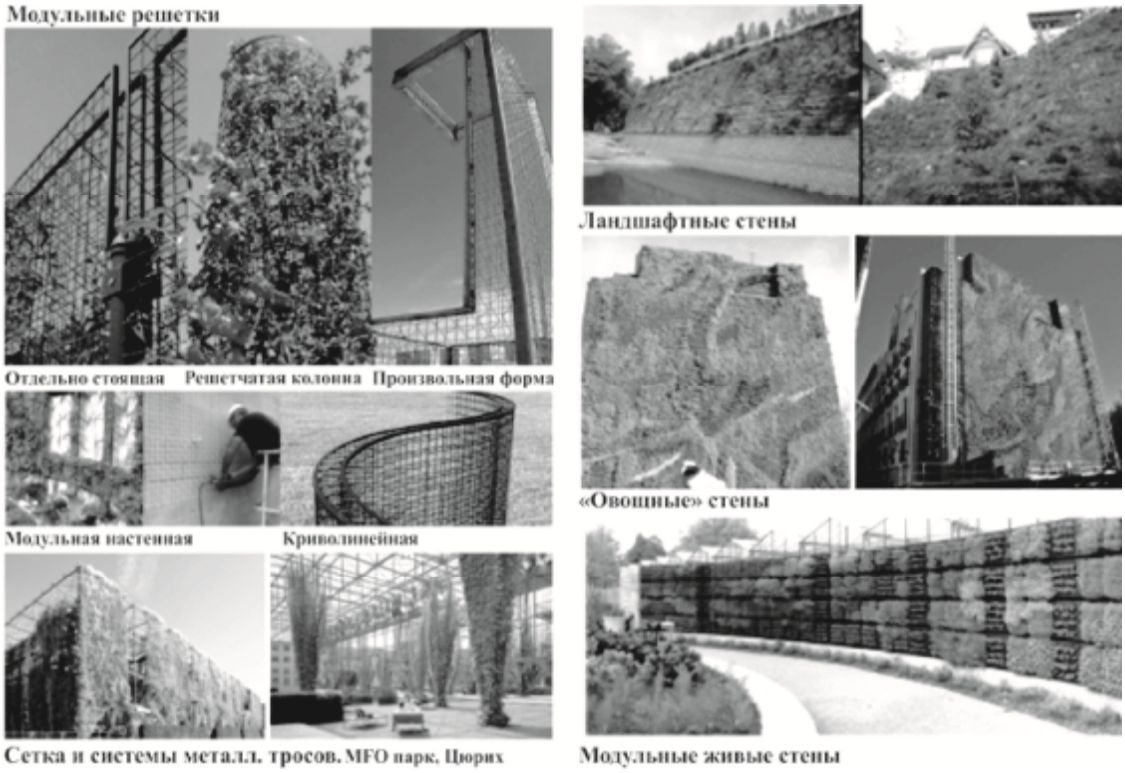


Рис. 2. Типология зеленых стен. Живые и зеленые стены

Рассматриваемая типология зеленых стен дает нам четкое понятие о различии ее главных составляющих – живых стенах и зеленых фасадах, что ни в коем случае ни одно и тоже, как мы привыкли считать. На зеленых фасадах все растения автономны и растут из земли или же из горшков с землей, опираясь на модульные решетки, сетку или систему металлических тросов. И основной составляющей зеленых стен являются вьющиеся растения (плющи, вьюны, виноградники и т.д.). В живой же стене модульные панели часто состоят из полипропилена, пластиковых контейнеров, геотекстиля, систем

[1] В 1988 году Патрик Блан, французский ботаник получил первый патент на «зеленую стену»; или также ее называют овощной стеной – от французского «mur vegetal». Во Франции впервые в мире «овощная стена» была сделана в 2010 году: вертикальный сад внедрили в станцию подземки.

орошения, растущей среды и растительности. Здесь растения находятся в горшках, либо в контейнерах и подкармливаются питательным субстратом.

В 2000 году Уильям Томпсон и Ким Сорвиг – авторы серии работ по устойчивому ландшафтному строительству, в руководстве для зеленого строительства, выделили следующие возможные структурные концепции самостоятельных зеленых стен в дизайне городской среды.

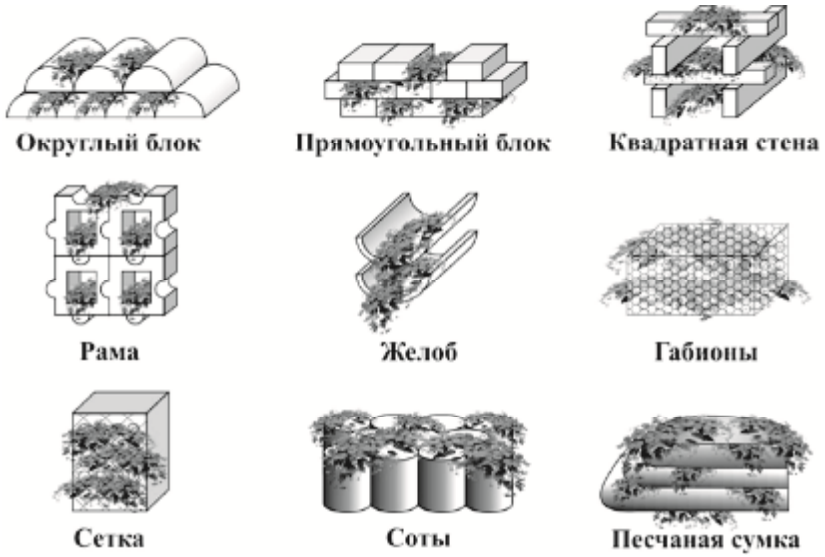


Рис. 3. Структурные концепции самостоятельных зеленых стен

Блок (округлый, прямоугольный): Спроектированы с зазорами, где растения с корнем растут через стену; квадратная стена: в этой системе элементы как плитки бетона или бревна сложены в стиле сруба; рама: в этой системе покрытия соединяющие флору сложены, как каменная кладка; желоб: используются емкости заполненные почвами; габионы: используются проволочные корзины, наполненные камнями, чтобы обеспечить усиление конструкции; сетка: как мини-габионы; соты: используются гибкие и прочные блоки в виде пчелиных сот, которые заполнены почвой; песчаная сумка: сделана из геотекстиля, которая обернута вокруг почвы. Эту систему раньше называли «растительной георешеткой».

Преимущества зеленых стен

Зеленые стены обеспечивают эстетическую ценность, а также экономические и экологические преимущества. Преимущества могут, конечно же, изменяться в зависимости от таких параметров, как тип здания, технология зеленой стены, селекция растений и растительный покров. Но все-таки, существуют определенно ценные качества зеленых стен, не зависящие от каких-либо факторов.

Добавление стоимости и значимости зданию. Растения представляются одними из самых стремительных, максимально экономически выгодных средств, для выпрямления неблагоприятного восприятия области. Они повышают роль и статусность общественных зданий и заметно улучшают зрительное удобство для выделения его человеком из среды, а также улучшает экономические и социальные условия города. Применение зеленых стен приводит к резкому повышению стоимости здания за счет улучшения его эстетического вида, а также создание широкого признания общественностью, превращая их в известные «интересные места».

Обеспечение защиты здания. В основном, защита здания совершается путем снижения температурных скачков оболочки самого здания. Расширение и сжатие строительных материалов, сниженные за счет сокращения температурных колебаний, продляют срок эксплуатации строения. Вертикальные сады защищают постройки от

кислотных дождей и ультрафиолетовых лучей, уменьшая формирование трещин и карбонизацию фасада здания, увеличивая его срок службы и долговечность.

Уменьшение уровня шума. Растения и грунт, использующиеся в вертикальных садах, обладают функцией шумопоглошения. Зеленые стены создают буферную шумовую зону, что серьезно снижает внешние шумы и вибрации (до 40 ДБ) на рабочих местах и внутри наших домов. Например, небольшая живая изгородь в интерьере, размещенная около рабочего места поможет уменьшить количество шума на 5 децибел.

Экономия и задержка воды. Управление водой – фактор, представляющий из себя главное достоинство вертикальных садов. Сначала, полив очень интенсивен, потому что он производится через режим капельного орошения или гидропонной системы, но затем он совсем сводится на нет. Всевозможные сточные воды скапливаются в самой нижней части всей системы зеленых стен, в специальном лотке, где собирается лишняя вода. Затем она может быть переработана и подана в систему орошения, тем самым освобождая человека от постоянной закачки субстрата в систему. Также листья растений или зеленые стены могут служить щитом от вод и кислотных дождей, задерживая на себе воду.

Улучшает качество воздуха, увеличивает поступление кислорода и снижает уровень углекислого газа. Зеленые стены предлагают конкретные экологические достижения ввиду уменьшения существующих парниковых газов и остальных летучих органических соединений из наших загрязненных городов. Растения выступают как био-очистители и могут внести немаловажный вклад в рост качества городского воздуха через ряд биохимических действий, за счет разложения и удаления загрязняющих веществ в воздухе, как изнутри, так и снаружи здания. В сочетании с фотосинтезом растений, которые производят чистый, богатый кислородом воздух, становится легко увидеть ценность использования живых растений в качестве био-очистителей в загрязненных городских условиях. По данным исследователей, растительная стена площадью в 1 квадратный фут способна фильтровать воздух офисной площади в 100 квадратных футов [1]. По скромным подсчетам ученых, занимающихся зелеными фасадами, если на 50 зданиях в квартале озеленить хотя бы по одной стене, то это будет равносильно 50 посаженным деревьям.

Еще одно достоинство вертикальных садов – улучшение качества воздуха на застроенных территориях, как внутри дома, так и снаружи. Это потому, что все зеленые насаждения служат естественными фильтрами – заменяя, принимаемый из воздуха углекислый газ, на необходимый для человека кислород. Также они помогают фильтровать загрязняющие вещества из воздуха. Это означает, что воздух, которым мы дышим намного чище и здоровее. Исследования показали, что в районе, окруженном живой стеной, существуют значительно сугубо низкие концентрации токсинов.

Защита от вредных микроорганизмов и пыли. Растения предотвращают распространение пыли влажной средой, созданной их листьями и корнями, а также снижают скорость ветра. С помощью этого растения вызывают исчезновения вредных микроорганизмов при помощи сока. Улучшение качества воздуха при помощи растений в офисах показывает, что кашель уменьшается на тридцать процентов, а сухость в горле и раздражение на двадцать четыре процента. Растения чистят воздух за счет поглощения загрязняющих веществ листьями и передают токсины своим корням, где они превращаются в пищу для растений [1]. С чистым воздухом в офисных зданиях у работников гораздо меньше шансов заболеть, ведь комнаты с озеленением содержат на 50 % или даже на 60 % меньше бактерий и плесени в воздухе, чем комнаты без него.

Играет роль естественной изоляции для экономии энергии сооружения. Косвенно, живые стены снижают потребности в кондиционировании воздуха, ввиду этого уменьшается потребление энергии городских зданий за счет охлаждения городов. Зелень на стенах способна уменьшать температуру зданий в летний период и изолировать их в зимний период. Зимой вечнозеленые виды предлагают степень изоляции путем захвата слоя воздуха у фасада и снижения потерь тепловой конвекции. Изоляционный эффект был зафиксирован до 30 %, хотя такой высокий процент вероятен только тогда, когда температура ниже 0. Экономия энергии менее значительна на хорошо изолированных зданиях, например, со стенками из полого кирпича. В течение лета, горячие стены

заставляют температуру подниматься внутри зданий, растет спрос на системы охлаждения и потребляется больше энергии. Поверхность зеленой стены, покрытая растениями, снижает температуру стенки и тепловую нагрузку на здание. Зеленые стены способны повлиять на понижение температуры стены, вплоть до 15 °С, что поспособствует значительной экономии в расходах на кондиционирование помещений. В Токийском технологическом институте проводилось тестирование стены, было обнаружено, что зеленые стеновые панели снижают температуру стены до 10 °С. Был также сделан вывод, что панель зеленой стены уменьшает передачу энергии в здание по ~ 0,24 кВ/м^2. Расчет экономических выгод от зеленой стены существенно зависит от расположения стены и самого здания по сторонам света, солнечной инсоляции, розы ветров и многих других факторов [1].

Повышенная устойчивость к вредителям и болезням. Поскольку все растения высажены вертикально, большинство насекомых, являющихся разносчиками болезней, не смогут даже добраться до культур. Из этого следует, что практически не будет проблем с насекомыми, атакующими зелень, и нет необходимости тратиться химические вещества и использование пестицидов и инсектицидов. Помимо этого, вокруг вертикального сада хорошо циркулирует воздух, и все ростки также получают достаточное количество солнечного света, тем самым существует гораздо меньше риска для растений, хворающих от грибков, плесени или болезней.

Озеленение территорий снижает уровень стресса, создавая атмосферу спокойствия. Вертикальные сады показали, что восстановительное воздействие природных пейзажей задерживает на себе внимание зрителя, отвлекает их от осознания себя и от тревожных мыслей и вызывает состояние медитации. Они обеспечивают духовное и физическое единение с природой, а также помогают облегчить физиологическое и психологическое давление городской среды на жизнь человека. Красота и эстетика зеленой стены может освободить наш разум и значительно снизить физическую усталость. Например, наличие растений в офисе не только уменьшает стресс, но и помогает повысить производительность работников.

Участники исследования Surrey University и Texas A&M University также сообщают, что чувствуют себя более внимательными, когда присутствуют растения. Те участники, которые работали в среде без растений, были на 12 % менее производительными и больше подвержены стрессу и болезням, чем те, кто работал в офисах с какими-либо растениями [1].

Увеличивает значимость жилого или общественного сооружения. Одним из наиболее стремительных и самых экономически выгодных средств для улучшения неблагоприятного восприятия местности, являются растения. Они повышают общественный профиль в зданиях и существенно улучшают визуальные связи в пространстве, а также делают лучше социальные и экономические условия города. Применение вертикальных садов приводит к росту цены на озелененную недвижимость, ввиду заметного увеличения уровня комфортности здания, а также создание широкого признания общественностью, превращая их в необычные, популярные места. Изучения британских и американских ученых демонстрируют, что присутствие зеленых растений способно поднять цену жилья на 6-15 %.

Восстановление природных компонентов в городе для птиц и насекомых. В связи с очень плотной застройкой городов и нехваткой зеленых зон, возникла проблема исчезновения естественных сред обитания для дикой природы, и в принципе, эта проблема не так уж и маловажна. Вертикальные стены, в какой-то степени, могут помочь восполнить баланс зеленых зон для обитания диких животных. Густая, насыщенно цветущая и плотно засаженная стена, разными видами растений, будет привлекать птиц и бабочек. Зеленые стены имеют все шансы в создании благоприятной среды для выживания птиц, пчел и бабочек. Они могут снабдить водой, источником питания, и благоприятным местом для выведения потомства.

Уменьшение городского парникового эффекта. Городской тепловой остров – это район, в котором гораздо теплее, чем в окружающей его загородной территории, преимущественно после обеда, ночью и ранним утром, а также в зимний период. Это связано

с тем, что наши «каменные джунгли» очень быстро прогреваются и удерживают тепло, поэтому в городе всегда теплее на несколько градусов, чем за ним. Для того, чтобы избежать неразберихи с глобальным потеплением, этот феномен исследователи определяют как «городской парниковый эффект». Существует пару факторов, объясняющих парниковый эффект, однако слишком активное развитие городов является первопричиной. В наши дни наиболее известным методом охлаждения мегаполисов считается озеленение территорий. Вертикальные сады охлаждают и борются с парниковым эффектом и значительно уменьшают его, поглощая много тепла в процессе испарения влаги.

Рассматриваемые в статье типологии зеленых фасадов и живых стен – являются основными составляющими термина «Зеленые стены». Зеленая стена – это форма заросших стеновых поверхностей. Важно отметить, что зеленые стены – это не просто поддержка для выращивания растительности в вертикальном направлении или же приятная глазу композиция, но и сложная структура, которая от природы имеет множество функций, назначений и преимуществ, помогающих сделать городскую среду наиболее удобной и благоприятной для пребывания человека. К основным преимуществам зеленых стен относится: естественная изоляция для экономии энергии здания; уменьшение уровня стресса, создание спокойной атмосферы; увеличение ценности жилого или офисного здания; уменьшение городского парникового эффекта. Также, наряду с типологией зеленых фасадов и живых стен существуют структурные концепции самостоятельных зеленых стен в дизайне городской среды: блоки; квадратные стены; рамы; желоба; сетки; соты; песчаные сумки.

Список библиографических ссылок

1. Зеленский В.А. Современные научные исследования и инновации // WEB.SNAUKA.RU: Электронный научно-практический журнал, 2016. Преимущества создания зелёных стен в современной ландшафтной архитектуре городской среды. URL: http://web.snauka.ru/issues/2016/04/67136 (дата обращения: 23.04.2016).
2. 7 Semester Dissertation Bachelor of Architectural Technology and Construction Management GREEN WALLS – Laurent Aupetit Bjerre – 38 с. Дания. 28 ноября, 2011. URL: https://www.ucviden.dk/student-portal/files/10402327/Green_Walls.pdf (дата обращения: 16.10.2015).
3. Gonchar J. Vertical and verdant, living wall systems sprout on two buildings, in Paris and Vancouver, Architectural Record, mcgraw-Hill Construction. 19 февраля, 2007. URL: http://www.architecturalrecord.com/articles/6665-vertical-and-verdant-living-wall-systems-sprout-on-two-buildings-in-paris-and-vancouver?v=preview (дата обращения: 22.11.2015).
4. Green roofs for healthy cities. 2008. Introduction to green walls technology, benefits design. – Randy Sharp, James Sable, Flavia Bertram. – 37 с. 2008. URL: http://www.greenscreen.com/Resources/download_it/IntroductionGreenWalls.pdf. (дата обращения: 15.12.2015).
5. Köhler M. Green Facades-A view back and some visions, Urban Ecosystem, 2008, Vol. 11. – С. 423-436. URL: http://link.springer.com/article/10.1007/s11252-008-0063-x (дата обращения: 05.04.2016).
6. Thompson J.W., Sorving K.. Sustainable Landscape Construction, 2000, A Guide to Green Building Outdoors. Island Press, Washington D.C. – С. 105-131. URL: http://minskgreen.by/Books/Sorvig_lc.pdf (дата обращения: 10.04.2016).
7. Yeh, Y.P. 2012. Green Wall-The Creative Solution in Response to the Urban Heat Island Effect. National Chung-Hsing University. – 8 с. URL: http://www.nodai.ac.jp/cip/iss/english /9th_iss/fullpaper/3-1-4nchu-yupengyeh.pdf (дата обращения: 10.04.2016).
8. Vertical Gardens Advances in Landscape Architecture – Özgür Burhan Timur and Elif Karaca – Advances in Landscape Architecture, 2013. Глава 22. – С. 587-622. URL: http://dx.doi.org/10.5772/55763 (дата обращения: 29.02.2016).

Mkhitaryan K.O. – post-graduate student
E-mail: mk92@inbox.ru
Kozhevnikova A.U. – post-graduate student
E-mail: tonya.koz@yandex.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

«Green walls» in urban environment design (foreign experience)

Resume

Green Wall with the other name Vertical Garden is the term being used to define all forms of vegetated wall surfaces. Green walls are not only spectacularly beautiful, but also helpful in enlivening the ambiance. Green walls can absorb the heated gas in the air, decrease both indoor and outdoor temperatures, providing a healthier indoor air quality as well as a more beautiful space. They hold or slow rainwater, providing food and shelter for wildlife. Also, Green walls can be constructed with many systems. Green walls can examine two major categories: Green Facades and Living Walls. These categories can be divided into other categories – landscape walls, vegetated mat walls, modular living walls. Green facades are made up of climbing plants either growing directly on a wall or in specially designed supporting structures. The plant shoot system grows up the side of the building while being rooted to the ground. In a living wall the modular panels are often comprised of polypropylene plastic containers, geotextiles, irrigation systems, a growing medium and vegetation. Vertical Gardens provide economic and ecological benefits as well as aesthetic value. The benefits change with options such as different buildings, green wall technologies, plant selections and plant coverage.

Keywords: green walls, living walls, vertical garden, vegetable wall, vertical kitchen garden, living wall, bio wall, green facade, design of architectural environment.

Reference list

1. Zelenskij V.A. Modern scientific research and innovation // WEB.SNAUKA.RU: Electronic scientific journal, 2016. The benefits of creating green walls in modern urban environment landscape architecture. URL: http://web.snauka.ru/issues/2016/04/67136 (reference date: 23.04.2016).
2. Semester Dissertation Bachelor of Architectural Technology and Construction Management GREEN WALLS – Laurent Aupetit Bjerre – 38 p. Denmark. November 28Th, 2011. URL: https://www.ucviden.dk/student-portal/files/10402327/Green_Walls.pdf (reference date: 16.10.2015).
3. Gonchar, J. Vertical and verdant, living wall systems sprout on two buildings, in Paris and Vancouver, Architectural Record, mcgraw-Hill Construction. February 19, 2007. URL: http://www.architecturalrecord.com/articles/6665-vertical-and-verdant-living-wall-systems-sprout-on-two-buildings-in-paris-and-vancouver?v=preview (reference date: 22.11.2015).
4. Green roofs for healthy cities. 2008. Introduction to green walls technology, benefits design. – Randy Sharp, James Sable, Flavia Bertram, 2008. – 37 p. URL: http://www.greenscreen.com/Resources/download_it/IntroductionGreenWalls.pdf. (reference date: 15.12.2015).
5. Köhler M. Green Facades-A view back and some visions, Urban Ecosystem, 2008. Vol 11. – P. 423-436. URL: http://link.springer.com/article/10.1007/s11252-008-0063-x (reference date: 05.04.2016).
6. Thompson J.W., Sorving K.. Sustainable Landscape Construction, A Guide to Green Building Outdoors. Island Press, Washington D.C., 2000. – P. 105-131. URL: http://minskgreen.by/Books/Sorvig_lc.pdf (reference date: 10.04.2016).
7. Yeh Y.P. Green Wall-The Creative Solution in Response to the Urban Heat Island Effect. National Chung-Hsing University, 2012. – 8 p. URL: http://www.nodai.ac.jp/cip/iss/english/9th_iss/fullpaper/3-1-4nchu-yupengyeh.pdf (reference date: 10.04.2016).
8. Vertical Gardens Advances in Landscape Architecture – Özgür Burhan Timur and Elif Karaca – Advances in Landscape Architecture. Chapter 22, 2013. – P. 587-622. URL: http://dx.doi.org/10.5772/55763 (reference date: 29.02.2016).

УДК 72:624.9
Покка Е.В. – кандидат архитектуры, старший преподаватель
E-mail: ekaterina-p-83@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Мосты и крытые переходы в архитектуре многофункциональных общественных комплексов

Аннотация

Крытый переход – это один из видов пешеходного моста, который состоит из пролетной части между объемами двух зданий, находящейся под навесом. Он защищает пешеходов от плохой погоды.

С развитием архитектуры и строительства за последние несколько десятилетий, образные и функциональные характеристики крытых переходов претерпели некоторые изменения, т.е. теперь помимо своих основных функций эти необычные конструкции также могут выполнять функции смотровых площадок, рекреационных пространств, кафе, выставочных павильонов. Современные переходы в многофункциональных общественных комплексах способны решить функциональные, конструктивные, образные задачи.

Ключевые слова: многофункциональные пешеходные мосты, крытые переходы, общественные комплексы.

Современный крытый переход является востребованной формой организации городского пространства. Проектировщики часто используют этот вид сооружений в своих проектах. С помощью крытых переходов появляется возможность органично связать элементы архитектурной среды, которая в современных условиях все более уплотняется. Однако, вопросы о том, что он представляет собой и какие задачи архитектуры способен решить – остаются непонятными. В статье на основе изученных материалов [1-8] предлагается с помощью примеров из мирового и отечественного опыта объяснить, какие задачи способен решить крытый переход в архитектуре многофункциональных общественных комплексов.

Крытый переход – это один из видов пешеходного моста, который состоит из пролетной части между объемами двух зданий, находящейся под навесом. Он защищает своих посетителей от плохой погоды. Тем не менее, с развитием архитектуры и строительства за последние несколько десятилетий образные и функциональные характеристики крытых переходов претерпели некоторые изменения, т.е. теперь помимо своих основных функций эти необычные конструкции также могут выполнять функции смотровых площадок, рекреационных пространств, кафе, выставочных павильонов.

Пример № 1. Крытый переход в комплексе Марина Бей Сэндс (Marina Bay Sands Skybridge), Сингапур.

В высоту башен курортного отеля Марина Бей Сэнд, построенного летом 2009 года (арх. Моше Сафди), входит 55 этажей. Соединением башен является крытый переход на крыше Сэнд Скай Парк. Здесь, на высоте 191 м, находится самый длинный надземный плавательный бассейн длиной 146 м. Находясь на территории плавательной чаши, ощущаешь себя так, словно стоишь на краю земли.

Скай Парк предлагает посетителям крыши побывать в ресторанах с декоративным ландшафтом, с многочисленными представителями флоры, а так же на общественной смотровой площадке, расположенной на консольной плите, с которой можно насладиться великолепным панорамным видом на Сингапур.

Башни отеля подвержены большому числу воздействий, как со стороны внешней среды, так и воздействий на внутреннее содержание (функциональной нагрузке). Чтобы скомпенсировать усадку, инженеры установили специально разработанные, поднимающиеся на винтах ножки. Таким образом, обеспечивается бесперебойная работа бескрайнего бассейна.

Рис. 1. Marina Bay Sands Skybridge

Пример № 2. Крытые переходы Бахрейнского всемирного торгового центра (Bahrain World Trade Center), Бахрейн.

Бахрейнский всемирный торговый центр, расположенный в городе Манама (Бахрейн) – это комплекс, который состоит из двух 50-этажных башен, высота которых 240 м.

Башни соединены тремя крытыми переходами. На каждом переходе установлена турбина, диаметром 29 м, для преобразования ветровой энергии. Напоминающие форму лодки небоскребы были специально созданы таким образом, чтобы ветер, дующий со стороны Персидского залива, в сторону которого направлены турбины, был направлен через просвет между ними.

Конструкция здания прошла проверку с помощью ветровых туннелей, которая выявила, что любое направление ветра под углом к зданию до 45 градусов преобразуется в воздушный поток в форме буквы S, перпендикулярный турбинам, что в свою очередь увеличивает их способность по выработке энергии.

8 апреля 2008 года были в первый раз включены три турбины. По прогнозам инженеров они экономят 11-15 % от общей суммы энергозатрат комплекса (около 1,1-1,3 ГВт в год). Такая мощность может обеспечить электроэнергией около трехсот домов. В обычный день турбины работают примерно на 50 % мощности.

Рис. 2. Bahrain World Trade Center

Пример № 3. Крытые переходы «Связанного Гибрида» (Linked Hybrid), Китай.

Комплекс «Связанный Гибрид» (арх. Стивен Холл) площадью 220 тыс. м^2, который расположен на территории старого Пекина, включает в себя восемь башен, расположенных относительно друг друга так, что образуют форму кольца, соединенных между собой соответственным числом крытых переходов. Крытые переходы выполняют целый ряд рекреационных функций: кафе, бассейн, ночной клуб, выставочная галерея.

Комплекс готов принять посетителей с разнообразными интересами, несмотря на то, что это не характерно для сложившегося сейчас направления городского развития.

Данный комплекс является «портом» для множества пространственных слоев с разнообразными функциями, что сделало его известным в народе как «город внутри города». Он может обеспечить функционирование всех видов деятельности для постоянного проживания 2500 человек: кроме семисот пятидесяти квартир, в комплексе расположены общественные, коммерческие и развлекательные заведения, а еще отель для гостей и общеобразовательные школы.

Рис. 3. Linked Hybrid

Пример № 4. Мост аспирации (Bridge of Aspirations), Великобритания.

Мост аспирации проходит над улицей Флорал Стрит (Floral Street) в Лондоне и связывает Королевскую Балетную Школу (Royal Ballet School) с Королевским театром в Ковент-Гардене (Royal Opera House). Своими образными характеристиками мост решил контекстуальные задачи этого места, оставшись при этом самостоятельным архитектурным элементом. Проект скрученного над улицей моста был премирован. Структура формы проста: в поперечном разрезе переход представляет собой квадрат, который поворачиваясь на один и тот же угол через равное расстояние, образует данную форму. Таким образом, крытый переход представляет собой элегантный архитектурный элемент, расположенный высоко над улицей, который создаёт ощущение плавности движения и изящества танца, отражая функциональное содержание зданий, которые он соединяет.

Рис. 4. Bridge of Aspirations

Пример № 5. Крытый переход Башен-близнецов Петронас (Petronas Twin Towers), Малайзия.

Высота башен-близнецов 451,9 метров, спроектировал их архитектор Сезар Пелли. Здания поражают своими захватывающими дух размерами и примечательной красотой. В плане это символ мусульманской культуры – пара восьмиконечных звезд с устремляющими вверх стальными шпилями высотой семьдесят пять метров.

Помимо внешнего вида, башни знамениты уникальной конструкцией, позволяющей уменьшать нагрузку от ветра. Между собой они связаны крытым переходом в виде моста, который признан самым высоким из двухэтажных мостов в мире: находится между 41 и 42 этажами. Его длина 58 м, а масса около семисот пятидесяти тонн. Этот трёхшарнирный арочный мост крепится на три стойки арок. Арки установлены на двадцать девятых этажах зданий. Строение перехода позволяет ему проскальзывать во внутреннее пространство небоскребов и выскальзывать обратно. Еще одной хитростью комплекса можно назвать необычный режим работы лифтов: в каждой шахте функционируют по две двухэтажные кабины, один лифт обслуживает только четные этажи, а другой – нечетные.

Рис. 5. Petronas Twin Towers

Пример № 6. Крытый переход небоскрёба Бурдж Аль-Мамляка (Kingdom Centre Skybridge), Саудовская Аравия.

Башня Бурдж Аль-Мамляка признана одной из самых великолепных небоскребов. Ее высота триста десять метров. Здание имеет проем в верхней части в виде параболической арки, сужающейся к низу. Башня известна не только своим завораживающим видом, но и многофункциональностью, удовлетворяющей потребности современного города. Здесь расположились разнообразные магазины, офисы, многочисленные общественные зоны, частные апартаменты, пятизвездочный отель и большая обсерватория, а также мусульманский храм. Кроме того на высоте триста метров, на уровне самого высокого этажа, обустроена смотровая площадка «SkyBridge», открывающая восхитительный вид на город Эр-Рияд. Длина сооружения из металла и стекла приблизительно 65 м.

Рис. 6. Kingdom Centre Skybridge

Пример № 7. Крытый переход Энрона (Enron), США.

В центральной части техасского города Хьюстон на улице Смит Стрит находится необычный крытый пешеходный переход, сообщающий между собой многоэтажную автомобильную парковку, вмещающую до одной тысячи трёхсот машин, и один из самых крупных деловых центров штата «Северный Центр Энрон». Также мост помогает горожанам попасть на улицу Луизина, минуя плотный поток транспорта.

Рис. 7. Enron

Пример № 8. Крытые переходы в районе Пичтри Центр (Peachtree Center Skybridges), США.

В самом центре штата Джорджия в городе Атланта находится уникальный по своему строению район «Пичтри Центр». Подавляющая часть зданий была спроектирована архитектором Джоном Портманом, который сам родом из этого же города. Уникальность этого жилого массива – это целая паутина крытых надземных переходов, соединяющих дома и общественные сооружения. Однако такие нововведения не были оценены по достоинству, так как мосты разгрузили тротуары, тем самым снизив пешеходный поток на улице, что мешало развитию мелкой уличной торговли.

Рис. 8. Peachtree Center Skybridges

Пример № 9. Мост Вздохов (Bridge of Sighs), Италия.

Через Дворцовый канал в Венеции возведен, пожалуй, самый романтичный мост, который получил название «Мост Вздохов». Такое прозвище мост получил благодаря своей истории. По нему можно попасть от дворца Дожей до бывшей главной тюрьмы Венеции. Именно отсюда осужденные отправлялись в место своего заключения, сопровождая свой путь вздохами сожаления. Несмотря на свою мрачную историю, переход пользуется большой популярностью среди приезжих. И это не удивительно, ведь благодаря искусно выполненной барочной резьбе и богатой отделке белым мрамором, этот мост выглядит невероятно легким и воздушным. Автором этого произведения 1602 года является архитектор Антонио Конти.

Рис. 9. Bridge of Sighs

Пример № 10. Современная штаб-квартира фирмы Tencent в Шэньджэне.

Город Шэньчжэнь готовится к появлению нового детища архитекторов строительной компании NBBJ. Будут возведены два одинаковых небоскреба, соединенные крытыми пешеходными переходами, являющимися символом связи, как в прямом, так и в переносном значении. Был придуман специальный термин «streetscraper», обозначающий такой вид конструкции. В высотных мостах планируется разместить не только офисные помещения, но и разнообразные кафе, рестораны, магазины, спортзалы и даже библиотеку.

Рис. 10. Штаб-квартира фирмы Tencent

Пример № 11. Комплекс зданий ИКТ-кластера Академпарка. Центр Информационных Технологий (ЦИТ) (I очередь) в новосибирском Академгородке.

Здание комплекса информационных технологий (архитекторы Серова В.Г., Лотарев А.А., Вилисов В.Ю.) в плане представляет собой три четырнадцатиэтажных сооружения, расположенных между собой на вершинах треугольника. 56-метровые здания возведены в виде башен, наклоненных друг другу, соединенных крытым пешеходным переходом, расположенном на уровне тринадцатого этажа. Было решено отделать фасад керамогранитом оранжевого оттенка и стеклом. Вдобавок в качестве декора использовали горизонтально-расположенные световые полосы по всему периметру здания.

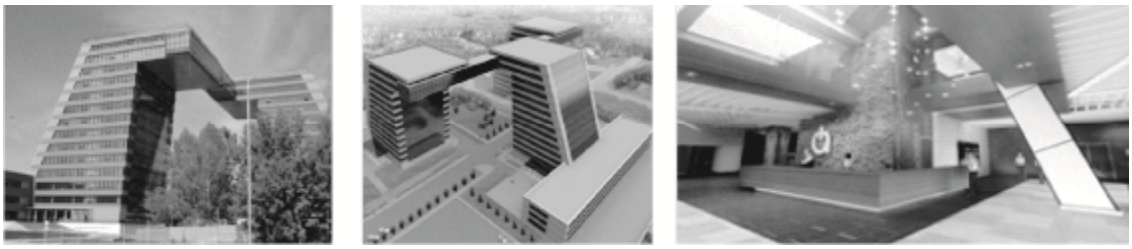


Рис. 11. Здание комплекса информационных технологий

Таким образом, мы видим, что мосты и крытые переходы в многофункциональных общественных комплексах решают следующие задачи: выполняют функции рекреации, включают в себя рестораны, бассейны (способные дарить его посетителям ощущения адреналина, как в примере Марина Бэй), смотровые площадки, кафе, клубы, выставочные галереи, магазины, спортзалы, библиотеки. Помимо всего прочего крытые переходы делают более органичным функционирование отдельно взятых зданий, как например связь Королевского театра и Королевской балетной школы, связь многоуровневой автостоянки и делового центра, и даже связь жилых и общественных зданий.

На мостах и крытых переходах устанавливают ветровые генераторы, а сами переходы выполняют конструктивные функции, придавая постройке дополнительную пространственную жесткость.

Получив зачатки в древности (как, например, мост Вздохов), в современной архитектуре использование мостов и крытых переходов становится все более востребованным приемом у знаменитых архитекторов, таких как Моше Сафди, Стивен Холл, Сезар Пелли, Джордж Портман.

В современной архитектуре применение такого приема, как использование мостов и крытых переходов в многофункциональных общественных зданиях становится все более удобным, эффективным. Это направление будет развиваться как средство уплотнения городской среды в условиях всевозрастающей урбанизации.

Список библиографических ссылок

1. Агишева И.Н., Покка Е.В., Архитектурно-пространственное формирование многофункциональных пешеходных мостов. – Казань: Изд-во КГАСУ, 2015. – 200 с.
2. Березин М.П., Пространственное восприятие – поведение. Вопросы архитектуры в работах зарубежных теоретиков // Строительство и архитектура Ленинграда, 1975, № 7. – С. 39-42.
3. Овчинников И.Г., Дядченко Г.С., Пешеходные мосты: конструкция, строительство, архитектура. – Саратов: СГТУ, 2005. – 227 с.
4. Пилипенко В. Р., Восприятие и формирование эстетических ценностей предметно-пространственной среды // Эстетические ценности предметно-пространственной среды / под ред. Иконникова А.В. – М., 1990.
5. Рунге В.Ф. Эргономика и оборудование интерьера. – М.: Архитектура-С, 2006. – 160 с.
6. Степанов А.В., Объемно-пространственная композиция. – М.: Гос. изд. лит. по стр-ву и арх-ре, 1939. – 360 с.

7. Страутманис И.А., Информативно-эмоциональный потенциал архитектуры. – М.: Стройиздат, 1978. – 119 с.
8. Шубенков М. В., Структура архитектурного пространства: автореф. дис. … д-ра архитектуры: 18.00.01. – М., 2006. – 57 с.

Pokka E.V. – candidate of architecture, senior lecturer
E-mail: ekaterina-p-83@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Bridges and covered transitions in architecture of multipurpose public complexes

Resume

The covered transition is one of the types of the pedestrian bridge which consists of flying parts between amounts two buildings, being under a canopy. With the development of architecture and construction for the last several decades figurative and functional characteristics of the covered transitions have undergone some changes. Bridges and the covered transitions in multipurpose public complexes carry out functions of a recreation, include restaurants, pools, observation decks, cafe, clubs, exhibition galleries, shops, gyms, libraries. In addition the covered transitions do more organic functioning of separately taken buildings, such as communication of Royal theater and Royal ballet school, communication of multi-level car park and the business center, and even the communication of residential and public buildings.

On bridges and the covered transitions establish wind generators, and transitions carry out constructive functions, giving to construction additional spatial rigidity.

Having received rudiments in the ancient time (as, for example, Vzdokhov Bridge), in the modern architecture use of bridges and the covered transitions becomes more and more demanded acceptance at the famous architects, such as Moshe Safdi, Stephen Hall, César Pelly, George Portman.

In modern architecture application of such acceptance as use of bridges and the covered transitions in multipurpose public buildings becomes more and more convenient, effective. This direction will develop as a means of consolidation in an urban environment in the conditions of an ever-increasing urbanization.

Keywords: multipurpose pedestrian bridges, the covered transitions, public complexes.

Reference list

1. Agisheva I.N., Pokka E.V. Architectural and spatial formation of the multi-functional footbridges – Kazan: Izd. KGASU, 2015. – 200 p.
2. Berezin M.P. Spatial perception – behavior. Questions of architecture in the works of foreign theorists // Construction and architecture of Leningrad, 1975, № 7. – P. 39-42.
3. Ovchinnikov I.G., Dyadchenko G.S. Pedestrian bridges: design, construction, architecture. – Saratov: SGTU, 2005. – 227 p.
4. Pilipenko V.R. Perception and formation of aesthetic values in detail-spatial environment // Aesthetic values in detail-spatial environment / Under edit. Ikonnikova A.V. – M., 1990.
5. Runge V.F. Ergonomics and interior equipment. – M.: Architecture-S, 2006. – 160 p.
6. Stepanov A.V. The volume-spatial composition. – M.: Gos. ed. liter. of construction and architecture, 1939. – 360 p.
7. Strautmanis I.A. Informative and emotional potential of architecture. – M.: Strojizdat, 1978. – 119 p.
8. Shubenkov M.V. The structure of architectural space: abstract. dis. ... dr. architecture: 18.00.01. – M., 2006. – 57 p.

УДК 711.4, 339.138
Рябов О.Р. – кандидат психологических наук, доцент
E-mail: oscar-ryabov@yandex.ru
Ахмадиева Л.А. – студент
E-mail: lahmadieva@gmail.com
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Образовательные пространства города, как элемент брендинга территории

Аннотация
Работа посвящена исследованию специальных образовательных пространств города, как элемента брендинга территорий. Обосновывается важность создания таких пространств для развития интеллектуальных, социально-нравственных и поведенческих навыков разных групп населения. Показывается возможность их участия в формировании бренда территории.
Ключевые слова: образовательное пространство, городское пространство, бренд территории, социокультурная среда.

Работа посвящена особенностям и сложностям реализации специальных образовательных пространств, которые помогали бы людям приобретать новые знания и умения, а так же формировать навыки социального поведения, воздействовать на поведение человека в обществе. Такие пространства имеют огромную классификацию – от студенческих городков до пешеходных переходов, то есть люди в таких местах могут приобретать как, например, знания по истории, так и знания о безопасном перемещении по городу.

Образовательные пространства – пространства, предназначенные для развития интеллектуальных, социально-нравственных и поведенческих навыков разных групп населения.

Такие территории оказывают определенное психологическое воздействие на людей, при этом сама суть этих пространств не обязательно должна быть очевидной, она может быть завуалированной и воздействовать на человека через бессознательное. В частности, насыщенность зрительными элементами отдельных городских пространств оказывает сильное воздействие на состояние психического, психосоматического здоровья и поведение человека [1]. Городские пространства имеют большое влияние на то, как люди чувствуют и как ведут себя. И есть параметры, которые влияют на эмоциональную реакцию на пространство. Одни провоцируют стресс и агрессию, а другие заряжают творчеством. Неблагоприятные параметры городских пространств приводят к росту числа поведенческих отклонений, к увеличению количества горожан, страдающих общим повседневным ухудшением настроения, деформации межличностных коммуникаций, постоянного чувства тревоги, субъективной опасности, синдрома диссинхронии психического развития [2]. Если окружающие человека формы, линии, плоскости, цвета вызывают эмоциональную ответную реакцию, значит, можно использовать архитектурно-художественные качества форм и дизайн специально организованных пространств сознательно, прогнозируя вполне определенную ответную эмоционально реакцию и соответствующее поведение людей [3].

Интерес к образовательной среде в городском пространстве должен соответствовать современным наравлениям развития «образовательного общества». Л.Л. Литвиненко отмечает, что на сегодняшний день образование постепенно отделяется от понятия формальных институтов, оно переходит из них в социокультурную среду.

Город – емкая форма территориальной организации жизнедеятельности, которая вбирает все черты, свойственные обществу. И закономерно город определяют как модель, создавшего его общества. Городская среда всегда оказывала большое влияние на жизнь человека в психологическом, культурном и социальном смысле, а так же всегда подвергалась активному вниманию специалистов различных научных областей.

С помощью обучающих территорий можно оказать влияние на формирование и поддержание определенного интеллектуального потенциала, приобщить население к искусству, ознакомить с культурой, воспитать толерантность и обучить нормам и правилам поведения.

Рассмотрим каким образом образовательное пространство влияет на население:

1. Формирование интеллектуального потенциала.

Городская среда является основным носителем знаний и информации как важнейшего ресурса развития постиндустриального общества. Наиболее ценными качествами человека такого общества становятся уровень образования, профессионализм, обучаемость и креативность. Интеллектуальное развитие горожан находится в зависимости от того, как организовано пространство, из каких элементов оно состоит, каков развивающий потенциал отдельных объектов и, в том числе, от того, как они размещены [1].

2. Ознакомление населения с культурой.

Благодаря городской культуре жизненный мир горожан наполнен особым смыслом и ценностными ориентациями. Культура представляет собой совокупность традиций, норм, идей и ценностей. Очень важно, чтобы горожане знали о своей культуре и традициях, о значимых событиях в жизни города, так как это сплачивает население. Культурная среда города включает в себя музеи, исторические здания и постройки, памятники, муниципальные и религиозные учреждения. Своеобразие культурной среды определяет формирование признаков личности человека и помогает определить нормы и правила поведения в обществе.

3. Приобщение населения к искусству.

Как оказалось, создать идеальную городскую среду для человека возможно при помощи искусства. Творческая среда позволяет улучшить психологическое и эмоциональное состояние человека, а в каких-то случаях и повысить его творческие навыки. В настоящее время стало популярным современное искусство под названием «public art». Этот вид искусства включает в себя не только скульптуру и рисунок, но и всевозможные перформансы: чтение стихов, танцы, выступления перед публикой.

4. Воспитание толерантности.

Распространенная проблема многонациональных городов – отсутствие толерантности. В некоторых странах, например таких как США, часто встречаются специальные отдельные районы или кварталы для определенных групп населения. Часто мы сталкиваемся с непониманием к каким-либо расам или культурам. Поэтому города нуждаются в особых пространствах, где люди могли бы чувствовать себя комфортно даже в присутствии представителей других этнических групп. Для осуществления этой цели необходимо создание такого пространства, чтобы люди могли почувствовать себя частью большого сплоченного сообщества и могли познакомиться с традициями и обычаями других наций и социальных групп. Горожане не должны ощущать страха и стеснения в таких местах.

Рассмотрим, на какие группы могут подразделяться обучающие пространства города: спортивные, музейно-выставочные, игровые, развивающие, университетские городки, архитектурные комплексы, мемориально-культовые, творческие, библиотеки, пешеходные переходы.

Как и любые другие пространства, обучающие, могут быть ориентированы на различные группы населения (дети, взрослые, пожилые, мужчины, женщины и т.д.), на социальные или этнические группы, могут различаться в зависимости от климата, социальных, религиозных норм, культурных традиций.

Такие пространства должны обладать определенными качествами, такими как:

Доступность

Пространство должно пересекаться с основными маршрутами горожан или должно иметь уникальное расположение. Если пространство имеет недоступное или незаметное для человека расположение, оно может быть либо изолировано от городской жизни, либо притягивать к себе асоциальные группы населения, вследствие чего может стать небезопасным для обычных горожан.

Безопасность

Физическая характеристика данного аспекта в этой ситуации так же важна, как и психологическая. Очень важно, чтобы человек мог почувствовать себя защищенным, иначе пространство может стать «необживаемым». Для того, чтобы пространство стало безопасным необходимо выполнение ряда условий для общения и социального взаимодействия, а также выполнение эксплуатационных характеристик, в зависимости от климатических поясов. Специально организованное предметное наполнение городских пространств способно повлиять на социальный порядок, в том числе и на криминальную ситуацию [1].

«Оборудованность»

На сегодняшний день, для повышения привлекательности образовательных пространств необходимо, чтобы оно было оснащено специальным оборудованием (пусть даже минимальной комплектации). Например, если такое пространство расположено на улице, не будет лишним присутствие ухоженного травяного покрытия, мощения и городской мебели, но также нельзя забывать о специализированном оборудовании для маломобильных групп населения. Такое пространство должно обладать как физическим комфортом так и эстетическими качествами.

Возможность саморепрезентации (участие в жизни городского сообщества)

Чтобы человеку было интересно находиться в данном пространстве, нужно создать такую атмосферу, в которой он мог бы свободно заниматься различными практиками, общаться, возможно узнавать что-то новое – одним словом, он должен находиться в максимально широкой и насыщенной социальной среде. Такие пространства обычно являются самыми востребованными (рис. 1).

Рис. 1. Уличная площадка для «игры в слова»
(Источник: https://ru.pinterest.com/pin/26951297747473115/)

Возможность наблюдения действия

Возможно одно из главных качеств, которым должно обладать пространство. Эта функция позволяет человеку «находиться в центре событий». Здесь человек играет роль зрителя. Находясь в пространстве, он может наблюдать движение машин, воды, природные явления и т.д.

Мультифункциональность

В данном случае «чем больше – тем лучше». Это свойство позволяет пространству быть максимально востребованным как различными социальными группами, так и отдельными людьми. Потенциал развития данного пространства напрямую зависит от количества возможностей реализации различных стратегий поведения (рис. 2) [4].

Рис. 2. Стамбул. Небольшой уголок для отдыха, оснащенный различными функциями.
(Источник: https://www.ruebarue.com/istanbul/attraction/istanbul-modern-museum/4779716363943936)

В настоящее время все больше совершенствуются новые технологии, и увеличивается количество пользователей интернета, поэтому можно сказать, что образовательная среда плотно связана с маркетингом. Брендинг в области образования основывается на опыте, сообществе и будущем трудоустройстве. Налаживание связи между учеником и образованием всегда представляло собой проблему. В течение многих десятилетий одним из устаревших способов обращения университетов к студентам было распространение брошюр, но технический прорыв в сторону SEO и SEM в начале 2000-х годов сподвиг университеты привлекать целевую аудиторию посредством интернета.

Брендинг в образовательной среде все еще находится на начальной ступени в сфере использования цифровых возможностей, несмотря на то, что потребители данного ресурса пользуются средствами массовой информации в Интернете и мобильных приложениях.

Социальные медиа, например, является одной из областей, которой образовательные учреждения могут воспользоваться, чтобы создать сильный бренд и связь со студентами. В 2015 году, более 68 % студентов сообщили, что интернет сообщения повлияли на их решение при поступлении. Пользователи интернета уже привыкли обращаться к социальным сетям и СМИ для обзоров товаров, услуг и рекомендаций – естественно, потенциальные студенты также обращаются к социальным медиа, чтобы узнать больше подробностей о колледжах и университетах, в которые они думают поступить.

Маркетологи могут помочь облегчить процесс обнаружения и взаимодействия с потенциальными студентами с помощью создания бренда в сфере образования. Например, вы можете показать пользователям, которые уже посещали ваш сайт, персональные объявления, связанные с услугами, в которых они заинтересованы, перенаправляя их на страницы с еще более подробным описанием интересующей их информации. Если пользователь зашел на страницу вашего образовательного учреждения, вы можете перенаправить его на Facebook с приглашением подписаться на персональную страничку университета или связаться с представителем студенческого совета.

Если основываться на том, что образовательные учреждения, локальные образовательные пространства, могут позиционировать себя как бренд, продвигать свои услуги через интернет и СМИ, а так же привлекать студентов, то можно полагать, что в целом образовательное пространство территории (места, города) тоже может стать полноценным брендом, который поможет просветить и обучить население. Чтобы убедиться в этом, рассмотрим, что же такое бренд и как можно его внедрить в образовательную среду и как при этом он влияет на людей.

Бренд территории (места) – это идея, объединяющая жителей и служащая основой для общения города с внешним миром. Составляющими бренда являются такие сферы, как спорт, экология, качество городского управления, проектная культура, архитектура, мифология (история города), мероприятия – символы, наука, ландшафт, комфортность среды.

Так же как и обучающие пространства, бренд оказывает определенное воздействие на людей [5, 6]. Существует 4 вида восприятия бренда:

1. Функциональное восприятие. Это неповторимые характеристики территории, а так же восприятие их полезности, и их ассоциация с брендом.

2. Ментальное восприятие. Это самовосприятие и самоидентичность жителей, а также готовность к преобразованиям и созданию новых представлений о самих себе.

3. Духовное восприятие. Имеет отношение к более общей системе, частью которой является бренд, человек и его социальное окружение.

4. Социальное восприятие. Это способность отождествлять себя с конкретной общественной группой. Оно отражает отношения между жителями и той общественной группой, принадлежать к которой они хотят [7].

Сегодня перемены в городе происходят очень быстро. Город – это большая система, совмещающая в себе разностороннюю деятельность горожан, генерирующее большое количество субкультур, систем поведения, а городские пространства являются центром объединяющем все эти аспекты. Они формируют распределение социальных функций и населения в городе [4]. Городская образовательная среда и ее отдельные элементы определяют факторы когнитивного развития, воспитания, выбора предпочтений и формирование познавательного и социального интересов и в силу этого могут являться важным элементом бренда [8].

Различные специально организованные городские пространства – основа развития современных городов. Они не только участвуют в формировании бренда города, но и помогают развить некогда депрессивные районы, повысить качество жизни и инвестиционную привлекательность территории.

Список библиографических ссылок

1. Рябов О.Р. Антикриминальный дизайн предметно-пространственной среды // Вестник ВэгУ. – Уфа, 2014, № 1 (69). – С. 97-101.
2. Сибгатуллина И.Ф. Психологическая безопасность, культура и качество жизни в мегаполисе. 2-е изд. – Казань: Новая школа, 2011. – 160 с.
3. Рябов О.Р. Влияние городского пространства на поведение человека // VIII научно-практическая конференция «Архитектура и инженерные системы в общественных зданиях» (ModernEngineeringSystems – MES). – Казань, 2014. URL: http://www.meskazan.ru/files/_2014.pdf (дата обращения: 28.04.2016).
4. Пучков М.В. Город и горожане: общественные пространства как модератор поведения людей // Архитектон: известия вузов, № 45, 2014. URL://archvuz.ru/2014_1/4 (дата обращения: 25.04.2016).
5. Vienna. Brand manual. URL: http://b2b.wien.info/media/files-b2b/brand-manual.pdf (дата обращения: 26.04.2016).
6. The Brand of Territory: Theoretical Approaches to Creation and Promotion // World Applied Sciences Journal, 2013, № 26 (4). – P. 529-532.
7. Гэд Т. 4D-брендинг: взламывая корпоративный код сетевой экономики. – СПб.: Стокгольмская школа экономики в Спб., 2001. – С. 228-135.

8. Riabov O.R. Educational urban environment // MULTIDIMENZIONALITA východisko rozvoja súčasnej špeciálnej pedagogiky, zborník vedeckých príspevkov. – Bratislava, 2015. – P. 367-373.

Riabov O.R. – candidate of psychological sciences, associate professor
E-mail: oscar-ryabov@yandex.ru
Ahmadieva L.A. – student
E-mail: lahmadieva@gmail.com
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Urban educational environment as an element of territorial branding

Resume

This work focuses on research of special educational environment as part of the branding territories. Special educational environment can help people gain new knowledge and skills, to form skills of social behaviour, affect human behaviour in society. Such spaces can impact on human through the unconscious. There are parameters which affect the emotional reaction to the environment. Some provoke stress and aggression, while others charge creativity. Adverse parameters of urban environment leads to an increase in behavioural problems, an increase in the number of citizens affected by the general deterioration of the daily mood, intense interpersonal relationships, constant anxiety, subjective risk syndrome dyssynchrony mental development. If the surrounding human shapes, lines, surfaces, colours evoke an emotional response, then you can use the architectural and artistic qualities of form and design of specially organized spaces deliberately, predicting a definite response of emotional reactions and behaviours of people Also, the work deals with special educational urban environment as part of the branding territories. Substantiates the importance of the creation of such spaces for the development of intellectual, social, moral and behavioural skills of different groups of the population. It has shown the possibility of their participation in the formation of territory brand.

Keywords: educational environment, urban environment, brand territory, socio-cultural environment.

Reference list

1. Ryabov O.R. Anticrime design detail-spatial environment. // Vestnik VEGU. – Ufa, 2014, № 1 (69). – P. 97-1012.
2. Sibgatullina I.F. Psychological security, culture and quality of life in the metropolis. – 2nd ed. – Kazan: The new school, 2011. – 160 p.
3. Ryabov O.R. Influence of urban space on human behavior // VIII scientific-practical conference «Architecture and engineering systems in public buildings» (Modern Engineering Systems – MES). – Kazan, 2014. URL: http://www.meskazan.ru/files_2014.pdf (reference date: 28.04.2016).
4. Puchkov M.V. City and citizens: public space as a moderator of human behavior. // Arhitecton: Izvestiya vuzov, № 45, 2014. URL://archvuz.ru/2014_1/4 (reference date: 25.04.2016).
5. Vienna. Brand manual. URL: http://b2b.wien.info/media/files-b2b/brand-manual.pdf (reference date: 26.04.2016).
6. The Brand of Territory: Theoretical Approaches to Creation and Promotion // World Applied Sciences Journal, 2013, № 26 (4). – P. 529-532.
7. Thomas Gad, 4D-Branding: Cracking the Corporate Code of the Network Economy. – SPb.: The Stockholm School of Economics in St.-Petersburg, 2001. – P. 228-135.
8. Riabov O.R. Educational urban environment // MULTIDIMENZIONALITA východisko rozvoja súčasnej špeciálnej pedagogiky, zborník vedeckých príspevkov. – Bratislava, 2015. – P. 367-373.

УДК 711.4, 159.937
Рябов О.Р. – кандидат психологических наук, доцент
E-mail: oscar-ryabov@yandex.ru
Николаева И.В. – студент
E-mail: irina_etk@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Эмоциональное восприятие архитектурной среды

Аннотация
Архитектурная среда, ее насыщенными зрительными элементами оказывает огромное воздействие на психическое состояние человека, что непосредственно влияет на его психосоматическое здоровье, поведение, интеллектуальное и социальное развитие. При правильно спроектированном наполнение архитектурной среды, мы можем преднамеренно влиять на эмоциональное восприятие человека и тем самым на его поведение и психологическое самочувствие. Архитектурная среда должна не подавить или поразить человека, а вступить с ним в диалог, побуждая его к сотворчеству.
Ключевые слова: эмоции, восприятие, резонансное восприятие, эстетика, архитектурная среда.

Никаких сомнений нет в том, что архитектурная участвует в создании условий труда человека, отдыха и быта, формирует эмоции. Среда оказывает всестороннее влияние на деятельность людей. Архитектурная среда в различных теориях имеет два основных смысла:

- совокупность облика зданий и сооружений и пространств, ими образуемых, а также благоустройством и системами оборудования;
- взаимосвязь предметно-пространственного окружения с человеком.

В нашей статье мы хотим рассмотреть понятие «архитектурная среда» не просто во взаимосвязи с человеком, а в процессе формирования эмоционального отклика на воздействие этой среды. То есть мы считаем архитектурную среду не только предметным окружением человека, имеющим определенные свойства, но и как взаимосвязь архитектурных объектов с человеком в процессе жизнедеятельности [1].

Архитектурная среда может быть спроектирована по всем новейшим тенденциям, веяниям и эргономическим параметрам, но в конечном итоге быть отвергнутой обществом или отдельным человеком. Т.е. архитектурная среда может либо вызывать положительные эмоции, либо доставлять психологический эмоциональный дискомфорт. Разберемся, почему так часто в российских городах происходит такое непонимание и отвержение человеком окружающей его архитектурной среды. Это выражается в резкой критике архитектурной среды, с точки зрения ее эстетичности. Горожане заявляют о том, что окружающая среда их «напрягает», вызывает астенические (нерадостные) эмоции.

Порой кажется, что архитекторы создают свои объекты без учета элементарных психологических принципов восприятия человеком пространства. А между тем архитектурная среда, ее насыщенными зрительными элементами оказывает огромное воздействие на психическое состояние человека, что непосредственно влияет на его психосоматическое здоровье, поведение, интеллектуальное и социальное развитие [2].

Так, многие исторические населенные пункты вызваны к жизни практическими и, порой, случайными причинами. И вместе с тем, они эмоционально наполнены. Чего не скажешь о многих современных урбанизированных территориях.

Р. Баркер [3] высказал интересную идею о «месте поведения». Он объединил свойства определенных поведенческих паттернов, происходящих в конкретное время и в конкретном пространстве. В качестве основного метода исследования выступило наблюдение, сопровождающееся объективным описанием событий. При помощи метода поведенческих карт формировался список всех видов деятельности данного места. Перед этим выбирались типы описания, потом фиксировались все поведенческие типы, характерные для данной территории. В результате получалась сводная таблица,

позволяющая сопоставлять места поведения между собой. Так, например, в 40-е гг. Р. Баркер изучал и сопоставлял поведение детей в естественном для них пространстве, и в новой для них обстановке. Данные исследования установили, что различные дети ведут себя практически одинаково в одной и той же обстановке, в то время как поведение одного и того же ребенка может проявляться по-разному, когда он оказывается в новых для него условиях [4]. Аналогичные факты легли в основание вывода о осуществимости моделирования поведения ребенка при помощи организации конкретного типа пространства. По заключению Р. Баркера, можно создавать новые типы пространств для конкретной деятельности и задавать им желаемые свойства. Для этого необходимо иметь полное описание уже имеющихся поведенческих пространств.

Можно также упомянуть исследования С. Троубриджа [5]. В его работе были проанализированы причины плохой ориентации некоторых людей в пространстве города. При помощи метода оценок направлений было установлено, что причиной такого поведения являются ошибки в локализации объектов в «умственных образных картах». Эти результаты показали что повседневное поведение человека несомненно находится под влиянием его пространственных представлений.

Кроме того, важное значение имеют исследования, посвященные воздействию эстетических показателей архитектурной среды на эмоции, и как следствие, на поведение. Так, в ряде исследований испытуемым предлагалось представить возможные настроения или эмоциональные состояния, при нахождении ими длительное время в различных, отличающихся по эстетическим качествам пространствах, которые показывались на слайдах. Было предположено, что основным фактором связывающим между собой поведение и среду выступает эмоциональная реакция.

Рассмотрим теперь понятия эмоция и восприятие. Эмоции – это субъективные реакции человека на действия внешних и внутренних раздражителей, показывающие оценку значимости, и выражающиеся в форме переживаний. Эмоции имеют отличия от других видов эмоциональных процессов: аффектов, чувств, настроений и стрессов. Эмоции вызывают и стимулируют действия человека. Эмоции – результат эволюционного процесса. С их помощью животные оценивали предпочтительность явлений окружающего мира и своих внутренних состояний.

Эмоции человека плохо изучены, многие из них носят индивидуальный характер. Некоторые области мозга проявляют более сильную активность, если человек стимулируется эмоционально. При этом вырабатываются определенные химические вещества, которые и являются причиной возникновения эмоциональных состояний.

С каждым шагом мы все более убеждаемся, что роль эмоций в жизни человека и определении его поведения исключительно важна. В данный момент считается, что огромное значение в жизни человека имеет позитивное мышление. Оно помогает в достижении цели, и в обретении счастливой жизни. Негативное же мышление, наоборот, губительно. Но это слишком упрощенное объяснение.

Дело в том, что негативные эмоции помогают постигать и оценивать предшествующий опыт, и устранение их может привести к неожиданным и нежелательным результатам.

Восприятие – это процесс приема и преобразования информации, обеспечивающий отражение предметов и явлений окружающего мира и ориентацию в этом мире. Восприятие – это не просто суммирование частей ощущений, а особенный целостный чувственный образ.

Существует восприятие преднамеренное и непреднамеренное. Преднамеренное восприятие регулируется сознательно поставленной задачей – воспринять тот или иной предмет. При непреднамеренном восприятии человек не имеет заранее поставленной цели, восприятие регулируется внешними обстоятельствами.

Субъект и объект взаимодействуют в процессе восприятия. Согласно теории деятельности соотношение внутренних и внешних параметров в процессе перцепции (восприятия) определяются через перцептивную деятельность. С одной стороны, это действие внутренних факторов (перцептивные ожидания, личностные особенности и т.д.), с другой, подчинение перцептивных действий характеристикам стимулов внешней среды.

Работы Д. Брунера и Л. Постмена [6] показали, что восприятие зависит, в том числе от мотивов, намерений и целей субъекта, то есть от внутренних факторов. Сформулированы три механизма избирательности восприятия.

1. Принцип резонанса. Восприятие работает быстрее и корректнее, если стимулы соответствуют требованиям и ценностям личности.

2. Принцип защиты. Если стимулы противоречат ожиданиям или имеют негативное содержание, они распознаются хуже и сильнее искажаются.

3. Принцип настороженности. Раздражители, могущие привести к дисфункции психики, распознаются быстрее.

Кроме того, существует перцептивная защита. Это деформация восприятия под действием эмоций. Задача перцептивной защиты ограждать личность от повреждающих эмоций.

Принцип резонанса описывался в научных работах австрийских и российских авторов, в частности, в описании метода резонансного сотворчества (Грюссль, Сибгатуллина) и его применении в восстановительной медицине, прикладной психологии, архитектуре.

С точки зрения метода резонансного сотворчества, восприятию свойственно так называемое «действие после», «осадок или послевкусие» от пережитого эмоционального ощущения, субъективно-чувственной стороны восприятия, не всегда осознанной субъектом в конкретный момент времени. Но способное повлиять на выборы объектов восприятия (например, элементов эстетической среды) в будущем. Более того, резонансный принцип Д. Брунера и Л. Постмена был заложен современными учеными в основы резонансного подхода к изучению восприятия архитектурной среды и элементов дизайна (Грюссль) [7-8].

Безопасность взаимодействия человека с окружающей средой можно установить по сознательному или бессознательному стремлению человека к красивому. Искусство как эстетический фактор определяет постижение окружающей среды, в которой проявляется личностная идентичность. Внешняя эстетичность может осуществлять миссию влияния на формирование внутренней эстетичности мира человека и наоборот [2].

Также в ряде работ рассматривалась эмоциональность архитектурно-эстетических элементов городской среды в рамках организации превентивной безопасности предметно-пространственной среды городов. Особенно важным являлось применение резонансного подхода к задаче исследования конкретных резонаторов взаимовлияния показателей эстетического восприятия архитектурной среды [9-11].

Исходя из вышеописанных понятий мы делаем вывод, что эмоциональное восприятие – это целостное психическое отражение различных объектов, событий и ситуаций, представляющих для человека определенную значимость, связанное с формированием эмоциональных образов этих ситуаций, которые провоцируют у него появление конкретного актуального эмоционального состояния.

С одной стороны эмоциональное восприятие – сиюминутное явление, а с другой – оно обусловлено личностными особенностями, опытом и интеллектом конкретного человека.

Если правильно спроектировать наполнение архитектурной среды, то мы можем преднамеренно влиять на эмоциональное восприятие человека и тем самым влиять на его поведение и психологическое самочувствие.

Эмоциональное восприятие во много определяется и характером организации конкретных процессов деятельности. Эмоциональные свойства архитектурной среды связаны со специфической деятельностью конкретной личности.

Зарубежный опыт показывает, что любой градостроительный проект города или района должен начинаться с диалога архитектора проекта, строителя, дизайнера и экопсихолога. С поиска специалистами таких предметно-пространственных решений, которые будут способствовать позитивной регуляции поведения людей через эмоции [11].

Например, в Германии архитекторы в своей предпроектной работе используют эмпирический метод в выявлении специфики и предпочтений людей, которые будут непосредственно соприкасаться ежедневно с этой средой. Допустим во дворе дома благоустроили зеленую зону и учли все эргономические параметры и безопасное

покрытие дорожек и эстетически привлекательное наполнение, но люди, живущие в этом доме, стараются реже находиться в этой зоне и по возможности обойти ее. Так почему же произошло отвержение человеком этой дворовой зоны? Причина очень проста, большинство людей живущих в данном доме не комфортно себя чувствуют в зоне, где деревья выше 2 метров, им было бы комфортнее, если бы были высажены кустарники и деревья кустарного типа. При проектировании данной зоны, архитектор мог бы пройтись по квартирам и опросить жильцов о их предпочтениях и тогда бы архитектор спроектировал дворовую зону, которую восприняли бы жители и получали от этого психологический комфорт. Как бы удивительно это не звучало, но в российских городах данное непонимание частое явление. Конечно же это занимает не мало времени, чтобы обойти и опросить всех жителей, но мы же хотим спроектировать среду для людей, для того чтобы им было там комфортно и хотелось туда возвращаться.

То есть архитектурная среда должна не подавить или поразить человек, а вступить с ним в диалог, побуждая его к сотворчеству.

Восприятие архитектурной среды всегда сопровождается опосредованной оценкой отношений с другими людьми проявляющимися в архитектуре. Привлекательное в конкретном архитектурном объекте, обращено к человеку лично, а если среда безлика, то человек воспринимает это как безразличие к нему, что и вызывает подавляющее эмоциональное воздействие [12].

Экопсихологи считают актуальными проблемы психологии как восприятия той самой окружающей городской среды, так и психологии поведенческих реакций горожанина. Архитектурная среда имеют большое влияние на то, как люди чувствуют и как ведут себя. И есть параметры, которые влияют на эмоциональную реакцию в восприятии этой среды. Одни объекты провоцируют стресс и агрессию, а другие могут заряжать творчеством, позитивной активностью, желанию сохранить эстетику этого объекта. Эмоциональные деформаторы визуальной составляющей архитектурной среды – это гомогенные и агрессивные визуальные объекты, большое количество прямых линий, прямых углов и больших плоскостей, отсутствие или минимизация элементов естественной природы, скудное цветовое решение, разрушенное и неухоженное пространство. Подобные элементы формируют крайне неблагоприятную среду и вызывают количественный рост поведенческих отклонений, рост общего повседневного ухудшения настроения, деформации межличностных коммуникаций, постоянного чувства тревоги, субъективной опасности, синдрома диссинхронии психического развития [6].

Основными параметрами оказывающими влияние на эмоциональное восприятия архитектурной среды являются:

1. Насыщенность стрессообразующими факторами (экологические факторы, антропогенные факторы, перенасыщенность раздражителями т.п.);
2. Социальная направленность среды (участие в развитии или сдерживании социального взаимодействий);
3. Ориентационный фактор (использование города жителями в соответствии со своими представлениями и ценностями);
4. Наполненность эмоциями (эстетика предметно-пространственной среды);
5. Культурно-образовательный фактор (город как интеллектуальная, культурная и образовательная среда);
6. Возможность участия в принятии решений (как жители воспринимают конкретные решения по развитию их среды обитания, и насколько полно они участвуют в принятии таких решений.

В процессе взаимодействия с архитектурной средой эти факторы формируют у людей всевозможные чувства. Учет этих факторов в процессе проектирования, в различных типологических разработках и рекомендациях необходим для создания целостной, психологически комфортной, эстетически ценной архитектурной среды.

Эмоциональное воздействие архитектурной среды основывается на предметно-пространственной организации жизнедеятельности. Программирование восприятия формирует особый слой эмоциональности среды.

Эмоциональное состояние людей весьма индивидуально при восприятии архитектурной среды, но задача архитекторов ориентироваться на механизмы избирательности восприятия, и использовать возможность программирования выбора объектов восприятия в архитектурной среде. Города нацелены на эмоционально наполненные отношения с их жителями. И города могут и должны использовать потенциал дизайна для стимулирования чувств. Город как живое пространство состоит не только из архитектурной среды, но и из эмоций, наполняющих это пространство.

Список библиографических ссылок

1. Забельшанский Г.Б., Минервин Г.Б., Раппапорт А.Г., Сомов Г.Ю. Архитектура и эмоциональный мир человека. – М.: ЦНИИТИА, 1985. – С. 82-150.
2. Сибгатуллина И.Ф. Психологическая безопасность, культура и качество жизни в мегаполисе. 2-е изд. – Казань: Новая школа, 2011. – 160 с.
3. Barker R. Ecologycal psychology: Concepts and methods for studying the environment of human behavior. – Stanford, 1968. – 242 p.
4. Шилин В.В. Архитектура и психология. Краткий конспект лекций. – Н. Новгород: НГАСУ, 2011. – 66 с.
5. Trowbridge C.C. On fundamental methods of orientation and imaginary maps. Science, 1913, 38. – P. 888-897.
6. Bruner J., Postman L. Emotional selectivity in perception and reaction // Journal of Personality, 1947, 16. – P. 69-77.
7. Sibgatullina I., Schottenloer G., Grüssl S. Resonante cokreation // Ästhetische Methoden in der Sozialen Arbeit. – Kazan, Lüdwigshafen, 2011. – P. 268-273.
8. Sibgatullina I. Resonante Cokreation – Einsatz des Bildes als Therapiemittel // Ein künstlerischer Werdegang Stefanie Grüssl «Zauberformel» – Österreich, 2010. – P. 129-132.
9. Рябов О.Р. Эмоциональное восприятие городского пространства // Всероссийская научная конференция по проблемам архитектуры и строительства: тезисы докладов. – Казань: КГАСУ, 2013. – С. 121-122.
10. Рябов О.Р. Эмоциональное восприятие городского пространства и его влияние на криминальную безопасность // Вестник ВЭГУ, 2015, № 3 (77). – С. 43-49.
11. Рябов О.Р., Николаева И.В. Резонансное восприятие архитектурной среды // Всероссийская научная конференция по проблемам архитектуры и строительства: тезисы докладов. – Казань: КГАСУ, 2016. – 103 с.
12. Андреева Г.М. Психология социального познания. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Аспект Пресс, 2009. – 303 с.

Riabov O.R. – candidate of psychological sciences, associate professor
E-mail: oscar-ryabov@yandex.ru
Nikolaeva I.V. – student
E-mail: irina_etk@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Emotional perception of the architectural environment

Resume

In this article, architectural environment is seen not only as a substantive human environment, which has certain properties. Also, as the emotional interrelation of architectural objects with a human in process of vital activity. Architectural environment, its visual content elements has a great impact on a person's mental state, which directly affects its psychosomatic health, behavior, intellectual and social development. Reference is made to the work of foreign researchers confirm the possibility of modeling human behavior through the organization of a specific type of space. It also shows the importance of the impact of the aesthetic parameters of

the architectural environment on emotions and as a result, on the behavior. When the content of architectural environment designed properly, we can deliberately influence the emotional perception of the person and thus his behavior and psychological well-being. Architectural environment has a great impact on people's behavior and feelings. And there are options that affect the emotional reaction to the perception. For example, visual deformers of architectural environment creates an unfavorable environment and cause the quantitative growth of behavioral abnormalities. Architectural environment should not crush or hit man, and start a dialogue with it, prompting him to co-creation.

Keywords: emotions, perception, resonant perception, aesthetics, architectural environment.

Reference list

1. Zabelshansky G.B., Minervin G.B., Rappaport A.G., Somov G.Y. Architecture and emotional human world. – M.: CNIITIA, 1985. – P. 82-150.
2. Sibgatullina I.F. Psychological security, culture and quality of life in the metropolis. 2nd ed. – Kazan: The new school, 2011. – 160 p.
3. Barker R. Ecologycal psychology: Concepts and methods for studying the environment of human behavior. – Stanford, 1968. – 242 p.
4. Shilin V.V. Architecture and psychology. A brief abstract of lectures. – Nizhny Novgorod: NGASU, 2011. – 66 p.
5. Trowbridge C.C. On fundamental methods of orientation and imaginary maps. Science, 1913, 38. – P. 888-897.
6. Bruner J., Postman L. Emotional selectivity in perception and reaction // Journal of Personality, 1947, 16. – P. 69-77.
7. Sibgatullina I., Schottenloer G., Grüssl S. Resonante cokreation // Ästhetische Methoden in der Sozialen Arbeit. – Kazan, Lüdwigshafen, 2011. – P. 268-273.
8. Sibgatullina I. Resonante Cokreation – Einsatz des Bildes als Therapiemittel // Ein künstlerischer Werdegang Stefanie Grüssl «Zauberformel» – Österreich, 2010. – P. 129-132.
9. Riabov O.R. Emotional perception of urban environment // Russia Scientific Conference on Architecture and Construction: abstracts. – Kazan: KGASU, 2013. – P. 121-122.
10. Riabov O.R. Emotional perception of urban environment and its impact on crime safety // Vestnik VEGU, 2015, № 3 (77). – P. 43-49.
11. Riabov O.R., Nikolaeva I.V. Resonant perception of architectural environment // Russia Scientific Conference on Architecture and Construction: abstracts. – Kazan: KGASU, 2016. – 103 p.
12. Andreeva G.M. Psychology of social cognition. 3rd ed. – M.: Aspekt Press, 2009. – 303 p.

УДК 72
Смолова М.В. – доцент
E-mail: smolova5@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, Казань, ул. Зеленая, д. 1

Архитектурно-художественные концепции архитектуры метрополитена

Аннотация

Архитектурно-пространственное решение узлов метрополитена подчинено одной из двух противоположный архитектурно-художественных (и связанных с ними функциональных) концепций – концепции «репрезентативности» и концепции «утилитарности». Первая является ключевой в строительстве линий Московского метрополитена (1935-1950 гг.). Отразила пафос времени, утвердившегося тогда представления об архитектуре и архитектурном ансамбле. Концепция «утилитарности» отразила основную тенденцию зарубежной практики строительства метрополитена. Для нее характерно стирание функциональной замкнутости метрополитена. Предметом проектирования становится не станция, рассматриваемая как часть определенной линии и нечто в себе завершённое, а станция, во-первых, как часть подземно-надземного комплекса, во-вторых, как место сосредоточения и взаимодействия самых разнообразных, городских общественных функций.

Ключевые слова: сеть подземных линий метрополитена, концепция «репрезентативности», «утилитарности», индивидуализация архитектурно-художественного решения станций.

Существующее в мировой практике архитектурно-пространственное решение узлов метрополитена подчинено одной из двух противоположных архитектурно-художественных и неразрывно связанных с ними функциональных концепций – концепции «репрезентативности» и концепции «утилитарности»[1].

Стремительное развитие сетей подземных линий метрополитена, начиная с 1900 г., связано с полной электрификацией подземных линий метрополитена. Электрификация обеспечила новое качество организации пространства, улучшив его гигиенические параметры. Однако, образ «подземки» остался в сознании как пример сугубо инженерной системы. Эстетическая и архитектурная организация объектов метро касалась лишь наземной части – открытых выходов и вестибюлей, традиционно – элементов городской среды. Подземные пространства и устройства воспринимались как сфера, не требующая эстетического и, тем более, художественного осмысления.

Переломным моментом в этом отношении, стало создание первых станции Московского метрополитена (1935-1950 гг.), продемонстрировавших новое отношение к его архитектурному решению, призванному отразить пафос времени нового социалистического общества.

Главный архитектор Московского метрополитена С.М. Кравец, писал тогда: «Мы стремимся создать метро – лучшее в мире, стремимся наполнить эту фразу действенным содержанием» [1]. Метрополитен стал рассматриваться как социально-функциональная, а не инженерная подсистема городской инфраструктуры, обеспечивающая жизненно важные для города социальные функции. Была выдвинута чёткая установка на «художественное равноправие» «земного» и «подземного» пространства, на развитие под землёй очеловеченного и одухотворённого предметно-пространственного окружения пассажиров Советского метрополитена. Было сочтено необходимым не только обеспечить удовлетворительные гигиенические качества подземной среды, но и равноправно включить её в архитектурную среду города.

[1] Необходимость рассмотрения этого аспекта в работе определила тесная взаимосвязь двух противоположных концепций с функционально-пространственной организацией узлов метрополитена.

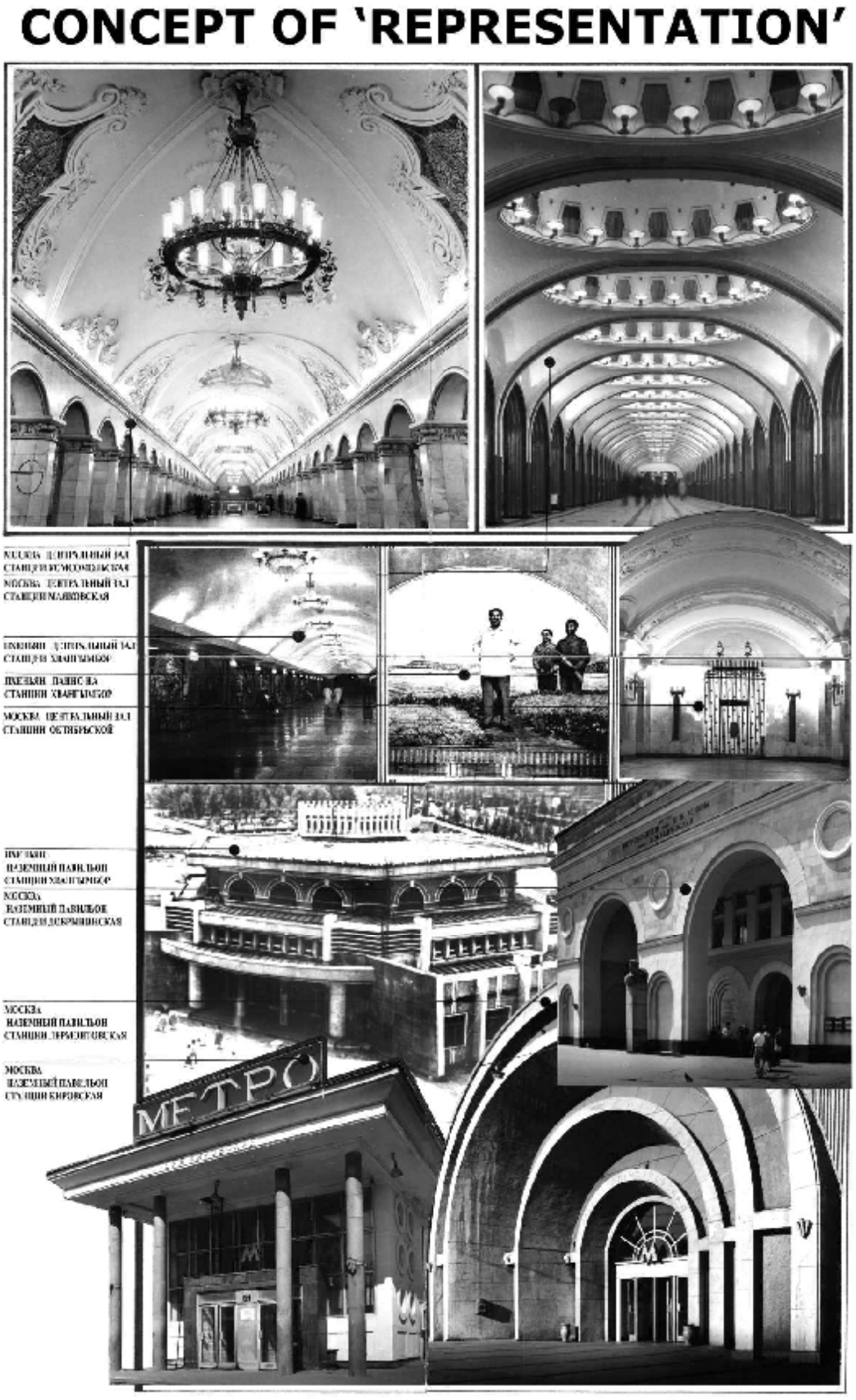


Рис. 1. Концепция репрезентативности

Таким образом, на систему метрополитена была распространена концепция «репрезентативности», ключевая для архитектуры и градостроительства того времени. На проектирование станций метрополитена была распространена общая установка культуры 30-х годов, требовавшая создать архитектуру образную, направленную на зримое выражение единства обширных пространственных систем. Задача ставилась в понятиях, специфичных для утвердившихся тогда представлений об архитектуре и архитектурном ансамбле. И хотя архитектура станций и вестибюлей получала достаточно разнообразные ранения, это разнообразие находилось в рамках единой стилистической и идейной направленности [2].

Для более ясного выражения тематики,в композицию станций включались элементы смежных монументальных искусств – скульптуры и живописи, посредством которых возможно ярче и конкретнее раскрывалось идейное содержание сооружений. В создании первых линий метрополитена Москвы [3] активное участие принимали выдающиеся зодчие и художники: И. Фомин, А. Щусев, В. Щуко, И. Жолтовский, А. Душкин, Л. Поляков, Д. Чечулин, а также живописцы и скульпторы: Е. Лансере, В. Фаворский, А. Дейнека, М. Манизер, Е. Вутетич, Н. Томский, Г. Мотовилов и другие.

Ориентация в пределах системы метро должна была обеспечиваться иидивидуализацией архитектурно-художественного решения станций: каждую стремились сделать легко запоминаемой, связанной тематическими ассоциациями с определённым местом в городе. Надписи и указатели должны были сводиться к минимуму. Стилистика шрифтов и символов подчиняется общей стилистике, чаще всего связанной с архитектурной ретроспекцией[2].

Работа советских архитекторов над первой очередью Московского метро получила как никогда высокую оценку массового потребителя – многие станции были восприняты тогда как высшее достижение архитектуры.

Однако, эклектическая разнородность форм и декоративная избыточность уже тогда останавливала внимание некоторых критиков. Так, В.А. Лавров писал: «Верхний облицовочный покров начинает жить своей особой художественной жизнью… Склонность к декоративности должна иметь свои пределы… Станция метро является прежде всего техническим сооружением. Это должно предопределять форму художественной выразительности платформенного зала».

Но вот к 50-м годам метрополитен стал важнейшей частью транспортной инфраструктуры города, а число станций Московского метрополитена достигло нескольких десятков. Их художественное разнообразие стало приобретать черты колейдоскопа, их индивидуализация, как средство ориентации в системе, потеряла практически смысл [4].

Появление сложных пересадочных узлов, многочисленных переходов между станциями на пересекающихся линиях, усложнение взаимосвязи с «узлом» внешнегородских функций – всё это отвергло исходную установку.

Взгляд критики был обращен на то, что воспринималось лишним и ненужным, и само по себе устранение «архитектурных излишеств» представлялось решением проблемы, однако они определились не избытком, а недостатком в функционировании метрополитена в целом.

Вместе с тем сложившаяся и развивающаяся система метрополитена потребовала нового подхода, отразившего основную тенденцию зарубежной практики строительства метрополитена – концепцию «утилитарности». Сложился новый комплексный принцип архитектурно-пространственной организации метрополитена наиболее развитый в настоящее время в Париже [5], Токио, Нью-Йорке [6, 7] – эффективно организующий жизненые процессы и их оболочку. Единство комплекса органично связывает технику, пространственную структуру станций, стредства визуальной информации с внешнегородским пространством.

[2] Этот принцип архитектурных ансамблей получил развитие во многих крупнейших городах нашей страны и развивается в настоящее время в Пхеньяне. В композицию станций включаются элементы смежных монументальных искусств – скульптура, живопись, посредством которых ярче и конкретнее раскрываются идейные содержания этих «подземных дворцов».

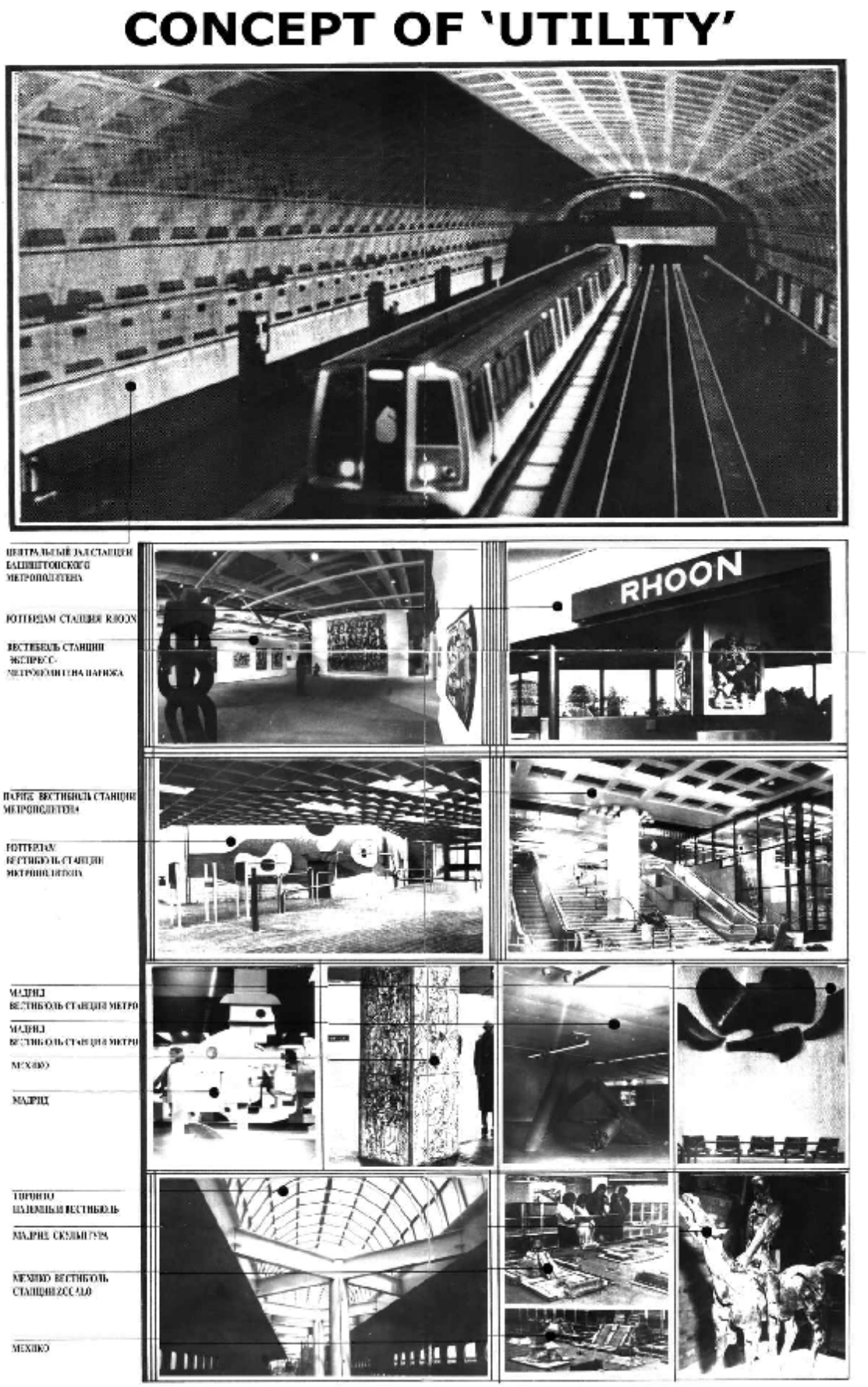


Рис. 2. Концепция утилитарности

Рис. 3. Монументальное искусство в интерьере метро

Ориентация во всей системе метрополитена, как и в пределах каждого из её узлов [8], является одним из главных результатов концепции. Традиционные методы архитектурного проектирования при подобном подходе не достаточны. Они не дают средств, позволяющих формировать пространственную оболочку тех многообразных функциональных процессов, привнесение которых в пространство узлов метрополитена стирает его функциональную замкнутость. Предметом проектирования становится не станция, рассматриваемая как часть определённой линии и нечто в себе завершённое, а станция, во-первых, как часть подземно-наземного комплекса, объединяющего линии различных направлений и видов транспорта, во-вторых, как место сосредоточения и взаимодействия самых разнообразных, городских общественных функций, наконец, станция, структура которой обеспечивает возможность максимального пространственного расширения, включения, трансформации и образования новых функционально-технологических контактов с многоцелевой городской средой. Линии связывают не определённые точки в городе, а транспортно-коммуникационные, многофункциональные комплексы – «МЕТРОУЗЛЫ»[3]. Это обширные площади Вены, Мюнхена, пронизанные эскалаторами и траволаторами метрополитена, многоуровневые и многоярусные структуры района Дефанс в Париже; гигантские транспортно-торговые подземные комплексы Токио и Осаки; многосункциональные подземные транспортные комплексы Брюсселя, Филадельфии, Детройта, Франкфурта-на-Майне [9], Лондона [10, 11]; торговые комплексы Лиона, Лилля, Лос-Анжелеса и т.д. – прообразы будущей организации городских общественных центров, связанных с узлами метрополитена.

Приведённые примеры показывают свою эффективность в организации функциональных процессов, поэтому традиционные методы в проектирования метрополитена, как и других транспортных систем, целесообразно заменить методами системного средового подхода.

Список библиографических ссылок

1. Кравец С.М. Архитектура Московского метрополитена имени Л.М. Кагановича. – М.: Изд-во Всесоюзной академии архитектуры, 1936. – 196 с.
2. Катцен И. Метро Москвы. – М.: Изд-во Московский рабочий, 1947. – 180 с.
3. Пять самых красивых метрополитенов мира // URL: http://yvision.kz/post/253683 (дата обращения: 22.08.2016).
4. Метро Тайвань 1// yaomire.ru: электронный журнал «Yaomire – Я о мире самое интересное». URL: http://yaomire.ru/5045/taiwan-metro-1 (дата обращения 22.08.2016).
5. Метрополитены городов мира // novate.ru: электронный журнал. URL: http://www.novate.ru/blogs/241207/8082 (дата обращения: 22.08.2016).
6. «Urbanrail.net»: электронный журнал о метрополитенах мира. URL: http://urbanrail.net (дата обращения: 22.08.2016).
7. Метро Subway. URL: http://www.pin-plus.ca/pha/view_page.php?page=8&album=NYC (дата обращения 22.08.2016).
8. Голубев Г.Е. Многоуровневые транспортные узлы. – М.: Стройиздат, 1981. – 152 с.
9. Лебедкина Д.С. Формирование архитектуры современных железнодорожных вокзальных комплексов как многофункциональных городских структур // «Архитектон: известия вузов» № 38. Приложение Июль, 2012. URL: http://archvuz.ru/2012_22/57 (дата обращения: 22.08.2016).
10. Метро городов мира в цифрах и фактах// Газета «АиФ», 2013. 9 янв. URL: http://www.aif.ru/society/39400 (дата обращения: 22.08.2016).

[3] Метроузел – единая функционирующая система и пространство целевых возможностей его потребителей должен представлять собой целостный, компактно организованный объект, обладающий определённой ценностью и образной выразительностью. При этом необходимо рассматривать нормирование предметно-пространственного комплекса метроузла как высоко художественной системы, органично включённой в ансамбль городской жизнедеятельности.

11. Метрополитены мира // stroi.mos.ru: сайт «Комплекс градостроительной политики и строительства города Москвы». URL: http://stroi.mos.ru/metro/metropoliteny-mira (дата обращения: 22.08.2016).

Smolova M.V. – associate professor
E-mail: smolova5@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Architectural and artistic concepts of subway architecture

Resume

The world-wide existing architectural and spatial design of subway junctions serves one of two opposite architectural and artistic (and the corresponding functional) concepts – «representative» and «utilitarian». The first one was the key concept during the construction of Moscow subway (1935-1950). It reflected the enthusiasm and the architectural ideas of those times. The «utilitarian» concept reflected the main trend of foreign practice of subway construction. Removal of functional exclusiveness is peculiar about it. It`s not the station as a part of a subway line and something completed which is in project, but the station as a part of the underground – and surface complex uniting various means of transportation lines, first, and, second, as a spot where various urban public functions are concentrated and coordinated; and, finally, the station whose structure ensures the opportunity of maximal spatial expanding, involving, transforming and establishing new functionally technological contacts with a multipurpose environment. These are vast underground squares of Vienna, Munich, cut with subway escalators and travolators, multilevel and multicircular structures of Defense in Paris; huge transport and trade underground complexes of Tokyo and Osaka; multifunctional underground transport complexes of Brussels, Philadelphia, Detroit, Frankfurt-on-Main, London; trade complexes of Lyons, Lille, Los Angeles, etc., as prototypes of the future urban public centers.

Keywords: the subway underground network, the «utilitarian» concept, the «representative» concept, person within the subway system the architectural and artistic design of the stations.

Reference list

1. Kravets S.M. The Architecture of the Moscow metro named after L.M. Kaganovich. – M.: Publishers Vsesoyuznoy akademii arhitektury, 1936. – 196 p.
2. Katzen I. The Moscow Metro. – M.: Publishers Moskovskiy rabochiy, 1947. – 180 p.
3. Five of the most beautiful metros in the world. URL: http://yvision.kz/post/253683 (reference date: 22.08.2016).
4. Metro 1 Taiwan // yaomire.ru electronic journal «Yaomire – I'm about the world's most interesting». URL: http://yaomire.ru/5045/taiwan-metro-1 (reference date: 22.08.2016).
5. Subways of world cities // novate.ru electronic journal. URL: http://www.novate.ru/blogs/ 241207/8082 (reference date: 22.08.2016).
6. «Urbanrail.net» electronic journal about the metros in the world. URL: http://urbanrail.net (reference date: 22.08.2016).
7. The Metro Subway. URL: http://www.pin-plus.ca/pha/view_page.php?page=8&album= NYC (reference date: 22.08.2016).
8. Golubev G.E. Multi-level transport hubs. – M.: Stroiizdat, 1981. – 152 p.
9. Lebedkina D.S. Formation of architecture of modern train station complexes as multifunctional urban structures // «Arkhitekton: izvestiya vuzov» № 38. Appendix July 2012. URL: http://archvuz.ru/2012_22/57 (reference date: 22.08.2016).
10. Metro cities in the world in facts and figures // The Newspaper «Arguments and facts», 2013. 9 Jan. URL: http://www.aif.ru/society/39400 (reference date: 22.08.2016).
11. Subways of the world // stroi.mos.ru: the website «The Complex of urban policy and construction of Moscow». URL: http://stroi.mos.ru/metro/metropoliteny-mira (reference date: 22.08.2016).

УДК 727:7
Степанчук А.В. – ассистент
E-mail: alena.stepanchuk@bk.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Особенности архитектурного формирования объектов культурного туризма с ремесленно-креативной функцией

Аннотация

Статья посвящена изучению вопросов архитектурного формирования объектов культурного туризма на базе нематериального культурного наследия с ремесленно-креативной функцией.

Рассмотрены обуславливающие и формирующие факторы, определяющие архитектурную организацию объектов культурного туризма с ремесленно-креативной функцией. Проанализирован мировой опыт функционирования и проектирования рассматриваемых объектов в аспекте реализации ремесленно-креативной деятельности и выявлены градостроительные, типологические, пространственно-планировочные, объемно-пространственные, функциональные и конструктивные особенности их архитектурного формирования.

В статье приводится авторская трактовка термина «культурный туризм», учитывающая архитектурный аспект.

Ключевые слова: объекты культурного туризма, нематериальное культурное наследие, ремесленно-креативная деятельность, ремесла, обуславливающие факторы, формирующие факторы, туризм.

На Международной конференции ЮНЕСКО [1], которая состоялась в 1998 году в Стокгольме (Швеция) была отмечена важная роль туризма в вопросах финансирования мероприятий по сохранению и возрождению культурного наследия. Согласно данным Всемирной туристской организации (ВТО), в последние три десятилетия в мире наибольшее развитие получил культурный туризм [2], как специфический вид туризма и как составляющая других видов туризма (например, научного, делового, религиозного и других видов туризма). Как специфический вид туризма ряд исследователей [2, 3, 4] подразделяет культурный туризм на подвиды: событийный туризм; тематический культурный туризм; туризм наследия (культурно-исторический туризм); обзорный туризм (экскурсионный туризм, культурно-познавательный туризм); арт-туризм; туризм впечатлений; экокультурный туризм; креативный туризм; ремесленный туризм.

В Российской научной литературе [5, 6] в отношении туризма, ориентированного на представление традиционных ремесел и фольклора, как части нематериального культурного наследия [7] местности, часто используется термин «этнографический» или «этнокультурный» туризм. В зарубежные исследованиях и публикациях российских ученых последних лет указывается, что презентация ремесел осуществляется, в основном, в рамках экокультурного, креативного и ремесленного подвидов культурного туризма.

В научной литературе приводятся множество определений термина «культурный туризм» [4, 8, 9, 10]. Автором данной статьи сформулировано определение, учитывающее архитектурный аспект организации культурного туризма: **«культурный туризм»** – это путешествие за пределы постоянного места жительства, цель которого – знакомство с материальной и нематериальной культурой территорий отдыха, в том числе, посредством обучения традиционным ремеслам, организуемого в специализированных объектах – так называемых объектах культурного туризма с ремесленно-креативной функцией.

В мировой практике реализация ремесленного, креативного и этнокультурного подвидов туризма с акцентом на представление традиционных ремесел осуществляется в объектах культурного туризма, соединяющих в себе и музейно-выставочную деятельность, и практическое освоение навыков ремесел посетителями из числа местных жителей и туристов, и реальную творческую работу мастеров-ремесленников, и передачу ими знаний

и навыков следующим поколениям мастеров. К объектам культурного туризма, реализующим ремесленно-производственную и ремесленно-обучающую деятельность, относится широкий круг объектов, среди которых можно назвать следующие типы:

- частные дома ремесленников с мастерскими;
- частные ремесленные мастерские;
- дома творчества и хобби-студии;
- выделенные пространства (улицы, кварталы и деревни ремесленников);
- объекты «постмузейности» – «этнографические деревни» (ethno village), «деревни наследия» (heritage village), «исторические деревни» (historical village) и другие.

Проведенный автором анализ тенденций в области культурного туризма и мирового опыта архитектурной организации объектов культурного туризма на базе нематериального культурного наследия в аспекте реализации ремесленно-креативной деятельности позволил выявить обуславливающие факторы, предопределяющие формирование объектов культурного туризма с ремесленно-креативной функцией, и формирующие факторы, определяющие их типологию и особенности архитектурной организации.

К обуславливающим факторам относятся следующие факторы:

- ресурсный фактор;
- социокультурный фактор;
- социально-экономический фактор.

Ресурсный фактор диктует наличие нематериального культурного потенциала на территориях, предполагающих развитие подвидов культурного туризма, акцентирующих нематериальное культурное наследие, в том числе ремесла. Развитие объектов культурного туризма, работающих на реализацию его ремесленного, креативного и экокультурного подвидов, осуществляется на базе местных ремесленных традиций.

Социокультурный фактор вытекает из современных мировых практик сохранения, популяризации и актуализации ремесел как части нематериального культурного наследия в рамках реализации культурного туризма. Одной из них является формирования образа «креативного города». Так, ЮНЕСКО составило список креативных городов (creative city network) [11], состоящий из 69 городов в 32 странах мира. Ранжирование производилось по семи категориям: ремесла и народное искусство, дизайн, кинематограф, гастрономия, литература, музыка, медиа искусство.

Социально-экономический фактор вытекает из мировых тенденций сближения культуры и экономики, перехода к «креативной экономике», сформированной на основе «креативных индустрий», и финансирования культурного наследия средствами, полученными от культурного туризма. Креативные индустрии – это «синтетическое явление, тесно связавшее культуру, экономику и социальную политику» [12, с. 4]. Они объединяют малые и средние предприятия, работающие в области ремесел, декоративного, изобразительного и исполнительского искусства; моды; дизайна; архитектуры; рекламы; литературы и типографского дела; кино-, видео- и музыкальной индустрий; телевидение, радио, интернет и другие категории творчества. Креативные индустрии размещаются в культурно-креативных кварталах, кластерах и сопряжены, как правило, с другими учреждениями культуры: театрами, галереями, музеями и другими.

Согласно Зеленцовой Е.В., «самый перспективный экономический ресурс для России – не природное сырье, а культура» [12, с. 29]. В России создание объектов культурного туризма, реализующих ремесленно-креативную деятельность способствует решению государством социально-экономических проблем, что закреплено в государственных программах развития туризма и народных художественных ремесел и промыслов [13-16]. Организация объектов культурного туризма с ремесленно-креативной функцией формирует источник дополнительного дохода для людей с ограниченными возможностями, способствует актуализации нематериального культурного наследия посредством передачи мастерами-ремесленниками знаний, умений и навыков, связанных с ремеслами, новому поколению мастеров.

К формирующим факторам, определяющим типологию объектов культурного туризма с ремесленно-креативной функцией и особенности их архитектурной организации, относятся следующие факторы:

- градостроительный фактор;

- типологический фактор;
- пространственно-планировочный фактор;
- временной фактор;
- фактор погружения;
- объемно-пространственный фактор;
- функциональный фактор.

Градостроительный фактор вытекает из градостроительного расположения объектов культурного туризма с ремесленно-креативной функцией. Согласно Мошняга Е.В. [8], традиции нематериальной культуры лучше сохраняются в малых городах и в сельской местности. В больших и крупных городах они изменяются и трансформируются. В результате анализа мирового опыта организации объектов культурного туризма, реализующих ремесленно-креативную деятельность, установлено, что в целом в сельской местности расположен 51 % объектов культурного туризма с ремесленно-креативной функцией. Однако 34 % рассматриваемых объектов расположено в больших и крупных городах. При этом размещение рассматриваемых объектов с мастерскими ремесленно-креативной деятельности при любых градостроительных условиях связано с путями рекреации, пешеходными связями и с местами скопления людей.

Типологический фактор определяется степенью аутентичности материальных и нематериальных составляющих объектов культурного туризма с ремесленно-креативной функцией. По степени аутентичности материальных и нематериальных составляющих автором выявлены следующие типы объектов культурного туризма, реализующих ремесленно-креативную деятельность:

- объекты культурного туризма в музейной среде, состоящие из аутентичных зданий и сооружений, расположенных на первоначальном месте («in situ») или перемещенных на новое место (транслоцированных);
- объекты культурного туризма в «постмузейной» среде, расположенные или состоящие из неаутентичных стилизованных архитектурных объектов («новоделов»), имитирующих определенную эпоху;
- объекты культурного туризма в живой социокультурной среде, расположенные как в исторических, так и в современных зданиях.

Пространственно-планировочный фактор связан с тенденциями территориального объединения ремесленников для создания творческой атмосферы. Автором выявлены пять типов пространственно-планировочной организации объектов культурного туризма с ремесленно-креативной функцией:

- отдельно стоящее здание;
- одностороннее размещение зданий – ремесленно-торговый ряд;
- двустороннее размещение зданий – ремесленно-торговая улица;
- ремесленно-торговый квартал;
- комплекс зданий на выделенной территории.

При этом в сельской местности преобладают такие пространственно-планировочные типы, как «комплекс зданий на выделенной территории» (81 %), «ремесленно-торговая улица» (30 %) и «ремесленно-торговый ряд» (16 %); в средних и малых городах – «отдельно стоящее здание» (64 %) и «комплекс зданий на выделенной территории» (27 %); в больших и крупных городах преобладают «ремесленно-торговый квартал» (32 %) и «отдельно стоящее здание» (32 %).

Временной фактор устанавливает зависимость архитектурной организации объектов культурного туризма от времени функционирования ремесленно-креативной функции. Фактор предполагает следующие варианты организации ремесленно-креативной деятельности в объектах культурного туризма:

- временное размещение ремесленно-креативной деятельности на открытом воздухе в пространстве города или в сельской местности («фестивализация пространства»), а также на прилегающей к рассматриваемым объектам территории;
- постоянное размещение ремесленно-креативной деятельности в пространстве оборудованных мастерских. Вид ремесленно-креативной деятельности и способ ее демонстрации, а также длительность пребывания туристов влияют на архитектурно-планировочную и пространственную организацию объектов культурного туризма с

ремесленно-креативной функцией.

Фактор погружения влияет на архитектурное формирование объектов культурного туризма с ремесленно-креативной функцией в зависимости от глубины погружения туристов в ремесленно-креативную деятельность. Этот фактор отражает следующие аспекты, составляющие глубину погружения туристов:

- характер среды, где размещен объект культурного туризма с учетом комплексного представления его материальных и нематериальных составляющих;

- способ представления ремесленного процесса, формирующего архитектурно-планировочные решения объекта культурного туризма: экспозиция; постановочная демонстрация или демонстрация реального ремесленного процесса; «со-производство», т. е. вовлечение посетителей в ремесленно-креативную деятельность

- возможность для туристов обучиться у мастера-ремесленника. В результате анализа мирового опыта организации объектов культурного туризма с ремесленно-креативной функцией выявлено, что в 90 % рассмотренных объектов организовано обучение туристов.

Объемно-пространственный фактор определяет объемно-пространственную структуру объектов культурного туризма, реализующих ремесленно-креативную деятельность. В результате анализа зарубежных и отечественных объектов культурного туризма с ремесленно-креативной функцией установлены два варианта их объемно-пространственного решения: здания малой этажности (одно-двухэтажные) и здания средней этажности (до пяти этажей). При этом преобладают малоэтажные здания: одноэтажные здания составляют 68 %, двухэтажные – 29 % от общего числа.

В объемно-планировочных решениях объектов культурного туризма с ремесленно-креативной функцией помещения мастерских расположены на 1 этажах более, чем в 80 % случаев. Иногда ремесленно-креативная деятельность организована во дворовой или прилегающей к зданию ОКТ территории (37 %).

В конструктивном отношении большинство зданий рассматриваемых типов объектов культурного туризма выполнены в деревянных конструкциях.

Функциональный фактор формирует структуру объектов культурного туризма на основе сочетания ремесленно-креативной, экспозиционной, учебной, развлекательной, торговой и жилой функций.

Экспозиционная функция присутствует в 95 % рассматриваемых объектов. При этом она может быть организована в отдельном помещении (55 %), совместно с ремесленно-креативной функцией в мастерской (86 %), расположена на прилегающей к зданию или дворовой территории (4 %).

Ремесленно-креативная деятельность может быть представлена несколькими способами, влияющими на архитектурно-планировочные решения объектов культурного туризма: экспозиция инструментов, оборудования; постановочная демонстрация выборочных операций ремесленного процесса; реальное ремесленное производство. Вовлечение туристов в ремесленно-творческий процесс («со-производство») реализуется в рамках учебной функции в 90 % проанализированных объектов культурного туризма с ремесленно-креативной функцией.

Культурно-развлекательная функция входит в состав 49 % объектов культурного туризма, реализующих ремесленно-креативную деятельность.

Торговая функция выявлена у 74 % объектов культурного туризма с ремесленно-креативной функцией.

В преобладающем количестве объектов культурного туризма с ремесленно-креативной функцией (92 %) не предусмотрены жилые помещения для хозяина мастерской. Это позволяет сделать вывод, что в объектах культурного туризма, реализующих ремесленно-креативную деятельность, жилая функция не актуальна.

Таким образом, архитектурное формирование объектов культурного туризма с ремесленно-креативной функцией обусловлена двумя группами факторов: обуславливающими и формирующими, позволяющими выявить особенности их архитектурной организации:

- расположение преимущественно в сельской местности, а также в больших и крупных городах;

- разная степень аутентичности материальных и нематериальных составляющих;
- пространственно-планировочная организация в виде отдельно стоящего здания, ремесленно-торгового ряда, ремесленно-торговой улицы, ремесленно-торгового квартала, комплекса зданий на выделенной территории;
- временное и/или постоянное размещение ремесленно-креативной деятельности структуре объектов культурного туризма;
- зависимость архитектурно-планировочных решений рассматриваемых объектов культурного туризма от глубины погружения туристов в ремесленно-креативную деятельность;
- объемно-пространственные решения в виде одно-, двухэтажных зданий, выполненных преимущественно в деревянных конструкциях;
- формирование функциональной структуры на основе сочетания ремесленно-креативной, экспозиционной, учебной, развлекательной, торговой функций.

Список библиографических ссылок

1. Выступление Чрезвычайного и Полномочного Посла, Постоянного представителя России при ЮНЕСКО Э.В. Митрофановой на заседании круглого стола на тему «Общество культуры и религия» в рамках II Всемирного Форума выпускников МГИМО(У) МИД России // официальный сайт Постпредства РФ при ЮНЕСКО. URL: www.russianunesco.ru/static/materials/Выступ/ЭВМ_МГИМО_70.pdf (дата обращения: 12.11.14).
2. Richards Greg, Wilson Julie. Tourism development trajectories: from culture to creativity? // Tourism, Creativity and Development. – Routledge, 2007. – 323 c.
3. European Travel Commission / World Tourism Organization. City Tourism and Culture: The European Experience. – Madrid: World Tourism Organization, 2005.
4. Csapó János. The Role and Importance of Cultural Tourism in Modern Tourism Industry // Strategies for Tourism Industry – Micro and Macro Perspectives. InTech, 2012. – С. 201-232. URL: http://www.intechopen.com/books/strategies-for-tourism-industry-micro-and-macro-perspectives/the-role-and-importance-of-cultural-tourism-in-modern-tourism-industry (дата обращения: 08.11.14).
5. Бутузов А.Г. Состояние и перспективы развития этнокультурного туризма в Российской Федерации // Сервис в России и за рубежом, 2009, №4. – С. 11-15.
6. Святоха Н.Ю., Филимонова И.Ю. Подходы к классификации этнического туризма // Вестник Оренбургского государственного университета, 2014, № 6 (167). – С. 179-183.
7. Конвенция ЮНЕСКО Об охране нематериального культурного наследия, 2003. // UN.ORG: официальный сайт Организации Объединенных Наций (ООН). URL: http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/cultural_heritage_conv.shtml (дата обращения: 07.01.10).
8. Мошняга Е.В. Международный культурный туризм как фактор межкультурной коммуникации. // Научные труды Московского гуманитарного университета, 2005., Выпуск 55. – С. 128-147. URL: http://www.mosgu.ru/nauchnaya/publications/SCIENTIFICARTICLES/2006/Moshnjaga/ (дата обращения: 18.08.15).
9. Красная С.А. Культурный туризм: просветительская сущность и факторы развития. Автореф. дисс. … канд. культурологии. – М., 2006.
10. Гордин В.Э., Матецкая М.В. Культурный туризм как стратегия развития города: поиск компромиссов между интересами местного населения и туристов. URL: http://tourlib.net/statti_tourism/gordin.htm (дата обращения: 18.08.15).
11. Creative city network. // UNESCO.ORG: официальный сайт Организации Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры (ЮНЕСКО). URL: http://en.unesco.org/creative-cities/ (дата обращения: 11.06.10).
12. Зеленцова Е.В. Становление и развитие креативных индустрий в современной культуре: анализ зарубежного опыта: Дисс. … канд. культурологии. 24.00.01. – М., 2008.
13. Концепция сохранения и развития нематериального культурного наследия народов Российской Федерации на 2009-2015 гг. (утверждена приказом Министерства

культуры РФ от 17.12.2008 г. № 267). // MKRF.RU: официальный сайт Министерства культуры Российской Федерации. URL: http://mkrf.ru/dokumenty/order/detail.php?ID=120103 (дата обращения: 26.09.15).
14. Экономически значимая региональная программа «Развитие народных художественных промыслов, ремесел, сельского туризма в Республике Татарстан на 2011-2013 гг.» (утверждена постановлением Кабинета Министров РТ от 25.07.2011 г. № 580). URL: agro.tatarstan.ru/rus/file/pub/pub_101412.doc (дата обращения: 05.09.14).
15. Долгосрочная целевая программа «Развитие сферы туризма в Республике Татарстан на 2013-2016 гг.» (утверждена постановлением Кабинета Министров РТ от 05.02.2013 г. № 72). URL: http://mdms.tatarstan.ru/dolgosrochnaya-tselevaya-programma-razvitie-sferi.htm (дата обращения: 12.08.14).
16. Федеральная целевая программа «Развитие внутреннего и въездного туризма в Российской Федерации на 2011-2018 гг.» (утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 02.08.2011 г. № 644). // RUSSIATOURISM.RU: официальный сайт Федерального агентства по туризму. URL: http://www.russiatourism.ru/content/2/section/28/detail/28/ (дата обращения: 12.08.14).

Stepanchuk A.V. – assistant
E-mail: alena.stepanchuk@bk.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Features of the architectural formation of cultural tourism objects with craft and creative function

Resume

The paper is dedicated to the issues of the architectural formation of cultural tourism objects on the basis of the intangible cultural heritage and with craft creative function. The article presents the author's interpretation of the term «cultural tourism», which takes into account the architectural aspect. The paper presents the classification of cultural tourism and were revealed differences in terminology in Russian and foreign scientific literature.

Author considered the socio-cultural and socio-economic trends in the field of cultural tourism, identified causing and forming factors that determine the architectural organization of cultural tourism objects with craft and creative function. The caused factors are the following: resource factor; socio-cultural factor; socio-economic factor. The group of the forming factors consists of urban development factor; typological factor; spatial and planning factor; time factor; tourist immersion factor; volumetric and spatial factor; functional factor.

Author analyzed the world experience of functioning and design of such objects in the aspect of implementation of the craft and creative activities. The analysis revealed such architectural formation features of cultural tourism objects as urban, typological, spatial and planning design, volumetric and spatial, functional, structural design.

Keywords: cultural tourism objects, intangible cultural heritage, craft and creative activities, crafts, causing factors, shaping factors, tourism.

Reference list

1. Address by Ambassador Extraordinary and Plenipotentiary, Permanent Representative of Russia to UNESCO E.V. Mitrofanova at the round table on the theme «Culture Society and Religion» in the framework of the II World Forum of MGIMO (U) Russian MFA // official website of the Permanent Mission of the Russian Federation to UNESCO. URL: www.russianunesco.ru/static/materials/Выступ/ЭВМ_МГИМО_70.pdf (reference date: 12.11.14).
2. Richards Greg, Wilson Julie. Tourism development trajectories: from culture to

creativity? // Tourism, Creativity and Development. – Routledge, 2007. – 323 p.
3. European Travel Commission / World Tourism Organization. City Tourism and Culture: The European Experience. – Madrid: World Tourism Organization, 2005.
4. Csapó János. The Role and Importance of Cultural Tourism in Modern Tourism Industry // Strategies for Tourism Industry – Micro and Macro Perspectives. InTech, 2012. – P. 201-232. URL: http://www.intechopen.com/books/strategies-for-tourism-industry-micro-and-macro-perspectives/the-role-and-importance-of-cultural-tourism-in-modern-tourism-industry (reference date: 08.11.14).
5. Butuzov A.G. Status and prospects of development of ethnic and cultural tourism in the Russian Federation // Service in Russia and abroad, 2009, № 4. – P. 11-15.
6. Svyatokha N.Y., Filimonova I.Y. Approaches to ethnic tourism classification // Bulletin of the Orenburg State University, 2014, № 6 (167). – P. 179-183.
7. UNESCO Convention for the Safeguarding of the Intangible Cultural Heritage, 2003 // UN. ORG: the official website of The United Nations. URL: http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/cultural_heritage_conv.shtml (reference date: 07.01.10).
8. Mosnyaga E.V. International cultural tourism as a factor of intercultural communication. // Proceedings of the Moscow University for the Humanities, 2005, Volume 55. – P. 128-147. URL: http://www.mosgu.ru/nauchnaya/publications/SCIENTIFICARTICLES/2006/Moshnjaga/ (reference date: 18.08.15).
9. Krasnaya S.A. Cultural tourism: educational nature and factors of development: Abstract of the thesis of the candidate of cultural science. – M., 2006.
10. Gordin V.E., Matetskaya M.V. Cultural tourism as a city development strategy: the search for a compromise between the interests of the local population and tourists. URL: http://tourlib.net/statti_tourism/gordin.htm (reference date: 18.08.15).
11. Creative city network. // UNESCO.ORG: official website of the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). URL: http://en.unesco.org/creative-cities/ (reference date: 11.06.10).
12. Zelentsova E.V. Formation and development of creative industries in modern culture: the analysis of foreign experience: Abstract of the thesis of the candidate of cultural science. 24.00.01. – M., 2008.
13. The concept of preservation and development of the intangible cultural heritage of the peoples of the Russian Federation for 2009-2015. (approved by Order of the Ministry of Culture 17.12.2008, № 267). // MKRF.RU: the official website of the Ministry of Culture of Russian Federation. URL: http://mkrf.ru/dokumenty/order/detail.php?ID=120103 (reference date: 26.09.15).
14. The economic importance of the regional program «Development of the folk arts and crafts, crafts, rural tourism in the Republic of Tatarstan for 2011-2013» (approved by the Cabinet of Ministers of RT 25.07.2011 № 580). URL: agro.tatarstan.ru/rus/file/pub/pub_101412.doc (reference date: 05.09.14).
15. The long-term target program «Development of tourism in the Republic of Tatarstan for 2013-2016» (approved by the Cabinet of Ministers of RT 05.02.2013 № 72). URL: http://mdms.tatarstan.ru/dolgosrochnaya-tselevaya-programma-razvitie-sferi.htm (reference date: 12.08.14).
16. The federal target program «Development of domestic tourism in the Russian Federation for 2011-2018» (approved by the Russian Government 02.08.2011 г. № 644). // RUSSIATOURISM.RU: the official website of the Federal Tourism Agency. URL: http://www.russiatourism.ru/content/2/section/28/detail/28/ (reference date: 12.08.14).

УДК 721
Шинкарёв А.Н. – аспирант
E-mail: shinkarev-90@mail.ru
Прокофьев Е.И. – кандидат архитектуры, профессор
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Анализ отечественного и зарубежного опыта в исследовании проектирования объектов системы здравоохранения

Аннотация

Научная работа основывается на исследовании структуры объектов здравоохранения с целью разработать принципы формирования архитектурно-планировочных особенностей лечебно-профилактических центров по лечению заболеваний система кровообращения. Актуальность научной работы обусловлена отсутствием современных подходов планировочной организации инновационных медицинских учреждений в условиях неминуемого развития структуры здравоохранения.

Проблема формирования функциональной структуры медицинского центра нового типа обусловлена неопределенным положением последнего в системе здравоохранения России.

Целью нашей научной работы является разработка принципов организации архитектурно-планировочной структуры для современных объектов здравоохранения. В ходе научной работы рассматривается статистика Минздрава РТ по заболеваемости населения с целью определения перспективных направлений развития медицинских учреждений.

Ключевые слова: структура системы здравоохранения, планировка лечебных комплексов, зарубежные клиники, структура советских поликлиник, структура больниц.

В настоящее время в системе здравоохранения назрела необходимость проведения реформ: от лечения заболеваний к их предотвращению и продвижению оздоровления. Внедрение современных технологий лечения уже возникших в организме человека заболеваний дает свой положительный результат. Тем не менее, он не достаточно высок. К примеру, смертность населения в городской и сельской местности по всем классам заболеваний за последние 6 лет снизилась на 3,67 %. При этом за последний год значительно повысилась смертность от злокачественных новообразований и болезней, вызванных ВИЧ (+7,9 % и +30,9 % соответственно).

Однако в наибольшей мере нас заинтересовала область болезней системы кровообращения, так как смертность от подобных заболеваний составляет 51,8 % от общей смертности населения.

Несмотря на то, что в прошлом году была проведена масштабная работа по развитию высокотехнологичной медицинской помощи (ВМП), смертность от болезней системы кровообращения снизилась только на 0,6 %. Остается очень высокий процент смертности от подобных заболеваний у мужчин 60 лет и старше и женщин 55 лет и старше (58,7 %).

Такая статистика указывает на то, что не только одними технологиями лечения заболеваний возможно улучшение здоровья населения. Проанализировав статистические данные, предоставленные министерством здравоохранения РТ («Статистика здоровья населения и здравоохранения»), мы предположили, что дополнительная образовательная и оздоровительная программа для населения позволит в дальнейшем значительно снизить процент болезней системы кровообращения, что впоследствии приведет к значительному снижению смертности населения по этой причине.

Предполагается, что в ходе научной работы будут разработаны новые принципы организации объектов здравоохранения в России, которые качественно изменят уровень здоровья населения.

Исследования проводятся с целью оформить проектное решение объекта здравоохранения нового поколения.

В ходе научных исследований и анализа имеющейся литературы планируется представить проектное предложение, которое будет примером того, как может в будущем выглядеть объект здравоохранения. Предложенный проект продемонстрирует свойства успешной среды здравоохранения; предполагается создание модели объекта, которая будет совмещать в себе функции интенсивной терапии, центра оздоровления и образования населения. В процессе научного исследования планируется изучить существующую структуру здравоохранения в России, определить основные направления диагностики заболеваний, определить принципы формирования планировочной структуры объектов здравоохранения.

В чем же заключается **актуальность предлагаемой темы**? Казалось бы, в России существуют современные больничные комплексы (Российский кардиологический центр, центр хирургии РАМН, федеральный центр нейрохирургии в Тюмени). Реализованы и проекты центров высоких медицинских технологий: Федеральный научно-клинический центр детской гематологии, онкологии и иммунологии Минздрава РФ. Все эти современные медицинские центры способны оказать эффективную медицинскую помощь европейского уровня при лечении болезней системы кровообращения. Однако эти современные медицинские комплексы, осуществляя лечение населения от болезней системы кровообращения, до сих пор не уделяют необходимого внимания профилактике заболеваний и образованию населения. Мы усиленно занимаемся решением последствий заболеваний, не обращая внимания на их причины.

Современный медицинский комплекс есть тесный союз науки и практики. При этом наука включает в себя несколько факторов: научный (лаборатории); технический (современное дорогостоящее медицинское оборудование); учебный (подготовка высококвалифицированных кадров). Тем не менее, нельзя сказать, что такие комплексы занимаются оздоровлением населения. Речь идет только о лечебной практике.

Наш клинико-инновационный центр будет взвешенным союзом всех вышеперечисленных составляющих. И для его разработки необходимо исследовать больницы, поликлиники, клиники, лечебно-инновационные центры, медицинские высшие учебные заведения, научные лаборатории, дневные стационары, профилактории и даже фитнес-центры.

По аналогии торгово-развлекательных комплексов, где «все в одном месте» для проведения досуга, я предлагаю разработать комплекс современной медицины. И первостепенная задача архитектора в такой работе заключается в разработке структуры комплекса нового поколения и составление рекомендаций для дальнейшего проектирования.

Кроме того, стоит отметить отсутствие подобной научно-исследовательской литературы. Анализ диссертационных работ показал отсутствие в наше время интереса со стороны архитекторов к объектам системы здравоохранения. Гораздо чаще объектами исследований архитекторы выбирают общественно-деловые и развлекательные центры. Впрочем, для нас подобные разработки могут оказаться очень полезными в том случае, если провести аналогию «многофункциональный общественный центр – клинико-инновационный центр».

Таким образом, обобщая вышесказанное, мы определяем в качестве **объекта исследования** здания и блоки объектов здравоохранения по лечению заболеваний системы кровообращения. В качестве **предмета исследования** рассматривается архитектурно-планировочная структура профилактического, лечебно–оздоровительного центра лечения болезней системы кровообращения. Это является предметом нашего исследования. **Практическая значимость** научной работы заключается в следующем: разработка системы принципов проектирования новых объектов здравоохранения; внесение поправок в такие нормативы как СНиП 2.08.02-89 «Проектирование зданий медицинских учреждений» и СанПиН 2.1.3.2630-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность».

В первую очередь обзор научной литературы предполагал анализ известных исследований в области архитектуры объектов здравоохранения. Как уже было отмечено, мы выявили низкий интерес специалистов архитектуры к данной области. Последняя такая научная работа датируется 2009 годом («Принципы архитектурной модернизации комплексов медицинских соматических стационаров на примере городских больниц Нижнего Новгорода», Чеберева, Ольга Николаевна).

В данной работе рассматривались факторы внешней и внутренней среды, оказывавшие и оказывающие влияние на модернизацию медицинских соматических стационаров (далее МСС). Целью работы являлась систематизация типов модернизации МСС на примере г. Нижний Новгород и составление рекомендаций для эффективных (правильных) реновaций.

Наиболее интересным в этой работе для меня предстал исторический анализ развития МСС, начиная от первого объекта, появившегося на территории нынешнего Нижнего Новгорода.

Автор выделяет 7 самостоятельных этапов в развитии и модернизации комплексов МСС Нижнего Новгорода. Первой этап становления комплексов МСС продолжается с 1808 года (появление первой городской больницы) до 1917 года (февральская и октябрьская революции и провозглашение советской власти).

К этому времени в городе насчитывалось 5 больниц, 7 амбулаторий, родильный дом и Нижнебазарный приемный покой. Все эти объекты автор характеризует как павильонный тип застройки. Палаты больниц того времени вмещали от 10 человек и более, помещения МСС были полифункциональны. В это время происходит эволюция планировочного решения медицинских объектов: впервые появляется коридорно-ячейковая схема, сменяющая анфиладу залов.

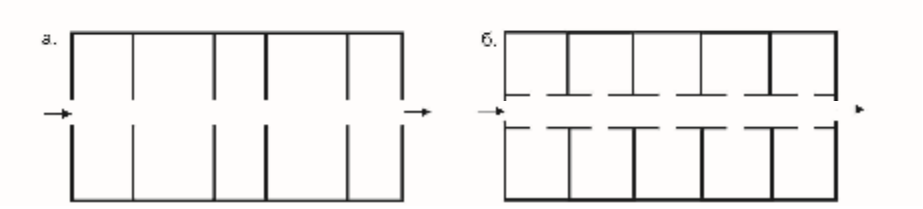


Рис. 1. а) анфилада залов б) коридорно-ячейковая схема

Второй этап относится к 1918-1940 гг. (формирование советской власти, политика пятилеток). В качестве особенности этого периода автор выделяет национализацию и объединение объектов здравоохранения в единую структуру. При этом ведется активное строительство новых больниц (в частности роддома и детские больницы), окончательно формируется иерархия объектов здравоохранения, появляются первые экспериментальные комплексы МСС. Тем не менее, наибольший интерес вызывает формирование первых типовых проектов больниц.

Третий этап относится к 1940-1945 гг. (период Великой Отечественной войны). Медицина требовала мобилизации и усиления внимания к себе. В результате, появляются такие новые направления объектов здравоохранения как нейрохирургический госпиталь, станции переливания крови, челюстно-лицевые госпитали, эвакогоспиталь (восстановительная хирургия). Новые объекты организовывались в приспособленных зданиях, ввиду чего их планировочное решение было весьма разнообразно и едва ли характеризовало какое-то новое архитектурно-планировочное решение.

Четвертый этап (1945-1959-е гг.) характеризуется реорганизацией объектов здравоохранения, сложившихся в довоенный и военный периоды. В это время появляются первые поликлинические комплексы на базе больниц.

Следующий этап развития системы здравоохранения относится к 1960-м годам. На этом этапе идет активное увеличение количества лечебных учреждений а также развитие уже существующих больниц в лечебные комплексы путем пристраивания дополнительных блоков. В дальнейшем именно это послужило основой сложной структуры современных комплексов объектов здравоохранения, которую зачастую бывает невозможно реорганизовать.

Шестой этап (1970-1980-е гг.) проходит под лозунгом модернизации того, что уже было построено. Количественное расширение сменяется пространственной реорганизацией среды объектов здравоохранения. Появляются первые научные работы по направлению реновации больничных комплексов и прогнозированию развития системы здравоохранения с целью выявления перспективных направлений в проектировании лечебных учреждений.

Завершающий этап согласно научной работе относится к периоду 1990-х годов. В это время происходит стагнация в строительстве объектов здравоохранения, начинается активная вертикальная интеграция, в ходе которой поликлиники, больницы, профилактические комплексы объединяются между собой.

Интерес данной научной работы в том, что она рассматривает эволюцию системы здравоохранения в целом. Несмотря на то, что исследование производится на базе Нижнего Новгорода, эволюционные этапы имеют общеисторический характер и с высокой долей вероятности применимы к любому крупному городу нашей страны.

Тем не менее, в этой работе слабо прослеживается эволюционный путь конкретно-взятого типа объекта здравоохранения (в нашем случае кардиологические центры), который может значительно отличаться от выведенной автором диссертации общей эволюции системы здравоохранения.

Выводы научной работы имеют общий характер и применимы к любому направлению строительной индустрии: будь то образовательные учреждения, жилые комплексы, культурные центры или объекты здравоохранения. Среди факторов, влияющих на эволюцию объектов здравоохранения автор выделяет социальный аспект, культурный, экономический, демографический, политический и др. Конечным продуктом научной работы является разработка общих и специальных принципов проектирования объектов здравоохранения.

В одном случае речь идет об общепринятых принципах проектирования любого общественного центра и пространства, в другом о цитировании профессиональной документации (СНиП 21-01-97* «Пожарная безопасность зданий и сооружений»; СНиП 2.08.02-89 «Проектирование зданий медицинских учреждений» и СанПиН 2.1.3.2630-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность»). Автор научной работы выделяет для себя принцип проектирования «город-больница», в котором он рассматривает объект с точки зрения эстетической интеграции в среду.

2. Следующая наиболее интересная диссертация по направлению «архитектура и медицина» принадлежит автору Геновой Боряне Тодоровой «Принципы системного формирования гибкой планировочной структуры и ее применения при реконструкции больничных комплексов на примере окружных больниц в НРБ (1981 г). НРБ – Народная Республика Болгария.

Эта научная работа предшествовала предыдущей диссертации и в какой-то мере является более конструктивной: работа написана в период острой необходимости реструктуризации типовых больничных комплексов, построенных в период плановой советской экономики, и переведение их в разряд многофункциональных лечебных комплексов. Все исследования автор научной работы проводил на базе многопрофильных больниц в НРБ. Анализ объектов проводился не только путем полевого анкетирования пациентов многопрофильных центров но также были рассмотрены и сами проектные решения институтов, разрабатывавших планировочные решения больниц. В частности, изучались практические наработки таких проектных организаций как: Гипрониздрав – СССР, Бюро проектов службы здоровья – ПНР, НИТПИ по ЗС – Болгария, Институт технологии учреждений здравоохранения – ГДР. Научная новизна работы была обусловлена тем, что в 80-е гг. прошлого века наблюдалось отсутствие теоретической базы в области проектирования многопрофильных центров: такой тип объектов здравоохранения явился новым этапом эволюции больничных комплексов.

В результате научных исследований автор пришел к выводу, что реорганизация системы здравоохранения возможна путем формирования целостных больничных комплексов и ликвидации их разобщенности. Было предложено изначально разрабатывать открытые планировочные решения больничных комплексов, которое в дальнейшем позволит поэтапно возводить новые блоки объекта без ущерба его планировочной структуре. Также автор предлагает подобно разбивке генплана в проекте будущего комплекса закладывать основные пешеходные и транспортные артерии и последующее наращивание объема комплекса осуществлять вокруг них. Для предотвращения существующих проблем по перепланировке блоков автор научной работы предлагает использовать большепролетные конструкции зданий. Считаю, что

результаты данной работы могут быть успешно использованы не только структуре больничного комплекса, но также и при проектировании такой сложной структуры как клинико-инновационный центр.

Рис. 2

3. Еще одной наиболее близкой по тематике научной работой является диссертация Шаповалова Виктора Федоровича «Принцип упреждающих реконструкций в архитектуре лечебного комплекса» (1973 г).

Эта работа представляется наиболее интересной из-за своей структуры. В первой главе автор, как и Чеберева Ольга, в своей работе рассматривает исторические этапы становления архитектуры объектов здравоохранения. Оценка лечебных комплексов ведется не в 7, а в 4 этапа: ранние периоды формирования общества; больницы 13-19 вв.; больничные комплексы предреволюционной России; лечебные учреждения периода СССР. В данном случае речь идет о более абстрактной оценке эволюции объектов здравоохранения. В диссертации автор предварительно рассмотрел эволюцию лечебных комплексов, что уже может служить базой для аналитической работы. Данный метод анализа объектов здравоохранения наиболее полный и объективный. Тем не менее, мы не считаем возможным использовать его в полной мере, так как медицина претерпела значительные изменения со времен Советского периода: медицина вплоть до периода распада СССР развивалась линейно подобно кроне деревьев, однако в период расцвета капитализма приобрела диффузный характер. В таком случае практически невозможно выявить первичную эволюционную ветвь системы здравоохранения.

Ко времени написания диссертации медицина столкнулась с проблемой соответствия плановой экономики в системе здравоохранения постоянной модернизации принципов и методов лечения. Как указывает автор, медицинское оборудование и способы лечения полностью устаревают и заменяются каждые 5-10 лет. При этом 5 лет – период очередного плана по развитию системы объектов здравоохранения. К моменту реализации плана объекты уже устаревают и нуждаются в реновации, которая невозможна по причине жесткой и замкнутой структуры больниц и поликлиник того периода. Таким образом, плановая экономика СССР препятствовала модернизации системы здравоохранения. Для Шаповалова целью исследований была разработка принципов проектирования более гибкой и свободной планировочной структуры больниц и поликлиник, которая в дальнейшем позволила бы безболезненно осуществлять модернизацию зданий и сооружений.

Наиболее конструктивным выводом в работе является заключение о необходимости проектировать здания объектов здравоохранения с учетом возможного развития как по горизонтали, так и по вертикали. Именно такой вывод звучал и в диссертации Чеберовой Ольги. Таким образом, мы открываем для себя новые практические реалии: между написанием научных работ Чеберевой и Шаповалова прошло 36 лет, однако проблема реновации и реконструкции объектов здравоохранения по-прежнему упиралась именно в жесткую и замкнутую структуру зданий.

4. Из зарубежной научной литературы рассматривался предпроектный анализ по проектированию оздоровительного комплекса: «Оздоровительная клиника – новое направление в проектировании объектов здравоохранения» Тимоти Майкл Криз (2012 г.), ориг. «The Wellness Clinic: A New Approach to Healthcare Design». Выбор именно этой научной работы объясняется в первую очередь желанием оценить зарубежный подход в анализе структуры объекта здравоохранения и предложения путей возможного решения существующих проблем. В статье автор предлагает интегрировать образовательную и профилактическую программы в структуру объекта здравоохранения. Такая идея была озвучена также и в научной работе Чеберевой. Однако у нее функции оздоровления в рамках медицинского учреждения уделялось второстепенное внимание. Майкл Криз, напротив, предполагает, что внедрение и качественное развитие оздоровления (профилактики заболеваний) является ключевой позицией в ходе повышения эффективности медицинского учреждения. При этом задачей архитектора становится разработка сложной структуры медицинского комплекса нового поколения.

Криз как и Федорович в своей работе приходит к выводу о необходимости разработки и внедрения в практику гибкой структуры объектов здравоохранения (flexible design). Для автора «гибкая структура» обозначает строительство по принципам, когда объект может адаптироваться к необходимым изменениям. Содействовать этому могла бы модульная система, в которой был бы запроектирован объект, и которая позволила бы комнатам смещаться и увеличиваться в определенном масштабе. В статье указывается на большое количество причин, по которым выгодно проектировать и строить по такому принципу. Во-первых, в постоянно меняющейся индустрии здравоохранения, проектирование с использованием гибких структур позволяет объектам адаптироваться к этим изменениям без каких-либо ограничений. Во-вторых, проектирование гибкости не всегда обозначает реновацию пространства, вместо этого речь может идти об изменениях в качестве эксплуатации пространства. И наконец, планирование возможности расширения и реновации может сократить расходы на эти работы.

В противоположность позиции Криза, современные клинические комплексы России базируются исключительно на физическом факторе (здоровье пациентов зависит только от технологий лечения; структура объектов здравоохранения максимально рациональна в каждой отдельной ячейке).

Майкл Криз рассмотрел одно из наиболее распространенных видов заболеваний среди населения США – ожирение. И он предложил разрабатывать узкоспециализированные лечебные комплексы (wellness clinic) с функцией общего оздоровления организма. Такой подход не просто будет бороться с уже имеющимся ожирением населения, но также будет снижать процент вновь возникшего ожирения у нового поколения.

Рис. 3, представленный ниже, является наглядной демонстрацией структуры оздоровительного объекта здравоохранения по Кризу. Автор научной работы предлагает рассматривать здоровье человека как полный спектр его социальной и психологической жизни во взаимодействии с окружающей средой.

Рис. 3

5. В качестве законодательных актов в области архитектурного проектирования рассматривались такие документы как СНиП 2.08.02-89 «Проектирование зданий медицинских учреждений» и СанПиН 2.1.3.2630-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность». Рассмотрим подробнее эти два документа.

СНиП 2.08.02-89 «Проектирование зданий медицинских учреждений»

Данный свод документов разработан для того, чтобы влиять на планировочные решения, набор и площади помещений объектов здравоохранения. Он отражает в себе основные принципы проектирования объектов здравоохранения и направлен на:

– гуманизацию современной больницы (создание комфортных условий пребывания для пациентов и родственников, детей и родителей, создание открытой и понятной среды для всех категорий пользователей);

– применение высоких медицинских технологий (развитие зон диагностики и лечения, создание новых типов объектов здравоохранения);

– разделение больниц и отделений по степени интенсивности оказания медицинской помощи (классификация объектов здравоохранения на: стационары на дому, дневные стационары, объекты ухода, постинтенсивного и специализированного интенсивного лечения);

– рациональное устройство рабочих мест персонала (таких как зоны отдыха и гигиены);

– разработку современных систем инженерного обеспечения больницы (системы электроснабжения, водоснабжения, вентиляции, кондиционирования и т.д.).

СНиП 2.08.02-89 является полезным пособием при проектировании объекта здравоохранения: на него удобно опираться в случае, когда возникают вопросы в правильности принятого решения. В нормативе рассматриваются не только принципы проектирования самого объекта, но также и необходимые требования к осваиваемой территории и даже правила санитарного режима. Наиболее полезными для своей будущей работы я выделил следующие пункты СНиП:

– требования к планировочной организации участка. Общие требования к зданиям. Вестибюльные группы. (общие требования к участку и зданию);

– требования к планировочной организации участка. Общие требования к зданиям. Вестибюльные группы. (палатные группы, жилые группы, приемные отделения);

– высокотехнологичные подразделения;

– организации, (отделения, кабинеты) амбулаторно-поликлинические, диагностические, восстановительного лечения;

– вспомогательные и хозяйственные подразделения медицинских организаций.

Каждый из этих разделов включает в себя несколько подразделов, где рассматривает блоки различного медицинского профиля. Разработанная классификация позволяет в дальнейшем провести графическую систематизацию блоков для визуальной оценки возможности их взаимодействия.

Также напрямую связаны с моей настоящей работой такие разделы документа как:

7.2. Высокотехнологичный операционный блок.

8.3. Диагностические отделения (кабинеты).

8.3.1. Отделения (кабинеты) функциональной и эндоскопической диагностики.

8.3.2. Отделения (кабинеты) медицинской визуализации.

8.3.3. Отделения (кабинеты) восстановительного лечения.

8.3.5. Лечебно-трудовые мастерские, кабинеты арт-терапии и т.п.

9.2. Дистанционно-консультативный центр телемедицины с выездными бригадами.

Совокупность этих блоков будет рассматриваться мной при разработке нового типа лечебно-оздоровительного комплекса по профилактике, диагностике и лечению болезней системы кровообращения.

Как и заявлено в рекомендации, СНиП 2.08.02-89 «Проектирование зданий медицинских учреждений» является полезным и удобным пособием для проектировщиков. Однако он является по большей части конструктором для дальнейшей работы нежели конкретными практическими рекомендациями. И эффективность этого

документа зависит от уровня профессионализма проектирующего архитектора. А профессиональный архитектор в области проектирования объектов здравоохранения явление редкое. Таким образом, предпочтение отдается не самостоятельному изучению данного документа, а сотрудничеству с врачами и технологами.

Я не считаю возможным предложить модернизацию всего СНиП в рамках этой научной работы. Моя задача показать, каким образом на базе данного конструктора разработать конкретное современное эффективное предложение по новому типу объектов здравоохранения. И после этого внести новую главу в этот нормативный документ. В дальнейшем, по мере развития способов лечения и, в связи с этим, появления новых типов лечебных учреждений будет возможно дополнительное развитие СНиП 2.08.02-89 «Проектирование зданий медицинских учреждений». Таким образом, перспективы данного документа очень велики.

СанПиН 2.1.3.2630-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность»

Более новым документом в области проектирования объектов здравоохранения является СанПиН 2.1.3.2630-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность». Очевидным является то, что составители данного приложения опирались на предыдущий документ. При этом, хочу отметить, СанПиН представляет большую пользу для технологов, так как в большей мере в нем рассматриваются принципы функционирования медицинских объектов различного типа и меры санитарной безопасности на объектах здравоохранения. Практически половина данного документа рассматривает необходимые меры по дальнейшему эффективному содержанию лечебных комплексов различного типа. В документе в общих чертах рассматриваются принципы проектирования таких типов лечебных учреждений как, например:

10.1. Приемные отделения стационаров.

10.3. Палатные отделения хирургического профиля.

10.5. Отделения реанимации и интенсивной терапии.

10.7. Палатные отделения стационара для лечения детей.

10.8. Отделения для лечения инфекционных больных.

10.10. Отделения физиотерапевтического и восстановительного лечения.

10.14. Отделения лучевой диагностики.

10.15. Подразделения скорой и неотложной помощи.

10.16. Патологоанатомические отделения и отделения судебно-медицинской экспертизы.

СанПиН 2.1.3.2630-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность» потерял определенную долю важной для проектировщика информации, изложенной в СНиП 2.08.02-89 «Проектирование зданий медицинских учреждений»: все вышеуказанные отделения рассматриваются не столько с точки зрения архитектурно-планировочных принципов, сколько с позиции технологов, которые должны учесть эксплуатационный режим блока, установку специального медицинского оборудования, хранение медицинского инвентаря а также определить какие пациенты и в каком режиме будут использовать помещения отделения.

Стоит отметить, что СанПиН в отличие от СНиП служит конкретизирующим документом при проектировании определенного отделения; он не рассматривает возможность разработки объекта здравоохранения нового типа, хотя разработан на базе санитарных норм и правил. Внесение дополнений в СанПиН 2.1.3.2630-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность» будет иметь более ограниченный характер и, скорее всего, будет представлять еще один пункт в блоке 10 «Санитарно-эпидемиологические особенности организации подразделений различного профиля». Однако, для этого необходимо будет разработать не только архитектурно-планировочную структуру нового объекта, но также и определить режим эксплуатации образующих его отделений.

Вывод по анализу отечественного и зарубежного опыта в исследовании проектирования системы здравоохранения

В ходе анализа литературы нами было отмечено наличие определенных качественных наработок в области архитектуры объектов здравоохранения. Однако большинство из них обусловлены исторической необходимостью модернизации медицинских зданий и комплексов. И пока ни одна из изученных работ не нашла своего отражения в документации по проектированию объектов здравоохранения (СНиП); скорее речь идет об анализе СНиП 2.08.02-89 «Проектирование зданий медицинских учреждений» и на ее основе построения диссертации. Все изученные публикации, несмотря на свое изначально различное поисковое направление, приходят к заключению о необходимости организации гибкой планировочной структуры больничных комплексов. Связано это с тем, что обновление медицинских технологий происходит в разы быстрее внедрения инноваций в других сферах жизни общества: социальной, культурной, политической. Медицина не терпит консервативных технологий и планировочных решений, тормозящий развитие и расширение лечебных комплексов. В своей научной работе я рассматриваю следующий перспективный этап развития медицинских технологий – внедрение оздоровительной практики в комплексы объектов здравоохранения. На данный момент осознание необходимости не только совершенствовать технологии лечения но в первую очередь развивать принципы оздоровления и профилактики еще не пришло в практику системы здравоохранения в нашей стране. Тем не менее, в США, Канаде, Германии, Норвегии и ряде других стран успешно практикуют внедрение комплексов оздоровления в структуру клинических центров. И этакое предложение зачастую оказывается эффективнее развития технологий лечения уже образовавшихся заболеваний: такие заболевания как рак до сих пор не имеют эффективного способа лечения.

В этом отличие нашей научной работы от диссертаций Чеберевой, Геновой, Шаповалова: мы рассматриваем перспективную, реальную проблему. Во всех рассмотренных в этой статье диссертациях разработка научно-практических рекомендаций осуществлялась параллельно с практической работой проектных институтов и независимо от них. Ни одно из предложений в итоге не нашло свою реализацию на практике. И в результате, каждый последующий автор рассматривал уже изученную проблему, но под другим углом. Проблема заключалась в невозможности сразу реконструировать всю систему здравоохранения. Наша научная работа будет рассматривать принципы архитектурной модернизации комплексов медицинских соматических стационаров по направлению заболеваний системы кровообращения. Узкая специализация диссертации позволит детально изучить данное направление и разработать тесную связь между архитектурной практикой и медициной. Развивать общее направление принципов упреждающих реконструкций малопродуктивно в наше время по причине неосвоенных предыдущих исследований: практика проектирования объектов здравоохранения в нашей стране сильно отстает от теоретических исследований. На этом этапе важно уделить внимание конкретной области медицины, а именно, заболеваниям системы кровообращения, так как на их долю приходится более 50 % всей заболеваемости и смертности населения. В научной работе мы не только рассмотрим существующую планировочную структуру подобных объектов, но предложим ее развитие с интеграцией таких функций как оздоровление и просвещение населения. Главной задачей архитектора в этой работе будет разработка модели современного комплекса по лечению заболеваний системы кровообращения, отвечающей следующим требованиям:

– городской среды (интеграция в городскую застройку, энергоэффективность и экологичность технологий);

– профессионального персонала (с учетом требований СанПиН 2.1.3.2630-10);

– посетителей (комфортное пребывание, интуитивно понятная планировочная структура, короткие рациональные внутренние связи).

Концепция получит возможность дальнейшего развития и модернизации, которые постоянно проходят в системе здравоохранения.

Список библиографических ссылок

1. Бинданда А.А. Архитектурно-планировочная организация медицинских учреждений в Анголе: дис. канд. архит. – М.: Академия, 2015. – 182 с.
2. Чеберева О.Н. Принципы архитектурной модернизации комплексов медицинских соматических стационаров на примере городских больниц Нижнего Новгорода: дис. канд. архит. – Н. Новгород: Академия, 2009. – 210 с.
3. Генова Б.Т. Принципы системного формирования гибкой планировочной структуры и ее применения при реконструкции больничных комплексов на примере окружных больниц в НРБ: дис. канд. архит. – М.: Академия, 1981. – 155 с.
4. Шаповалова В.Ф. Принцип упреждающих реконструкций в архитектуре лечебного комплекса: дис. канд. архит. – Л.: Академия, 1973. – 180 с.
5. Пособие по проектированию учреждений здравоохранения (к СНиП 2.08.02-89). Введ. 1990.05.25. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 54 с.
6. Creasy T.M. The Wellness Clinic: A New Approach to Healthcare Design: master's Thesis. – Nashville: University of Tennessee, 2012. – 52 p.
7. Kras I.M.C. Sustainable hospital buildings: master's Thesis. – Amsterdam: Technical University of Delft, 2011. – 115 p.
8. Kimia Samimi. Children's Cancer and Transplant Hospital: a Micro Town within a Bubble: master's Thesis. – Amherst: University of Massachusetts, 2012. – 111 p.

Shinkarev A.N. – post-graduate student
E-mail: shinkarev-90@mail.ru
Prokofiev E.I. – candidate of architecture, professor
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Analysis of domestic and foreign experience in research of objects of health care system design

Resume

The scientific work considers the analysis of the structure of various health care facilities. The purpose is to structure the existing principles of modeling and organizing medical facilities in various fields of the environment. This study will form the basis of future dissertation, whose task will be to develop the principles of the formation of the architectural and planning features of therapeutic and prophylactic center for the diagnosis and treatment of diseases of the circulatory system. The selected direction healthcare facilities due to the fact that during the analysis of the scientific Russian increased mortality of the population because it circulatory system disease was detected (50 % deaths).

This study examines existing scientific publications and dissertations of domestic and foreign origin in health facilities design principles in various fields. The presented analysis enables us to understand how the correct forms (effective) among the medical health complex. In addition, this study provided the opportunity to trace the evolution of health care facilities, allowing you to make certain assumptions concerning the future development of therapeutic systems.

Keywords: health system structure, planning of medical facilities, foreign clinics, the structure of the Soviet clinics, hospital’s structure.

Reference list

1. Bindanda A.A. Architectural and planning organization of medical institutions in Angola: dis. cand. architect. – M.: Academy, 2015. – 182 p.
2. Chebereva O.N. Principles of architectural upgrading of medical facilities somatic hospitals on the example of the city hospitals of Nizhny Novgorod: dis. cand. architect. – Nizhny Novgorod: Academy, 2009. – 210 p.
3. Genova B.T. Principles of system formation flexible planning structure and its use in the reconstruction of hospital complexes on the example of district hospitals in NRB: dis. cand. architect. – M.: Academy, 1981. – 155 p.
4. Shapovalov V.F. The principle of anticipatory reconstruction in architecture of medical complex: dis. cand. architect. – L.: Academy, 1973. – 180 p.
5. The design of health care facilities Handbook (to SNIP 2.08.02-89). Enter. 1990.05.25. – M.: Publishing House of Standards, 1990. – 54 p.
6. Creasy T.M. The Wellness Clinic: A New Approach to Healthcare Design: master's Thesis. – Nashville: University of Tennessee, 2012. – 52 p.
7. Kras I.M.C. Sustainable hospital buildings: master's Thesis. – Amsterdam: Technical University of Delft, 2011. – 115 p.
8. Kimia Samimi. Children's Cancer and Transplant Hospital: a Micro Town within a Bubble: master's Thesis. – Amherst: University of Massachusetts, 2012. – 111 p.

УДК 711.42
Балакина Л.А. – кандидат архитектуры, доцент
E-mail: bamila@list.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Временные поселения: история и градостроительное развитие

Аннотация

Статья посвящена обобщению практического опыта создания временных поселений, что является актуальной задачей в сложившейся геополитической ситуации. Исторический экскурс даёт представление о ретроспективе развития временных поселений. В качестве образца представлена планировочная структура Стана Израильского в авторской графоаналитической интерпретации по описаниям в текстах Библии. Выявлены типологические особенности современных временных поселений и сопоставлены с историческими примерами. Произведённый анализ их градостроительных характеристик положен в основу систематизации полученных результатов. Представлена предлагаемая классификация временных поселений, отражающая различные аспекты их организации. Настоящее исследование показывает основные принципы формирования временных поселений и даёт основание прогнозировать перспективы развития.

Ключевые слова: древние кочевые поселения, стан Израиля, виды современных временных поселений, планировочная структура, систематизация, перспективы градостроительного развития.

В наше время нестабильная геополитическая ситуация, социальные, техногенные и экологические катастрофы и стихийные бедствия порождают проблемы экстренного размещения людей во временных поселениях. Экстремальные ситуации, возникающие в кризисных обстоятельствах, вынуждают пострадавших срочно покидать свои дома в привычных местах проживания и переселяться на более безопасные новые территории. В нашей статье рассматриваются различные аспекты современного процесса появления временных поселений с целью их систематизации.

История временных поселений уходит корнями в далёкое прошлое. Доисторические временные поселения представлены кочевыми станами, упоминания о которых встречаются в авторитетном древнейшем письменном источнике: в ветхозаветных книгах Библии [1]. Наибольшее количество подробностей приводится в описаниях Стана Израильского: о численности населения, о характере жизнедеятельности, об условиях существования, местонахождении, организации пространства, об элементах планировочной структуры. Не все эти сведения присутствуют в конкретном выражении, некоторые сокрыты в контексте [2; 3].

В начале сорокалетнего странствия избранного народа по пустыни, когда стан расположился у горы Синай, у него ещё не было определённой структуры, и он вполне мог иметь какую угодно конфигурацию, в том числе и подковообразную как наиболее рациональную при таком местоположении. С первого дня первого месяца второго года странствия центральное место в Стане Израильском заняла Скиния Завета, сооружённая по Божьему указанию [1, Исх. 38(9-20), 40(1)]. Через месяц Господь Бог определил структуру стана, о чём поведал пророку Моисею [1, Чис. 2(1-32].

На основании библейских сведений предположительно можно составить описание Стана Израильского, используя современную терминологию. Он был поселением кочевого типа. В его структуре явно прослеживаются признаки упорядоченности, регулярности и чёткое функциональное зонирование. Зона общественного пространства формируется в его середине, где центральное место занимает Скиния с её двором, ориентированным входом на восток. Из контекста можно сделать предположение, что это сакральное сооружение находилось на площади, хотя впрямую об этом не сказано. Условно в стане можно выделить пять «районов»: Центральный, Восточный, Южный, Западный и Северный,

каждый из последних четырёх был поделён как бы на три «микрорайона» по числу колен Израилевых. Главная «улица» предположительно вела от главного входа в стан к площади со Скинией, следовательно, была ориентирована в направлении восток-запад. При таком её расположении удобно было отправляться в путь в порядке, определённом Создателем [1, Чис. 10(13-28)]. Жилая зона состояла из шатров различной вместимости [1, Исх. 16(16)] и, очевидно, занимала обширную территорию. В пределах поселений каждого из двенадцати родовых станов, численность населения которых была от 32,2 до 74,6 тыс. жителей, планировочная структура жилой «застройки», сформированной шатрами, вероятно, также была регулярной. Возможно, там были свои «улицы» и свои площади для собраний. Пешеходные связи двенадцати родовых станов, несомненно, вели к главной площади, а также к выходам через ворота, число которых из текстов неизвестно. Видимо, были и главные ворота, так как упоминается «вход в стан» [1, 1Пар. 9(19)], а при них, наверняка, была и площадь. Лагерь вооружённой охраны, скорее всего, мог располагаться при главном входе, а посты охраны Стана Израильского, вероятно, рассредоточивались по всему периметру его внешних границ на расстоянии в пределах видимости. Об ограждении Стана Израильского конкретно ничего не сказано, но неоднократное упоминание ворот [1, Исх. 32 (26-27) и др.] предполагает его наличие. За пределами стана располагались: жертвенники [1, Исх. 29(14)], лепрозорий [1, Лев. 13(46), Чис. 5(2)], места для испражнений, стирки и помывки [1, Лев. 16(28), Вт. 23(11-14)], наверное, там были и загоны для скота [1, Быт. 33(17)]. Несомненно, эта зона была на некотором расстоянии от стана – т.е. предусматривалась некая санитарно-защитная полоса.

Обобщая приведённые сведения и предположения, можно сделать вывод о том, что Стан Израильский имел центричную конфигурацию плана правильной геометрической формы, ориентированную по сторонам света: возможно, в виде правильного многоугольника с количеством сторон, кратным четырём, а скорее всего квадратной или круглой формы. Функциональное зонирование территории стана было чётко выражено. Плотность «застройки» была высокой. Планировочная структура была упорядоченной, пешеходные связи были рациональными. Границы стана были фиксированы ограждением. Представлена авторская графоаналитическая реконструкция (рис. 1) [4].

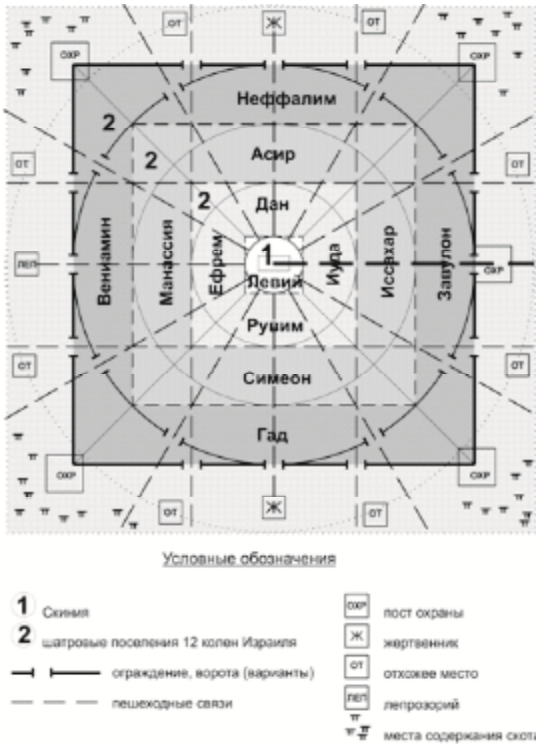
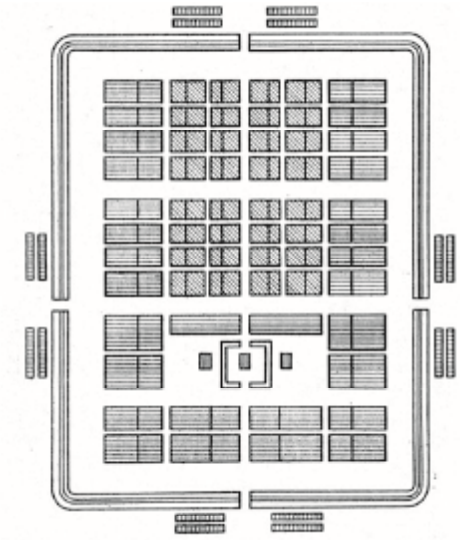


Рис. 1. Стан Израильский – гипотетическая планировочная структура.
Реконструкция Л.А. Балакиной

Интересно проследить характерные особенности мобильных поселений последующих периодов истории и сопоставить со структурными элементами стана Израильского. Обратимся к известному в истории архитектуры и градостроительства хрестоматийному примеру: рассмотрим древнеримский военный лагерь – castrum (рис. 2).



План римского военного лагеря, защищенного валом и рвом. Ряды улиц с палатками воинов. Внизу – площадь для сходок с палаткой полководца (преторий) в центре

Рис. 2. Каструм – римский военный лагерь

Две основные взаимно перпендикулярные композиционные оси (улицы cardo и decumanos), ориентированные по странам света соответственно С-Ю и З-В, при пересечении образуют forum в центральной части лагеря. Сетка улиц соответствует заданной жесткой геометрической системе. В каструме проживало приблизительно 5 тыс. человек. Такой тип военного лагеря повсеместно утвердился во времена античности. Впоследствии на их месте возникли города, в историческом ядре которых сохранилась структура этих каструмов – так называемая гипподамова система планировки поселений. С V века она утвердилась и стала применяться во всех городах на обширной территории Римской империи на протяжении десяти веков (например, в Южной и Западной Европе, в Малой Азии, на Ближнем и Среднем Востоке, в Северной Африке). Эта система планировки встречается по всему миру в городах разных периодов, и до сих пор она не устарела [4; 5].

Невозможно не отметить явное сходство основных планировочных элементов стана Израильского и римского военного лагеря, а именно:

1) строгое функциональное зонирование территории;

2) геометрическая сетка улиц;

3) наличие главных взаимно перпендикулярных улиц;

3) их ориентация по странам света север-юг и восток-запад;

4) организация главной площади на пересечении главных улиц;

5) размещение на этой площади общественно значимых объектов;

6) формирование жилой зоны посредством размещения шатров способом регулярной расстановки;

7) наличие ограждения;

8) компактность временного поселения.

Эти важные особенности обеспечивают высокую манёвренность, дают возможность быстрой дислокации. Различие же рассматриваемых образцовых примеров состоит в целях, назначениях, количестве проживающих и их демографическом составе, в особенностях жизненного уклада.

В последующие исторические периоды на различных территориях также встречались похожие временные поселения. В структуре некоторых из них

прослеживаются узнаваемые характерные планировочные особенности, выявленные в ветхозаветных описаниях стана Израильского, например, это скандинавский военный лагерь Аггесборг на 5,5 тыс. человек (XI век), лагерь авангарда русского войска в походе 1689 года и многие другие [5]. Характерными чертами их планировочной структуры были: мобильность, компактность, чёткое функциональное зонирование, строгая геометричность размещения жилищ. Временные поселения древних и средних веков в основном предназначались для проживания кочевых народов, для проживания воинов во время завоевательных походов, для размещения работников при строительстве каких-либо крупных сооружений и комплексов.

Реалии современной жизни порождают другие обстоятельства востребованности временных поселений, в связи с этим появилось много новых причин для возведения краткосрочного маневренного жилья и существует большое типологическое разнообразие временных поселений.

В настоящее время ежегодно в мире десятки миллионов человек лишаются крова. Вот некоторые примеры таких критических событий, произошедших в последние годы.

Природные стихийные бедствия: наводнения в Мьянме (2008 г.), на Дальнем Востоке (2012 г.), в Германии и Малайзии (2014 г.), в Луизиане (2016 г.); землетрясения в Китае (2008 г.) и на Гаити (2010 г.); извержение вулкана в Исландии (2010 г.); ураган на Филлипинах (2015 г.), тайфуны в Китае (2013, 2016 гг.), последнее землетрясение в Италии (2016 г.) и др.

Социальные катастрофы: распад Югославии (к 2008 г.), революции в Грузии (2008, 2011 гг.), в Украине (2013 г.), в Египте (2013 г.), в Тунисе (2010 г.) и др.; войны в Ливии и Сирии (2011 г.), в Ираке (2014 г.), в центральной Африке (с 2012 г.), в Афганистане (с 2015 г.), в Украине и на Донбасе (с 2014 г.) и др.; теракты в в Нью-Йорке (2011 г.), Париже и Сане (2015 г.), в 2016 году – в Орландо, в Ницце, в Брюсселе, в Багдаде, в Дамаске, в Стамбуле и др. К социальным катастрофам также можно отнести и мировые экономические кризисы (2008, 2015 гг.).

Техногенные катастрофы: аварии на химзаводе в Бхопале (1984 г.), на АЭС в Чернобыле (1986 г.), на Саяно-Шушенской ГЭС (2009 г.), на японской АЭС «Фукусима» (2011 г.) и др.

Другие экстремальные ситуации, повлекшие трагические последствия: например, 1) пожары: в пригороде Манилы уничтожено 400 домов и 1,2 тыс. людей лишились крова (2015 г.), в Сан-Паулу – 200 домов (2014 г.), в Вальпараисо – 2,9 тыс. домов и 12,5 тыс. человек (2013 г.), в Тверской области эвакуировано 480 человек (2010 г.) и др.; 2) обрушение строительных конструкций: например, по причине взрыва бытового газа разрушились перекрытия всех квартир одного подъезда 9-этажного жилого дома в Волгограде (2015 г.), в Ярославле по этой же причине обрушился весь подъезд 5-этажного жилого дома (2016 г.).

Приведённые неполные данные об экстремальных обстоятельствах и их последствиях убедительно демонстрируют масштабы причинённого ущерба. Многочисленные чрезвычайные ситуации порождают проблемы экстренного расселения пострадавших, которые исчисляются сотнями тысяч. Масштабность и острота вынужденной миграции предопределило её превращение из национальной проблемы в интернациональную. При вынужденной миграции серьёзно нарушается социальная интеграция человека, когда он перемещается в другую среду, болезненно разрывая социальные связи и искусственно создавая их на новом месте [6]. В этом контексте поселения мигрантов следует рассматривать как социально-интегрированные градостроительные комплексы [7].

В последние несколько лет вследствие военных действий на Ближнем Востоке хлынул неконтролируемый поток беженцев в страны Западной Европы, их количество исчисляется уже миллионами, и наиболее остро стоит проблема их расселения. Актуальность решения жилищных проблем вынужденных переселенцев очевидна: необходимо в кратчайшие сроки создавать временные прибежища, обеспечивающие безопасность и элементарные условия проживания. Актуальность создания маневренного фонда возрастает и в условиях крупных городов для других групп людей, нуждающихся

во временном проживании – туристы, волонтёры, паломники, бездомные, трудовые мигранты, беженцы и т.д. [8].

Во многих странах мира накоплен большой опыт разработки мобильного жилья и формирования временных поселений. В нашей стране в 1960-1980 годах велись научно-практические работы по освоению новых территорий при строительстве крупных промышленных объектов, и в этом накоплен богатый опыт (КамАЗ, ВАЗ, БАМ, газопровод Уренгой-Помары-Ужгород и др.). Приток в Россию трудовых мигрантов из среднеазиатских республик с 2003 и украинских беженцев с 2014 года обусловили необходимость проектирования и строительства временных поселений различной численности, которые должны иметь системную целостность, специфическую морфологию, рациональную схему функциональных связей. Следует предусмотреть возможность трансформации временного жилья в постоянное, поскольку в некоторых случаях временные поселения могут стать постоянными, а также продумать целесообразность создания развитой инфраструктуры.

Анализ градостроительных аспектов временных поселений даёт возможность классифицировать их по различным признакам:

– По временному фактору. Понятия времени проживания и времени существования таких поселений не всегда определённы. Поскольку чрезвычайные ситуации непредсказуемы, и не всегда есть гарантия воссоздания утраченного жилья, строительства нового, и продолжительность восстановительных работ весьма неопределённа, то невозможно прогнозировать срок проживания во временных поселениях. Некоторые исследователи приводят следующие данные продолжительности существования временных поселений: 2-3 недели, 1-2 сезона, 6-12 лет, 15-20 лет (базовые поселки геологических экспедиций, работников по добыче и переработке полезных ископаемых) [9].

– По волеизъявлению:

1) добровольное (например: поселения туристов, волонтёров, паломников, дачников);

2) принудительное (например: лагеря для военных сборов);

3) добровольно-принудительное например: временные поселения по месту приложения труда, детские летние лагеря).

– По роду занятий, социальному статусу, контингенту: изыскатели, строители, лесорубы, вахтовые работники, пастухи, охотники, переселенцы, беженцы, бездомные, девиантные личности, школьники, студенты, туристы, спортсмены, болельщики, волонтёры, отдыхающие, садоводы, участники тренингов, военнослужащие и др.

– По демографическому признаку:

1) дети-подростки-взрослые (летние детские лагеря для отдыха, сезонные трудовые лагеря для подростков, военно-патриотические лагеря для школьников, лагеря для загородной практики студентов, лагеря студенческих стройотрядов;

2) мужчины-женщины (лагеря для военные сборов, лагерь для занятия народными видами творчества);

3) семейные-одинокие;

4) соотечественники-иностранцы (поселения переселенцев, цыганские таборы, поселения для мигрантов).

– По целевому назначению:

1) основное место проживания в экстренных ситуациях;

2) по месту приложения труда (проведение организационно-подготовительных работ при освоении новых экономических районов, инженерно-геологические изыскания, строительство крупных промышленных объектов, добыча ресурсов промыслового характера или промышленного назначения) [9], сезонные сельхозработы;

3) туризм (мобильные поселения вблизи объектов притяжения или по пути следования к конечному пункту назначения);

4) массовые тематические мероприятия (например, ежегодный Всероссийский молодёжный форум на о. Селигер);

5) развлечения (ролевые игры);

6) спорт (профильные спортивный лагеря для интенсивных тренировок), паломничество (религиозные места, события);

7) военные действия, учения, сборы (военно-полевые лагеря);

8) специализированный загородный отдых (детские летние лагеря, военно-патриотические спортивные лагеря для подростков, например, «Беркут» в г. Жуковском, в г. Владивостоке);

9) дачные посёлки.

– По численности проживающих (единовременного пребывания): малые (от 50 до 200 чел.), средние (от 200 до 1000 чел.), большие (от 1 до 3 тыс. чел.), крупные (от 3до 5 тыс. чел. и более). При проектировании временных поселений на территории РФ их можно рассматривать как сельские населённые пункты: СП 42.13330.2011 (актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89*) п. 4.4.

– По сезонному использованию:

1) круглогодичные;

2) сезонные (с учётом климатических характеристик местности).

– По характеру территориального использования:

1) стационарные (для периодического проживания);

2) мобильные.

– По месту расположения:

1) встроенные в городскую структуру: в общественных зданиях (палатки для мигрантов в ангаре бывшего аэропорта Берлин-Темпельхоф), на открытых общественных пространствах, не предназначенных, но приспосабливаемых для этой функции (на олимпийском стадионе в Мюнхене);

2) обособленные (автономные, специально обустроенные). В городских структурах Казани, Свияжска, Болгар – как туристических и религиозных объектах массового посещения – целесообразно формировать временные поселения простейшего типа с использованием мобильных жилищ; такие поселения не нуждаются в инфраструктуре.

– По характеру формирования планировочной структуры:

1) стихийные (рис. 3);

2) упорядоченные (рис. 4).

– По функциональной структуре (в зависимости от численности проживающих, от длительности проживания:

1) простейшие (жилая зона);

2) расширенного функционального состава (жилая зона, общественная зона, санитарно-хозяйственная зона). Организующее ядро формируется социально значимыми строениями, например, административного назначения, религиозного профиля (палаточная церковь, походная мечеть).

– По характеру размещения жилищ:

1) нерегулярные (например, лагерь беженцев около г. Кале, Франция, 2015 (рис. 3);

2) регулярные (например: палатки для миллионов мусульман в долине Мина во время хаджа – паломничества в Мекку (рис. 4);

3) смешанные (например: поселение гостей фестиваля «Октоберфест» в Мюнхене (рис. 5).

Рис. 3. Лагерь беженцев около г. Кале, Франция

Рис. 4. Хадж – паломничество в Мекку: палатки для миллионов мусульман в долине Мина

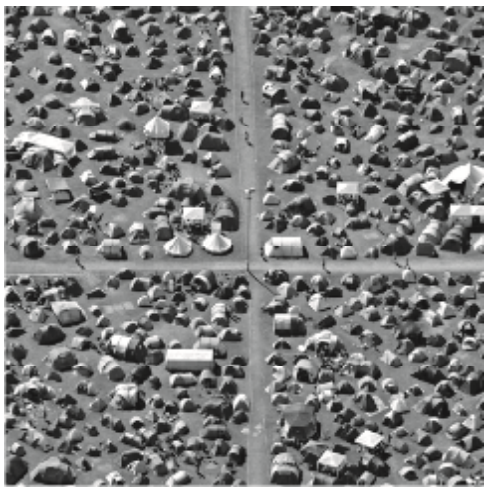


Рис. 5. Поселение гостей фестиваля «Октоберфест» в Мюнхене

– По типу используемых жилищ:

1) сборно-разборные (тентовые конструкции, унифицированные жилые модули;
2) готовые жилые ячейки-контейнеры;
3) пневматические;
4) трансформирующиеся;
5) комбинированные.

Приведём примеры простейших жилищ из зарубежной практики [10].

1. Фирма «Concrete Canvas Shelters» разработала убежище как для краткосрочного, так и для долгосрочно пребывания людей: это гибкий рулон, пропитанный цементом, который затвердевает при гидратации и образует тонкий, прочный водонепроницаемый огнеупорный слой бетона.

2. Фирма «SHRIMP» (Sustainable Housing for Refugees via Mass Production) разработала жильё для беженцев для массового производства: это компактный жилой модуль на 4 человека, который легко складывается и легко транспортируется.

3. Жилые контейнеры для проживания гостей ежегодного фестиваля пива Октоберфест в Мюнхене (рис. 5).

Следует предусмотреть возможность трансформации временного жилья в постоянное, поскольку в некоторых случаях временные поселения могут стать постоянными, и создавать развитую инфраструктуру может быть нецелесообразно. Все вышеперечисленные аспекты существенно влияют на себестоимость проекта поселка и реализацию, что является решающим фактором, определяющим сроки его возведения, состав функциональной структуры, степени комфорта и т.п.

Выводы:

1. Идеальной моделью временного поселения может служить гипотетическая планировочная структура Стана Израильского, реконструированная по библейским сведениям. Этот архетип генетически проявляется в структуре поселений последующих периодов их формирования.

2. При всех перечисленных характеристиках временных поселений и их типологическом разнообразии система жизнеобеспечения условий проживания сводится к следующим основным требованиям: безопасность, скорость возведения жилищ, элементарный комфорт, компактность размещения, обеспеченность пропитанием, возможность удаления отходов жизнедеятельности, связь с местом приложения труда.

3. Наше аналитическое исследование опыта организации временных поселений и их систематизация дают основание для размышлений об оптимизации этого процесса в перспективном развитии с целью обеспечения достойных условий существования людей.

Список библиографических ссылок

1. Библия. Книги Священного Писания Ветхого Завета. Канонические. (Бытие, Исход, Левит, Числа, Второзаконие, Первая Паралипоменон). – М.: Рос. Библ. общество, 2001. – 925 с.
2. Балакина Л.А. Архитектурная интерпретация и систематизация построек и поселений, выявленных в библейских текстах: автореф. дис. ... канд. арх. наук: 18.00.01. – М., 2008.
3. Донской И.В. Толкование библейских книг. – М.: Спутник+, 2013. – 136 с.
4. Балакина Л.А. Градостроительные аспекты мобильных поселений в библейских текстах // Европа-Азия. Сб. XX-й МНК «Современные концепции научных исследований». – М.: Eurasian Union of Scientists, 2015. – С. 3-18.
5. Градостроительное искусство. Новые материалы и исследования. Вып. 2. – М.: Едиториал УРСС, 2010. – 384 с.
6. Афонин М.В., Руденко Л.Д. Миграционные процессы в современном городе. Уч. пос. – Ярославль: ЯрГУ, 2013. – 106 с.
7. Хегай И.В. Градостроительные приёмы формирования социально-интегрированных комплексов жилой застройки // Известия КГАСУ, 2013, № 1 (23). – 91 с.
8. Аширова М.В., Айдарова Г.Н. Архитектура быстрого реагирования: концепция временного мобильного жилья в условиях чрезвычайных ситуаций // Известия КГАСУ, 2016, № 2 (36). – С. 17-21.
9. Волошина О.С., Блянкинштейн О.Н. Классификация и типология вахтовых и временных поселений применительно к условиям Красноярского края / VII ВНТК «Молодёжь и наука». СибФУ, 2011. URL: http://conf.sfu-kras.ru/sites/mn2011/section 232.html (дата обращения: 11.07.2016).
10. Кикоть Д.В., Козыренко Н.Е. Временные поселения // Новые идеи нового века. Сб. науч. трудов МНК. Т. 2. ТОГУ, 2014, (2). – С. 108-110.

Balakina L.A. – candidate of architecture, associate professor
E-mail: bamila@list.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Temporary accommodation: history and urban development

Resume

Unstable geopolitical situation, social, technological and environmental disasters and natural hazards may cause urgent problems of resettlement of people in temporary accommodation. The article is devoted to the generalization of practical experience in temporary accommodation establishing, which is an urgent task at the moment. Historical

background gives an idea about the retrospective of formation of temporary settlements. The planning structure of the Israel's encampment in the author's analytic interpretation and graphic reconstruction from the descriptions in the Bible texts is represented as the sample. The typological features of modern temporary settlements were revealed, and have been compared with historical examples. Analysis of different characteristics of the planning structure formation was produced and it became the basis for a systematization of the results. A proposed classification of temporary settlements reflects the various aspects of their organization: by the time factor, by volitional choice, according to an occupation, by social status, according contingent, according demographics, according to the intent, according to number of residents, according to seasons, by the nature of the territorial use, by location, by the nature of the formation of the planning structure, according to the functional structure, by the nature of dwellings placement, by dwellings types. The present study shows the basic principles of the temporary settlements formation and gives reason to predict the prospects of development.

Keywords: ancient nomadic settlements, encampment of Israel, the modern types of temporary settlements, planning structure, systematization, development prospects.

Reference list

1. The Bible. Books of the Old Testament. Canonical. (Genesis, Exodus, Leviticus, Numbers, Deuteronomy, First Chronicles). – M.: Russian Bible Society, 2001. – 925 p.
2. Balakina LA Architectural interpretation and systematization of buildings and settlements identified in the biblical texts: Abstract. Dis. ... Cand. of Architecture Sciences: 18.00.01. – M., 2008.
3. Donskoy I.V. The interpretation of the biblical books. – M.: Sputnik+, 2013. – 136 p.
4. Balakina L.A. Town planning aspects of mobile communities in the biblical texts // Europe-Asia. Coll. XX ISC «Modern concept of scientific research». – M.: Eurasian Union of Scientists, 2015. – P. 3-18.
5. The art of building cities. Issue 2. – M.: Editorial URSS, 2010. – 384 p.
6. Afonin M.V., Rudenko L.D. Migratory processes in the modern city. Tut. – Yaroslavl: Yaroslavl State University, 2013. – 106 c.
7. Khegai I.V. Town planning techniques of formation of socially-integrated complexes residential development // Izvestiya KGASU, 2013, № 1 (23). – 91 p.
8. Ashirova M.V., Aidarova G.N. Rapid Architecture: the concept of temporary housing in an emergency situation // Izvestiya KGASU, 2016, № 2 (36). – P. 17-21.
9. Voloshina O.S., Blyankinshteyn O.N. Classification and typology temporary settlements in relation to the conditions of the Krasnoyarsk Territory / VII VNTK «Youth and Science». SibFU, 2011. URL: http://conf.sfu-kras.ru/sites/mn2011/section232.html (reference date: 11.07.2016).
10. Kikot D.V., Kozyrenko N.E. Temporary settlements // New ideas of the new century. Coll. scient. works. T.2. TOGU, 2014 (2). – P. 108-110.

УДК 711.4-163
Гришина М.П. – кандидат архитектуры, ассистент
E-mail: grishinih@yandex.ru
Калимуллина Л.Р. – студент
E-mail: kalimullina03@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Концепция развития приволжской зоны г. Казани

Аннотация

В статье рассматривается вопрос планировки и обустройства прибрежных территорий Кировского и Вахитовского районов г. Казани с формированием сети малого судоходства. Выявлены основные проблемы данной территории, на основе них сформулированы цели и задачи, решение которых приведет к развитию и усовершенствованию береговой линии города.

Затронуты вопросы наземной и водной транспортной инфраструктуры, проведения экологических мероприятий, благоустройства набережных. Рассмотрены вопросы перспектив развития водного туризма в акватории реки Казанка и Волга.

Особое внимание уделено концепции формирования яхтенных марин как основного компонента акватории Волги в пределах Казани. Даны принципиальные рекомендации по мониторингу состояния окружающей среды на проектируемой территории в период строительства и эксплуатации объекта.

Ключевые слова: прибрежная зона, яхтенная марина, водные пространства, городская среда, городская инфраструктура, река, острова, намывные территории, набережная.

Введение

Градостроители и архитекторы в последние годы уделяют все больше внимания теме развития выхода к воде и благоустройства береговой линии. Прибрежные зоны призваны улучшать экологическую обстановку акватории, повышать связность территории, налаживать социальные и культурные аспекты местности. Поэтому становится острым вопрос использования набережных в городах, расположенных на берегах крупных рек, и переосмысления их роли в жизни людей [1].

Казань – город, обладающий живописной природой и благоприятным климатом периода навигации. Рациональная эксплуатация этих ресурсов и эффективные решения по планировке прибрежных территорий города являются актуальными темами в связи с популяризацией яхтенного туризма и спорта в стране. Поэтому объектом проектирования была выбрана прибрежная зона Казани с разработкой яхтенной марины и туристической инфраструктуры в акватории Волги.

Яхтенная марина – специально оборудованная стоянка яхт, на которой экипажам предоставляются различные услуги (сервисные службы, эллинги, подъёмники, ремонтные мастерские, заправка яхты топливом, водой, подключение к электросети, доступ в Интернет). В марине могут располагаться магазины и рестораны. Рассматриваемая территория представляет собой комплекс островов (остров Вороний Куст, полуостров Локомотив) и искусственных намывов, соединенных затопленными дамбами [2, 3].

Одной из наиболее значимых проблем выбранной территории определено отсутствие связей между обширными водными пространствами акваторий рек Волги и Казанки с городской средой, что обусловило обособленность существования прибрежных территорий вне городской инфраструктуры. Таким образом, цель проекта – обеспечить функционально-простанственные связи городской инфраструктуры (транспортной, пешеходной, туристической, логистической, экологической и т.д.) с водными пространствами рек Волга и Казанка, путем градостроительной организации прибрежных речных территорий в центральной части Казани.

Задачи:

- создание комплекса общественных пространств различного назначения;

- разработка пешеходно-транспортной схемы, для организации современной транспортной инфраструктуры с созданием устойчивых связей с включением водных пространств в центральной части г. Казани;

- формирование узнаваемого волжского речного фасада, для создания идентичного образа города Казани воспринимаемого «с воды»;

- размещение яхтенной марины, отвечающей мировым стандартам;

- использование «зеленых» технологий для развития городской экологической инфраструктуры.

Предполагается, что вышеперечисленные аспекты решения проблемных вопросов приведут к развитию туристической инфраструктуры, окажут положительное влияние на функционально-пространственные связи в городе. В комплексе предлагаемое решение должно способствовать устойчивому градостроительному развитию центральной части Казани. Устройство яхтенной марины на Внутренних Водных Путях России крайне актуально в связи с возможным открытием транзитного туристического водного пути Балтика-Средиземноморье [4], а создание общедоступной территории городского благоустройства вдоль причальных сооружений на базе марины повысит привлекательность Казани и откроет новый вид досуга для жителей города. Кроме того, развитие парусного спорта в акваториях рек Волги и Казанки может стать началом формирования нового образа города «с воды», что в свою очередь откроет новый рекреационно-туристический потенциал для Казани. На рисунке изображены панорамы левого и правого берегов реки Казанки. Обозначены наиболее узнаваемые «виды с воды» известных и выразительных архитектурно-ландшафтных ансамблей, которые в комплексе составляют архитектурный образ города (рис. 1).

Рис. 1. Натурное выявление объектов, составляющих архитектурный образ г. Казани «с воды»

Концепция развития приволжской зоны г. Казани

Казань – крупный портовой поволжский город, через который проходит основной судовой ход по Волге. Поэтому формирование яхтенной инфраструктуры может повысить туристическую привлекательность, что приведет к дополнительным вливаниям в бюджет, а развитие прибрежных территорий откроет новые для Казани инвестиционно-привлекательные области (рис. 2). За счет этих средств станет возможным:

- улучшение экологической обстановки акватории (рациональное наполнение территории новыми функциями и современными сервисами, благоустройство и озеленение территории, строительство очистных сооружений, прокладка ливневой канализации);

- развитие транспортной системы в центральной части города (перераспределение пешеходно-транспортного трафика, архитектурно-ландшафтная организация прогулочной зоны вдоль береговой линии, формирование и развитие объектов развлекательно-туристической направленности в судоходной инфраструктуре города, организация дополнительных точек доступа на территорию устройства пешеходных мостов и новых остановок общественного транспорта).

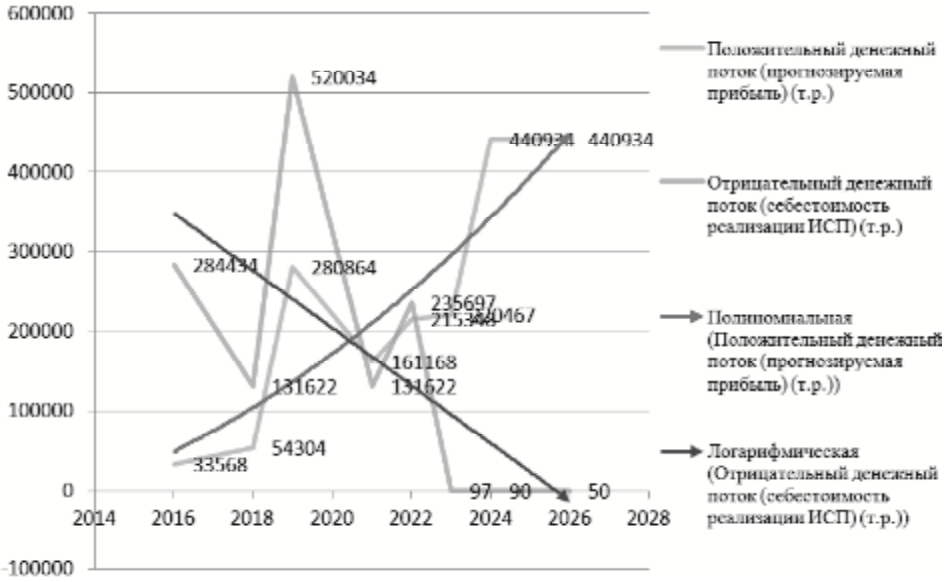


Рис. 2. Прогноз денежных потоков реализации ИСП (2016-2028 гг.)

Анализ Генерального плана города Казани и Карты зон градостроительных регламентов (по видам и параметрам разрешенного использования недвижимости) показал, что проектируемая территория находится в рекреационно-ландшафтной зоне (зона лесов и лесопарков). Видами разрешенного использования земельных участков и объектов капитального строительства являются природные ландшафты, парки, скверы, набережные, объекты инфраструктуры для отдыха: спасательные станции, объекты отдыха и туризма: пляжи, набережные, места для пикников, лодочные станции, дома отдыха, базы отдыха, культовые объекты, объекты гостиничного сервиса, объекты спорта, объекты общественного питания.

На сегодняшний день в акватории функционирует одна лодочная станция на 200 судов вблизи пляжа «Локомотив». По результатам предпроектного анализа определено, что вместимости существующей гавани недостаточно, чтобы удовлетворить спрос на обслуживание и хранение яхт судовладельцев города. Проектом предлагается ее модернизация в усовершенствованную яхтенную марину, с размещением новых современных сервисов и обновлением существующего оборудования, отвечающую мировым стандартам, с развитой туристической инфраструктурой. Качественное улучшение функционального использования прибрежной рекреационной зоной, система пешеходно-транспортных связей для эксплуатации и обслуживания объекта и организация естественной фильтрации воды в реке позволят в полной мере использовать потенциал территории.

Здесь предусмотрены гостиницы, пункты общественного питания, комплекс развлечений, а также судоремонтные мастерские, причалы, бункеровочные станции, эллинги для хранения яхт и лодок. На территории марины располагается исторический памятник – здание Прилуцкого старообрядческого храма.

Формирование второй яхтенной марины обусловлено существующими намывными гривами в акватории и участками островов, сохранившимся после затопления Куйбышевского водохранилища (рис. 3).

Проектом предусмотрен въезд на территорию яхтенной марины через дублеры по обе стороны эстакады. С одной стороны дороги предполагается организация пешеходно-прогулочной зоны со свободной трассировкой дорожек озеленением и одерновкой

береговой линии. Здесь же предусматривается размещение школы парусного спорта с учебными и техническими корпусами, эллингом, причалом и спортивными площадками. По другую сторону дороги размещается комплекс яхтенной марины на 450 судов. Здесь имеется своя гостиница на 95 номеров с общественным многофункциональным парком и парковкой для экскурсионных автобусов (на 7 мест), прибрежное кафе на 50 посетителей. Центральную часть занимает здание яхт-клуба и площадь для проведения тематических мероприятий. Проектируемый пешеходный мост связывает школу парусного спорта с площадью и остановками общественного транспорта. За парковкой яхт-клуба располагаются объекты обслуживания судов: эллинги, судоремонтные мастерские, заправочные станции, цепь этих объектов замыкает навигационная башня. На территории гавани размещается небольшой общественный пляж, остров Вороний Куст функционирует в качестве природного парка.

В климатических условиях Казани благоприятный период навигации длится около 7 месяцев [5], в зимние месяцы на территории марин действует прокат снегоходов и сопутствующего снаряжения, проводятся занятия по обучению зимним видам спорта. Для круглогодичного функционирования яхтенной марины предусмотрено размещение пунктов проката и хранения зимнего оборудования.

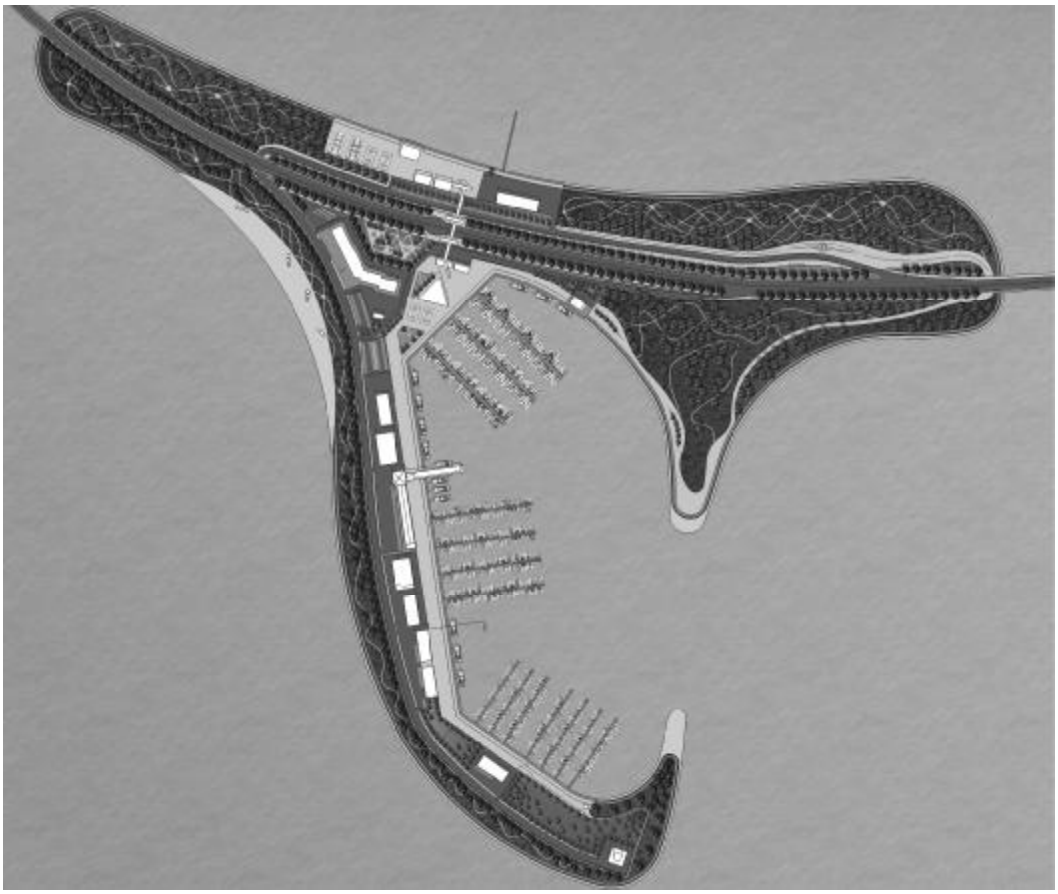


Рис. 3. Концепция формирования яхтенной марины на месте искусственных намывов

Кроме основных яхтенных гаваней на прибрежных территориях Адмиралтейской слободы размещаются лодочные станции и причалы для швартовки судов.

Предполагается, что во внутреннюю акваторию реки Казанка суда проходят под мостами Кировской и Ленинской дамбы, высота которых в вертикальном створе от поверхности воды составляет около 10 метров (в период летней навигации), что позволяет беспрепятственно проходить под ними яхтам с высотой мачты не выше 7 м и уровнем воды в летних отметках.

Пешеходные набережные

Яхтенная инфраструктура – это не только техническое обслуживание яхт и развлечения для яхтсменов, но и развитая туристическая зона, поэтому разработано архитектурно-планировочное решение пешеходных набережных на проектируемой территории, которое в перспективе может стать фрагментом благоустроенной системы пешеходных зон на прибрежных территориях города. Проектом рекомендуется, организация пешеходных зон с использованием различных типов покрытий дорожек, комплексным озеленением территории, размещение объектов торговли и функциональных модулей для обслуживания посетителей. Так же предусмотрено оформление территории малыми архитектурными формами, устройство и оборудование общественных пляжей в соответствии с современными нормами и тенденциями в этой области. А так же учтено размещение пунктов проката инвентаря и лесопарковые зоны. Все эти объекты предполагается связать единой сетью наземного и водного общественного транспорта.

Самая крупная пешеходная набережная разработана в виде террас с дифференцированным функциональным наполнением. Она включает в себя прогулочную зону с прибрежными кафе и смотровыми площадками, на уровень ниже со стороны внешней акватории располагается городской организованный пляж на 2000 человек с бассейном и пунктами проката спортинвентаря, со стороны внутренней акватории предполагается организация зоны с живописной растительностью и летним театром для проведения культурно-массовых мероприятий для детей и взрослых. В зимний период на проектируемой территории так же предусмотрено функциональное наполнение для различных категорий посетителей.

Транспортная инфраструктура

На сегодняшний день в транспортной инфраструктуре центральной части Казани существует комплекс нерешенных задач, что обусловило наличие большого количества локальных «конфликтов» в организации дорожного движения. Наибольшую сложность для развития пешеходно-транспортных связей представляют зауженные тротуары (до 1 м), где трудно разойтись двум пешеходам, и наличие большого количества участков с неэффективным распределением транспортных потоков. Это, в свою очередь, негативно сказывается на уровне комфортности пешеходных связей и пропускной способности улично-дорожной сети в центральной части города. Как упоминалось выше, пешеходно-прогулочные связи с водными пространствами отсутствуют либо прерваны крупными транспортными узлами [6]. Например, комплекс железнодорожного вокзала Казань-1 практически полностью перекрывает пешеходные связи города с волжской набережной.

Для решения этой задачи проектом предлагается восстановить перекрытый пешеходный мост, связывающий привокзальную площадь с территорией пляжа Локомотив, а также организацию дополнительного пешеходного моста с выходом на ул. Саид-Галеева в районе пригородного железнодорожного вокзала. Для организации альтернативных способов доступа посетителей на проектируемой территории предлагается размещение остановок общественного транспорта (рис. 4).

Кроме того, с целью развития проектируемой территории в комплексе с пешеходно-транспортной инфраструктурой центральной части города проектом предполагается формирования переходного узла, в состав которого войдут виды сухопутного и водного транспорта. Водный транспорт представлен личными парусными и моторными яхтами и речным трамваем, курсирующим по акватории рек Волга и Казанка. Для их стоянок и обслуживания предусмотрены современные дебаркадеры.

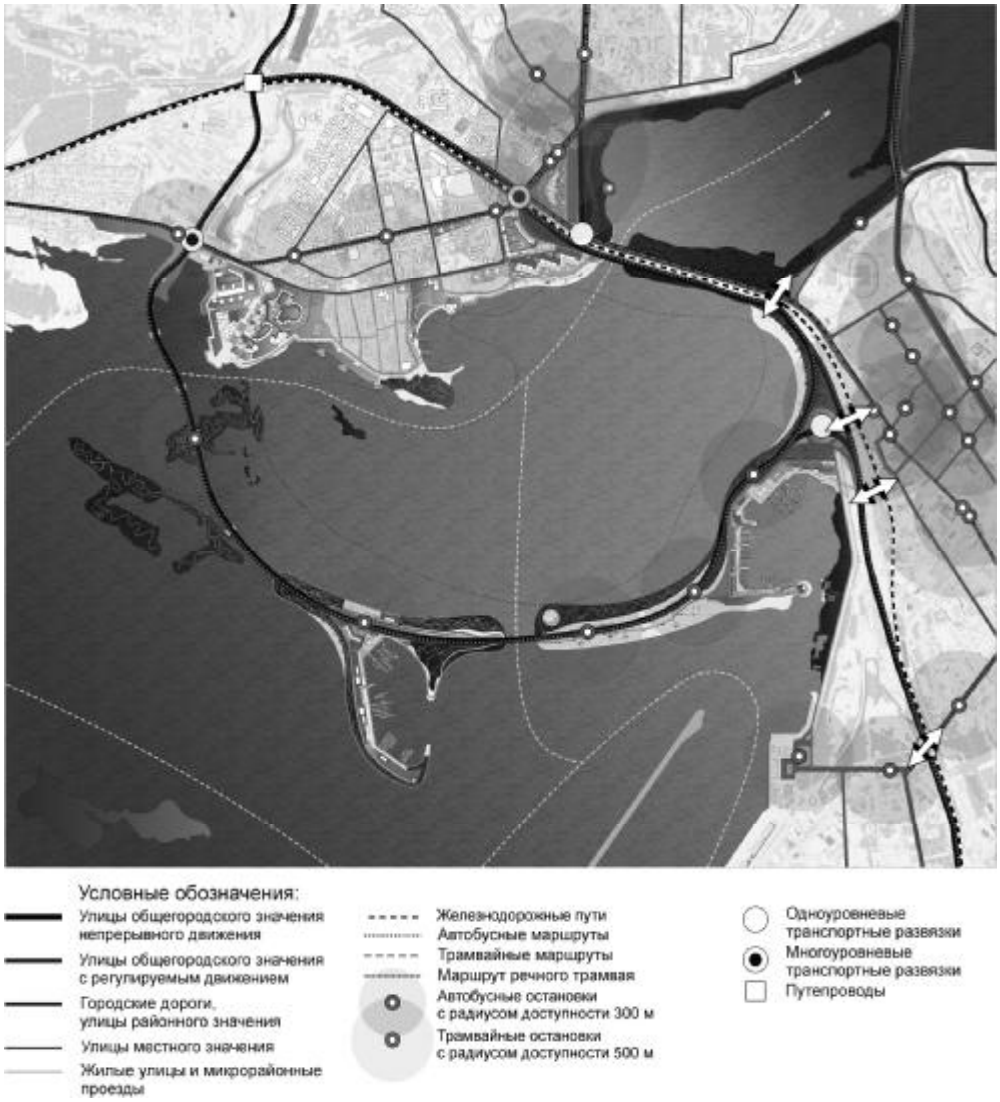


Рис. 4. Пешеходно-транспортная схема

Экология

Оптимизация состояния Куйбышевского водохранилища и качества воды в районе г. Казани – сложная многогранная задача.

В целом, для улучшения экологического состояния водохранилища в ходе дальнейшего детального проектирования и строительства рекомендуется провести комплекс мероприятий по улучшению экологической ситуации на проектируемой территории:

- гидро-технические мероприятия по восстановлению режима естественной фильтрации воды в акватории;

- проведение системного мониторинга изменений качества воды на проектируемой территории;

- регулярное проведение необходимых мероприятий по контролю за уровнем воды, способствующих нормальному воспроизводству фауны, сохранению литорали, в которой идут процессы самоочищения и нормальному функционированию экосистемы в целом;

- систематический контроль за соблюдением природоохранных норм при эксплуатации водного транспорта и требований к объектам расположенным и функционирующим на территории водоохранной зоны [7];

- мероприятия по сохранению и развитию существующих, а также формированию новых объектов зеленого строительства на проектируемой территории, что будет способствовать улучшению состояния окружающей среды в городе и сохранения эколого-природного каркаса в рамках развития системы озеленения города;

- систематические мероприятия по благоустройству и эксплуатации и восстановлению прибрежной зоны в границах проектируемой территории, в соответствии с требованиями действующего законодательства [8].

Озеленение проектируемой территории предполагается организовать с учетом эффективного выполнения ветрозащитной, противоэрозионной, шумо- и пылезащитной функций. При формировании озеленения предполагается использовать несколько типов посадок: массив, аллея, группа, куртина, солитер. Видовой ассортимент составлен из местных видов деревьев и кустарников.

Заключение

Анализ территории и ее истории, изучение градостроительной документации и разбор опыта проектирования прибрежных территорий позволили определить вектор развития и основную методологию проектирования прибрежной зоны Казани. Решение выявленных проблем заключается в достижении связности реки и города в единое взаимодействующее экологическое пространство с грамотным распределением транспортных и пешеходных потоков.

Реализация туристического потенциала местности и формирование яхтенной отрасли приведут к развитию малого бизнеса, привлечению инвестиций крупных компаний, созданию современной инфраструктуры. Организация новых рабочих мест, привлечение специалистов, обеспечение нужд судовладельцев и «водных путешественников» откроют новый потенциал инвестиционного развития парусного и водно-моторного спорта в Казани.

В перспективе дальнейшего исследования проблемы развития прибрежных территорий в рамках единой системы городских пространств, возможно провести комплексный дисперсионный анализ собранных данных на предмет наличия объектов, составляющих уникальность и неповторимость образа города «с воды» и их эмоционально-эстетического восприятия разными категориями горожан и гостей Казани. Основываясь на данных проведенного анализа и прогнозирования, приступить к работе над перспективной концепцией развития прибрежных территорий и объектов ландшафтной архитектуры города Казани. В проектировании планируется применять различные методики, в том числе средового и сценарного подходов в архитектуре и градостроительстве с адаптацией их к особенностям ландшафтного проектирования и строительства и архитектурно-исторической идентичности.

Список библиографических ссылок

1. Сосновский В.А., Русанова Н.С. Прикладные методы градостроительных исследований. – М.: Архитектура-С, 2006. – 112 с.
2. Часть II Градостроительного устава г. Казани «Правила землепользования и застройки» (Актуальная редакция 2016 г.). – 109 с.
3. Карта градостроительных регламентов (Электронный ресурс). URL: http://map.kzn.ru/ (дата обращения: 28.06.2016).
4. Средняя Волга. Геоморфологический путеводитель. – Казань: Изд-во Казанского ун-та, 1991. – 146 с.
5. Научный путеводитель по Казани и окрестностям. – Казань: Изд-во Казанского ун-та, 1990. – 89 с.
6. Черепанов В.А. Транспорт в планировке городов. – М.: Стройиздат, 1981. – 216 с.
7. Кондратьева Т.А., Захаров С.Д., Халиуллина Л.Ю. Влияние добычи нерудных строительных материалов на экосистемы Куйбышевского водохранилища // Вестник Казанского технологического университета. – Казань, 2012, № 19. – С. 116-120.
8. Экология города Казани. – Казань: Изд-во Академии наук РТ, 2005. – 576 с.

Grishina M.P. – candidate of architecture, assistant
E-mail: grishinih@yandex.ru
Kalimullina L.R. – student
E-mail: kalimullina03@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

The concept of development of Privolzhsky district of Kazan

Resume

The article discusses the planning and construction of coastal areas of the Kirov and Vakhitov districts of Kazan with the formation of small shipping network. The basic problems of the territory, on the basis of their stated goals and objectives, a decision which will lead to the development and improvement of the coastal city line.

The issues of land and water transport infrastructure, carrying out environmental measures, improvement of embankments. The issues of development of transport infrastructure in coastal areas. Proposed a new interaction of land and water transport in the waters of the Volga and Kazanka rivers. Describes the basic architectural and landscape ensembles that make up the image of the city «with water».

Special attention on the concept of the formation of yacht marinas as a major component of the waters of the Volga river in the boundaries of Kazan given to the hydraulic assessment of the effects of such facilities on the ecological status of flora and fauna. The policy recommendations for monitoring the state of the environment at the planned site during the construction and operation of the facility.

Keywords: coastal zone, yacht marina, water areas, urban environment, urban infrastructure, river, island, alluvial areas, the promenade.

Reference list

1. Sosnowski V.A., Rusanova N.S. Applied methods of urban research. – M.: Architecture-C, 2006. – 112 p.
2. Part II of the Urban Development Charter of Kazan «Land use and development» (current edition 2016). – 109 p.
3. Map of town planning regulations (electronic resource). URL: http://map.kzn.ru/ (reference date: 06.28.2016).
4. Middle Volga. Geomorphological guide. – Kazan: Izd-vo Kazanskogo un-ta, 1991. – 146 p.
5. Scientific Guide to Kazan and the surrounding area. – Kazan: Izd-vo Kazanskogo un-ta, 1990. – 89 p.
6. Cherepanov V.A. Transport in urban planning. – M.: Stroyizdat, 1981. – 216 p.
7. Kondratyeva T.A., Zakharov S.D., Khaliullina L.Y. Effect of extraction of non-metallic building materials in the ecosystem of the Kuibyshev Reservoir // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. – Kazan, 2012, № 19. – P. 116-120.
8. Ecology of Kazan. – Kazan: Izd-vo Akademii nauk RT, 2005. – 576 p.

УДК 712.25
Исмагилова С.Х. – кандидат архитектуры, доцент
E-mail: grado@kgasu.ru
Залетова Е.А. – старший преподаватель
E-mail: salen07@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Формирование ландшафтно-рекреационного и транспортного каркасов городского округа г. Казань

Аннотация

В статье проанализированы модели структурно-пространственного развития природного и транспортного каркасов, полученные при разработке Концепции Генерального плана городского округа Казани, выполненной Научно-проектным центром «Интерра» КГАСУ. Выявлены основные структурообразующие элементы и факторы, формирующие ландшафтно-рекреационный каркас и инфраструктуру городской активности. Предложены формализованные модели ландшафтно-рекреационного каркаса и системы скоростной мобильности города, а также перспективы их дальнейшей интеграции и развития.

Ключевые слова: структурно-пространственная модель, каркас, инфраструктура городской активности, концепция развития, ландшафтный урбанизм.

В условиях современных темпов урбанизации важной стратегической целью градостроительства является реализация концепции «устойчивого городского развития» (Sustainable Urban Development), направленной, как на сохранение благоприятной окружающей среды и увеличение её природного потенциала, так и на постоянное совершенствование и улучшение качества городского окружения. Воплощение идеи устойчивого развития города, предусматривающей удовлетворение не только настоящих потребностей, но и решение задач будущего времени, в том числе, зависит от качества архитектурно-ландшафтной организации города и его пригородного окружения [2].

В современной теории, методологии и практике градостроительства определился ряд подходов к формированию городской архитектурно-ландшафтной структуры, направленных на обеспечение устойчивого развития города во взаимодействии с природной средой. Это связано с выделением особой подсистемы города, обозначаемой различными ключевыми терминами, такими как ландшафтно-экологический каркас, природный каркас, зеленая инфраструктура, ландшафтно-рекреационный каркас и пр. Независимо от терминологических различий, объединяющим фактором является выполнение общих групп функций, таких как: рекреационное обслуживание, архитектурно-планировочное регулирование и эстетическое, санитарно-гигиеническое, природоохранное, климаторегулирующее и биологическое обеспечение.

Градостроительная организация городского округа г. Казани и её пригородного окружения предусматривала разработку концепции по развитию ландшафтно-рекреационного каркаса (ЛРК) на основе имеющегося природного комплекса – единой системы пространственно непрерывных природных и озелененных территорий – долин рек, озер, лесов, лесопарков, луговых территорий, парков, садов, скверов и пр. Формированию концепции предшествовала работа по комплексному исследованию природно-ландшафтных ресурсов города, а также анализ материалов действующего генплана Казани, опубликованных ранее [3]. Это явилось основанием для представления схемы предложения по развитию ландшафтно-рекреационного каркаса города, представленной на рис. 1.

Рис. 1. Схема ландшафтно-рекреационного каркаса г. Казани

В пределах Казани и её пригородного окружения формирование ЛРК опирается на **три главных ландшафтных доминанты**, определяющие его планировочную структуру и обеспечивающие устойчивые природные связи внутригородских территорий и окружающей пригородной зоны:

- Основной ландшафтной доминантой является долина реки Казанки, образующая водно-зеленый диаметр города с включением Старого русла реки и примыкающих парков, садов, благоустроенных набережных и природных прибрежных территорий. В северо-восточной периферии города водно-зеленый диаметр дополняется широким клином лесов Высокогорско-Дербышенского направления;
- Юго-западное направление ЛРК формируется «зеленым клином» Матюшенского лесного массива, вытянутого вдоль прибрежной зоны р. Волга. Внутри города данная ландшафтная доминанта охватывает живописную систему озер и заливов (Подувалье, Победиловский залив, оз. В. Кабан и пр.) и лесные массивы (у пос. Отары и Победилово). Меридиональный водно-зеленый «коридор», образованный системой озер Кабан и протокой Булак образует радиальное направление ЛРК, проходящее через центральную часть города.
- Северо-западное направление ландшафтной доминанты образуется «зеленым клином» лесов Зеленодольского направления и лесопарком «Лебяжье»;

Наряду с ландшафтными доминантами формирование структуры ЛРК Казани зависит от характера взаимодействия двух групп факторов – природно-ландшафтных и градостроительных, что выражается различными приемами структурно-планировочной организации природных и искусственно созданных ландшафтов города. В связи с этим, предлагаемая схема ЛРК Казани предусматривает дифференцированный подход к формированию каркаса для различных зон города, в зависимости от морфологии застройки и доли природных территорий в их структуре.

Выделено три основных пояса (зоны) в которых формирование ЛРК отличается по структуре и геометрии основных элементов, морфологии природных территорий, типологическим характеристикам рекреационных объектов и пр.:

- Первый внешний пояс, примыкающий к границам города, включает наибольший процент природных и озелененных территорий, обеспечивающих контакт с пригородными ландшафтами. Внутренние границы данной зоны определяются природными факторами (долинами рек Нокса и Сухая) а также крупными транспортными магистралями (БКК). В пределах данной зоны ЛРК предлагается формировать созданием системы зеленых клиньев и поясов, разделяющих массивы проектируемых жилых районов на основе использования открытых пространств санитарных зон, сохраняемых лесных участков, «неудобных» природных ландшафтов и водно-зеленых коридоров.
- Второй срединный пояс города включает, главным образом, сформировавшиеся жилые районы, а также территории, выделенные под новую жилую застройку. Внутренние границы данного пояса определяются зеленым коридором, проложенным вдоль южной ЖД магистрали и р. Казанкой. В пределах срединной территории структура ЛРК формируется по принципу «сетчатой» планировочной системы искусственно созданных озелененных территорий, размещаемых вдоль основных городских и районных магистралей. Сетчатая система ЛРК дополняется немногочисленными крупными «пятнами» озелененных и природных территорий (парк «Победы», конно-спортивный комплекс, Столбищенский лес и пр.). Крупномасштабная сетка каркаса в районах жилой застройки 70-90 гг. (Горки, Азино, Савиново), дополняется внутриквартальной системой «зеленых коридоров» и «узлов» местного уровня (скверов, садов, бульваров), рассчитанных, главным образом, на организацию комфортного пешеходного пребывания и обеспечивает непрерывную связь между пространствами различного градостроительного уровня.
- Формирование ЛРК в центральной зоне Казани определяется наличием исторически сложившейся системы дисперсноразмещенных озелененных пространств различной типологии – парков, садов, скверов, а также значительным влиянием ландшафтных доминант – акваторий Волги и Казанки. Предложение по формированию ЛРК в центре города основано, главным образом на построении системы линейных связей, обеспечивающих «сцепленность» и «непрерывность» всей системы озелененных территорий и выходов к доминантам. Геометрически планировочная структура ЛРК центра формируется системой лучевых линейными водно-зеленых комплексов (садами Черное озеро и Ленинский, озером Н. Кабан и протокой Кабан, набережными Волги и Казанки) и «кольцевыми» направлениями озелененных улиц с преимущественно пешеходным движением.

Полноценность формируемой ЛРК Казани определяется не только характером пространственной организации зеленых территорий, обеспечивающей их многоуровневость, непрерывность и равномерность распределения, но также типологическими характеристиками объектов, обеспечивающими их функциональное разнообразие и доступность [1].

В процессе работы над схемой был определен состав первоочередных задач по вводу объектов ландшафтно-рекреационного каркаса, рассчитанных на реализацию с 2018 по 2024 гг. куда были включены работы по благоустройству и озеленению прибрежных территорий Адмиралтейской слободы и Старого русла Казанки, набережной р. Волга до Речного порта, правобережья Казанки до моста Миллениум.

Проведенная работа позволила также представить формализованную модель ландшафтно-рекреационного каркаса г. Казани, показанную на рис. 2.

Предлагаемая модель построена на основе сочетания различных геометрических приемов, отвечающих природным и градостроительным условиям развития городского образования. Это:

1. Система крупных и малых «зеленых» и «водно-зеленых» клиньев, обеспечивающих ввод природных территорий в структуру города и связывающих с пригородным природным поясом.
2. Система «водно-зеленых диаметров» и «коридоров», делящих город на планировочные районы и связывающих с «клиньями» и пригородным поясом.

3. Сетчато-узловая система с крупным и мелким расчленением «зеленых коридоров», обеспечивающих выходы к ландшафтным доминантам, общественным и транспортным центрам и узлам.

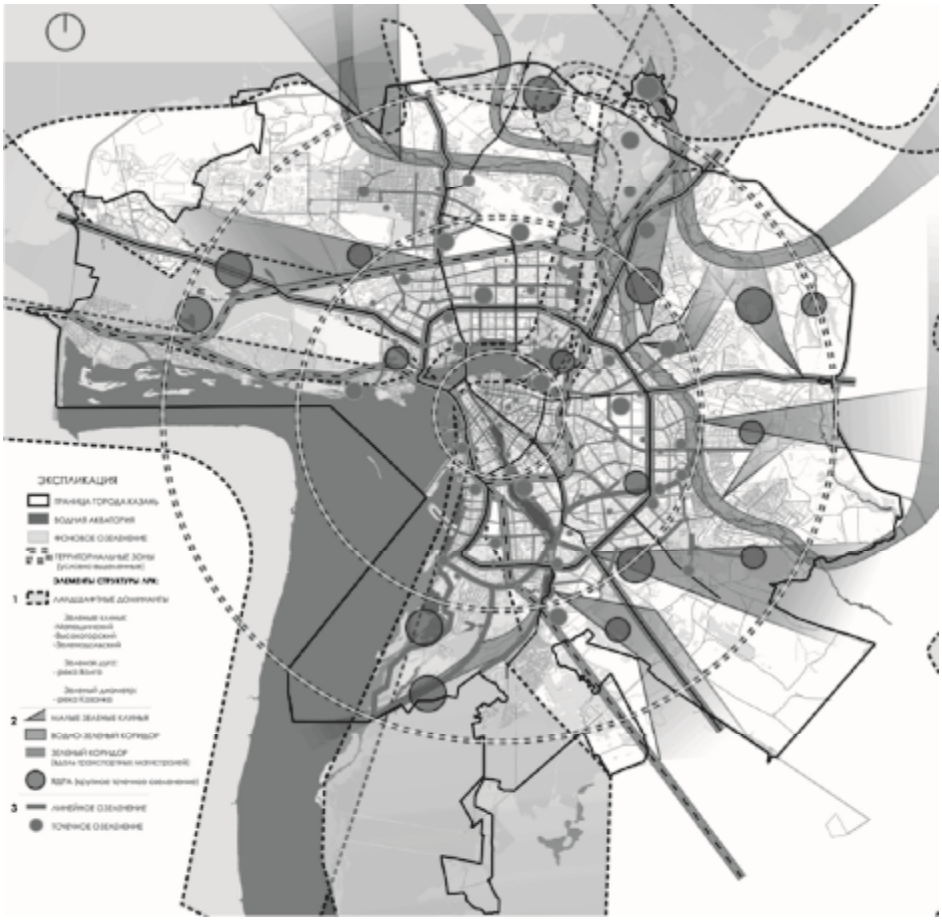


Рис. 2. Модель ландшафтно-рекреационного каркаса г. Казани

Представленная геометрическая модель выявляет планировочные закономерности формирования ландшафтно-рекреационного каркаса Казани как системы, демонстрирует индивидуальные особенности и потенциальные возможности развития.

В рамках разработки **концепции комплексного развитие транспортной инфраструктуры** мы получили транспортную модель, связанную различными факторами в единую систему, со своей иерархической дорожной структурой: от приоритетных магистралей общегородского и районного значений, до бульваров и улиц со своей маршрутно-транспортной идеей, при этом не конфликтующей с идеей непрерывной пешеходной зеленой зоны. Формализованная модель транспортно-планировочного каркаса представляет собой радиально-кольцевую систему с выраженными хордами, призванную обеспечить структурную целостность и связность пространства города (рис. 3). В модели прослеживается планировочная преемственность исторического ядра города в новую композиционную структуру с дальнейшим ее развитием в процессе территориального роста урбанизированной территории поселения. Модель дает возможность выявить планировочные узлы, требующие дальнейшей структурной реорганизации и их потенциальную возможность стать фокусными точками городской активности.

Цель реорганизации и развития транспортной инфраструктуры Казани состоит в создании сбалансированной интермодальной транспортной системы, основой которой является двухконтурная улично-дорожная сеть с интегрированной системой общественного транспорта, с выявлением коридоров скоростных транзитов (БРТ, ЛРТ), скоординированных с помощью транспортно-коммуникационных узлов.

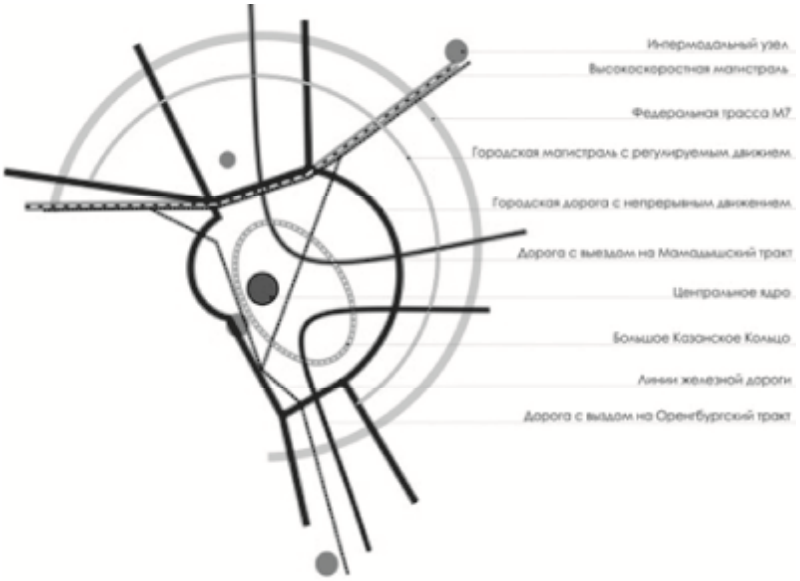


Рис. 3. Модель транспортного каркаса

Внутригородская транспортная структура опирается на следующие принципы организации:

- Создание комплексной общегородской системы приоритетов общественного транспорта, способного на качественном уровне выполнять заместительную функцию в отношении автовладельцев. Это позволит в дальнейшем снизить долю использования личного транспорта с нынешних 46 % до 30 % на расчетный период.
- Разработка регламентов использования личного автотраспорта на различных территориях города, особенно в центральной планировочной зоне.
- Поэтапная реализация принципа двухконтурности при формирования УДС. Низовая сеть реорганизуется исходя из приоритета доступности над мобильностью, что позволит городу постепенно изменяя структуру мобильности выработать стратегию противостояния авто зависимому планированию.
- Пересадочные узлы пассажирского транспорта становятся ключевыми элементами транспортно-планировочного каркаса города. Выделяются два интермодальных узла 1 категории (формируемый Казань-2 и перспективный в Высокой Горе) и один – 2 категории (Казань-1, с дальнейшим превращением его в мультимодальный транспортный узел после прекращения движения внешнего ж/д трафика). На схеме комплексного развития транспортной инфраструктуры представлены две категории узлов координирующих внутреннюю систему городского пассажирского транспорта. Ключевыми аспектами развития улично-дорожной сети города являются:
- Формирование интегрированного транспортно-планировочного каркаса в соответствии с основными направлениями развития города, с возможностью поэтапного увеличения внутренней связности в основном за счет районной магистральной сети. Создание новой транспортной связи через р. Казанка в районе Советской площади
- Увеличение плотностных характеристик УДС с 1,33 до 2,2 км/км^2.
- Классификация магистральных улиц по выполняемым функциям, составу, условиям движения и контекстной ориентации (рис. 4).

Магистральная УДС разделяется по функциям на:

- городские дороги, как правило, с непрерывным движением и повышенными скоростями всех видов транспорта (на отдельных участках предполагается, так называемое «гибридное движение», со встроенными коридорами скоростных линий БРТ или рельсового транспорта);

- улицы городского и районного значения с преимущественным движением общественного пассажирского, легкового и обслуживающего грузового транспорта;

- на основе каркасообразующих направлений с преимущественным движением общественного транспорта формируется система улиц с выраженной общественно активной и природно-ландшафтной средой, способных более нюансно учитывать условия окружающей застройки, ее функции и интересы всех участников движения, при этом не нарушая общую функциональную классификацию УДС.

Рис. 4. Схема развития УДС города

Формирование системы скоростной мобильности города основано на следующих принципах:

- Каркас непрерывной скоростной мобильности города составляют три хордовых направления и одно полукольцо. Первоочередная реализация даже одной юго-западной хорды, частично проходящей по намывным территориям (от пляжа Локомотив до Адмиралтейства), способна будет радикально снять нагрузку транзитного трафика с центральных районов города.
- Коридоры скоростных направлений пассажирского транспорта (на основе систем БРТ и ЛРТ) локализуются в структуре основного планировочного каркаса УДС города, тем самым формируя разветвленную плотную сеть с хорошей доступностью, предоставляющую широкий выбор вариантов маршрутов для потребителей [7]. При этом они обладают простой траекторией (легкой в ориентации), высокой частотой маршрутов, комфортными остановками, интегрированными в урбанизированной среде.
- Структура коридоров скоординирована на уровне агломерации, с целью соединения региональных центров планируемых или требующих интенсификации (рис. 5).

Парковочная политика города формулируется исходя из приоритета общественного транспорта и регламентного использования индивидуального автотранспорта в коридорах влияния планировочного каркаса [6]. Предполагается строительство сети муниципальных перехватывающих парковок с льготными тарифами, локализующихся на основных въездных коридорах города.

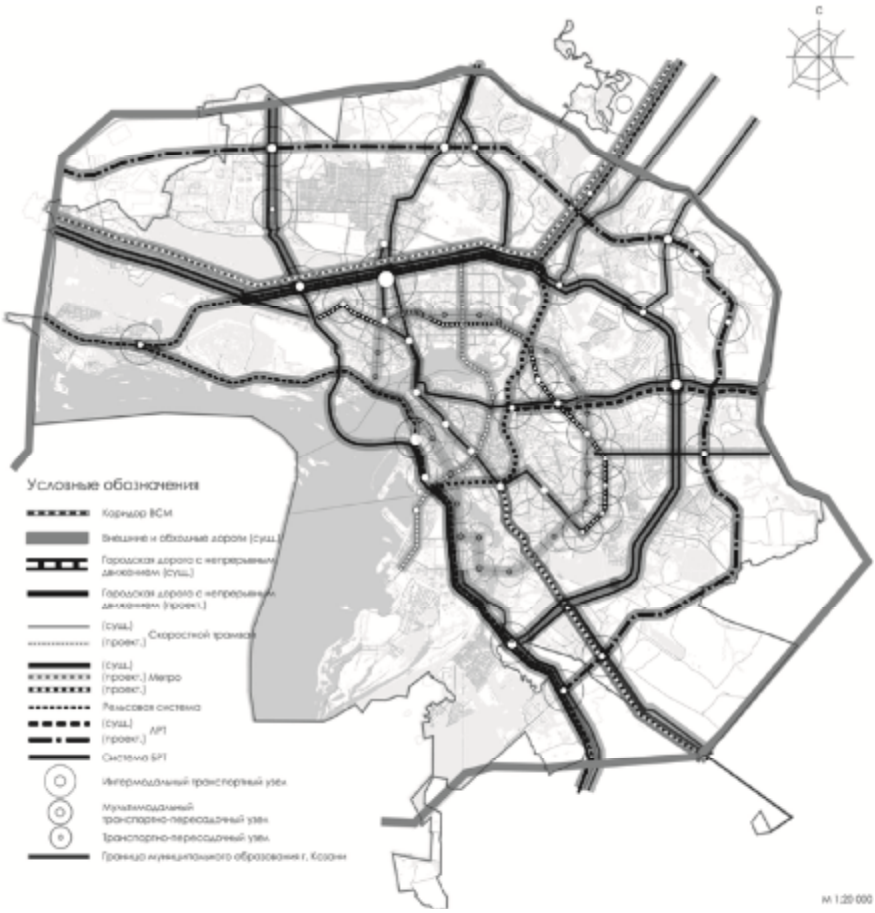


Рис. 5. Модель системы скоростной мобильности

В конечном итоге, интегрированная система мобильности должна сформировать инфраструктуру городской активности, включающую в себя **центры (ядра),** создающие возможность по увеличению плотности урбанизированных территорий, наряду с высококачественной коммуникативной средой; а также **линейные пространственные структуры,** контекстно-ориентированные и подразумевающие создание комплексной мультимодальной среды с активным использованием природного компонента.

Современные условия городского развития требуют преодоления противостояния транспортной инфраструктуры и ландшафта, чему активно способствует внедрение ландшафтно-урбанистического подхода к городскому планированию [5]. Ландшафтный урбанизм работает не столько с формированием эстетики отдельного пространства, но он ориентирован на создание городской системы в целом, с помощью внедрения гибридных решений, объединяющих планировочные, природные и инженерные системы города. В контексте реализации данного подхода, проделанное исследование приобретает особую значимость, так как позволяет комплексно проанализировать, выявить взаимосвязь, взаимовлияние и дальнейшее развитие структурообразующих подсистем города – транспорта и ландшафта.

Список библиографических ссылок

1. Вергунов А.П. Архитектурно-ландшафтная организация крупного города. – Л.: Стройиздат, 1982. – 215 с.
2. Нефедов В.А. Ландшафтный дизайн и устойчивость среды. – СПб., 2002. – 295 с.
3. Исмагилова С.Х., Лобанова А.В. Ландшафтно-планировочные аспекты градоэкологической реконструкции природного комплекса Казани. // Известия КГАСУ, 2013, № 1 (23). – С. 85-90.

4. Краснощекова Н.С. Формирование природного каркаса в генеральных планах городов. – М.: Архитектура-С, 2010. – 183 с.
5. Исмагилова С.Х., Залетова Е.А. Вопросы структурно-планировочных преобразований районов массовой жилой застройки. // Известия КГАСУ, 2015, № 3 (33) – С. 129-134.
6. Генеральный план г. Казани. URL: www.kzn.ru (дата обращения: 16.05.2016).
7. Jeffrey Tumlin. Sustainable transportation planning: tools for creating vibrant, healthy, and resilient communities. – Wiley, 2012. – 310 p.
8. Вучик В.Р. Транспорт в городах, удобных для жизни. – М.: Изд-во «Территория будущего», 2011. – 413 с.

Ismagilova S.H. – candidate of architecture, associate professor
E-mail: grado@kgasu.ru
Zalyotova E.A. – senior lecturer
E-mail: salen07@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Forming of Landscape-Recreational and Transport Frameworks of the City of Kazan

Resume

The main attention in the article is paid to the analysis, formation and interaction of green infrastructure and the transport planning organization of the city aimed at providing their sustainable development. Within the Concept of the Master plan of the city of Kazan executed by the Scientific and project center «Interra» of the Kazan State University of Architecture and Engineering models on development of a landscape recreational framework as single system of the spatial and continuous natural and shrubs territories, and the integrated system of the mobility including the high density centers with the high-quality communicative environment and linear spatial structures with active use of a natural component were developed.

In the article the formalized models of both infrastructures, their structural components and concepts of development are offered. At the same time the main emphasis is placed on need of integration of the mentioned models for the purpose of overcoming of infrastructure barriers, increase in connectivity and prevention of degradation of the environment adjacent to large transport corridors.

Current trends of reconsideration the strategy of city development from a position of landscape urbanism, give the chance to look at «gray» infrastructure as on a source of huge potential on regeneration and transformation in steady system of the interconnected green channels and the centers penetrating the city.

Keywords: structurally-spatial model, framework, infrastructure of city activity, concept of development, landscape urbanism.

Reference list

1. Vergunov A.P. Architectural landscape formation of the city. – L.: BuildPub, 1982. – 215 p.
2. Nefedov V.A. Landscape design and environment sustainability. – SPb., 2002. – 295 p.
3. Ismagilova S.H., Zaletova E.A. Urban-ecological reconstruction landscape-planning aspects of Kazan city nature complex // Izvestiya KGASU, 2013, № 1 (23). – P. 85-90.
4. Krasnoshekova N.S. Formation natural framework in the general plans of cities. – M.: Architecture-C, 2010. – 183 p.
5. Ismagilova S.H., Zaletova E.A. Questions of restructuring of large scale housing estates // Izvestiya KGASU, 2015, № 3 (33). – P. 129-134.
6. General plan of Kazan. URL: www.kzn.ru (reference date: 16.05.2016).
7. Jeffrey Tumlin. Sustainable transportation planning: tools for creating vibrant, healthy, and resilient communities. – Wiley, 2012. – 310 p.
8. Vuchic Vukan R. Transport in livable cities. – M.: Territoriya budushego, 2011. – 413 p.

УДК 624.078.412
Абдрахимова Н.С. – ассистент
E-mail: Lis258.86@mail.ru
Миронова Ю.В. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: jullog@fromru.com
Шамсутдинова А.И. – студент
E-mail: aliushechka_@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Экспериментально-теоретические исследования усиленных штепсельных стыков железобетонных колонн при действии поперечной силы

Аннотация

Анализ научной и технической литературы указывает на ответственность стыков сборных элементов зданий за конструкционную безопасность и надежность при действии статических нагрузок. По многочисленным публикациям отечественных и зарубежных авторов, в каркасных зданиях первые признаки разрушения появляются в стыках элементов вследствие концентрации напряжении. Возможно, что на стадии эксплуатации стыки не будут отвечать требованиям надежности и долговечности из-за ряда причин: действие непроектных нагрузок, наличие дефектов изготовления стыка и монтажа (непроектное армирование, трещины в бетоне, неполное заполнение швов и т.д.). Поэтому обеспечение конструкционной безопасности здания и эксплуатационной пригодности путем усиления стыков при минимальных затратах является актуальной задачей.

Ключевые слова: штепсельные стыки, усиление, стальная обойма, усиление углепластиком напряженно-деформированное состояние, компьютерное моделирование, расчетные выражения сдвиговой податливости.

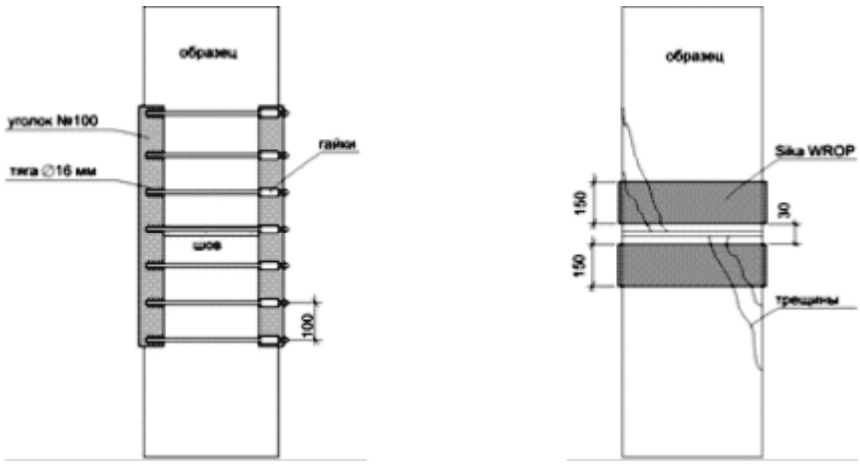
В данной работе рассматривается усиление штепсельного стыка железобетонных колонн на восприятие поперечных сил как наиболее опасный фактор. Проведены экспериментально-теоретические исследования трех вариантов усиления штепсельного стыка при действии поперечных сил: внешне армирование композитным материалом, стальная обойма с преднапряжением хомутов и без их преднапряжения.

Результаты натурных обследований показали, что в некоторых случаях в существующих зданиях штепсельные стыки не отвечают нормативным требованиям по деформативности из-за наличия дефектов изготовления стыка и при монтаже.

На стадии эксплуатации стыки не будут отвечать требованиям надежности и долговечности из-за ряда причин: действие непроектных нагрузок, наличие дефектов изготовления стыка и при монтаже, непроектного армирования, трещин в бетоне, некачественного заполнения скважин и горизонтального шва и т.д. Это потребовало разработки эффективных способов их усиления.

Проведенные ранее теоретические и экспериментальные исследования [1, 2, 3, 4,] позволили предложить некоторые варианты усиления стыка, которые, повышают несущую способность и жесткость. Первый вариант – установка обоймы из уголков с преднапряженными хомутами и без их преднапряжения (рис. 1 а). За счет обжатия в зоне отрыва бетона и работы уголков, пересекающих шов, повышается трещиностойкость, несущая способность, снижается податливость стыка. Второй способ (рис. 1 б) – использование внешнего армирования композиционными материалами на основе углеродных волокон. Эффект усиления достигается за счет работы углепластика на растяжение в зоне отрыва бетона

Исследование было разбито на три стадии: компьютерное моделирование, физический эксперимент, разработка расчетных выражений.



а) б)

Рис. 1. Способы усиления штепсельного стыка колонн:
а – обоймой из стальных уголков и хомутов из круглой обычной
и предварительно напряжённой арматуры; б – композитным холстом из углеволокна

Целью компьютерного моделирования усиленных стыков ставилась оценка деформативности штепсельного стыка усиленного стальной обоймой при действии поперечной силы с преднапряжением и без преднапряжения хомутов из круглых стержней, Анализ влияния стальной обоймы на напряженно-деформированное состояние стыка.

Информационная схема компьютерного моделирования усиленных стыков представлена на рис. 2.

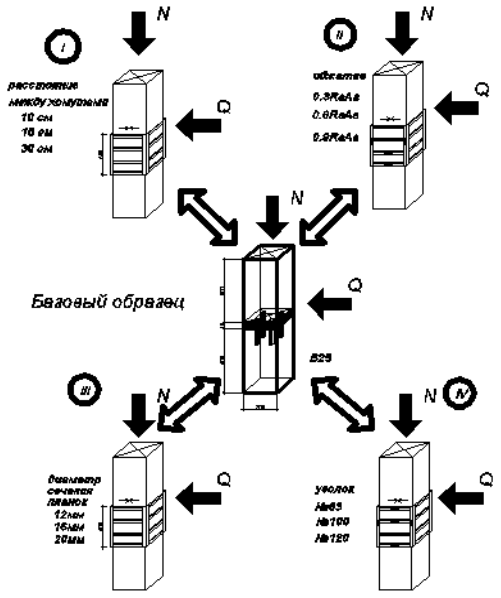


Рис. 2. Информационная схема компьютерного моделирования штепсельного стыка,
усиленного стальной обоймой

За основу принята модель базового образца проектного решения [2, 6] со следующими характеристиками: фрагменты колонн со штепсельным стыком со следующими характеристиками:

– поперечное сечение 300х300 мм;

– продольная арматура 4∅18 мм класса А400, замоноличенные в скважине диаметром ∅50 мм и глубиной 500 мм, которая обрамлялась спиралью из арматуры класса В500 диаметром 3 мм;

– длина выпусков продольной арматуры составила 480 мм;

– поперечное армирование ∅5 мм из стали класса В500 с шагом 100 мм.

Бетон тяжелый класса В25.

Моделирование обоймы. Обойма моделировалась четырехузловыми конечными элементами оболочки КЭ-244 с физико-механическими характеристиками стали. Раствор, создающий сцепление обоймы с телом колонны моделировался в виде стержней КЭ-256 работающими как элементы трения. Расчетная модель стыков, усиленных стальной обоймой, представлена на рис. 3.

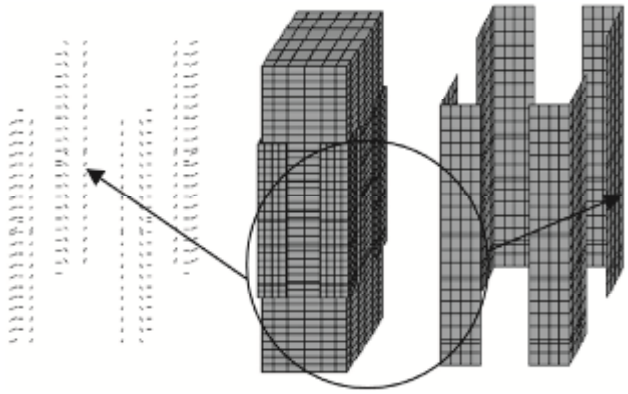


Рис. 3. Расчетная модель штепсельного стыка с усилением, выполненная методом КЭ, схема моделирования раствора с помощью элементов трения

На основании данных полученных при проведении компьютерного моделирования стыков проектных решений была построена зависимость «поперечная сила – деформации», представленная на рис. 4. Как видно из этой диаграммы, стыки усиленные стальной обоймой обладают деформативностью в 2,5 раза меньшей деформативности штепсельных стыков сборных железобетонных колонн не усиленных. Горизонтальные перемещение в стыках без усиления составили в среднем 25 мм, а стыках усиленных не более 13 мм.

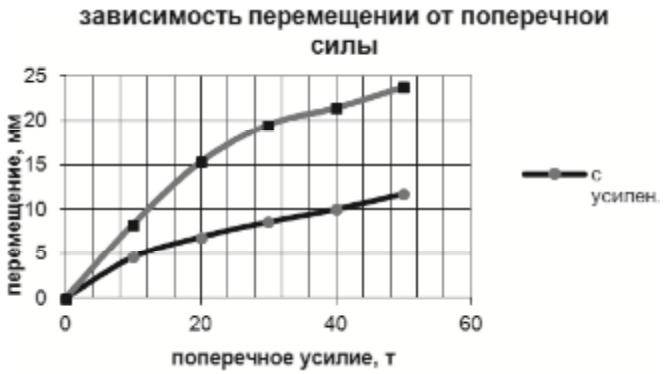


Рис. 4. Диаграмма «усилие – деформация» штепсельных стыков сборных железобетонных колонн

Установка правильности построения конечной модели, достижение совместности работы бетона конструкции с обоймой. При осевом сжатии в процессе бокового расширения стыка обойма включалась в работу, так как элементы трения передавали осевые усилия. Горизонтальные хомуты начинали воспринимать продольное усилие, передаваемое на колонну, растягивались. Была отмечена следующая картина: максимальное растяжение происходило в среднем хомуте, так как деформативность элемента концентрируется в области стыка (результаты получены при предыдущих исследованиях). Здесь и происходили первые деформации. Характер распределения усилий в хомутах показан на рис. 5. На основании выше перечисленного можно сделать выводы, что конструкция работает достоверно. Можно приступать к дальнейшему компьютерному моделированию.

В уголке усиления максимальные напряжения появляются в зоне шва и в узлах стыковки с хомутами, как показано на рис. 6.

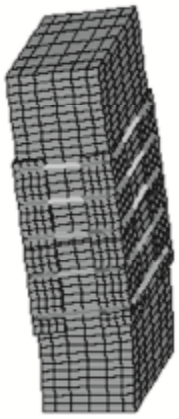


Рис. 5. Мозаика продольных усилий, возникающих в хомутах

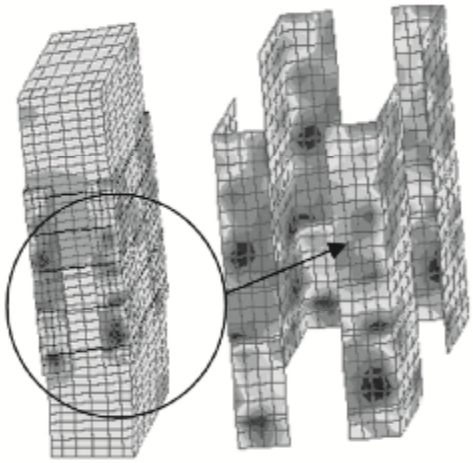


Рис. 6. Распределение касательных напряжений по образцу и обойме

Результаты компьютерного моделирования

Образцы первой серии. Здесь за варьируемый параметр принималось обжатие поперечным усилием, испытание велось на действие горизонтальной нагрузки. Изополя напряжений и горизонтальных деформаций конечных элементов стыка качественно не отличались от представленных выше.

Усилия обжатия принимались согласно нормативным документам. С увеличением усилия обжатия наблюдалась следующая картина: перемещения с заметным шагом уменьшались. Также одновременно варьировался шаг горизонтальных хомутов. Для удобства рассмотрим случай преднапряжения с шагом хомутов 30 см. Нагрузка прикладывалась поэтапно. На рис. 7 представлена зависимость «деформации – поперечная сила» при различных уровнях обжатия. Сделан вывод, что обжатие эффективно при работе конструкций усиленных стальной обоймой, препятствует образованию деформаций на ранних стадиях нагружения. Расхождения в численном эквиваленте между стыками обжатыми и необжатыми составляет около 70 % Максимально воспринимает усилия средний хомут, находящийся непосредственно на уровне штепсельного стыка, далее усилия уменьшаются и возрастают только на уровне крайних хомутов.

Из графиков (рис. 7) видно, что при увеличении преднапряжения, деформации уменьшаются, стык менее подвержен сдвигу.

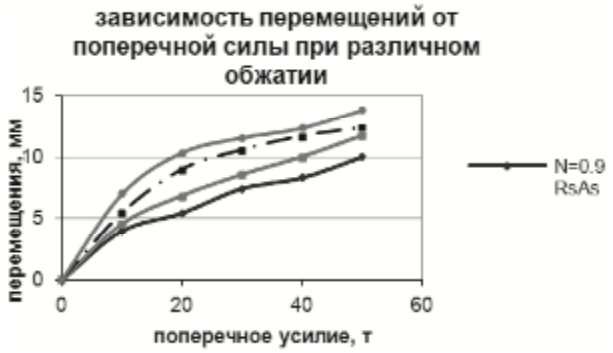


Рис. 7. Зависимость «деформации – поперечная сила» при различных уровнях обжатия

Образцы второй серии. За варьируемый параметр здесь принималось расстояние между хомутами, определяемое исходя из высоты обоймы, а также значений нормативных документов изменяющихся в пределах 10-50 см. Наблюдается линейная

зависимость. При увеличении шага хомутов усилия воспринимаемые одним хомутом возросли до 1,5 раз.

Образцы третьей серии. Варьировали номерами уголков, а, следовательно, их жесткостями. При увеличении жесткости уголка перемещения уменьшались. Исходя из полученных результатов, приняли решения принять угол № 100, как обладающий достаточной жесткостью.

Картина напряженно-деформированного состояния уголка важна при оценке податливости штепсельного стыка, так как он является одним из основных элементов работы конструкции. Так как при действии поперечной силы уголок претерпевает целый ряд деформаций, таких как сопротивление уголка сдвигу и изгиб уголка между хомутами, взято на основании теоретических предпосылок, убедится в такой работе конструкции необходимо.

На рис. 8 представлена работа уголка при различном обжатии: при увеличении обжатия напряжения в уголках падают. Наблюдается концентрация напряжений в местах расположения хомутов. Максимальная работа уголка происходит на уровне стыка, главные напряжения сконцентрированы в этой области. Под действием поперечной силы верхняя часть уголка, к которой прикладывалась нагрузка, начинает сопротивляться, пытаясь растянуться, нижняя часть же наоборот сжимается.

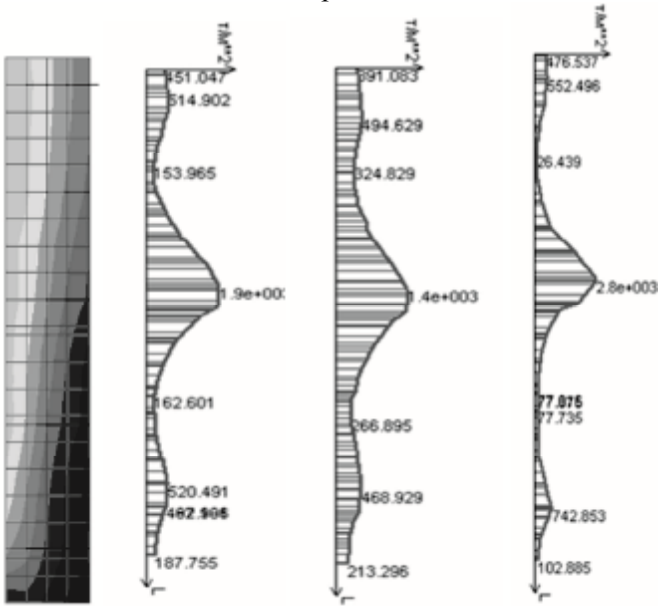


Рис. 8. Распределение главных нормальных напряжений в уголке

При варьировании жесткостью уголка перемещения в стыке уменьшились на 30 %, сделан вывод, что уголок является лишь сдерживающим элементом и включается в работу, после достижения хомутами предела текучести.

Образцы четвертой серии. За варьируемый параметр принимался диаметр стержней планок 12, 16, 20 мм. Результаты расчетов не представлены, т. к. на перемещение в стыке данный фактор, в принятых варьируемых пределах, не повлиял. Расхождения в перемещениях оказались незначительными и составили от 0,5 до 1,8 %.

На основании полученных данных были сделаны следующие выводы, приведены результаты, иллюстрирующие особенности напряженно-деформированного состояния стыков и необходимые для создания расчетных выражений сдвиговой податливости, оптимизации физического эксперимента.

Основными элементами обоймы являются вертикальные уголки и горизонтальные хомуты с преднапряжением и без преднапряжения.

- Концентрация напряжений наблюдалась в уровне стыка, наиболее включенными в работу оказались хомуты, установленные в уровне шва, а также по краям обоймы.

- Достаточным является установка преднапряженных хомутов в местах концентрации напряжений, если хомуты не преднапряженны, их необходимо устанавливать более часто по все высоте обоймы.

- Стальные уголки препятствуют отрыву защитного слоя бетона, геометрические размеры уголка являются важным фактором. По результатам численных исследований для физического эксперимента выбран уголок № 100.

Экспериментальные исследования.

Всего рассматривались 4 экспериментальных образца, характеристики которых аналогичны стыкам, рассмотренным при компьютерном моделировании. Марка раствора замоноличивания М600.

Стальная обойма была изготовлена из уголков № 100, к которым приваривались хомуты из круглой арматуры диаметром ∅16 мм с шагом 100 мм. Натяжение тяг осуществлялось завинчиванием гаек с помощью динамометрического ключа. Уровень напряжений дополнительно контролировался тензорезисторами.

После статического испытания стыков усиленных стальной обоймой, на 2 образца в уровне шва, как показано на рис. 1 б, наклеивался углеродный холст Sika Wrap шириной 15 см в два слоя, с предварительной подготовкой поверхности бетона и дальнейшей пропиткой ткани, в процессе приклеивания, полимерным составом SikaDur 330.

Характеристики элементов усиления показаны в табл. 1.

Таблица 1

Образец	Вариант усиления	Параметры усиления	
		Усилие натяжения в тягах	Шаг тяг
ШС-У-1	Стальная обойма	0 тс	10 см
ШС-У-2		1 тс	30 см
ШС-У-3		1,5 тс	30 см
ШС-У-4		2 тс	30 см
ШС-У-2*	Внешнее армирование	0	15 см
ШС-У-3*		0	15 см

Примечание: *испытанные ранее образцы

Для испытания на сдвиг использовалась силовая установка с гидравлическими домкратами ДГ-50. Деформации шва стыка фиксировались индикаторами часового типа ИЧ-10. Напряженно-деформированное состояние стальной обоймы определялось на каждом этапе нагружения тензодатчиками, установленными на хомутах и уголках как показано на рис. 9.

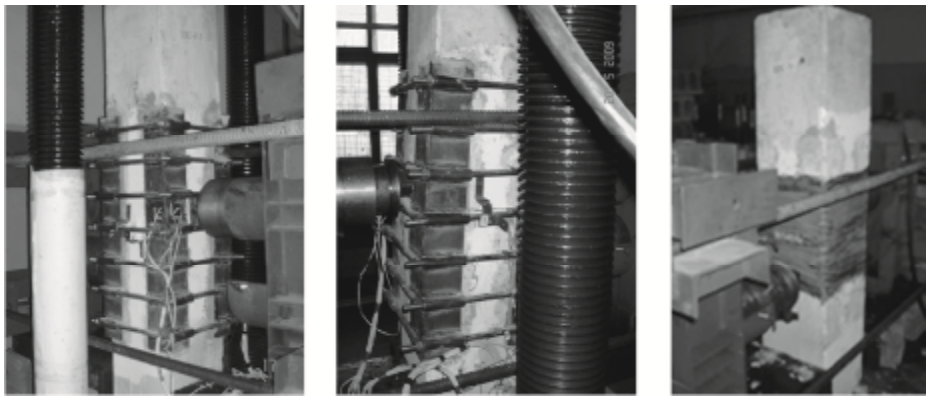


Рис. 9. Виды опытных образцов подготовленных к испытаниям

При нагружении элементов поперечным усилием первая трещина появилась в шве. Она проходила по поверхности контакта раствор-бетон. Уровень нагрузки при этом для всех четырех образцов, усиленных обоймой, составил около 140 кН независимо от усилия обжатия. Дальнейшее увеличение нагрузки приводило к образованию трещин в теле бетона, наклонных к продольной оси. Одной из важных задач данных экспериментальных исследований ставилось оценка характера деформирования стальной обоймы. По результатам опыта было видно, что уголки, как и поперечные тяги, включается в работу после появления трещин в теле бетона колонны. Наличие

поперечного обжатия обеспечивало более раннее включение обоймы в работу при сдвиге. Хомут, находившийся на уровне шва, оказалась наиболее нагруженной, что приводило к значительным деформациям (рис. 10) и потере предварительного натяжения планки при разгрузке образца. Отсутствие симметрии в деформациях хомутов в крайних точках обоймы объясняется образованием трещин и неравномерным изгибом уголков.

Характер деформирования хомутов образца ШС-У-1 представлен на рис. 10 в виде зависимости «поперечная сила – относительные деформации. Вид разрушенных образцов представлен на рис. 11.

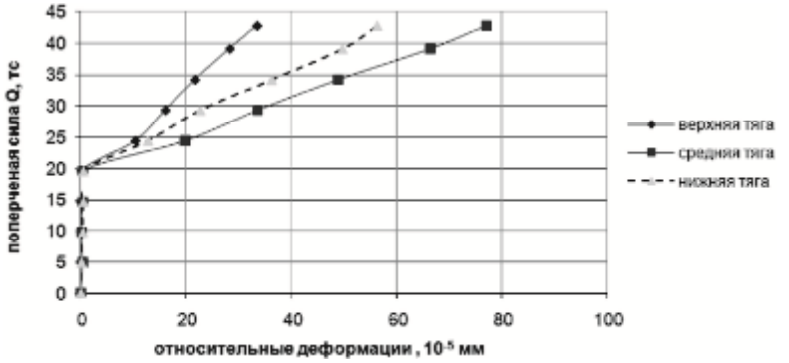


Рис. 10. График зависимости «поперечная нагрузка – относительные деформации» в образце ШС-У-1

После испытания образцы ШС-У-2 и ШС-У-3 усиливались внешним армированием углеродной тканью Sika Wrap, шириной полотна 150 мм с обмоткой тела колонны в области шва двойным слоем как показано на рис. 1. Целью испытания ставилось: определение степени увеличения несущей способности разрушенных образцов и влияние на деформативность стыка внешнего армирования композитным материалом.

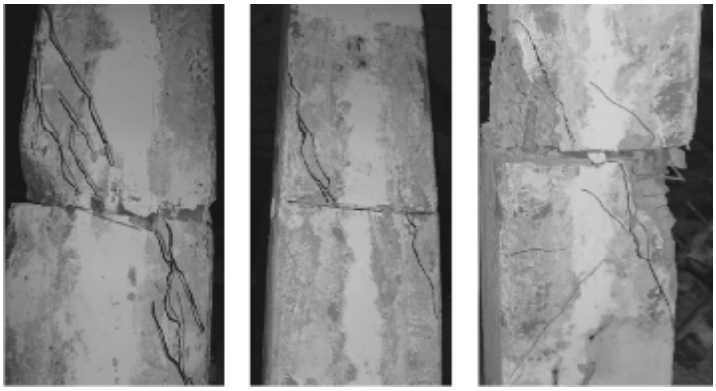
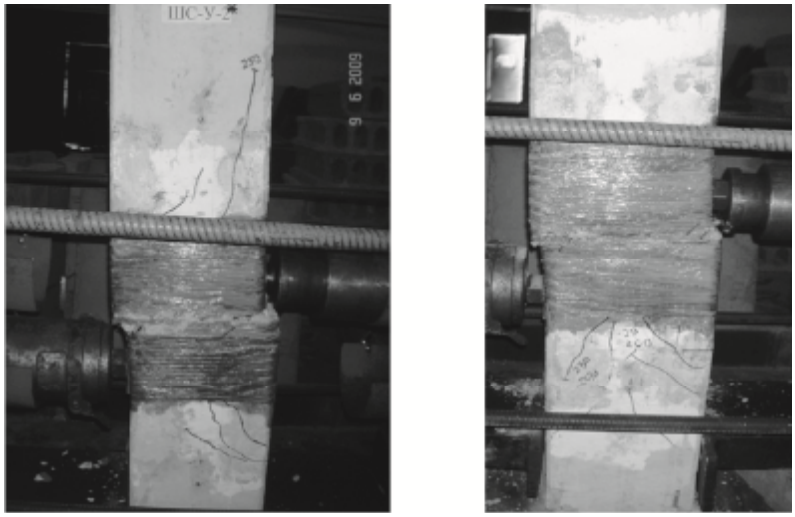


Рис. 11. Вид разрушенных образцов после испытания

Следует отметить, что усилены были верхний и нижний фрагмент колонны на высоту 15 см максимальной наклонной трещины отрыва бетона защитного слоя, сам стык усилен не был. Практически сразу после приложения нагрузки произошел сдвиг. При достижение поперечным усилием 50 кН горизонтальные перемещения в шве составили 3 мм для первого образца, 1,5 мм для второго. Амплитуда горизонтальных деформаций стыка достигала 3-4 см на момент разрушения образцов. Дальнейшее увеличение нагрузки приводило к увеличению смещений, развитию, образовавшихся в ходе предыдущих испытаний, трещин и появлению новых. В целом, наблюдалось выпучивание полотна углеволоконного материала, вследствие высокого давления в бетоне тела конструкции. Трещинообразование по всему телу колонны, дальнейшее развитие наклонных трещин отрыва бетона защитного слоя конструкции происходило под усиляемым элементов и составило 45 см в верхнем фрагменте, 25 см в нижнем. Разрушение конструкции произошло при достижении поперечным усилием 300 кН, вследствие расслоения волокон элемента усиления, разрыва в углах колонн, концентрация напряжений в углах колонны,

вид разрушенных образцов представлен на рис. 12. Не было отмечено, что испытания образцов происходило по различным схемам прикладывания нагрузки 2-го образца Q прикладывалось в плоскости действия предыдущей нагрузки, 1-го образца в плоскости перпендикулярной предыдущей нагрузки. Несмотря на это, образцы разрушились по одинаковой схеме. Различие заключалось только в том, что деформативность первого образца оказалась на 25 % выше, чем второго.



а) б)

Рис. 12. Вид разрушенных образцов а) ШС-У-2*, б) ШС-У-3*

Анализ полученных опытных данных показывает, что штепсельные стыки усиленные представленными способами обладают двух-, трехкратным запасом прочности. Однако для каждого варианта усиления есть свои преимущества в зависимости от режима нагружения и условий эксплуатации. На рис. 13 показано сравнение опытных данных для 3 стыков.

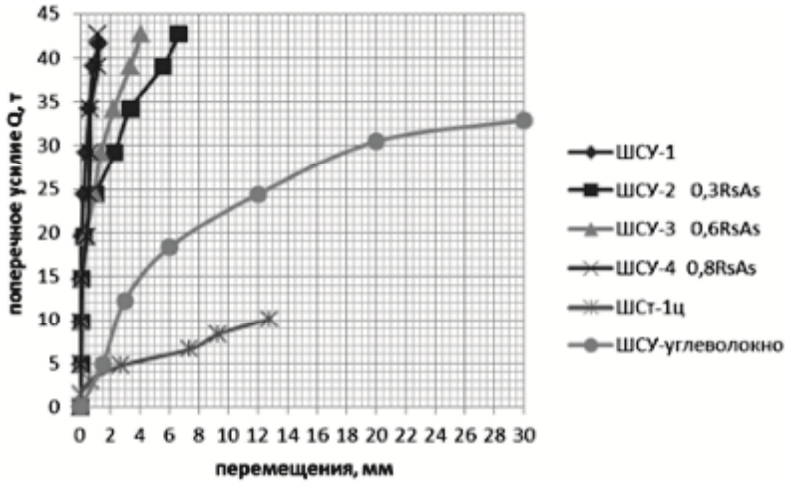


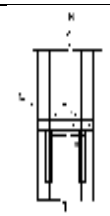
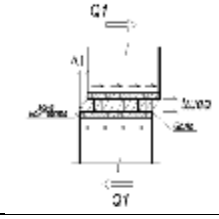
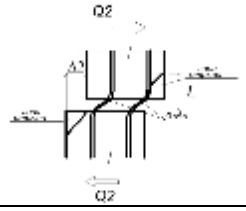
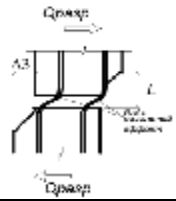
Рис. 13. Зависимость «поперечное усилие – перемещения» для стыков

Из графика на рис. 13 видно, что стык усиленный углеволокном обладает максимальной потенциальной энергией разрушения, что может положительно сказаться на сейсмостойкости сборно-монолитного каркаса. С учетом малой трудоемкости исполнения усиления этот способ становиться наиболее привлекательным, однако стоит учитывать дороговизну материала.

Усиление стальной обоймой с хомутами без преднапряжения привело к максимальному увеличению несущей способности стыка до 3 раз, повышению трещиностойкости за счет обжатия растянутой зоны бетона защитного слоя, к повышению жесткости. Податливость уменьшилась в 2,66 раза. Так как за варьируемый фактор принималось расстояние между хомутами и преднапряжение в них, сделали вывод, что несущая способность и эксплуатационная пригодность стыков с расстоянием между хомутами 30 см и максимально возможным преднапряжением их сопоставима с образцами, в которых расстояние между хомутами принималось 10 см и отсутствовало преднапряжение. Следовательно, экономичнее применять стальную обойму с преднапряженными хомутами, так как это позволяет экономить сталь. Экономия для одной обоймы составила 7,1 кг. Разрушение образцов, усиленных внешним армированием, происходило из-за расслоения и разрыва волокон холста в углах колонн, концентрации напряжений в этих зонах из-за разрушения бетона от отрыва. При этом горизонтальные деформации стыка достигали 30 мм в момент разрушения образцов. Из графика видно, что стык, усиленный углеволоконным холстом, обладает максимальной потенциальной энергией при разрушении, что может положительно влиять на сейсмостойкости каркаса. С учетом малой трудоемкости исполнения усиления этот является целесообразным. Несущая способность таких образцов увеличилась в 2,5 раза по сравнению со стыками проектного решения, однако на податливости стыка такое усиление отразилось незначительно, так как такое усиление и позволило лишь предотвратить отрыв защитного слоя бетона, тогда как сдвиг по контактной поверхности «бетон-раствор» происходил практически с самого начала нагружения.

Аналитическое описание расчетных выражений сдвиговой податливости усиленных штепсельных стыков железобетонных колонн приведено ниже в табл. 2.

Таблица 2

Стадия НДС	Схема деформирования	Определение перемещений, мм	Сдвиговая податливость $\frac{1}{C_g}, \frac{мм}{Н}$
1[a] Жесткая работа стыка		При $Q=Q_{сц}+fN+Q_{пл}$ $\Delta = 0$	$\frac{1}{C_{\gamma 0}} = 0$
1. Упругая работа $Q_1 = 0{,}5Q_{ult}$ $0<Q\le Q_1$		$\Delta_1 = \frac{Q_1 \cdot L_y}{k_1(G_m A_p + G_s A_y + G_s A_s)}$	$\frac{1}{C_{\gamma 1}} = \frac{\Delta_1}{Q_1}$
2. Образование первых трещин в теле бетона защитного слоя $Q_2 = 0{,}85Q_{ult}$ $Q_1<Q\le Q_2$		$L_{ст}=L_v$ $\Delta_2 = \frac{Q_2 \cdot (2L+t)}{k_2(G_y + G_s + G_{пл})A_{red}}$	$\frac{1}{C_{g2}} = \frac{\Delta_2}{Q_2}$
3. Разрушение конструкции $Q_3 = Q_{ult}$ $Q_2<Q\le Q_3$		$L_{ст}=L_v$ $\Delta_3 = \frac{Q_{ult} \cdot (2L+t)}{k_2(G_y + G_s + nG_{пл})A_{red}}$	$\frac{1}{C_{g3}} = \frac{\Delta_3}{Q_3}$

Список библиографических ссылок

1. Соколов Б.С., Лизунова Н.С. Анализ результатов экспериментальных исследований сдвиговой податливости штепсельных стыков железобетонных колонн // Вестник ВолгГАСУ, 2013, № 31 (50). – С. 52-57.
2. Лизунова Н.С. Компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния штепсельных стыков железобетонных колонн при сдвиге // Известия КГАСУ, 2014, № 3 (29). – С. 56-61.
3. Соколов Б.С., Лизунова Н.С. Экспериментально-теоретическая методика оценки сдвиговой податливости штепсельных стыков железобетонных колонн // Известия КГАСУ, 2014, № 1 (27). – С. 119-124.
4. Соколов Б.С., Абдрахимова Н.С. Оценка сдвиговой податливости штепсельных стыков первого типа с применением энергетического метода // Известия КГАСУ, 2015, № 4 (34). – С. 169-176.
5. Соколов Б.С., Лизунова Н.С. Экспериментальные исследования новых решений штепсельных стыков колонн // Материалы I Международной конференции. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2012. – С. 160-164.
6. Соколов Б.С., Лизунова Н.С. Компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния штепсельных стыков железобетонных колонн, усиленных стальной обоймой на действие поперечной силы // Актуальные проблемы компьютерного моделирования конструкций и сооружений: сборник научных трудов. – Челябинск, 2012. – С. 205-207.
7. Пат. 99506 Российская Федерация, МПК E04B 1/38. Стыковое соединение сборных железобетонных колонн / Соколов Б.С., Латыпов Р.Р., Лизунова Н.С.; заявитель и патентообладатель Казан. госуд. арх.-строит. ун-т. № 2010124170/03; заявл. 11.06.10; опубл. 20.11.10, Бюл. № 32. – 3 с.
8. Пат. 99036 Российская Федерация, МПК E04B 1/38. Стыковое соединение сборных железобетонных колонн для сейсмических районов строительства / Соколов Б.С., Травуш В.И., Лизунова Н.С.; заявитель и патентообладатель Казан. госуд. арх.-строит. ун-т. № 2010124169; заявл. 11.06.10; опубл. 10.11.10, Бюл. № 30. – 3 с.

Abdrakhimova N.S. – assistant
E-mail: Lis258.86@mail.ru
Mironova U.V. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: jullog@fromru.com
Shamsutdinova A.I. – student
E-mail: aliushechka_@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Experimental and theoretical studies of plug joints reinforced concrete columns under shear force effect

Resume

Analysis of the scientific and technical literature indicates prefabricated building's joint responsibility for structural safety and reliability under static and seismic loading. According to numerous publications of domestic and foreign authors, in frame buildings the first signs of failure appear in the joints of the elements due to stress concentration. It is possible that at the stage of operation of the joints do not meet the requirements of reliability and durability due to a number of reasons: the action of non-project loads, the presence of joint and installation of manufacturing defects (non-project reinforcement, cracks in concrete, incomplete filling of joints, etc.). Therefore, to ensure the structural safety of the building and serviceability by strengthening the joints at the lowest cost is an urgent task.

In this paper, we consider the strengthening of the plug joint concrete columns on the perception of lateral forces as the most dangerous factor, especially under the action of cyclic (seismic) loads. Experimental and theoretical study of three options for strengthening joint plug under the action of shear forces: the external reinforcement of composite material, steel cage with clamps without prestressing, pre-stressed steel cage with clamps. We present the design expression of the shear compliance plug joints of reinforced concrete columns.

Reference list

1. Sokolov B.S., Lizunova N.S. Analysis of the results of experimental studies of the shear compliance socket joints of reinforced concrete columns // Vestnik VolgGASU, 2013, № 31 (50). – P. 52-57.
2. Lizunova N.S. Computer modeling of stress-strain state of plug joints of reinforced concrete columns under shear // Izvestiya KGASU, 2014, № 3 (29). – P. 56-61.
3. Sokolov B.S., Lizunova N.S. Experimental and theoretical method of estimating the shear compliance socket joints of reinforced concrete columns // Izvestiya KGASU, 2014, № 1 (27). – P. 119-124.
4. Sokolov B.S., Abdrahimova N.S. Evaluation of shear compliance socket joints of the first type by using the energy method // Izvestia KGASU, 2015, № 4 (34). – P. 169-176.
5. Sokolov B.S., Lizunova N.S. Experimental research of new solutions socket joints columns // Proceedings of the I International Conference. – Cheboksary: Publishing House of the Chuvash. University Press, 2012. – P. 160-164.
6. Sokolov B.S., Lizunova N.S. Computer modeling of stress-strain state of plug joints of concrete columns reinforced with steel clip on the action of the sheer force // Actual problems of computer modeling of structures and facilities: a collection of scientific papers. – Chelyabinsk, 2012. – P. 205-207.
7. Pat. 99506 Russian Federation, MPK E04V 1/38. Butt joint of precast concrete columns for seismic building regions / B.S. Sokolov, R.R. Latypov, N.S. Lizunova; the applicant and the patentee. № 2010124170/03; Appl. 11.06.10; publ. 20.11.10, Bul. № 32. – 3 p.
8. Pat. 99036 Russian Federation, IPC E04V 1/38. Butt joint of precast concrete columns for seismic areas construction / B.S. Sokolov, Travush V.I., Lizunova N.S.; the applicant and the patentee KGASU. № 2010124169; appl. 11.06.10; publ. 10.11.10, Bul. № 30. – 3 p.

УДК 624
Замалиев Ф.С. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: zamaliev49@mail.ru
Казанский государственный архитектурно - строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

К расчету сталежелезобетонных перекрытий со стальным профилированным настилом

Аннотация

Проанализирован отечественный опыт восстановления перекрытий старинных зданий. Дана оценка опыта применения сталежелезобетонных конструкций перекрытий и методов их расчета. Рассмотрены конструктивные данные сталежелезобетонного перекрытия со стальным профнастилом. Предложено использовать деформационную модель расчета, основанную на аналитических и трансформированных диаграммах работы материалов. Представлены выражения для определения положения нейтральной оси и внутренних моментов. Применение усовершенствованной методики расчета сталежелезобетонных перекрытий по профилированному стальному настилу будет способствовать внедрению этих конструкций в практику реконструкции и нового строительства.

Ключевые слова: сталежелезобетонное перекрытие, стальной профнастил, методика расчета, деформационная модель.

В старинных зданиях, в основном являющимися памятниками архитектуры, при реставрации и реконструкции помимо воссоздания архитектурного облика здания, необходимо обеспечить конструктивную его целостность, восстанавливая работоспособность несущих элементов, начиная от фундамента и завершая конструкциями покрытия. Конструкции перекрытий и покрытий в старинных зданиях в нашей стране выполнялись в основном в деревянном исполнении, за редким исключением в нижних и подвальных этажах, где использовались либо сводчатые кирпичные массивные перекрытия, либо набор цилиндрических кирпичных (бетонных) сводов по стальным рельсам или двутаврам.

При реконструкции старинных зданий восстановление работоспособности перекрытия становится одним из главных вопросов, т.к. деревянные перекрытия этих зданий из-за истечения значительного срока службы потеряли свою несущую способность [1], либо надзорные органы требуют их полной замены на конструкцию перекрытия из материалов, отвечающих повышенным требованиям по их пожаробезопасности [2]. Проектировщики свой выбор останавливают либо на монолитных железобетонных ребристых перекрытиях, либо на перекрытиях по стальным балкам [3].

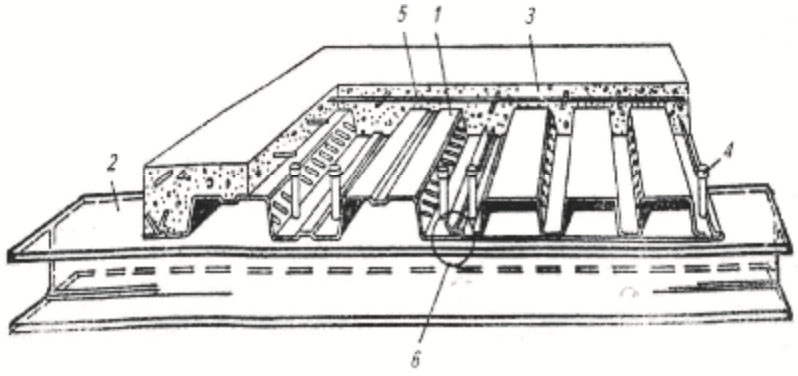
При устройстве монолитного железобетона и перекрытий по стальным балкам необходимо сооружать систему опалубки. В первом случае кроме опалубки необходимо еще смонтировать систему поддерживающих лесов, а во втором случае можно обойтись без них, передавая монтажную нагрузку от опалубки и свежеуложенного бетона на стальные балки.

При устройстве опалубки встает также вопрос какая опалубка предпочтительнее. Проектировщики сегодня очень часто используют в качестве несъемной опалубки стальной профилированный настил (СПН). Преимуществом применения СПН является также его использование в роли рабочей арматуры [4], однако применение СПН в помещениях перекрытий с повышенным влажностно-температурным режимом ограничено (зона санузлов жилых зданий, прачечные и плавательные бассейны на технических этажах или в отдельно стоящих зданиях). Основным несущим элементом восстанавливаемого перекрытия является стальная балка, чаще двутаврового сечения, устанавливаемая в те же «лунки», где ранее были деревянные балки круглого сечения в реконструируемом здании. По ним укладывается стальной профилированный настил, через заранее приготовленные отверстия привариваются анкерные стержни и «заливается» монолитным бетоном [5]. В верхней зоне часто укладывают противоусадочные сетки или

рабочую арматуру над стальной балкой. В качестве СПН рекомендуют использовать профилированные настилы с рифами (рифлеными стенками и полкой) [6].

Конструкции междуэтажных перекрытий со СПН (рис. 1) широко используются в экономически развитых странах мира [5]. Из анализа технической литературы исходит, что начали их использовать в перекрытиях в 50 годах XX столетия во Франции и США.

Специалисты из отдела ЛСТК ООО «ЦНИИПСК» им. Мельникова считают «наиболее эффективная область их применения – многоэтажные жилые и административные здания со стальным каркасом в труднодоступных и сейсмических районах» [5]. Однако такие перекрытия успешно применяются и при восстановлении старинных зданий. Возможно широкому их применению как в развитых странах мира и в многоэтажных зданиях со стальным каркасом препятствуют отсутствие норм проектирования и методик расчета, учитывающих действительную работу составляющих элементов сталежелезобетонного перекрытия со СПН.



1 – стальной профилированный настил с рифлеными стенками гофров; 2 – элемент балочной клетки; 3 – монолитный бетон перекрытия; 4 – стержневой анкер; 5 – сетка противоусадочного армирования; 6 – соединение гофрированных профилей между собой

Рис. 1. Сталежелезобетонное перекрытие со стальным профнастилом

Существующие стандарты организаций СТО 0047-2005 «Перекрытия сталежелезобетонные с монолитной плитой по СПН» и рекомендации по проектированию сталежелезобетонных плит [6] в расчетных формулах используют модель расчета на основе прямоугольной эпюры напряжений, что не отражает фактическое напряженно-деформированное состояние и зачастую приводит к завышению несущей способности сталежелезобетонного элемента. Еврокод 4 [7], используемый многими проектными организациями, в расчетных формулах также опирается на прямоугольные эпюры напряжений составляющих материалов.

Таким образом, существующие нормы проектирования и методы расчета вступают в противоречие с фактической работой сталежелезобетонного перекрытия со СПН и не в состоянии учитывать специфику работы сталежелезобетонного перекрытия со СПН.

Наиболее перспективной является методика, базирующаяся на расчетной модели, отражающей действительную работу составной конструкции и учитывающая реальные эпюры деформаций и напряжений составляющих изгибаемого элемента материалов.

При расчете составного сечения важным является учет податливости контакта слоев. В сталежелезобетонных перекрытиях с использованием стального профилированного настила, сдвиг слоев может произойти как на контакте «бетон-СПН», так и по стыку «плита-стальная балка» из-за деформативности гибких анкерных стержней (рис. 2). Для простоты записей будем учитывать общий сдвиг плиты относительно стальной балки (сдвиг «бетон-СПН-стальная балка»).

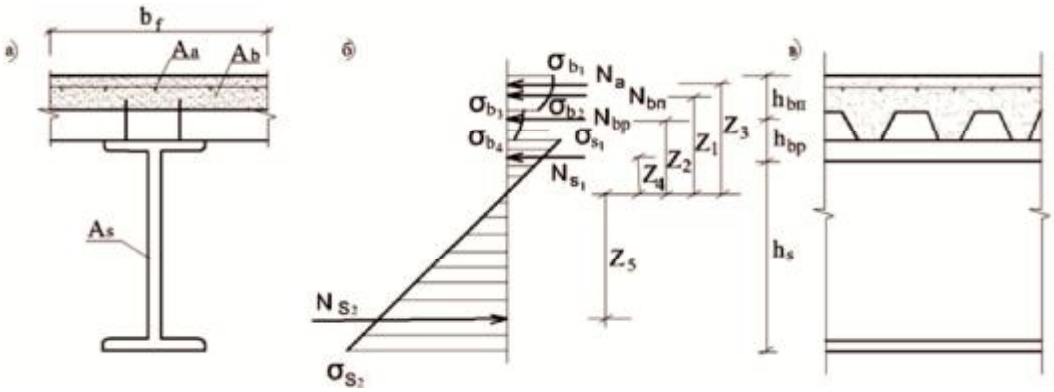


Рис. 2. Напряженно-деформированное состояние сталежелезобетонного сечения со стальным профнастилом: а) поперечное сечение; б) эпюра напряжений и схема внутренних усилий; в) фрагмент элемента вдоль балки

Величина относительных деформаций сдвига из условия совместности деформаций в уровне контактной плоскости (рис. 3):

$$e_{sh} = e^{н}_{b,доп} + e^{в}_{s,доп}, \quad (1)$$

где $e^{н}_{b,доп}$, $e^{в}_{s,доп}$ – соответственно, дополнительные относительные деформации бетона и стали в плоскости контакта «сталь-бетон» при проявлении деформаций сдвига между соответствующими слоями.

Из равенства кривизны полки и стальной балки сталежелезобетонного сечения следует:

$$e^{н}_{b,доп} \cdot y^{в}_{s} = e^{в}_{s,доп} \cdot y^{н}_{b}, \quad (2)$$

что позволяет определять дополнительные относительные деформации нижних волокон полки и верхних волокон стальной балки следующим образом:

$$e^{в}_{s,доп} = \frac{e_{sh} \cdot y^{в}_{s}}{y^{в}_{s} + y^{н}_{b}}; e^{н}_{b,доп} = \frac{e_{sh} \cdot y^{н}_{b}}{y^{н}_{b} + y^{в}_{s}}. \quad (3)$$

С учётом справедливости гипотезы плоских сечений дополнительные относительные деформации $e^{н}_{s,доп}$ нижних волокон стальной балки и верхних волокон железобетонной полки композиционного сечения равны:

$$e^{н}_{s,доп} = \frac{e_{sh} \cdot y^{н}_{s}}{y^{в}_{s} + y^{н}_{b}}; \; e^{в}_{b,доп} = \frac{e_{sh} \cdot y^{в}_{b}}{y^{н}_{b} + y^{в}_{s}}. \quad (4)$$

Таким образом, относительные деформации материалов в характерных уровнях высоты сталежелезобетонного сечения определяются по формулам:

$$e^{в}_{b} = e_{bo}(x) + e^{в}_{b,доп}; \; e^{н}_{b} = e_{bo}(x) - e^{н}_{b,доп}, \quad (5)$$

$$e^{в}_{s} = e_{so}(x) + e^{в}_{s,доп}; \; e^{н}_{s} = e_{so}(x) + e^{н}_{s,доп}. \quad (6)$$

Исходя из гипотезы плоских сечений и трансформированных диаграмм зависимостей «напряжение – деформация» бетона и стали по аналогии с ранее записанными выражениями для сталежелезобетонного элемента, состоящего из стальной балки и железобетонной плиты без профнастила [8] и [9], запишем выражение для определения положения нейтральной оси в изгибаемом элементе со СПН:

$$N_x = N_{bn} + N_{bp} + N'_a + N_{s1} - N_{s2} = 0 \quad (7)$$

или

$$N_x = \int_{h_n}^{h_f} s_b[e_b(x) + \Delta e] b_f dx + \int_{0}^{h_n} s_b[e_b(x) + \Delta e] b_f dx + s_a(e_a + \Delta e) A_a + s_{s_1}(e'_s - \Delta e) A_{s_1} - s_{s_2}(e_s + \Delta e) A_{s_2} \quad (7a)$$

где, $\sigma_b(\varepsilon_b)$, $\sigma_s(\varepsilon_s)$ – зависимости «напряжение-деформация» бетона и стали;

ε_b, ε_s – относительные деформации бетона и стали по высоте сечения;

$\Delta\varepsilon$ – относительная величина деформаций податливости контакта;

b_f – ширина сечения бетонной плиты;

A_a, A_{s1}, A_{s2} – площади сечения арматуры, верхней и нижней частей стального профиля.

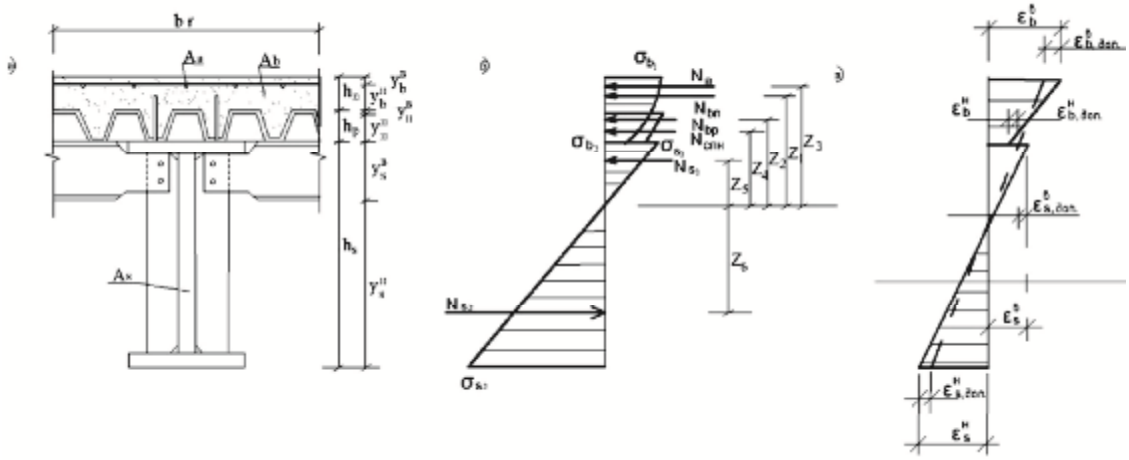


Рис. 3. Напряженно-деформированное состояние составного сечения с главной балкой:
а) сечение главной балки с узлом сопряжения балки настила;
б) эпюра напряжений и схема внутренних усилий; в) эпюра относительных деформаций

Методом последовательных приближений (итерации) по формуле (7а) рассчитывают высоту сжатой зоны «X» (до выполнения условия $\Delta N_x \leq k$, k – заданная точность вычислений).

Уравнение внутренних изгибающих моментов запишется в следующем виде:

$$M_z = N_{bn}Z_1 + N_{bp}Z_2 + N'_aZ_3 + N'_{s1}Z_4 + N_{s2}Z_5, \quad (8)$$

где, z_1, z_2 … z_5 – плечо соответствующего внутреннего усилия (рис. 2).

При больших расстояниях между несущими стенками реконструируемого здания в восстанавливаемом перекрытии может быть устроена балочная клетка по классической схеме с укладкой стального профнастила по балкам настила, тогда гофры профнастила будут ориентированы вдоль главных балок (рис. 3). Напряженно-деформированное состояние составной балки, состоящей из главной балки, профнастила и бетона запишется в следующем виде:

$$N_x = N_{bn} + N_{bp} + N_{СПН} + N_a^{'} + N_s^{'} - N_s, \quad (9)$$

$$N_x = \int_{h_n}^{h_f} s_{bn}\left[e_b(x) + \Delta e\right]b_f dx + \int_0^{h_n} s_{bp}\left[e_b(x) + \Delta e\right]b_f dx + s_a\left(e_a + \Delta e\right)A_a + s_{СПН}\left(e_s + \Delta e\right)A_{СПН} + \\ + s_{s_1}\left(e_s^{'} - \Delta e\right)A_{s_1} - s_{s_2}\left(e_s + \Delta e\right)A_{s_2}. \quad (9а)$$

Положение границы сжатой зоны «X» по формуле (9а) определяется аналогично как и в предыдущем случае. Уравнение в моментах для данного расчетного сечения запишется в следующем виде:

$$M_z = N_{bn}Z_1 + N_{br}Z_2 + N_{СПН}Z_3 + N'_aZ_4 + N'_{ap}Z_5 + N_{pr}Z_6, \quad (10)$$

где N_i – внутренние усилия от напряжений соответствующего слоя составного сечения;
$Z_{i\,(1\text{-}6)}$ – плечо соответствующего внутреннего усилия.

Прочность сталежелезобетонной конструкции со стальным профнастилом как для первого, так и для второго расчетного сечения на всех стадиях нагружения оценивается исходя из условия:

$$M_i \leq M_z,$$

где M_i – изгибающий момент от действия внешней нагрузки.
M_z – внутренний изгибающий момент, определяемый в зависимости от расчетного случая по формуле (8) или (10).

Список библиографических ссылок

1. Мирсаяпов И.Т., Абдрахманов И.С. Деревожелезобетонные конструкции при реконструкции исторических городов // Проблемы реконструкции и возрождения

исторических городов. Материалы Российского научно-практического семинара. – Казань, 1999. – С. 8-21.
2. Абдрахманов И.С. Вопросы безопасности при реконструкции и реставрации архитектруных памятников // Журнал ПГС, 2009, № 2. – С. 48-50.
3. Пат. № 133549 Российская Федерация. Сборно-монолитное перекрытие / Замалиев Ф.С., Шаймарданов Р.И., Замалиев Э.Ф.; заявитель и патентообладатель Казанский государственный архитектурно-строительный университет, Замалиев Фарит Сахапович. № 2913119949/03; заяв. 29.04.2013; опубл. 20.10.2013, бюл. № 29. – 2 с.
4. Румянцева И.А., Айрумян Э.Л. Сталежелезобетонные конструкции междуэтажных перекрытий // Современное строительство. – М.: ГУП «ИТЦ Москомархитектуры», 2007. – С. 282-285.
5. Айрумян Э.Л., Каменщиков Н.И., Румянцева И.А. Особенности расчета монолитных плит сталежелезобетонных перекрытий по профилированному стальному настилу // Журнал ПГС, 2015, № 9. – С. 21-29.
6. Рекомендации по проектированию монолитных железобетонных перекрытий со стальным профилированным настилом. – М.: «Стройиздат», 1987 – 40 с.
7. Eurocode 2: Design of Concrete Structures – Part 1.1: General Rules and Rules for buildings. CEN, 2003. – 224 p.
8. Мирсаяпов И.Т., Замалиев Ф.С., Замалиев Э.Ф. Учет податливости контакта слоев при расчетах прочности и малоцикловой выносливости сталежелезобетонных элементов // Известия КГАСУ, 2010, № 2 (14). – С. 126-133.
9. Замалиев Ф.С. Учет нелинейных свойств материалов и податливости слоев при расчете прочности сталежелезобетонных перекрытий // Промышленное и гражданское строительство, 2013, № 5. – С. 38-41.
10. Salmon Ch.G. Handbook of composite construction Engeneering // Ch. 2: Composite steel-concrete construction. – New York, 1982. – P. 41-79.

Zamaliev F.S. – candidate of technical science, associate professor
E-mail: zamaliev49@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Civil Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Calculation of steel-reinforced concrete slabs with steel profiled decking

Resume

Analyzed national experience of recovery floors of old buildings, which are mainly monuments. It was stressed that the earlier the overlap in our country is carried out mainly in wooden form. Today, after a lifetime, they either lost the carrying capacity, or supervisory authorities require their replacement with safer designs in terms of their fire resistance. Composite structures are most suitable from the point of replacing the light beams on fire safety and reliability. The article deals with the composite slab based on the steel sheeting. Analyzed the existing design rules and calculation methods for composite slabs with steel floorings. The method of calculation, based on the calculation model reflects the actual work of composite structure diagrams, and taking into account the real strain and stress.

We consider two types of cross-sections calculated on the basis of the best possible options for the structural elements of restored ceilings. Given an expression to determine the boundaries of the compressed composite sectional area by taking into account the compliance of contact between the steel beam and slab (concrete + steel decking). The formulas for determining the torque of the internal state of a flexible composite element, write the condition of strength calculation section.

The use of advanced methods of calculation of composite slabs with steel decking will facilitate the introduction of these constructs into the practice of reconstruction and new construction.

Keywords: steel-concrete composite slab, steel decking, method of calculation, deformation model.

Reference list

1. Mirsayapov I.T., Abdrakhmanov I.S. Wood-steel-concrete design the reconstruction of historic cities // Problems of reconstruction and revitalization of historic cities // Proceedings of Russian scientific-practical seminar. – Kazan, 1999. – P. 8-21.
2. Abdrakhmanov I.S. Security issues in the reconstruction and restoration of architectural monuments // PGS Journal, 2009, № 2. – P. 48-50.
3. Pat. № 133549 Russian Federation. Prefabricated monolithic slab / Zamaliev F.S., Shaimardanov R.I., Zamaliev E.F.; the applicant and the patentee Kazan State Architectural University, Zamaliev Farid Sahapovich. № 2913119949 / 03; appl. 04/29/2013; publ. 20.10.2013, Bull. № 29. – 2 p.
4. Rumyantseva I.A, Hayrumyan E.L. Composite structures intermediate floors // Modern building. – M.: GUP «ITC Moscomarchitecture», 2007. – P. 282-285;
5. Hayrumyan E.L., Kamenschikov N.I. Rumyantseva I.A. Features of the calculation of monolithic slabs of composite slabs profiled steel decking // PGS Journal, 2015, № 9. – P. 21-29.
6. Recommendations for the design of monolithic concrete floors with steel profiled decking. – M.: «Stroyizdat», 1987. – 40 p.
7. Eurocode 2: Design of Concrete Structures, Part 1.1: General Rules and Rules for buildings. CEN, 2003. – 224 p.
8. Mirsayapov I.T., Zamaliev F.S., Zamaliev E.F. Accounting compliance contact layers in the calculations of strength and low-cycle endurance of composite elements // Izvestia KGASU, 2010, № 2 (14). – P. 126-133.
9. Zamaliev F.S. Accounting for non-linear properties of the materials and pliability of the layers in the calculation of the strength of composite slabs // Industrial and civil construction, 2013, № 5. – P. 38-41.
10. Salmon Ch.G. Handbook of composite construction Engeneering // Ch. 2: Composite steel-concrete construction. – New York, 1982. – P. 41-79.

УДК 69.07+69.058
Карасев И.В. – студент
E-mail: ilya.karasev.1993@mail.ru
Майстренко И.Ю. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: igor_maystr@mail.ru
Куклин А.Н. – заведующий лабораторией
E-mail: labmost@kgasu.ru
Хозин В.Г. – доктор технических наук, профессор
E-mail: khozin@kgasu.ru
Гиздатуллин А.Р. – аспирант
E-mail: antonchiks@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Экспериментальное исследование работы поликарбонатных модульных систем

Аннотация

В данной статье рассмотрен комплекс статических испытаний образцов кровельных и фасадных поликарбонатных панелей с целью получения данных по их несущей способности и деформативности для использования этих данных при проектировании и строительстве. Определены значения несущей способности панелей при достижении прогибов 1/10, 1/25 пролета. Определены рекомендуемые шаги опор для устройства кровельных и фасадных поликарбонатных панелей. Определен диапазон допустимых максимальных радиусов загибов кровельных панелей. Определена несущая способность узлов соединений фасадных панелей.

Ключевые слова: поликарбонатная панель, покрытие, несущая способность, деформативность.

Введение

Цель работы состоит в оценке несущей способности панелей при изгибе, прочности соединения панелей с кляммерами и определении характера разрушения панелей.

При подготовке данных исследований были проанализированы научные работы российских ученых [1-8].

Для достижения поставленной цели предстояло решить следующие задачи:

- оценить соответствие представленных образцов к заявленным требованиям ТУ «КАРБОГЛАСС»;
- разработать методику проведения испытаний;
- провести испытания панелей различных модульных систем;
- проанализировать результаты испытаний, включая несущую способность панелей, максимально допустимых шагов опор для панелей, максимально допустимые радиусы загиба кровельных панелей, несущую способность креплений фасадных панелей при отрицательной нагрузке (нагрузки с внутренней стороны) и характера разрушения панелей.

По данным производителя ЗАО «КАРБОГЛАСС» поликарбонатные модульные системы – это панели сотовые из поликарбоната «CARBOGLASS pro», изготавливаются методом соэкструзии с защитным УФ-покрытием. Панели предназначены для применения в строительстве для создания светопрозрачных покрытий, фонарей верхнего света, фасадных конструкций, ленточного остекления, при остеклении пешеходных переходов и путепроводов, создании навесов над железнодорожными платформами и автобусными станциями, изготовлении откатных ворот и фасадных конструкций ангаров, шумозащитных ограждениях (ТУ 5772-006-70212577-2013. Панели поликарбонатные для модульных систем «CARBOGLASS pro»).

В испытаниях использовались образцы модульных панелей с маркировкой МСК 10, МСК 20 и МСФ20, МСФ40 соответственно, кровельного и фасадного типа, согласно ТУ 5772-006-70212577-2013 разработанного ЗАО «КАРБОГЛАСС» (рис. 1).

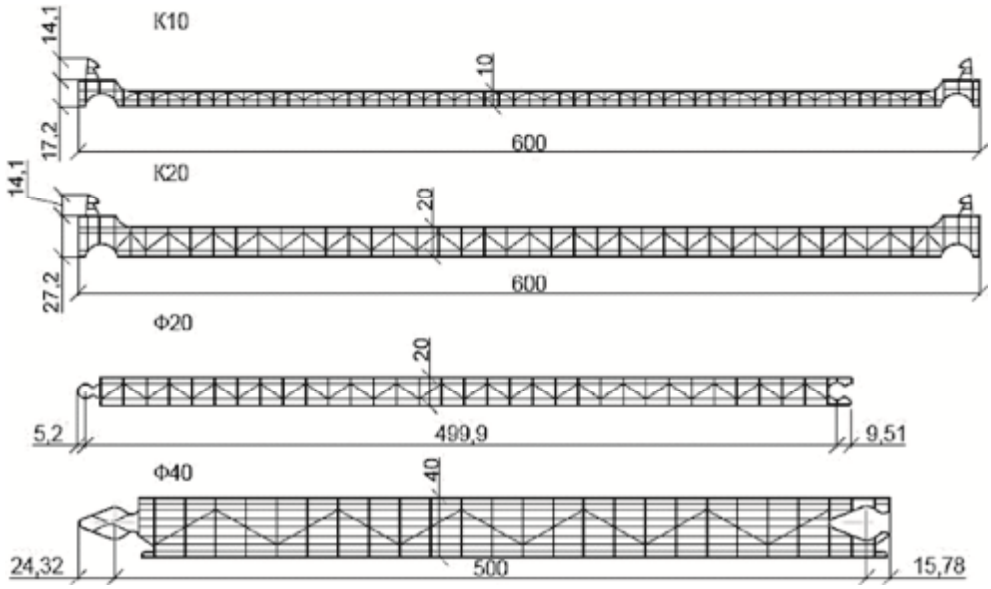


Рис. 1. Геометрические параметры сечения панелей

Инструментальные измерения показали, что панели имеют прямоугольную форму, разность длин диагоналей не превышает 10 мм, ширина панелей составляет 600 мм для кровельных панелей и 500 мм для фасадных, предельные отклонения от номинальной ширины не превышают 5 мм, при номинальной длине изготовляемых панелей 6000 и 12000 мм. Для испытаний используются образцы, нарезанные по длине: 1500, 3000, 4500, 5100 и 7200 мм. Толщина панелей – 10, 20 и 40 мм.

Методика проведения испытаний

Испытание панелей производилось в соответствии с требованиями ГОСТ (ГОСТ 4648-2014 (ISO 178:2010). Пластмассы. Метод испытаний на статический изгиб) в лабораторных условиях при температуре (23±2)^{o}С и относительной влажности (50±5) % по ГОСТ (ГОСТ 12423-66. Пластмассы. Условия кондиционирования и испытаний образцов).

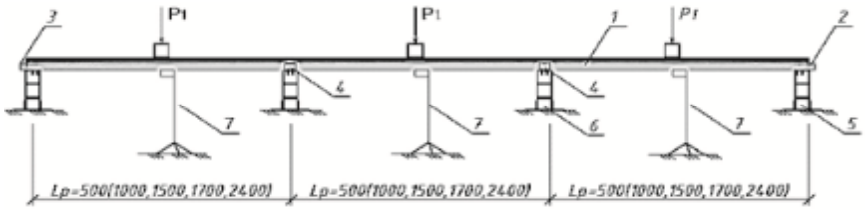


Рис. 2.

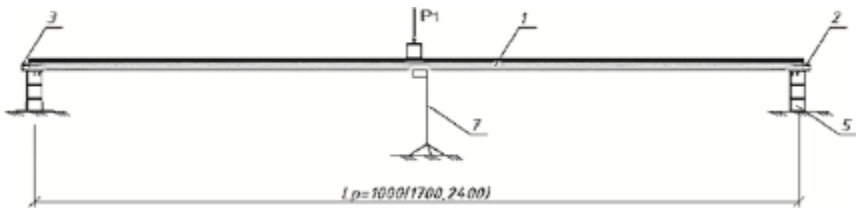


Рис. 3.

Рис. 2-3. Схема испытаний однопролетных панелей на изгиб: 1 – испытуемая панель; 2 – профиль фасадный холодный нижний 20 мм, профиль фасадный холодный нижний 40 мм; 3 – профиль фасадный холодный верхний 20 мм, профиль фасадный холодный верхний 40 мм; 4 – крепление панели; 5 – крайняя опора; 6 – промежуточная опора; 7 – прогибомер

Испытаниям подвергались по 3 образца каждого типа панелей.

Расчетная схема испытания для кровельных панелей неразрезная шарнирная балка-плита на 4-х опорах – трехпролетная система (рис. 2).

Расчетные схемы испытания для фасадных панелей приняты:

- неразрезная шарнирная балка-плита на 4-х опорах – трехпролетная система (рис. 2).
- разрезная шарнирная плита на 2-х опорах – однопролетная система (рис. 3);

Контроль расстояний между опорами и центровка образцов выполнялась с использованием рулетки со шкалой номинальной длины 7,5 м 2-го класса точности по ГОСТ (ГОСТ 7502-98. Рулетки измерительные металлические. Технические условия). Контроль состояния панелей производится визуально. Нагружение образцов выполняется поэтапно долями с шагом нагрузки 10, 20, 50, 100, 150, 200, 250 кг с использованием гидравлических домкратов типа ДГ50 с максимальным ходом штока 150 мм. Контроль нагружения выполняется с использованием динамометров ДОСМ-3-5 по ГОСТ (ГОСТ 13837-79. Динамометры общего назначения. Технические условия), установленных в середине каждого пролета панели. Контроль прогибов выполняется с использованием прогибомеров по ГОСТ (ГОСТ 164-90. Штангенрейсмасы. Технические условия), установленных в середине каждого пролета панели. Для предотвращения повреждений панелей в местах опирания и приложения нагрузки устанавливались подкладки и прокладки. Контроль напряжений выполняется с помощью тензометрической станции ТК50.

За разрушение модульной системы панелей при статическом изгибе принимался первый излом вертикальных продольных ребер, смятие полки над опорами, при котором панель не восстанавливает свою первоначальную форму после снятия нагрузки.

Закрепление панелей на опорах выполняется через специальные алюминиевые профили КК-10, КК-20 для кровельных и КФ20 и КФ40 для фасадных панелей.

Модульные системы покрытия имели размеры 1,5×1,5 м, 1,5×3,0 м, 1,5×4,5 м, 1,5×5,1 м, 1,5×7,2 м, 1,5×1,0 м, 1,5×1,7 м, 1,5×2,4 м. Соединение образцов по длине обеспечивается:

- для кровельных панелей с помощью специальных Э-профилей;
- для фасадных панелей – паз в паз.

Расчетная схема испытания на максимальный радиус загиба при прогибе (ребрами вверх) и выгибе (ребрами вниз) для кровельных панелей принята разрезная шарнирная плита на 2-х опорах – однопролетная система (рис. 4). Размеры образцов панелей 1,6×1 м; 1,6×0,5.

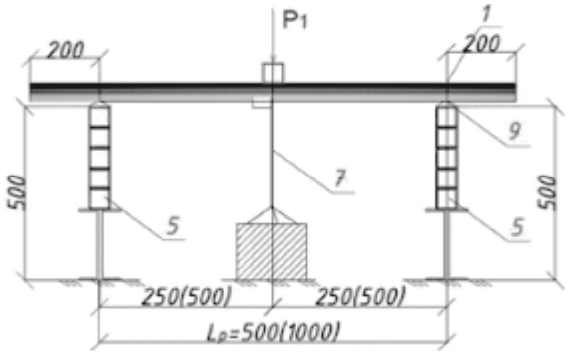


Рис. 4. Схема испытаний панелей на максимальный радиус загиба:
1 – испытуемая панель; 5 – крайняя опора; 7 – прогибомер; 9 – опорная часть округлой формы

Расчетная схема испытания на отрицательную нагрузку для фасадных панелей принята неразрезная шарнирная плита на 3-х опорах – двухпролетная система (рис. 5) с креплением кляммеров под промежуточной опорой в соответствии с условиями эксплуатации.

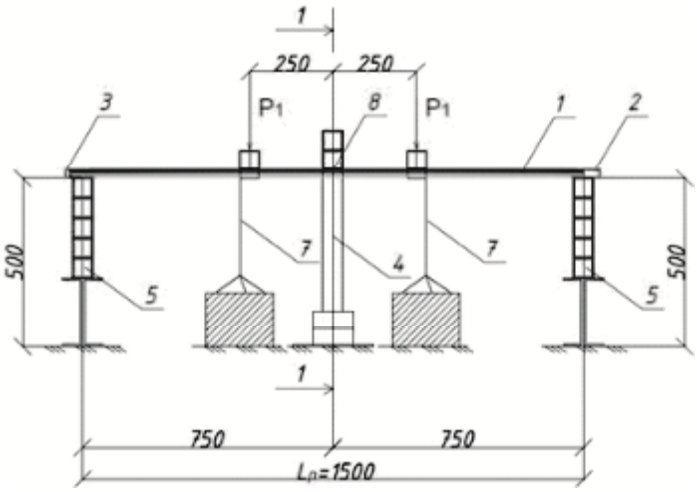


Рис. 5. Схема испытаний панелей на вырыв крепления

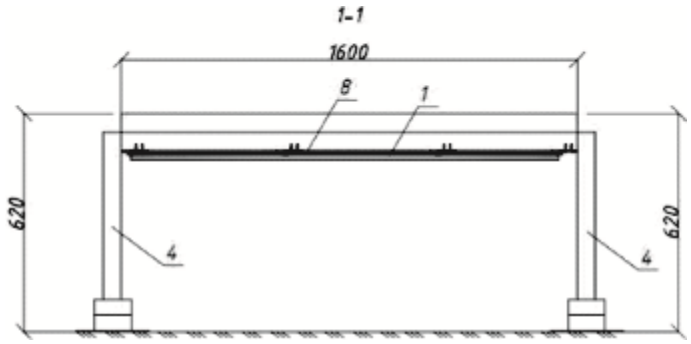


Рис. 6. Сечение средней опоры: 1 – испытуемая панель;
2 – профиль фасадный холодный верхний 20 мм, профиль фасадный холодный верхний 40 мм;
3 – профиль фасадный холодный нижний 20 мм, профиль фасадный холодный нижний 40 мм;
4 – средняя опора; 5 – крайняя опора; 7 – прогибомер; 8 – кляммер КФ20, кляммер КФ40

Испытания на вырыв (отрыв) крепления от промежуточных опор в стыковом соединении модульных систем (фасадных панелей), проводилось по методике с обратной нагрузкой, разработанной специально для модульных систем CARBOGLASS pro, с учетом требований ГОСТ (ГОСТ 8829-94. Изделия строительные железобетонные и бетонные заводского изготовления. Методы испытаний нагружением. Правила оценки прочности, жесткости и трещиностойкости).

Схема опирания и нагружения была принята в соответствии с условиям работы изделия в конструкциях зданий на стадии эксплуатации.

За предельное состояние принято максимальная воспринимаемая нагрузка в соединении до получения отказа:

- разрушение по кляммеру – сгиб, разрыв, вырыв из соединения;
- разрушение по панели – срез стыковых ребер граней;
- разрушение по анкеру – вырыв из основания.

Размеры образцов панелей 1,5×1,5 м. Крепление панелей в среднем пролете к опоре с помощью 4-х инвентарных кляммеров.

Результаты испытаний

В табл. 1 приведены результаты определения несущей способности панелей.

Рекомендуемые (максимальные) величины шагов опор для многопролетных панелей типа Ф20, Ф40, К10, К20 при несущей способности панели ($\boldsymbol{M_{изг_{f=1/10}}}$) для различных нагрузок приведены в табл. 2.

Рекомендуемые (максимальные) величины шагов опор для многопролетных панелей типа Ф20, Ф40, К10, К20 при несущей способности панели ($M_{изг_{f=1/25}}$) для различных нагрузок приведены в табл. 3.

Рекомендуемые (максимальные) величины шагов опор для однопролетных панелей типа Ф20, Ф40 при несущей способности панели ($M_{изг_{f=1/10}}$) для различных нагрузок приведены в табл. 4.

Рекомендуемые (максимальные) величины шагов опор для однопролетных панелей типа Ф20, Ф40 при несущей способности панели ($M_{изг_{f=1/25}}$) для различных нагрузок приведены в табл. 5.

В табл. 6 приведены результаты определения максимально допустимых радиусов загибов.

В табл. 7 приведены результаты определения несущей способности узлов соединения.

Таблица 1

Несущая способность панелей, (кг·м)

Прогиб	Тип панели			
	Ф20	Ф40	К10	К20
f=1/10L	72,1	263,025	120,05	267,75
f=1/25L	30,45	107,45	44,1875	114,975

Примечание: для поликарбонатных модульных систем типа Ф20, Ф40 несущая способность определялась при L_p=1 м, а для поликарбонатных модульных систем типа К10, К20 несущая способность определялась при L_p=0,5 м.

Таблица 2

Рекомендуемый (максимальный) шаг опор для многопролетных панелей при несущей способности панели ($M_{изг_{f=1/10}}$) при нагрузке на 1 м^2, (м)

$q, кг/м^2$	Тип панели			
	Ф20	Ф40	К10	К20
50	3,5	6,72	4,5	6,7
850	0,85	1,63	1,1	1,64

Таблица 3

Рекомендуемый (максимальный) шаг опор для многопролетных панелей при несущей способности панели ($M_{изг_{f=1/25}}$) при нагрузке на 1 м^2, (м)

$q, кг/м^2$	Тип панели			
	Ф20	Ф40	К10	К20
50	2,28	4,29	2,75	4,44
850	0,55	1,04	0,67	1,08

Таблица 4

Рекомендуемый (максимальный) шаг опор для однопролетных панелей при несущей способности панели ($M_{изг_{f=1/10}}$) при нагрузке на 1 м^2, (м)

$q, кг/м^2$	Тип панели	
	Ф20	Ф40
50	3,19	5,64
850	0,77	1,.37

Таблица 5

Рекомендуемый (максимальный) шаг опор для однопролетных панелей при несущей способности панели ($M_{изг_{f=1/25}}$) при нагрузке на 1 м^2, (м)

$q, кг/м^2$	Тип панели	
	Ф20	Ф40
50	2,19	4,25
850	0,53	1,03

Таблица 6

Максимально допустимые радиусы загибов панелей, (мм)

Тип панели	При прогибе (ребрами вверх)	При выгибе (ребрами вниз)
К10	660,92	312,28
К20	637,12	649,41

Примечание: для поликарбонатных модульных систем типа К10 максимально допустимый радиус загиба при выгибе определялся при L_p=0,5 м

Таблица 7

Несущая способность узлов соединений, (кг·м)

Тип кляммера	Несущая способность одного кляммера
КФ20	126,8
КФ40	309,37

Анализ результатов испытаний

По результатам проведенных испытаний установлены следующие закономерности при разрушении панелей:

- характер разрушения для трехпролетных панелей типа Ф20 – излом вертикальных продольных ребер и смятие нижнего пояса над промежуточными опорами.

- характер разрушения для трехпролетных панелей типа Ф40 – смятие верхнего пояса, излом вертикальных продольных ребер под распределенной нагрузкой.

- характер разрушения для трехпролетных панелей типа К10, К20 – смятие нижнего пояса с изломом вертикальных продольных ребер над промежуточными опорами.

- характер разрушения для однопролетных панелей типа Ф20, Ф40 – смятие верхнего пояса, излом вертикальных продольных ребер под распределенной нагрузкой. Так же после испытания трехпролетных панелей типа Ф20, Ф40 были обнаружены повреждения, в виде локального смятия нижнего пояса в узлах крепления (связь кляммер-панель) над промежуточными опорами, требующего последующего изучения для увеличения несущей способности и долговечности соединения.

Во время испытаний края (торцы) испытуемых панелей при трехпролетной и однопролетной схемах в некоторых случаях выскальзывали из торцевых креплений, в связи с этим максимальные величины несущей способности достигнуты не были.

Величины максимальных шагов опор определены исходя из достижения панелями максимальных прогибов, соответствующих 1/10 пролета. При этом следует учитывать, что ввиду малой жесткости панелей данный прогиб достигался при нагрузках, меньших, чем максимальная несущая способность панелей, что является неиспользованным резервом для панелей.

По результатам испытаний фасадных панелей на отрицательную нагрузку установлено, что характерным признаком разрушения для всех типов панелей было образование волн сжатого пояса, деформация кляммеров с последующим разрушением панели в узле соединения с кляммером. Результаты испытаний показали высокую несущую способность узлов соединений панелей, достаточную для восприятия горизонтальных ветровых нагрузок, возникающих в узлах модульных систем при устройстве из них ограждений зданий, автодорог, перронов и других сооружений, расположенных вблизи с транспортом.

Выводы

Практическая ценность результатов работы, полученных в статических испытаниях, заключаются в следующем:

1. Определены значения несущей способности панелей при достижении прогибов 1/10, 1/25 длины пролета.

2. Определены рекомендуемые шаги опор для устройства кровельных и фасадных поликарбонатных панелей.

3. Определен диапазон максимально допустимых радиусов загибов кровельных панелей.

4. Определена несущая способность узлов соединений фасадных панелей.

Список библиографических ссылок

1. Антюфеева Н.В., Столянков Ю.В., Исходжанова И.В. Исследование и оценка свойств полимерных композиционных материалов по методикам, гармонизированным с международными стандартами // Конструкции из композиционных материалов, 2013, № 3. – С. 41-45.
2. Аннин Б.Д., Жигалкин В.М. Поведение материалов в условиях сложного нагружения. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1999. – 342 с.
3. Булманис В.Н., Ярцев В.А., Кривонос В.В. Работоспособность конструкций из полимерных композитов при воздействии статических нагрузок и климатических факторов // Механика композитных материалов, 1987, № 5. – С. 915-920.
4. Зуйко В.Ю., Лобанов Д.С., Аношкин А.Н. Методики определения предела прочности полунатурных образцов-панелей из композиционных материалов при статических испытаниях на растяжение, сжатие и сдвиг // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика, 2012, № 2. – С. 99-111.
5. Прочность и разрушение композитных материалов // Труды второго советско-американского симпозиума. / Под ред.: Дж. К. Си, В.П. Тамуж. – Рига: Зинатне, 1983. – 320 с.
6. Современные методы испытаний композиционных материалов. науч.-метод. сборник / под ред. А.П. Гусенкова, сост. А.Н. Полилов. – М.: изд-во ИМАШ им. А.А. Благонравова, 1992. – 247 с.
7. Полилов А.Н. Экспериментальная механика композитов. – М.: Изд-во Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, 2015. – 371 с.
8. Лобанов Д.С. Экспериментальные исследования деформационных и прочностных свойств полимерных композиционных материалов и панелей с заполнителем. – Пермь: издательство Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2015. – 148 с.

Karasev I.V. – student
E-mail: ilya.karasev.1993@mail.ru
Maystrenko I.Yu. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: igor_maystr@mail.ru
Kuklin A.N. – head of the laboratory
E-mail: labmost@kgasu.ru
Khozin V.G. – doctor of technical sciences, professor
E-mail: khozin@kgasu.ru
Gizdatullin A.R. – post-graduate student
E-mail: antonchiks@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Experimental study of polycarbonate modular systems' work

Resume

This article describes a set of static tests to obtain data samples of roofing and facade polycarbonate panels on their bearing capacity and deformability to use these data for the design and construction. The purpose of this paper is to assess the carrying capacity of the panels flexural, bond strength of the panels with clamps and determining the nature of the destruction of the panels. To achieve this goal was to achieve the following objectives: to evaluate the compliance of the submitted samples to the stated requirements of TU «KARBOGLASS»; develop a method of testing; to test panels of different modular systems; to analyze the test results, including the carrying capacity of the panels, the maximum permissible steps supports for the panels, the maximum permissible bending radii roofing panels, the carrying capacity of

fasteners facade panels with a negative load (on the inside) and the nature of the destruction of the panels. The values of the bearing capacity of the panels when the deflection 1/10, 1/25 of the span. Determine the recommended steps for the device supports roof and facade of polycarbonate panels. The range of the maximum permissible bending radius of the roof panels. Determined the carrying capacity of nodes connections facade panels.

Keywords: polycarbonate panel, coating, carrying capacity, deformability.

Reference list

1. Antyufeeva N.V., Stoilyanka I.V., Iskhodzhanova J.V. Research and evaluation of the properties of polymer composites according to the procedures harmonized with international standards // Konstruktsii iz kompozitsionnykh materialov, 2013, № 3. – P. 41-45.
2. Annin B.D., Zhigalkin V.M. The behavior of materials under complex loading. – Novosibirsk: Publishing House of the SB RAS, 1999. – 342 p.
3. Bulmanis V.N., Yartsev V.A., Kryvonos V.V. The efficiency of polymeric composites when subjected to static loads and climatic factors // Mekhanika kompozitnykh materialov, 1987, № 5. – P. 915-920.
4. Zyiko V.Y., Lobanov D.S., Anoshkin A.N. Techniques for determining the tensile strength of semi-natural sample panels made of composite materials under static tensile tests, compression and shear // Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Mekhanika, 2012, № 2. – P. 99-111.
5. Strength and fracture of composite materials // Trudy vtorogo sovetsko-amerikanskogo simpoziuma. / Ed.: J. K. C., V.P. Tamuzs. – Riga: Zinatne, 1983. – 320 p.
6. Modern methods of composite material testing. Sci.-method. collection / ed. A.P. Gusenkov, comp. A.N. Polilov. – M.: Publishing IMASH im. A.A. Blagonravova, 1992. – 247 p.
7. Polilov A.N. Experimental mechanics of composites. – M.: Publishing Moskovskiy gosudarstvennyy tekhnicheskiy universitet im. N.E. Baumana, 2015. – 371 p.
8. Lobanov D.S. Experimental study of deformation and strength properties of polymer composite materials and filler panels. – Perm: Publishing Permskiy natsional'nyy issledovatel'skiy politekhnicheskiy universitet, 2015. – 148 p.

УДК 624.075.2
Каюмов Р.А. – доктор физико-математических наук, профессор
E-mail: kayumov@rambler.ru
Хайруллин Л.Р. – кандидат технических наук
E-mail: lenarhay@mail.ru
Попов М.М. – студент
E-mail: bloodpokeraxe@yandex.ru
Хамитов А.Р. – студент
E-mail: nomadblack@bk.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Методика оценки удерживающей способности дорожного ограждения*

Аннотация

В статье представлена методика расчета энергоемкости и динамического прогиба дорожного ограждения и динамического прогиба на основе подходов строительной механики. Для одного из частных вариантов ограждения проведено численное исследование влияния различных конструктивных решений на работу конструкций ограждений барьерного типа для автомобилей. Приведены теоретические расчеты прогиба ограждения, исходя из которых можно осуществлять подбор и составлять рекомендации по увеличению удерживающей способности конструкции.

Ключевые слова: дорожное ограждение, изгиб, расплющивание, удлинение, стойка.

Поглощение энергии при ударе происходит за счет различных форм деформации – упругой и пластической. Динамическая сила P_{dinam} связана с удерживающей способностью (энергоемкостью W) ограждения соотношением:

$$W = \int_0^{V_{dinam}} P_{dinam} \cdot dV_{dinam} . \quad (1)$$

Здесь V_{dinam} – динамический прогиб. При решении задачи методами строительной механики необходимо задавать или V_{dinam}, или P_{dinam}.

1. Упругая энергоемкость при изгибе

Упругая деформация изгиба при ударе по балке при наихудшем сценарии определяется следующим образом. Сначала требуется определить реакции стоек при ударе балки посередине пролета силой $P_y=P_{дин}\sin\alpha$ (рис. 1).

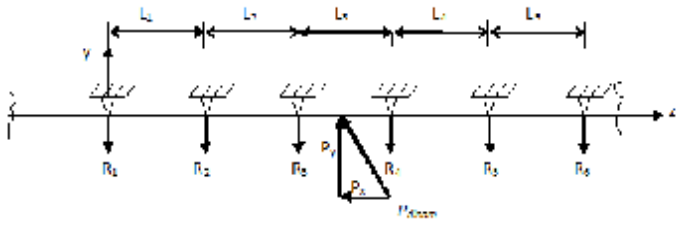


Рис. 1

Для этого составляется выражение для прогиба в виде:

$$EJ_V = R_1\frac{z^3}{6} + R_2\frac{(z-L_1)^3}{6} + R_3\frac{(z-L_1-L_2)^3}{6} +$$
$$+P\frac{(z-L_1-L_2-0,5L_3)^3}{6} + R_4\frac{(z-L_1-L_2-L_3)^3}{6} + \quad (2)$$
$$+R_5\frac{(z--L_1-L_2-L_3-L_4)^3}{6} + R_6\frac{(z-L_1-L_2-L_3-L_4-L_5)^3}{6} + Cz + D \cdot$$

*Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 15-08-06018

Неизвестные C, D, R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, R_6 находятся из условия равенства нулю прогибов на опорах и уравнений равновесия. Это дает следующие выражения при равенстве длин всех пролетов, т.е. при:

$$L_1 = L_2 = \ldots L_5 \tag{3}$$

$$R_1 = \frac{3P}{152} = 0,0197P,\ R_2 = -\frac{18P}{152} = -0,118P,$$

$$R_3 = \frac{91P}{152} = 0,599P,\ R_6 = R_1,\quad R_5 = R_2,\ R_4 = R_3. \tag{4}$$

Учет более отдаленных опор дает поправку менее чем на 1 %. Для определения энергии упругой деформации используется соотношение:

$$W_1^{elastic} = \frac{1}{2} v_p P = 0,01096 \frac{P^2 L^3}{2EJ_x}, \tag{5}$$

где v_p – прогиб под силой P, E – модуль упругости, J_x – главный момент инерции относительно центральной оси x сечения балки (рис. 2а).

Величина силы P, которая вызывает лишь упругие деформации, определяются из условия:

$$s_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_x} = s_T, \tag{6}$$

здесь W_x – момент сопротивления сечения, σ_m – предел текучести, M_{max} – максимальный изгибающий момент, определяемый по формуле:

$$M_{\max} = EJ_x \frac{d^2 v(z_p)}{dz^2}, \tag{7}$$

здесь z_p – координата точки приложения силы, которая при условии (2) будет $z_p=2,5L$. Тогда, получаем:

$$M_{max}=0,171PL. \tag{8}$$

Из условия (6) вытекает выражение для $P=P_m$, после которой начинается пластическая деформация балки:

$$P_T = \frac{s_T W_x}{(0,171L)}. \tag{9}$$

Окончательно энергия упругой деформации определяется по следующей формуле:

$$W_1^{elastic} = \frac{0,01096L\ (s_T W_x)^2}{(0,342EJ_x L)}. \tag{10}$$

2. Пластическая энергоемкость при расплющивании сечения балки типа «Волна»

Дальнейшая деформация происходит при пластических деформациях. Если толщина стенки мала, то происходит расплющивание (распрямление) сечения (превращение изогнутого профиля в плоское), как это изображено на рис. 2.

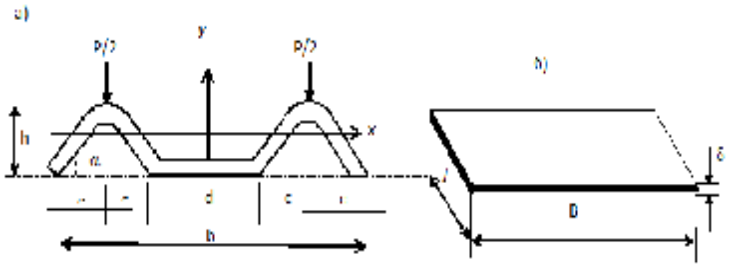


Рис. 2

Энергоемкость такой деформации может быть подсчитана по формуле:

$$W_1^{plastic}=6M_z^{plastic}\alpha. \tag{11}$$

Предельный пластический момент M подсчитывается по формуле:

$$M_z^{plastic}=2S_z\sigma_m, \tag{12}$$

где S_z – статический момент половины сечения распрямленной части профиля:

$$S_z = \frac{d\,l_1}{8}, \tag{13}$$

здесь l_1 – длина волны. Угол α определяется согласно рис. 2а:

$$a = arctg\left(\frac{h}{c}\right). \tag{14}$$

Величина l_1 определяется соотношением

$$l_1 = kb,\ k \equiv 1{,}5. \tag{15}$$

3. Пластическая энергоемкость при деформации изгиба

Дальнейшая деформация происходит по схеме пластических шарниров (рис. 3). Число звеньев, углы наклона к первоначальному положению определяются на основе кинематической теоремы предельного равновесия путем минимизации коэффициента предельной нагрузки.

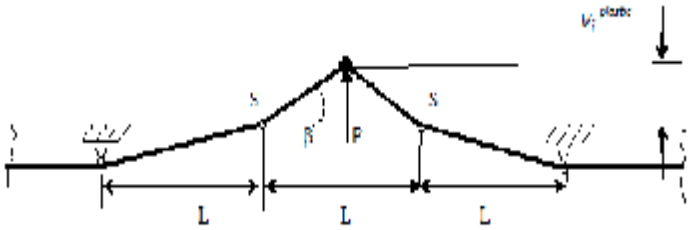


Рис. 3 Вид на ограждение сверху.
Точки S соответствуют положениям точек креплений барьерной балки со стойками, деформированными в результате удара. L – расстояние между стойками

Энергоемкость такой деформации в точке приложения силы вычисляется по формуле:

$$W_2^{plastic} = 2M_2^{plastic}\beta, \tag{16}$$

здесь предельный момент $M_2^{plastic}$ определяется по известному соотношению:

$$M_2^{plastic} = 2S_x\sigma_т. \tag{17}$$

Статический момент S_x вычисляется или для профиля, изображенного на рис. 2а, или для сечения, изображенного на рис. 2б. Во втором случае будет:

$$S_x = \frac{Bd^2}{8}. \tag{18}$$

Поскольку во втором случае S_x получается меньшей величины, то в запас энергоемкости можно ограничится формулой (18). Это будет справедливо для тонкостенных сечений.

Угол β определяется согласно рис. 3:

$$\beta = arctg\left(\frac{2V_i^{plastic}}{L}\right), \tag{19}$$

здесь $V^{plastic}$ – это прогиб участка между стойками. На разных участках он может быть разным, а определяются они также на основе кинематической теоремы предельного равновесия путем минимизации коэффициента предельной нагрузки.

Если перемещение $V^{plastic}$ должно быть принято согласно нормативам (т.е. если оно регламентируется), то :

$$V^{plastic} = \sum_i V_i^{plastic} = V_{\max}^{норм}. \tag{20}$$

Другим ограничением для $V^{plastic}$ является условие достижения деформациями предельных значений ε^{lim} для материала.

4. Энергоемкость от пластических деформаций удлинения

При больших прогибах кроме изгибных деформаций появляются деформации удлинения. Их энергоемкость определяется по формуле:

$$W_3^{plastic} = N_z\varepsilon_z L. \tag{21}$$

Нормальное усилие N_z находится по формуле:

$$N_z=\sigma_T A, \tag{22}$$

где A – площадь сечения балки.

Деформация удлинения ε_z балки на участке с номером i будет при этом определяться из соотношения:

$$e_z = \frac{V_i^{plastic}\sin b}{L}. \tag{23}$$

В дальнейшем будем считать, что на всех участках угол β одинаков.

Для определения $V^{plastic}$ необходимо сравнить два их значения – нормативное $V_{\max}^{норм}$ (если оно регламентируется) и значение, определяемое из условия достижения деформацией ε_z предельного значения $\varepsilon^{\lim}$:

$$e^{\lim} = \frac{V_{\lim}^{plastic}\sin b}{L}. \tag{24}$$

Прогиб $V_{\lim}^{plastic}$, угол β и длина L связаны геометрическим соотношением:

$$\beta = atctg\left(\frac{2V_{\lim}^{plastic}}{L}\right). \tag{25}$$

Задача отыскания $V_{\lim}^{plastic}$ сводится к решению трансцендентного уравнения вида:

$$e^{\lim} = \frac{\left[V_{\lim}^{plastic}\sin\left[acrtg\left(\frac{2V_{\lim}^{plastic}}{L}\right)\right]\right]}{L}. \tag{26}$$

Из двух значений $V_{\max}^{норм}$ и $V_{\lim}^{plastic}$ выбирается меньшая величина.

При больших деформациях ε_z, близких к $\varepsilon^{\lim}$, вместо σ_T необходимо брать $\sigma_в$ (временное сопротивление).

5. Энергоемкость стойки

Виды сечения стойки приведены на рис. 4. Схема деформации стойки при ударе приведена на рис. 5. Энергоемкость деформации такого типа определяется по формуле:

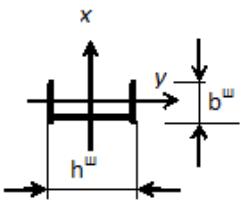
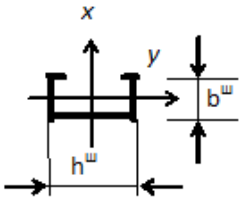


Рис. 4



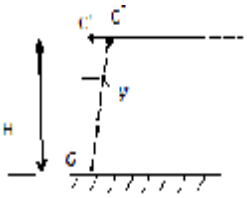


Рис. 5

$$W_C=M_m\cdot\psi, \tag{27}$$

где y – изменения углов наклона в точке 1, M_T зависит от формы и размеров сечения и определяется по соотношению:

$$M_T = 2S_x^{A/2}\sigma_T. \tag{28}$$

Изменение угла в точке G будет определяться из соотношения:

$$y \cong \frac{CC^*}{H}. \tag{29}$$

Вычисление $S_x^{A/2}$ проводится по соотношениям теории геометрических характеристик

6. Результаты численных экспериментов

При расчёте дорожное ограждение было принято по ГОСТ Р52289. Уровень удерживающей способности и энергоёмкость были приняты соответственно У1 и 130 кДж. Масса автомобиля при расчёте принималась m=1 т, скорость при наезде на дорожное ограждение v=80 км/ч.

При расчёте упругой энергоёмкости при изгибе энергия деформации получилась равной $W_1^{elastic}=3,8\cdot10^{-3}$ кН, что составило около 0,00002 % от общей энергоёмкости при ударе.

При расчёте пластической энергоёмкости при расплющивании сечения балки типа «Волна» энергоёмкость получилась $W_1^{plastic}=165,33$ кН, что составило около 0,9 % от общей энергоёмкости при ударе.

При расчёте пластической энергоёмкости при деформации изгиба барьерной балки энергоёмкость в точке приложения силы получилась $W_2^{plastic}=226,56$ кН, что составило около 1,2 % от общей энергоёмкости при ударе.

Энергоёмкости от пластических деформаций удлинения равна $W_3^{plastic}=17,8\cdot10^3$ кН, что составило около 97 % от общей энергоёмкости при ударе.

Энергоёмкость деформации стойки получилась равной $W_c=140,45$ кН, что составило около 0,7 % от общей энергоёмкости при ударе.

Таким образом, в основном энергия удара гасится за счет пластической деформации удлинения ограждающей балки.

Выясним, используя теоретический расчет по приведенной методике, с какой скоростью должен двигаться автомобиль и под каким максимально возможным углом должен произойти удар, чтобы балка прогнулась на максимально допустимое значение 1,5 м. согласно ГОСТ Р52289 . Результаты расчета приведены в таблице.

На рис. 6 приведена зависимость скорости от массы в случае нормативно возможного максимального прогиба ограждения 1,5 м. согласно ГОСТ 52721-2007.

Таблица

Вид транспортного средства	Скорость, V (км/ч)	Масса транспортного средства, m (т)
Прямой удар в отбойник (угол 90°)		
Легковой автомобиль	68,2	1,5
Автобус	54,92	5
Грузовой автомобиль	37,46	12
Прямой удар в отбойник (угол 5°)		
Легковой автомобиль	114,5	1,5
Автобус	91,67	5
Грузовой автомобиль	59,19	12

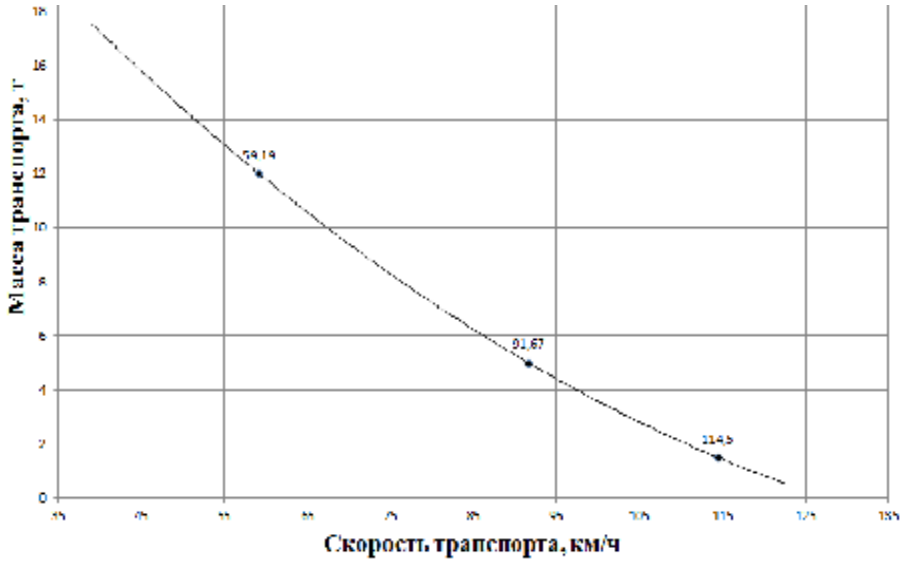


Рис. 6. Зависимость скорости от массы

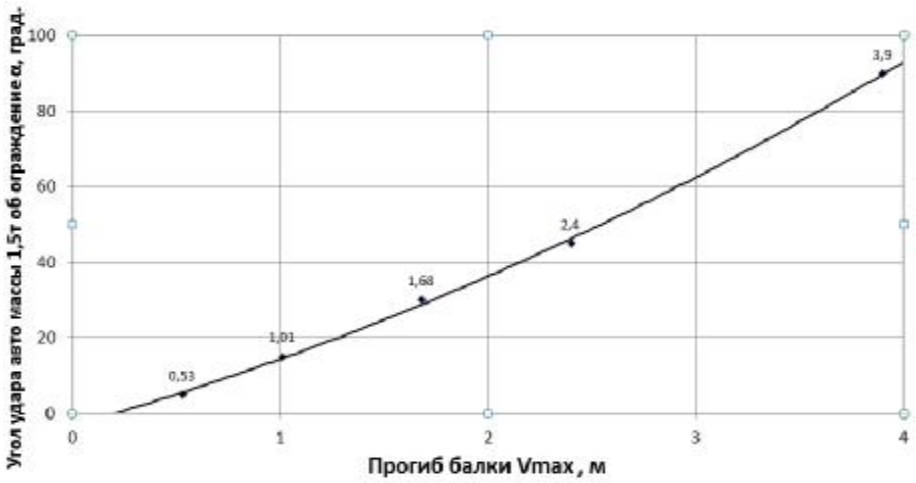


Рис. 7. Зависимость величины прогиба от угла вектора скорости при заданных характеристиках удара

Теперь поставим обратную задачу. При заданных наиболее вероятных условиях удара транспортного средства, вычислим величину прогиба v_{max}. Рассмотрим следующие условия: скорость 90 км/ч = 25 м/с; масса 1,5 т; угол динамического удара 15°. Для расчета используется теория предельного равновесия, т.е. считается, что вся энергия удара тратится на пластическую деформацию изгиба стоек и деформацию удлинения балки ограждения. Для этого запишем:

$$W_N = m\upsilon^2/2 - W_м = m\upsilon^2/2 - 2\sigma_т S_x^* \alpha;\ \Delta L = W_N/(\sigma_т A),$$

где W_N – работа на растяжение балки, $W_м$ – работа на изгиб стойки, A – площадь сечения, σ=2,4 т/см^2, α – угол между первоначальным положением стойки и после изгиба (находим из соотношения шага стоек 3 м и max прогиба 1,5 м), υ – скорость транспортного средства, ΔL – величина удлинения балки. После этого легко находится прогиб. Зависимость на рис. 7 отражает полученные результаты теоретического расчета.

Вывод

Разработанная в статье методика расчета энергоемкости и динамического прогиба дорожного ограждения и динамического прогиба на основе подходов строительной механики позволила провести исследование влияния различных конструктивных решений на работу конструкций ограждений барьерного типа. Получено, что в основном энергия удара гасится за счет пластической деформации удлинения ограждающей балки.

Список библиографических ссылок

1. Работнов Ю.Н. Механика деформируемого твердого тела. – М.: Наука, 1988. – 712 с.
2. Малинин Н.Н. Прикладная теория пластичности. – М.: Машиностроение, 1975. – 400 с.
3. Каюмов Р.А. Метод вариации упругих характеристик в задаче о предельной нагрузке // Журнал ПМТФ, 1990, № 3. – С. 134-139.
4. Каюмов Р.А. Об одном методе двусторонней оценки предельной нагрузки // Проблемы прочности, 1992, № 1. – С. 51-55.
5. Каюмов Р.А. Связанная задача расчета механических характеристик материалов и конструкций из них // Известия РАН. Механика твердого тела, 1999, № 6. – С.118-127.
6. Терегулов И.Г., Каюмов Р.А., Сибгатуллин Э.С. Расчет конструкций по теории предельного равновесия. – Казань: Фэн (Наука), 2003. – 180 с.
7. Рекомендации по применению ограждающих устройств на мостовых сооружениях автомобильных дорог. Росавтодор. – М., 2001. – 80 с.
8. Буйленко В.Я., Сахарова И.Д. Расчетные параметры воздействия автомобилей на ограждающие устройства автомобильных дорог и мостов. Труды СоюздорНИИ. – М., 1982. – 124 с.

Kayumov R.A. – doctor of physical and mathematical sciences, professor
E-mail: kayumov@rambler.ru
Khayrullin L.R. – candidate of technical sciences
E-mail: lenarhay@mail.ru
Popov M.M. – student
E-mail: bloodpokeraxe@yandex.ru
Khamitov A.R. – student
Kazan State University of architecture and engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Methods of assessing the ability of holding road enclosure

Resume

The paper presents a methodology for calculating the energy consumption and dynamic deflection of a road protection and dynamic deflection on the basis of structural mechanics approaches. For one of the private fencing options, a numerical study of the influence of various design solutions to work construction fences, barrier-type car. Presented the results theoretical calculations of fences trough, on the basis of which it is possible to carry out the selection and make recommendations to increase the holding capacity of the structure. With the developed method of calculation in the article and the dynamic power consumption of guardrails and dynamic deflection deflection based approaches structural mechanics we managed to get that basically all of the energy of the car hitting the road fence extinguished by plastic deformation of the extension beams and fencing energy capacity rack bending. The elastic energy intensity of bending plastic power consumption when flattening the beam section type «Wave» and the plastic deformation energy intensity at the bend negligibly small, it means that the calculation can be neglected. They perform a constructive function, but does not protect.

Keywords: road fence, bending, flattening, elongation, desk.

Reference list

1. Rabotnov Y.N. Fracture Mechanics. – M.: Nauka, 1988. – 712 p.
2. Malinin N.N. Applied Theory of Plasticity. – M.: Mashinostroenie, 1975. – 400 p.
3. Kayumov R.A. The method of variation of the elastic characteristics of the problem of full load // Zhurnal PMTF, 1990, № 3. – P. 134-139.
4. Kayumov R.A. A method of two-way evaluation of the ultimate load // Problemy prochnosti, 1992, № 1. – P. 51-55.
5. Kayumov R.A. A related problem of calculating the mechanical properties of materials and constructions from them // Izvestiya RAN. Mekhanika tverdogo tela, 1999, № 6. – P. 118-127.
6. Teregulov I.G., Kayumov R.A., Sibgatullin E.S. Calculation of structures on the limit equilibrium theory. – Kazan: Fen (Nauka), 2003. – 180 p.
7. Recommendations for use of protecting devices on the bridge constructions of highways. Rosavtodor. – M., 2001. – 80 p.
8. Bujlenko V.Ya., Saharova I.D. Design parameters Car walling impact on the device of roads and bridges. Trudy SoyuzdorNII. – M., 1982. – 124 p.

УДК 624.073.113
Каюмов Р.А. – доктор физико-математических наук, профессор
E-mail: kayumov@rambler.ru
Шакирзянов Ф.Р. – кандидат физико-математических наук, старший преподаватель
E-mail: faritbox@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1
Ахметшин М.М. – инженер
E-mail: marat717@gmail.com
АО «Казанский ГипроНИИавиапром»
Адрес организации: 420127, Россия, г. Казань, ул. Дементьева, д. 1

Долговечность армированной панели с учетом ползучести заполнителя*

Аннотация

Рассматриваются панели нового типа, в которых внешний каркас состоит из стальных тонкостенных С-образных оцинкованных гнутых профилей, полки которых с обеих сторон панели погружены в слой утеплителя. Между противоположными профилями внешнего каркаса установлены дополнительные связи из деревянных брусков. Приводится методика расчета долговечности этих панелей при работе на сжатие при различных значениях нагрузок и зависимость долговечности панели от нагрузки.

Ключевые слова: панель, тонкостенные профили, утеплитель, напряжения, ползучесть, старение, долговечность.

В настоящее время в жилом и коммерческом строительстве при возведении легких зданий широко используются сэндвич панели, состоящие из двух стальных обшивок и слоя утеплителя между ними.

Основными недостатками этих панелей является большой расход стали на обшивки и низкая прочность на сжатие.

Для устранения этих недостатков предлагается новая конструкция стеновых панелей с внешним каркасом из тонкостенных профилей, между которыми установлены связи из деревянных брусков.

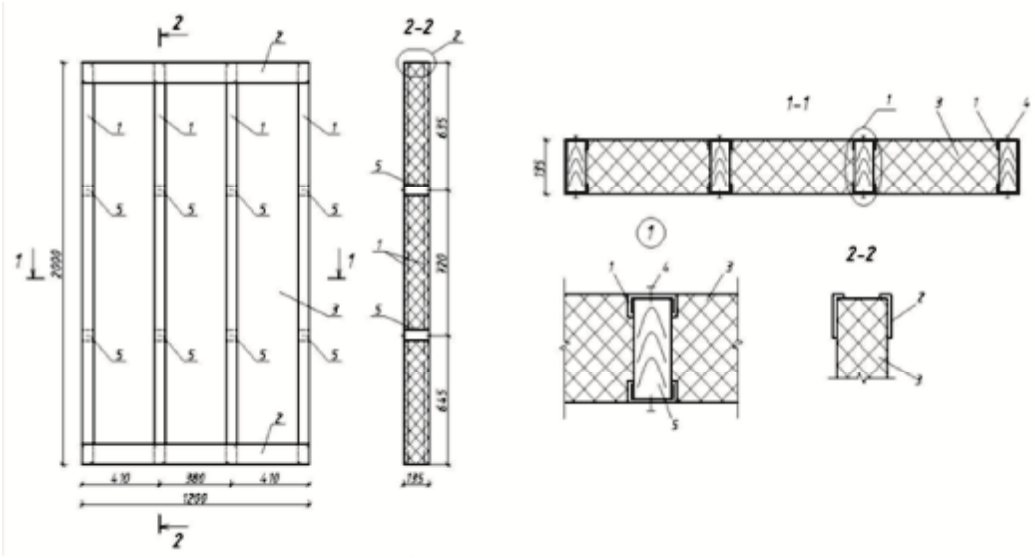


Рис. 1. Конструктивная схема панели:
1 – тонкостенный стальной профиль; 2 – обвязка торцевого элемента из уголка 100х20х0,7 мм;
3 – пенополистирол толщиной 135 мм; 4 – самосверлящий винт Ø 4;
5 – связи из древесины сечением 50х50 мм

* Работа выполнена при поддержке РФФИ (проекты № 15-08-060118 и № 16-38-00736).

В данной статье исследуется долговечность панелей нового типа, в которых внешний каркас из стальных тонкостенных С-образных оцинкованных гнутых профилей, полки которых, погруженные в массив утеплителя из пенополистирола и установленные с определенным шагом с обеих сторон панели, образуют единую несущую и ограждающую конструкцию.

В состав панели (рис. 1) входит внешний каркас 1, состоящий из стальных тонкостенных С-образных оцинкованных гнутых профилей, полки которых погружены в массив утеплителя 3 из вспененного пенополистирола. Профили внешнего каркаса сверху и снизу соединены при помощи самосверлящих винтов обрамляющими уголками 2. Для повышения прочности соединения профилей каркаса с утеплителем в процессе изготовления на погруженные участки профилей наносится слой из пенополиуретанового клея. Между противоположными профилями внешнего каркаса устанавливаются дополнительные связи из деревянных брусков сечением 50х50х135 мм (узел 1, рис. 1).

Конструкция панели защищена патентом на полезную модель [1].

В лаборатории кафедры металлических конструкций и испытания сооружений при КГАСУ проведены теоретические и экспериментальные исследования, которые подтвердили техническую и экономическую целесообразность их применения [1, 2].

Для практической реализации рассматриваемой панели необходимо провести исследование ее долговечности.

Для определения критической силы потери устойчивости составим систему уравнений:

$$\begin{cases} \mathrm{E}IV_1'''' + P_{\text{кр}}V_1'' + kV_1 = 0, \\ \mathrm{E}IV_2'''' + P_{\text{кр}}V_2'' + kV_2 = 0, \end{cases} \quad (1)$$

где V_1 и V_2 прогибы панелей на 1 и 2 участках. Решение этой системы будем искать в виде:

$$V_1 = C_1 cos\frac{\sqrt{a^2-\sqrt{a^2-4b^2}}}{\sqrt{2}}\cdot x + C_2 sin\frac{\sqrt{a^2-\sqrt{a^2-4b^2}}}{\sqrt{2}}\cdot x + C_3 cos\frac{\sqrt{a^2+\sqrt{a^2-4b^2}}}{\sqrt{2}}\cdot x + C_4 sin\frac{\sqrt{a^2+\sqrt{a^2-4b^2}}}{\sqrt{2}}\cdot x; \quad (2)$$

$$V_2 = D_1 cos\frac{\sqrt{a^2-\sqrt{a^2-4b^2}}}{\sqrt{2}}\cdot x + D_2 sin\frac{\sqrt{a^2-\sqrt{a^2-4b^2}}}{\sqrt{2}}\cdot x + D_3 cos\frac{\sqrt{a^2+\sqrt{a^2-4b^2}}}{\sqrt{2}}\cdot x + D_4 sin\frac{\sqrt{a^2+\sqrt{a^2-4b^2}}}{\sqrt{2}}\cdot x. \quad (3)$$

Здесь:

$$a = \sqrt{\frac{P}{EI}}; \quad (4)$$

$$b = \sqrt{\frac{k}{EI}}. \quad (5)$$

Так как панель симметрична, то достаточно записать граничные условия только для половины длины панели (рис. 2).

Граничные условия в середине панели:

$$\begin{cases} V_1(0) = 0; \\ V_1(0) = 0; \\ V_2'\left(L_1 + \frac{L_2}{2}\right) = 0; \\ V_2'''(0) = 0. \end{cases} \quad (6)$$

Условия стыковки перемещений, углов поворота сечений и перерезывающих сил имеет вид:

$$\begin{cases} V_1(L_1) = V_2(L_1); \\ V_1'(L_1) = V_2'(L_1); \\ V_1''' = V_2'''. \end{cases} \quad (7)$$

Рис. 2. Деформированное состояние в момент потери устойчивости

Критическую силу потери устойчивости находим из условия, что детерминант матрицы системы уравнений равен нулю.

Для определения долговечности используем апробированный метод [3], учитывая [4-8].

Используемый в расчетах параметр $к^{ут}$ при разрушающей нагрузке F=4500 кг и t=0 находим методом итераций:

$$к^{ут} = 0{,}0375.$$

Все вычисления проведем с помощью программы «Wolfram Mathematica 8», принимая следующие данные $\Delta t = 5, \eta = 78900, В = 0{,}02, E_{нач}^{ут} = 70$ кг/см^2, $к_0^{ут} = 0{,}0375$, $I_{min}^{кар} = 0{,}772$ см^2, $L_1 = 640$ мм, $L_2 = 720$ мм. Результаты полученных вычислений представлены в табл.

Таблица

№ п/п	Нагрузка F, кг	Долговечность t, нед.
1	4500	0
2	4400	110
3	4350	170
4	4300	225
5	4250	290
6	4200	355
7	4150	425
8	4100	455

По результатам проведенных вычислений составим зависимость (рис. 3).

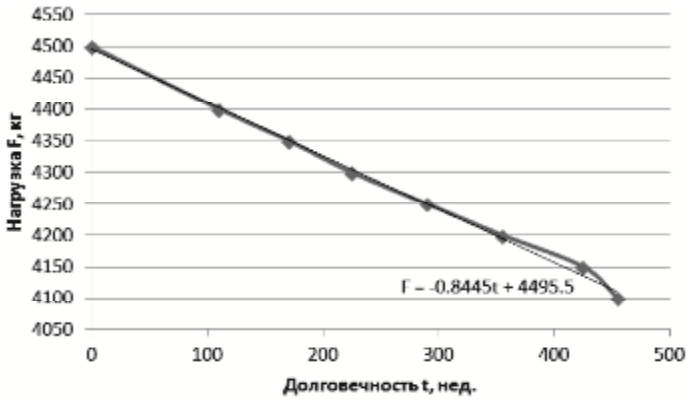


Рис. 3. Зависимость F(t)

Аппроксимируя данный график линейной функцией получим соотношение вида F=-0,8445·t+4495,5.

Таким образом, полученная зависимость позволяет прогнозировать долговечность армированной панели в зависимости от нагрузки.

Список библиографических ссылок

1. Кузнецов И.Л., Ахметшин М.М. Исследование действительной работы облегченных панелей с каркасом из тонкостенных профилей // Известия КазГАСУ, 2009, № 2 (12). – С. 118-121.
2. Ахметшин М.М. Исследование действительной работы фрагментов панелей с внешним каркасом из тонкостенных профилей при работе на изгиб // Сборник научных трудов КГАСУ. – Казань: Изд-во КазГАСУ, 2010. – С. 17-19.
3. Каюмов Р.А., Ахметшин М.М. Долговечность панелей с внешним каркасом из тонкостенных гнутых профилей с учетом ползучести утеплителя // Известия КГАСУ, 2015, № 3 (33). – С. 64-69.
4. Каюмов Р.А., Мангушева А.Р., Мухаметшин А.Т., Сулейманов А.М. К определению долговечности пленочно-тканевого композиционного материала, подвергаемого воздействию солнечной радиации // Ученые записки Казанского университета. Серия: Физико-математические науки, 2010, т. 152, № 4. – С. 158-165.
5. Смирнов Д.С., Рахимов Р.З., Габидуллин М.Г., Каюмов Р.А., Стоянов О.В. Испытания и прогнозная оценка долговечности уплотнительной резины герметизирующих стыков блоков обделки метро // Вестник Казанского технологического университета, 2014, т. 17, № 15. – С. 141-146.
6. Каюмов Р.А., Гатиятуллин А.Э., Шабанов А.М. Расчет долговечности балки при ползучести с учетом упрочнения // Известия КГАСУ, 2014, № 4 (30). – С. 326-330.
7. Каюмов Р.А., Мангушева А.Р. Оценка длительной прочности пленочно-тканевого композиционного материала с учетом изменения температурного поля в течении года // Материалы XX международного симпозиума «Динамические и технологические проблемы механики конструкций и сплошных сред» имени А.Г. Горшкова Московский авиационный. – М., 2014. – С. 96-97.
8. Каюмов Р.А., Мухамедова И.З. Разработка методики оценки долговечности пленочно-тканевых материалов с учетом влияния силовых факторов и солнечной радиации // Материалы XX международного симпозиума «Динамические и технологические проблемы механики конструкций и сплошных сред» имени А.Г. Горшкова Московский авиационный институт. – М., 2014. – С. 97-98.

Kayumov R.A. – doctor of physical and mathematical sciences, professor
E-mail: kayumov@rambler.ru
Shakirzyanov F.R. – candidate of physical and mathematical sciences, assistant
E-mail: faritbox@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1
Ahmetshin M.M. – engineer
E-mail: marat717@gmail.com
Joint-stock company «Kazan Giproniiaviaprom»
The organization address: 420127, Russia, Kazan, Dementieva st., 1

Durability of the reinforced panel considering creep filler

Resume

Currently, sandwich panel is widely used in residential and commercial construction in the construction of light buildings, consisting of two steel skins and a layer of insulation between them.

The main disadvantages of these panels are the high consumption of steel cladding and low compressive strength.

To address these shortcomings, it proposes a new design of wall panels with an external frame of thin-walled profiles, between which communication of the wooden bars.

This article explores the durability of new type panels, in which the outer frame of steel thin-walled C-shaped galvanized roll-formed sections, shelves of which are immersed in a layer of expanded polystyrene insulation and installed with a certain pitch on both sides of the panel, form a single supporting and enclosing structures.

Theoretical and experimental studies, which confirmed the technical and economic feasibility of their use conducted in the laboratory of the department of metal structures and test facilities at KSUAE.

Presented the technique of calculating the longevity of these panels when working in compression at different values of load and dependence on the load durability of the panel.

Keywords: panel, thin-walled profiles, insulation, voltage, creep, aging, longevity.

Reference list

1. Kuznetsov I.L., Akhmetshin M.M. Research work real lightweight panels with a frame made of thin-walled profiles // Izvestiya KazGASU, 2009, № 2 (12). – P. 118-121.
2. Akhmetshin M.M. Studies do work fragments of panels with external frame made of thin-walled profiles at work bending // Sbornik nauchnykh trudov KGASU. – Kazan: Publishing KGASU, 2010. – P.17-19.
3. Kayumov R.A., Akhmetshin M.M. Durability of panels with an external frame of thin-walled cold-formed sections taking into account the creep of a heater // Izvestiya KGASU, 2015, № 3 (33). – P. 64-69.
4. Kayumov R.A., Mangusheva A.R., Mukhametshin A.T., Suleymanov A.M. Determination of durability of the composite film-fabric material to be exposed to solar radiation // Uchenyye zapiski Kazanskogo universiteta. Seriya: Fiziko-matematicheskiye nauki, 2010, vol. 152, № 4. – P. 158-165.
5. Smirnov D.S., Rakhimov R.Z., Gabidullin M.G., Kayumov R.A., Stoyanov O.V. Tests and prognostic evaluation of durability of the sealing rubber sealing joints blocks lining the metro // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta, 2014, vol. 17, № 15. – P. 141-146.
6. Kayumov R.A., Gatiyatullin A.E., Shabanov A.M. Durability beams when considering creep hardening // Izvestiya KGASU, 2014, № 4 (30). – P. 326-330.
7. Kayumov R.A., Mangusheva A.R. Evaluation of long-term strength film-fabric composite material based on the temperature field within the year // Proceedings of the XX International Symposium «Dynamic and technological problems of mechanics of structures and continua» named A.G. Gorshkov, Moscow Aviation Institute. – M., 2014. – P. 96-97.
8. Kayumov R.A., Mukhamedova I.Z. Development of methodology for assessing the durability of film-fabric materials with the influence of power factors and solar radiation // Proceedings of the XX International Symposium «Dynamic and technological problems of mechanics of structures and continua» named A.G. Gorshkov, Moscow Aviation Institute. – M., 2014. – P. 97-98.

УДК 624.953
Кузнецов И.Л. – доктор технических наук. профессор
E-mail: kuz377@mail.ru
Гимранов Л.Р. – кандидат технических наук, старший преподаватель
E-mail: leenur@mail.ru
Хусаинов Д.М. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: xdmt@mail.ru
Пеньковцев С.А. – кандидат технических наук, старший преподаватель
E-mail: restavratsija@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420034, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Оценка несущей способности цилиндрического диффузионного аппарата

Аннотация

В статье дается оценка несущей способности эксплуатируемого диффузионного аппарата, представляющего собой вращающуюся цилиндрическую оболочку диаметром 5,6 м и длиной 41,6 м, опертую через бандажи на опорные катки по 2-х консольной схеме. Оболочка моделировалась пластинчатыми элементами, а бандажи и кольца объемными элементами. Расчет выполнялся на программном комплексе «Лира» и Ansys без учета и с учетом монтажных отверстий. Оценка несущей способности производилась с учетом фактических циклов переработки из известного условия наступления усталостного разрушения.

Ключевые слова: диффузионный аппарат, цилиндрическая оболочка, статический расчет, напряженно-деформированное состояние оболочки, монтажные отверстия, усталостное разрушение.

Цилиндрический диффузионный аппарат на Нурлатском сахарном заводе введён в эксплуатацию в 1996 году. Работа аппарата сезонная – 100-120 дней в году по 24 часа в сутки. Длительная эксплуатация данного аппарата потребовала проведения технического освидетельствования и оценки его несущей способности.

Рис. 1. Общий вид диффузионного аппарата

Диффузионный аппарат по переработке сахарной свеклы (рис. 1) представляет из себя вращающийся горизонтальный стальной барабан диаметром 5,6 м и длиной 41,6 м.

Барабан двумя бандажами опирается на роликовые опоры. Один из бандажей снабжен венцом, соединенным шестерней редуктора (рис. 3-4), который обеспечивает его вращении со скоростью до 30 оборотов в час (оптимальная скорость 20 оборотов в час). По длине барабана с шагом 6 метров выполненные ремонтные люки (рис. 2) размерами 830х1100 мм, закрываемые герметичной крышкой толщиной 15 мм на 38 болтах диаметром 20 мм. Торцы барабана диффузионного аппарата имеют диафрагмы с люками для загрузки и выгрузки продукции. Внутри барабана диффузионного аппарата прикреплены спиральные витки перегородок, а также решетчатая перегородка, разделяющая барабан на 2 части. На внешней стороне барабана диффузионного аппарата нанесен защитный слой из пенополиуретана.

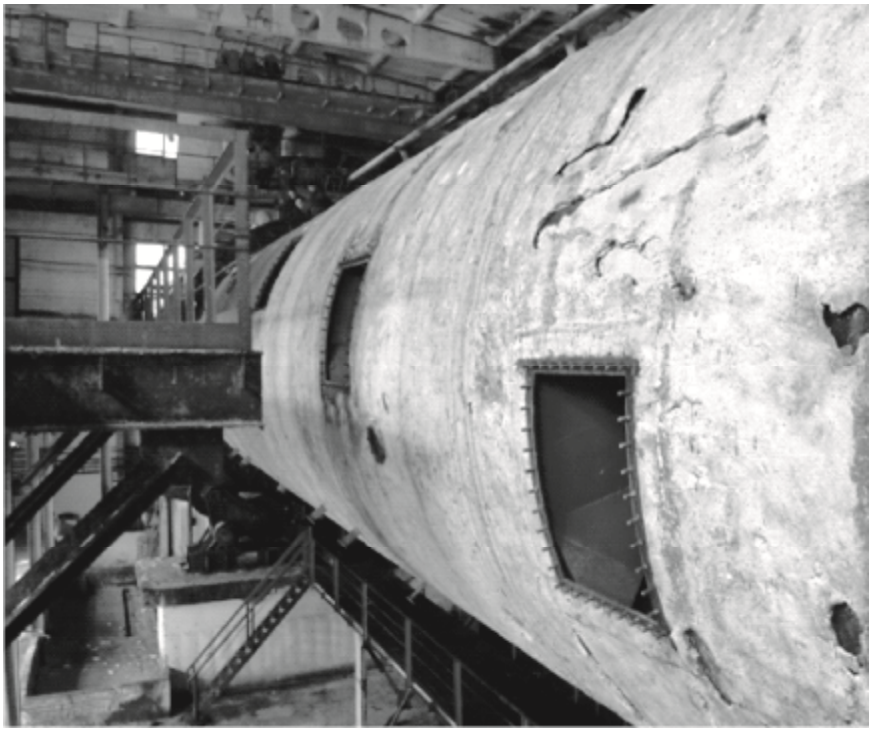


Рис. 2. Общий вид ремонтных люков на барабане аппарата

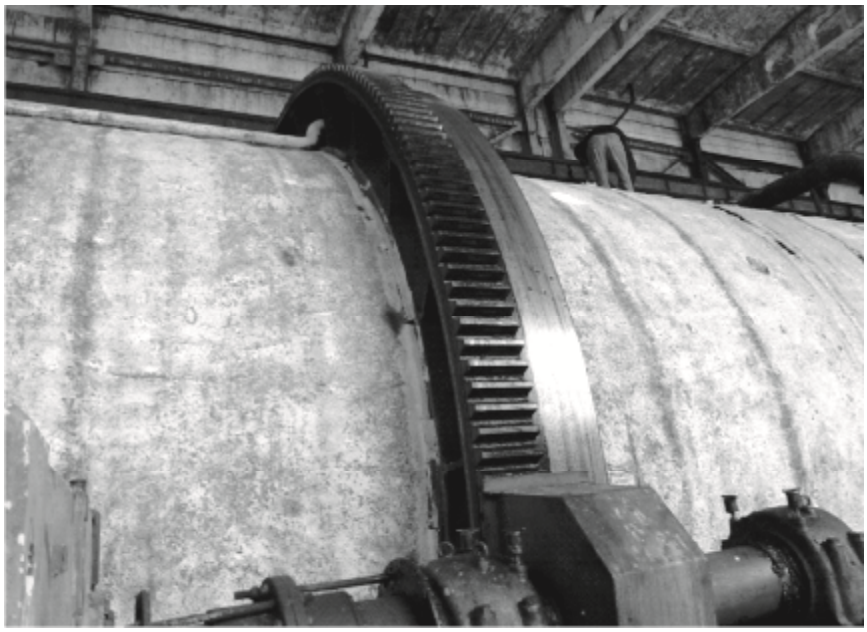


Рис. 3. Опора барабана диффузионного аппарата

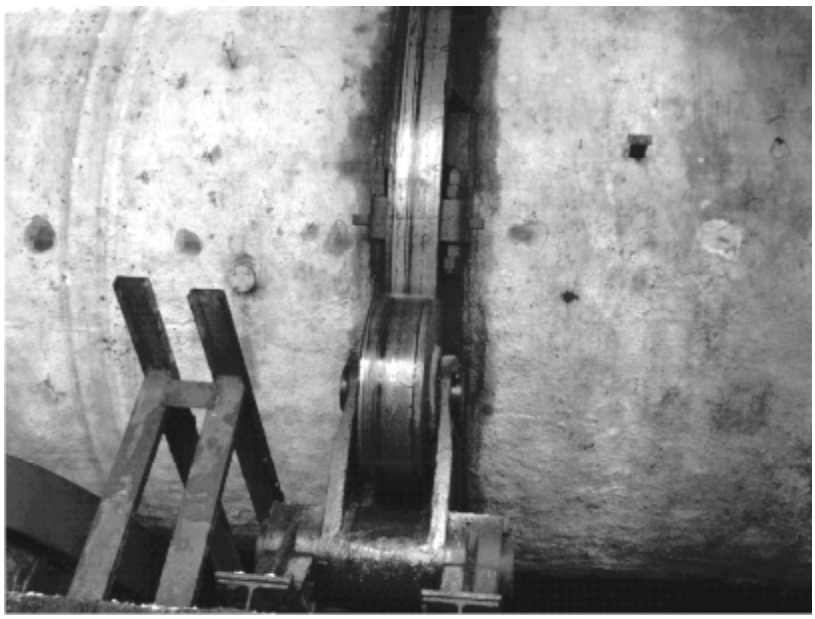


Рис. 4. Узел опирания барабана без привода

Проверочный расчет напряженно-деформированного состояния диффузионного аппарата проводился в программном комплексе Ansys. Моделировалась горизонтальная структура аппарата, состоящие из цилиндрической оболочки диаметром 5,6 м и длиной 41,6 м. Такая расчетная модель включала и опорные бандажи, которые опирались на опорные катки. Цилиндрическая оболочка моделировалась пластинчатыми элементами, а бандажные кольца и катки – объемными. Соединение опорных бандажей с цилиндрической оболочкой и катками осуществлялась объединением перемещением узлов. Толщина оболочки принималась фактической по данным ультразвуковой толщинометрии и находилась в диапазоне 8,2-32 мм, при этом в середине оболочки была минимальная толщина. Нагрузка на диффузионный аппарат состояла из постоянной нагрузки, включающей вес цилиндрической оболочки – 177 т. и вес внутренних перегородок – 73 т. Временная нагрузка от веса стружки и воды рассчитывалась как гидростатическое давление на внутреннюю поверхность и распределялась от 367 кг/м^2 до 2243 кг/м^2 соответственно, в верхней и нижней частях аппарата заполненного на 0,4 его объема. Результаты статического расчета приведены на рис. 5, при этом максимальные напряжения в оболочке составили – 454 кг/см^2 и 385,9 кг/см^2

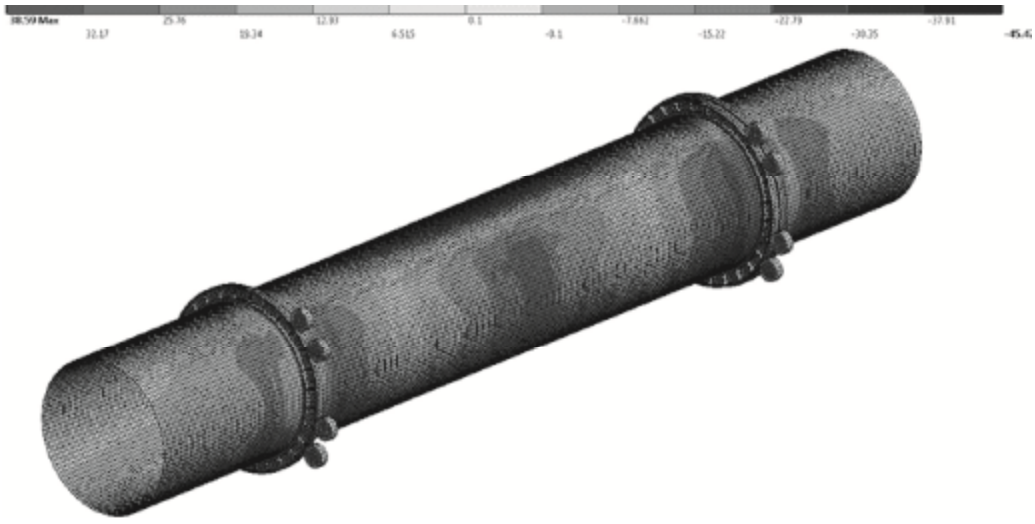


Рис. 5. Нормальные напряжения в оболочке аппарата от расчетного загружения

Предельное состояние диффузионного аппарата наступает вследствие наступления усталостного разрушения, которое записывается так:

$$\sigma_{max} = /(\alpha \cdot R_v \cdot \gamma_v) = 454,7/ (0,77 \cdot 920 \cdot 1) = 0,64 < 1,$$

где σ_{max} – максимальные напряжения;

R_v= 920 кг/см^2– расчетное сопротивление усталости для стали при группе элементов 3;

α = 0,72 – коэффициент, учитывающий количество циклов загружения;

γ_v= 1 – коэффициент, зависящий от вида напряженного состояния и ассиметрии цикла ρ=1.

Как видим, несущая способность оболочки диффузионного аппарата обеспечена в зонах при отсутствии ремонтных люков. Напряженно-деформированное состояние в местах ремонтных люков зависит от степени затяжки 38 болтов, которыми она крепится к оболочке.

Для исследования данного типа влияния на н.д.с. диффузора в целом выполнялось моделирование части цилиндрической оболочки люка и 38 болтов объемными конечными элементами. Далее прикладывалось сдвигающее усилие к одному из краев оболочки, преднапряжение в болтах равное 3 т и фиксировались соответствующие деформации.

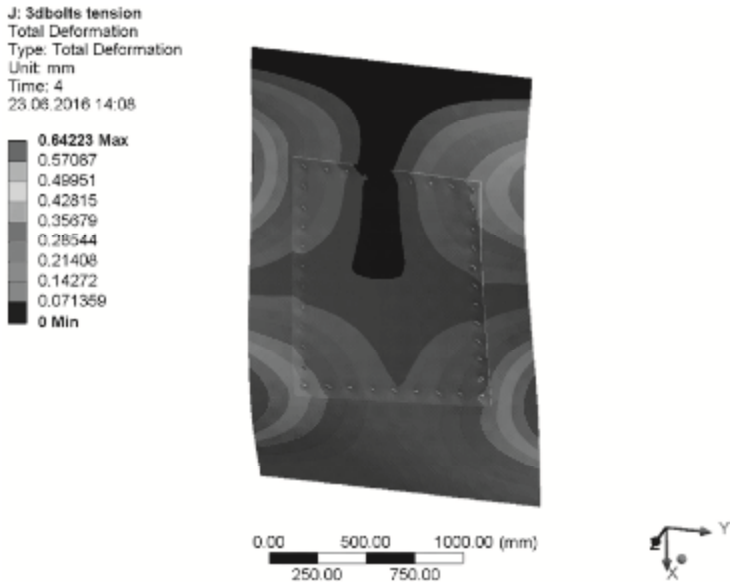


Рис. 6. Деформации объемной конечно-элементной модели оболочки

В ходе исследований выявлено, что значение преднапряжения в болтах существенно влияет на величину деформаций. Меньшее преднапряжение приводит к большим деформациям. Величина преднапряжения в 3 тс. соответствует неконтролируемой затяжке болтов.

Поскольку диффузор обладает большими размерами моделирование его объемными конечными элементами не целесообразно. Для этого применяются модели с использованием пластинчатых элементов. С целью получения реального н.д.с. в области проема общей модели диффузора создавалась модель описываемого выше участка с использованием пластинчатых конечных элементов с сопряжением крышки и оболочки контактным взаимодействием с регулируемым значением жесткости контакта для того, чтобы деформации объемной и пластинчатой моделей совпадали (рис. 7.) Данные характеристики контактного взаимодействия применялись в общей пластинчатой модели диффузора. Модель диффузора включала в себя отверстия в оболочке и крышки для этих отверстий. Совместная работа крышки отверстия с оболочкой моделировалась и описывалась выше. Результаты расчета н.д.с. диффузора с отверстиями приведен на рис. 8. В отличие от н.д.с. диффузора из предположения работы крышки отверстия и оболочки как единого целого рис. 5. с учетом действительной работы напряжения в угловых зонах отверстий оказались существенно выше (2,6 раза). Такое распределение напряжений приводит к риску развитию трещин в этих угловых зонах.

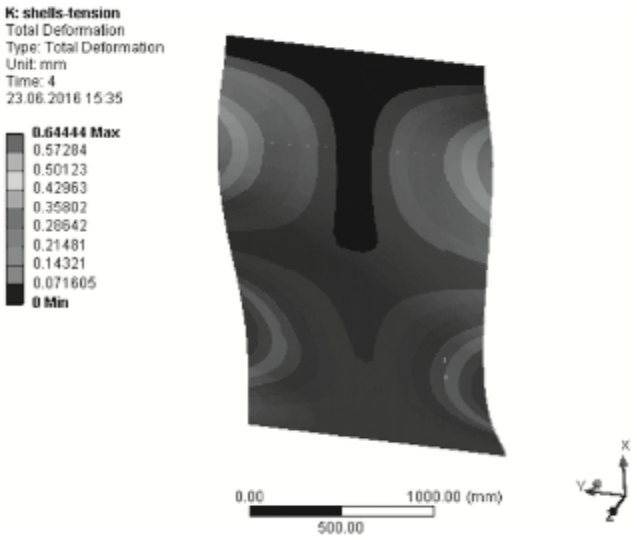


Рис. 7. Деформации пластинчатой конечно-элементной модели оболочки

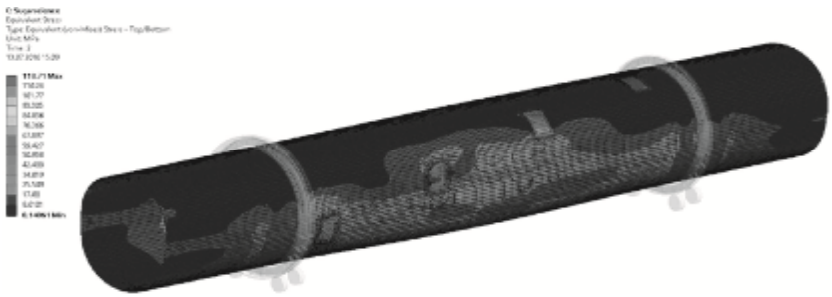


Рис. 8. Н.д.с. диффузора с наличием отверстий

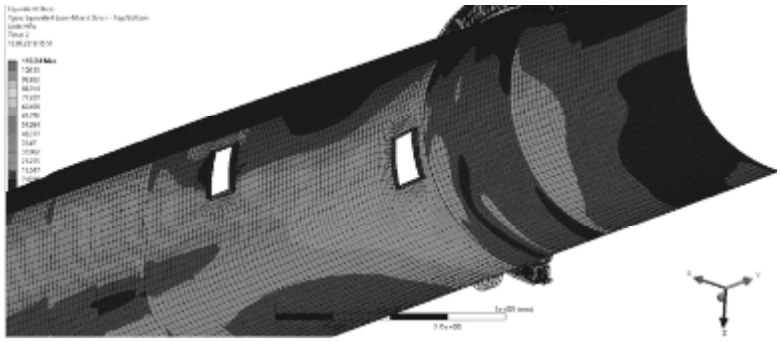


Рис. 9. Н.д.с. диффузора с наличием отверстий и их усилением (1 способ)

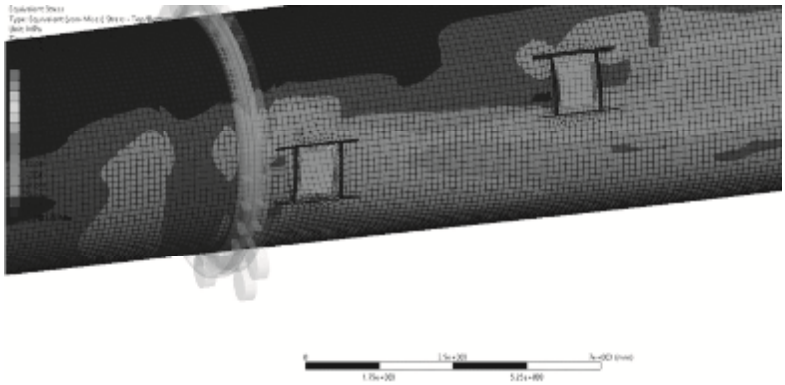


Рис. 10. Н.д.с. диффузора с наличием отверстий и их усилением (2 способ)

Для предотвращения образования существенных концентраций напряжения рассматривались варианты по усилению этих зон.

Первый вариант представлял собой усиление отверстия установкой по его периметру стальных ребер определенной толщины с внутренней стороны оболочки (рис. 9). Второй вариант включал усиление отверстий путем установки с наружной стороны продольных и поперечных ребер (рис. 10).

По результатам расчетов можно сделать следующие выводы:

- Максимальные напряжении в зоне отверстий возникают в приопорных зонах оболочки;
- Напряжения в оболочке с учетом действительной работы отверстия и крышки выше в 2,6 раза по сравнению с предположением полной совместной работы крыши и отверстия;
- 2 способ усиления уменьшает наличие концентраций напряжений на 20 %;
- 1 способ усиления уменьшает концентрацию напряжений на 5 %.

Результатом исследования является то, что необходимо обязательно учитывать действительную работу отверстия с крышкой т.к. это существенно меняет н.д.с. оболочки. В условиях циклических нагрузок это имеет еще более важное значение. Результаты методики моделирования могут быть применимы к цилиндрическим оболочкам любого типа и вращающимся печам.

Список библиографических ссылок

1. Переработка сахарной свеклы // АГРОXXI: ежедн. интернет-изд. URL: http://www.agroxxi.ru/saharnaja-sv-kla/saharnaja-sv-kla-pererabotka/pererabotka-saharnoi-svekly.html (дата обращения: 01.04.2016).
2. Технологическая линия производства сахара-песка из сахарной свеклы // Знайтовар.ru: ежедн. интернет-изд. URL: http://www.znaytovar.ru/s/Texnologicheskaya_liniya_proizvod34.html (дата обращения: 03.04.2016).
3. Технологическое обеспечение сахарного производства // Союз сахоропроизводителей России: Официальный сайт. URL: http://www.rossahar.ru/Production-of-sugar/technology/ (дата обращения: 05.05.2016).
4. Технология переработки сахарной свёклы // Wikipedia: Электронная Энциклопедия. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Sugar_beet (дата обращения: 14.04.2016).
5. Нехаев Г.А. Проектирование и расчёт стальных цилиндрических резервуаров и газгольдеров низкого давления. – М.: Изд-во АСВ, 2005. – 214 с.
6. EN 13445 «Unfired pressure vessels», часть 3 (конструирование и расчёт), 2004.
7. Расчетная 3D стержнево-пластинчатая модель автоцистерны ОАО «Нефтекамский автозавод» // Научно-технический центр АПМ. Галерея выполненных объектов. URL: https: //cae.apm.ru/galereya_ vipolnennih_ proektov/mashinostroenie/avto.../avtotsisterna/ (дата обращения: 15.05.2016).
8. Прочность. Устойчивость. Колебания. Т. 1. Справочник в 3-х томах под ред. И.А. Биргера и Я.Г. Пановко. – М.: Машиностроение, 1968. – 831 с.

Kuznetsov I.L. – doctor of technical science, professor
E-mail: kuz377@mail.ru
Gimranov L.R. – candidate of technical science, senior lecturer
E-mail: leenur@mail.ru
Husainov D.M. – candidate of technical science, associate professor
E-mail: xdmt@mail.ru
Penkovcev S.A. – candidate of technical science, senior lecturer
E-mail: restavratsija@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Assessment of the bearing capacity of the cylindrical diffuser

Resume

The article reviews the assessment of a load-bearing capacity of an existing cylindrical diffuser with a length of 46 m and diameter 5,6 m. The main aspect of that kind of calculations is a creation of a finite element model of the diffuser. Models were made in different software such us «Lira» and «Ansys». The peculiarities of this process were in correct modeling of openings in the shell of the diffuser and using of shell finite elements instead of 3D-elements. The combined work of a shell of the diffuser with the lids over the openings achieved with 38 bolts allocated along perimeter of the openings. This lid-openings system was modeled separately from diffuser for the establishing of a real strain-stress state of that system. Model was made with 3D finite elements and included lid, part of the shell and bolts. The significant influence on the strain-stress state of that system was also provided by the value of pretension in the bolts. The more pretension was induced in bolts the more combined work was provided in the lid-openings system. Real strain-stress state of the system showed an increase in stress up to 2,6 times.

Keywords: beet processing, diffuser, strain-stress state, FEM analysis.

Reference list

1. Beet processing // АГРОХХІ: Daily online edition. URL: http://www.agroxxi.ru/saharnaja-sv-kla/saharnaja-sv-kla-pererabotka/pererabotka-saharnoi-svekly.html (reference date: 01.04.2016).
2. Technological line of sugar production from beet // znaytovar.ru: Daily online edition. URL: http://www.znaytovar.ru/s/Texnologicheskaya_liniya_proizvod34.html (reference date: 03.04.2016).
3. Technological assistance in sugar production // Union of sugar producers: Official site. URL: http://www.rossahar.ru/Production-of-sugar/technology/ (reference date: 05.05.2016).
4. Beet processing technology // Wikipedia: The Free Encyclopedia. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Sugar_beet (reference date: 14.04.2016).
5. Nehayev G.A. Designing and calculation of low pressured steel cylindrical basins and gas tanks. – M.: Izd-vo ASV, 2005. – 214 p.
6. EN 13445 «Unfired pressure vessels», part 3 (Design Guide), 2004.
7. Finite Element Model of mobile gas tank JSC «Neftekamskiy factory» // Science-engineering center APM Projects gallery. URL: https://cae.apm.ru/galereya_vipolnennih_proektov/mashinostroenie/avto.../avtotsisterna/ (reference date: 15.05.2016).
8. Strength. Buckling. Oscillations. vol. 1. Handbook in three volumes under the editorship of I.A. Birgera i Ja.G. Panovko. – M.: Mashinostroenie, 1968. – 831 p.

УДК 691.33
Майсурадзе Н.В. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: maisuradze64@mail.ru
Морозова Н.Н. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: ninamor@mail.ru
Галиев Т.Ф. – студент
E-mail: galiev.uralsk@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Исследование влияния термолитового наполнителя на теплофизические свойства мелкозернистых бетонов

Аннотация

Приведен анализ теплоизоляционных материалов и преимущества различных фасадных и стенных систем ограждающих конструкций зданий. Показано, что термолитовый наполнитель представляющий собой легкий порошок модифицированного диатомита с плотностью 700 кг/м^3 и размером зерен от 0,16 до 1 мм, может быть компонентом бетона ограждающих изделий. В этом случае важны их теплофизические свойства для установления толщины стен ограждения. В результате введение термолитового наполнителя в количестве 10 и 20 % взамен цемента в пескобетоне снижает его коэффициент теплопроводности на 34 % и 65 % соответственно, в керамзитобетоне – на 7 и 13 %, а в полистиролбетоне – только на 5 % при введении 20 % наполнителя.

Ключевые слова: термолит, мелкозернистый бетон, теплопроводность, наполнитель, раствор.

Введение

Устройство теплоизоляции ограждающих конструкций зданий ассоциируется преимущественно с сохранением тепла. Грамотно сделанная теплоизоляция – это защита конструкций дома от разрушительного воздействия внешних факторов, снижение эксплуатационных расходов, связанных с ремонтом, комфортным температурно-влажностным режимом в помещении. Поэтому устройство теплоизоляции ограждающих конструкций здания предполагает системный подход [1].

Сегодня на строительном рынке представлено огромное количество теплоизоляционных материалов (ТИМ). Их классифицируют по различным принципам: виду исходного сырья (органические и неорганические), внешнему виду и форме (рулонные, штучные, сыпучие), по структуре (волокнистые, ячеистые, зернистые), жесткости, теплопроводности, горючести, принципам теплопередачи и т.д. Разнообразие ТИМ еще раз подтверждает аксиому, что универсального утеплителя не существует. В каждом конкретном случае эффективность и эксплуатационная стойкость теплоизоляционного материала определяется не только его свойствами, но и способностью длительное время выдерживать эксплуатационные нагрузки [2-5].

Среди фасадных систем утепления наибольшее распространение получили вентилируемые фасады**,** где применяется негорючая и паропроницаемая теплоизоляция (минераловатные плиты) и тонкоштукатурные системы**,** в которых используются минераловатные плиты и блочный пенополистирол (ППС). Основным преимуществом блочного ППС является доступная стоимость, а вот по тепло- и звукоизоляции, водопоглощению он уступает экструдированному ППС [6].

Производители сухих строительных смесей активно продвигают на строительный рынок «теплую штукатурку» [7]. Технология утепления проста и аналогична нанесению обычной штукатурки. «Теплая штукатурка» представляет штукатурную смесь, где вместо обычного песка используется пористый наполнитель с низкой теплопроводностью: гранулы пеностекла или пенополистирольные шарики, а также древесные опилки, вспученные гранулы вермикулита или перлита и др. Физические свойства наполнителей определяют свойства каждого вида «теплой штукатурки»: теплопроводность, горючесть, водопоглощение, массу, токсичность, биологическую уязвимость, воздухопроницаемость и

др., которые значительно различаются. Например, коэффициент теплопроводности «теплых штукатурок» колеблется в пределах от 0,065 до 0,35 Вт/м·К в зависимости от наполнителя.

Характеристика материалов и методика исследования

Термолитовый наполнитель – порошок модифицированного диатомита с размером зерен от 0,16 до 1 мм. Термолит характеризовался следующими показателями:

- насыпная плотность 700 кг/м^3;
- истинная плотность 2260 кг/м^3.

По внешнему виду термолитовый наполнитель рыхлая неоднородная масса, частички материала около 1 мм легко разрушаются в руках.

Диатомит тонкоизмельченный – порошок однородной массы, с удельной поверхностью 4330 см^2/г.

Крупный заполнитель – **керамзитовый гравий** с насыпной плотностью 560 кг/м^3 Казанского завода керамзитового гравия с наибольшим размере зерен 10 мм и 480 кг/м^3 Нижнекамского завода керамзитового гравия.

Мелкий заполнитель – **песок для строительных работ** (два вида песка с модулем крупности 1,4 и 2,5) в соответствии с ГОСТ 8736-2014; **пенополистирольный заполнитель** с размером зерен до 5 мм, насыпная плотность 24 кг/м^3 ООО «Пластбау» г. Казань, **керамзитовый песок** Нижнекамского завода керамзитового гравия **с** насыпной плотностью 613 кг/м^3.

В качестве вяжущего использовали **портландцемент** Мордовского завода ПАО «Мордовцемент» марки ЦЕМ II/А-П 42,5 Б с 5 % минеральной добавки по ГОСТ 31108-2003.

Определение теплопроводности и сопротивления теплопередаче исследуемых материалов выполняли в соответствии с ГОСТ 7076-99 на измерителе теплопроводности ИТП-МГ4 «100», предназначенном для измерения теплопроводности и термического сопротивления строительных и теплоизоляционных материалов при стационарном тепловом режиме. Прибор собран по ассиметричной схеме в соответствии с ГОСТ 7076-99. Прибор обеспечивает определение коэффициента теплопроводности в диапазоне 0,02…1,5 Вт/(м·К) и термического сопротивления в диапазоне 0,01…1,5 м^2·К/Вт.

Принцип работы прибора заключается в создании стационарного теплового потока, проходящего через плоский образец определенной толщины и направленного перпендикулярно к лицевым граням образца.

Образцы для испытаний изготавливали в виде прямоугольного параллелепипеда (пластин), наибольшие (лицевые) грани которого имеют форму квадрата со стороной 100х100 мм. Длину и ширину образца в плане измеряли металлической линейкой с погрешностью не более 0,5 мм. Грани образца, контактирующие с рабочими поверхностями плит прибора, имели плотное прилегание. Отклонение лицевых граней жесткого образца от параллельности составляло не более 0,5 мм.

Перед испытанием образцы высушивали до постоянной массы. По окончании сушки определяли массу образца и его плотность, после чего помещали в прибор для определения его коэффициента теплопроводности и термического сопротивления.

Обсуждение результатов испытаний

Как было выше замечено, использование крупного заполнителя для изготовления образцов – пластин на исследование теплофизических свойств приводит к значительному разбросу и невозможности установления четкого влияния исследуемого наполнителя. Поэтому были изготовлены образцы с применением только мелкого заполнителя (песка) – мелкозернистый бетон.

С этой целью изготовлены бетонные образцы – пластины размером 100х100 мм и толщиной 16±7 мм с различными заполнителями (керамзитовый гравий с размером до 10 мм, вспученный пенополистирольный заполнитель с размером зерен до 5 мм и строительный песок с $М_{кр}$=1,4). Составы бетонов приведены в табл. 1. После тепловой обработки все образцы были высушены до постоянной массы и подвергнуты испытанию на теплофизические свойства. Результаты испытаний бетонов приведены в табл. 2.

Таблица 1

Составы бетонов с термолитовым наполнителем

Вид бетона	Расход материалов на замес, г			В/Т
	портландцемент	заполнитель	наполнитель	
Керамзитобетон	300	300	0	0,42
	270		30	
	240		60	
Полистиролбетон	300	12	0	0,32
	270		30	
	240		60	
Пескобетон (раствор)	300	900	0	0,33
	285		15	
	270		30	
	240		60	

Таблица 2

Теплофизические показатели бетонов с термолитовым наполнителем (ТН)

Вид бетона	Доля ТН, % от массы цемента	В/Т	№ образца	Плотность бетона, кг/м^3	Коэффициент теплопровод-ности, Вт/м К	Сопротивление теплопередаче, м^2 К/Вт
Керамзитобетон	0	0,42	1	1203	0,190	0,115
			2	1214	0,203	0,113
			3	1282	0,281	0,081
			Среднее:	*1233*	***0,225***	***0,103***
	10	0,42	1	1133	0,159	0,113
			2	1206	0,254	0,078
			3	1169	0,219	0,086
			Среднее:	*1170*	***0,210***	***0,092***
	20	0,42	1	1138	0,219	0,073
			2	1137	0,182	0,118
			3	1159	0,188	0,109
			Среднее:	*1145*	***0,196***	***0,100***
Полистиролбетон	0	0,32	1	648	0,119	0,189
			2	628	0,115	0,173
			3	608	0,111	0,171
			Среднее:	628	0,115	0,173
	10	0,32	1	502	0,117	0,196
			2	543	0,114	0,192
			3	532	0,116	0,169
			Среднее:	525	0,116	0,186
	20	0,32	1	480	0,096	0,177
			2	525	0,113	0,150
			3	557	0,117	0,179
			Среднее:	521	0,109	0,169
Пескобетон	0	0,33	1	1950	0,529	0,039
			2	1970	0,528	0,037
			3	2007	0,746	0,028
			Среднее:	*1976*	*0,600*	*0,035*
	5	0,33	1	2010	0,319	0,056
			2	1969	0,440	0,035
			3	2025	0,445	0,041
			Среднее:	*2001*	*0,401*	*0,044*
	10	0,33	1	1909	0,429	0,037
			2	1948	0,464	0,038
			3	1957	0,292	0,057
	Среднее:			1938	0,395	0,044
	20	0,33	1	1867	0,172	0,058
			2	1851	0,235	0,046
			3	1796	0,213	0,042
	Среднее:			1838	0,207	0,049

Выбор приведенных в табл. 1 видов бетонов обоснован различными факторами. Во-первых, в недалеком прошлом широко использовали керамзитобетон для индустриального домостроения. На его основе изготавливали ограждающие конструкции для каркасной, монолитной, панельной технологий строительства и смешанных архитектурно-строительных систем. Из-за ужесточения требований теплоизоляции ограждений стали использовать многослойные конструкции стен. Однако, разработки последних лет в области материаловедения и технологии позволяют вновь вернуться к однослойным керамзитобетонным ограждениям стен [8]. Поэтому в работе проведен анализ влияния термолитового наполнителя на керамзитобетон. Другим уникальным теплоизоляционным материалом для эффективного процесса теплоэнергосбережения считается полистиролбетон [9], который востребован для быстрого возведения зданий. Приведенные эти два вида легких бетона могут быть использованы для производства мелких стеновых изделий, которые, в свою очередь, соединяются в конструкцию клеевым раствором. Поэтому для полного цикла изготовления стен зданий все элементы должны обладать сравнимо низкими теплотехническими показателями [10, 11].

В связи с этим в работе исследован пескобетон, который может быть использован в качестве строительного раствора.

Анализ экспериментальных результатов табл. 2 показывает, что введение термолитового наполнителя 10 и 20 % взамен цемента в керамзитобетон снижает плотность на 5 и 7 % , а коэффициент теплопроводности – на 7 и 13 % соответственно. Введение термолитового наполнителя 10 и 20 % взамен цемента в полистиролбетон снижает плотность на 16 и 17 % соответственно, но коэффициент теплопроводности его снижается только на 5 % при введении 20 % наполнителя.

В случае, введения термолитового наполнителя в пескобетон в количестве 10 и 20 % взамен цемента снижает его плотность лишь на 2 и 7 %, а коэффициент теплопроводности его снижается на 34 % и 65 % соответственно. Этот факт очень важен для кладочных растворов, позволяющий на доступных, недорогих материалах получить конструкции стен, которые вписываются в идеологию эффективного процесса теплоэнергосбережения современных зданий, в том числе и для высотных.

Следует также заметить, что термолитовый наполнитель более существенные изменения вносит в изменение коэффициента теплопроводности, но мало изменяет плотность исследуемых бетонов, что связано с заполнением пустот в структуре бетона.

Полученные теплотехнические показатели керамзитобетона позволяют сделать заключение о толщине стен на его основе. Так, требуемое сопротивление теплопередаче, согласно условия СНиП 23-02-2003, составит:

$$R_{0_1}^{mp} = \frac{n(t_в - t_н)}{\Delta t_н \cdot \alpha_в} = \frac{1(20 + 32)}{4 \cdot 8{,}7} = 1{,}49\ м^2\ {}^0C/Вт.$$

Величина градусо-суток отопительного периода для г. Казани составляет:

ГСОП=(20+5,2) 215= 5418 ^{0}С сут.

Тогда требуемое термическое сопротивление из условия энергосбережения наружной стены для г. Казани составит $R_{0_2}^{mp} = 3{,}29\ м^2 \cdot {}^0C/Вт$. В этом случае толщина стены из керамзитобетонных изделий с плотностью 1200 кг/м^3 составит 740 мм, при применении модифицированного керамзитобетона добавкой термолита в количестве 20 % позволит уменьшить толщину стены на 13 %. При использовании в качестве ограждающих изделий из полистиробетона уменьшение толщины стены составит лишь 5,3 %.

Таким образом, не сложный технологический прием – введение термолитового наполнителя при приготовлении бетонной смеси на заводах, способствует улучшению теплофизических свойства изделий на цементных бетонах. Как видно из результатов исследований термолитовый наполнитель наиболее эффективен в бетонах с большей плотностью. Наиболее реализуемым из числа исследованных бетонов может стать мелкозернистый бетон в виде теплого кладочного раствора и керамзитобетон в виде мелких стеновых блоков, изготавливаемых методом вибропрессования.

Список библиографических ссылок

1. Куприянов В.Н. Основные принципы конструирования наружных стен с

ограничением конденсации в них парообразной влаги // Строительство и реконструкция. 2015, № 2 (58). – С. 120-127.
2. Матыева А.К., Озубекова Р.С. Современные энергосберегающие теплоизоляционные материалы для пассивных домов // Вестник КГУСТА, 2014, № 4. – С. 35-40.
3. Рахимов Р.З., Шелихов Н.С. Современные теплоизоляционные материалы. Учебное пособие. – Казань: КГАСУ, 2006. – 392 с.
4. Морозова Н.Н., Майсурадзе Н.В., Галиев Т.Ф., Потапова Л.И. Эффективность применения воздухововлекающих добавок в гипсовых материалах // Вестник Казанского технологического университета, 2016, т. 19, № 2. – С. 31-33.
5. Морозова Н.Н., Кузнецова Г.В., Голосов А.К. Влияние цементов разных производителей на свойства ячеисто-бетонной смеси автоклавного газобетона// Строительные материалы, 2014, № 5. – С. 49-51.
6. Рязанова Г.Н., Нетишина К.А. Анализ существующих систем вентилируемых фасадов // В сборнике: Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство СГАСУ. – Самара, 2016. – С. 287-289.
7. Воронкина Е.П. Фасадная теплоизоляционная штукатурка // В сборнике: Образование, наука, производство Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2015. – С. 1913-1916.
8. Горин В.М., Токарева С.А., Кабанова М.К. Стеновые керамзитобетонные конструкции – перспективный материал для индустриального домостроения // Жилищное строительство, 2011, № 3. – С. 55-59.
9. Есипова А.А., Комарова Н.Д. Полистиролбетон – оправданное решение для утепления // Новый университет. Серия: Технические науки, 2016, № 1 (47). – С. 29-33.
10. Могушков Р.Т., Бойков И.В., Скориков Р.Е. Применение полистиролбетона в строительстве // В сборнике: Развитие технических наук в современном мире Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции, 2015. – С. 135-138.
11. Лещенко М.В., Семко В.А. Теплотехнические свойства стеновых ограждающих конструкций из стальных тонкостенных профилей и полистиролбетона // Инженерно-строительный журнал, 2015, № 8 (60). – С. 44-55.

Maisuradze N.V. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: maisuradze64@mail.ru
Morozova N.N. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: ninamor@mail.ru
Galiev T.F. – student
E-mail: galiev.uralsk@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

The study of influence of filler material on the thermal properties of fine-grained concrete

Resume

The analysis of thermal insulation materials and facade systems of buildings and constructions, which are important for the thermophysical properties was shown. With this aim the article presents the research on the influence of filler material on the thermal conductivity coefficient and the thickness of the enclosure walls. The conductivity coefficient was measured by the method of heat flow on the ITP-MG4 device. The filler material is a lightweight powder of a modified diatomite with a density of 700 kg/m^3 and a grain size from 0,16 to 1 mm. Considered only fine-grained concrete. As a result, the introduction of the filler material in an amount of 10 and 20 % instead of cement in sand concrete reduces its conductivity by 34 % and 65 %, respectively, in the expanded clay lightweight concrete by 7 and 13 %, and in the polystyrene only by 5 % with the introduction of 20 % of the filler. This fact is very important for mortars, allowing by using available, inexpensive materials to design walls that fit into the ideology of the efficient

heat energy saving of modern buildings, including high-rises.

The use of filler material is most effective in concrete with higher density.

Keywords: termolit, fine concrete, the thermal conductivity, a filler, a solution of.

Reference list

1. Kupriyanov V.N. Basic principles of designing external walls with the limitation of condensation in them of moisture vapor // Construction and reconstruction, 2015, № 2 (58). – P. 120-127.
2. Matieva A.K., Ozubekova R.S. Modern energy-saving thermal insulation materials for passive houses // Bulletin KSUCTA, 2014, № 4. – P. 35-40.
3. Rakhimov R.Z., Shelikhov N.S. Modern insulation materials. Textbook. – Kazan: KSUAE, 2006. – 392 p.
4. Morozova N.N., Maisuradze N.In., Galiev T.F., Potapova L.I. Efficiency of application of air-entraining additives in the gypsum materials // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta, 2016, Vol. 19, № 2. – P. 31-33.
5. Morozova N.N., Kuznetsova G.V., Golosov A.K. the Influence of cements from different manufacturers on the properties of cellular-concrete autoclaved aerated concrete // Building materials, 2014, № 5. – P. 49-51.
6. Ryazanova G.N., Netesina K.A. Analysis of existing systems of ventilated facades // In the book: Tradition and innovation in construction and architecture. The construction of Samara state University of architecture and construction. Samara, 2016. – P. 287-289.
7. Voronina E.P., Shukhov V.G. Facade thermo-insulation plaster // In the book: Education, science, production, Belgorod state technological University, 2015. – P. 1913-1916.
8. Gorin V.M., Tokarev S.A., Kabanova M.K. Wall claydite-concrete construction – a promising material for industrial Housing construction, 2011, № 3. – P. 55-59.
9. Esipova A.A., Komarov N.D. The polystyrene – viable solution for insulating New University. Series: Technical Sciences, 2016, № 1 (47). – P. 29-33.
10. Mogushkov R.T., Boykov I.V., Skorikov R.E. Use of polystyrene concrete in construction // In the book: the Development of technical Sciences in the modern world the Collection of scientific papers on the results of international scientific-practical conference, 2015. – P. 135-138.
11. Leshchenko V.M., Semko V.A. Thermal properties of the wall enclosing structures made of steel thin-walled profiles and polystyrene concrete // Journal of Civil Engineering, 2015, № 8 (60). – P. 44-55.

УДК 69.01
Удлер Е.М. – кандидат технических наук, профессор
E-mail: udler41@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Приближенный расчет площади поверхности тентового покрытия с точечно заданной геометрией

Аннотация

В статье описывается подход к моделированию ячейки сложной криволинейной поверхности мягкой оболочки, заданной массивом высот в узлах квадратной координатной горизонтальной сети. В пределах проекции ячейки этой сети на оболочку, ее геометрия представляет собой поверхность отрицательной гауссовой кривизны и моделируется пирамидой с вершиной в центре криволинейной поверхности ячейки. Координаты вершины вычисляются как средние арифметические соответствующих координат узлов ячейки. Боковая поверхность пирамиды, определяемая как сумма площадей четырех треугольников, принимается за площадь оболочки в пределах ячейки координатной сети. Искомая площадь оболочки вычисляется как сумма площадей всех ячеек в границах горизонтальной проекции оболочки. В качестве примера, приводится листинг процедуры вычисления площади ячейки поверхности на языке программирования Паскаль.

Ключевые слова: мягкие оболочки. Тентовые покрытия. Криволинейные поверхности. Сетчатая модель поверхности. Площадь криволинейной поверхности. Численные методы. Компьютерное программирование.

Тентовые покрытия, как правило, имеют форму весьма сложной криволинейной поверхности отрицательной гауссовой кривизны. Пример тентового покрытия с такой поверхностью, разработанного с участием автора [1] представлен на рис. 1.

Рис. 1. Пример геометрии тентового покрытия

Трудности их аналитического описания предполагают применение численных методов при проектировании. В связи с этим предлагается простой алгоритм вычисления площади поверхности, использующий пространственные координаты ее точечно заданной геометрии.

Удобство использования декартовой координатной системы часто предполагает дискретное моделирование поверхности в виде пространственной четырехугольной сетки с квадратной проекцией ячеек на горизонтальную плоскость. Графический пример такого представления приведен на рис. 2 и описанный в работах [2-3].

Тогда геометрия поверхности может быть описана массивом высот узлов сети, а абсциссы и ординаты узлов определяются их индексами и шагом сети (1).

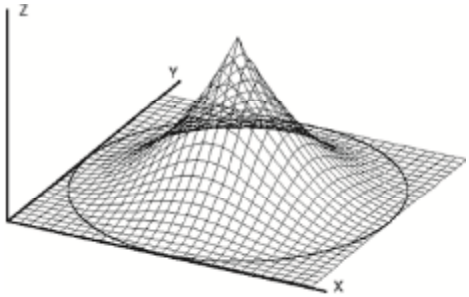
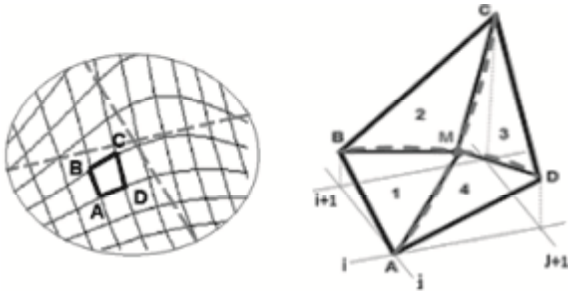


Рис. 2. Пример сетчатой модели шатровой оболочки в E_3

$$\lfloor z_{i,j} \rfloor \qquad x_{i,j}=i\cdot d \qquad y_{i,j}=j\cdot d \tag{1}$$

Очевидно, что площадь всей оболочки является суммой площадей поверхности, ограниченных ячейками сети. Участок оболочки в пределах произвольно выбранной ячейки, обозначенный полигоном ABCD на рис. 3, имеет вид пространственно криволинейной поверхности отрицательной гауссовой кривизны, характерной для тентовых покрытий.



а) Участок сетчатой модели оболочки

б) Модель ячейки

Рис. 3. Моделирование: а – покрытия сеткой, б – поверхности ячейки многогранником. Кривые образующие седла условно показаны пунктирными линиями

Точное аналитическое вычисление площади поверхности такого участка представляет большую сложность. Предлагается заменить этот участок многогранной моделью, путем добавления еще одной вершины в точке М. Тогда площадь поверхности в пределах участка определится как площадь боковой поверхности четырех угольной пирамиды, то есть суммой площадей четырех треугольников, принадлежащих многограннику модели и обозначенных на рис. 3 цифрами 1, 2, 3, 4.

Координаты вершины в точке М могут быть вычислены по формулам (2) и (3). Они реализуют простой линейный алгоритм отыскания некоторой срединной точки на криволинейной поверхности оболочки в ячейке, предложенный и использованный автором в работах [4-6].

$$x_M = \frac{x_{i,j} + x_{i,j+1}}{2};\ y_M = \frac{y_{i,j} + y_{i+1,j}}{2}; \tag{2}$$

$$z_M = \frac{z_{i,j} + z_{i,j+1} + z_{i+1,j} + z_{i+1,j+1}}{4}. \tag{3}$$

Для вычисления площадей треугольников по известной из геометрии [7-8] формуле (4) достаточно найти длины хорд AB, BC, CD и AD ячейки сети на поверхности по формуле (5), длины ребер многогранника AM, BM, CM и DM по формуле (6), а также значения синусов углов между ними, используя теорему косинусов (7).

$$S_{\Delta} = \frac{ab\sin(g)}{2}, \quad (4)$$

$$l = \sqrt{d^2 + \Delta z^2}, \quad (5)$$

$$l = \sqrt{d^2/2 + \Delta z^2}, \quad (6)$$

$$\cos(g) = \frac{a^2 + b^2 - c^2}{2ab}. \quad (7)$$

В этих формулах приняты обозначения:

a и b – длины смежных ребер пирамиды;

d – шаг узлов сети;

Δz – превышение высот концов отрезков;

c – хорда ячейки сети, противоположной вычисляемому углу.

Порядок вычисления площади поверхности ячейки сети, может быть следующим:

1. Вычислить высоту точки M, как вершины моделирующего многогранника по формуле (3);

2. Вычислить длину каждой стороны ячейки по формуле (5);

3. Вычислить длину каждого ребра пирамида по формуле (6);

4. Вычислить косинус каждого угла при вершине M по формуле (7);

5. Вычислить площади четырех треугольников с вершиной в точке M по формуле (4) с учетом, что $\sin^2(\gamma)=1-\cos^2(\gamma)$.

В качестве примера, ниже приводится листинг простой процедуры, которая вычисляет площадь поверхности ячейки сетчатой модели тентового покрытия, реализующей этот алгоритм и составленная на языке программирования Паскаль.

Листинг процедуры:

```
procedure Sqwcell (i,j: integer; var S: real);
var a, b, c, d, zm: real;
{процедура-функция вычисления длины отрезка}
function Linelen (k: byte; h1, h2:real): real;
var dz, u: real;
begin
dz:=h1-h2;
if k=1 then u:=d*d+dz*dz else u:=d*d/2+dz*dz;
Linelen:=sqrt(u);
end;
{процедура-функция вычисления площади треугольника}
function Stre: real;
var cosu,sinu : real;
begin
cosu := (a*a + b*b -c*c) /2 /a /b;
sinu := sqrt (1- cosu*cosu);
Stre := a*b*sinu/2;
end;

begin {main}
S:= 0;      {обнуление счетчика площади}
zm:= (z[i,j] + z[i,j+1] + z[i+1,j] + z[i+1,j+1])/4;
a:= Linelen (2, z[i,j], zm);
b:= Linelen (2,z[i+1,j], zm);
c:= Linelen (1,z[i,j],z[i+1,j]);
S:= S + Stre;       {добавлена площадь 1-ого треугольника}
b:= Linelen (2,z[i,j+1], zm);
c:= Linelen (1,z[i,j], z[i,j+1]);
S:= S + Stre;       {добавлена площадь 2-ого}
a:= Linelen (2,z[i+1,j+1], zm);
c:= Linelen (1,z[i,j+1],z[i+1,j+1]);
S:= S + Stre;       {добавлена площадь 3-ого}
```

```
b:= Linelen (2,z[i+1,j], zm);
c:= Linelen (1,z[i+1,j],z[i+1,j+1]);
S:= S + Stre;        {добавлена площадь 4-ого и вычислена площадь ячейки}
end;
```

Для проверки работы программы и алгоритма, на примере модели кругового шатрового покрытия (рис.2), произведено сравнение с результатами расчета, проведенного путем суммирования площадей усеченных конических поверхностей [5] с тем же шагом дискретизации, по формуле (8):

$$S_{об} = p\sum_{i=1}^{n}(2R-(2i-1)\cdot d)\cdot d\sqrt{1+f'^{2}(x_{i,j})}. \qquad (8)$$

Здесь: R – радиус основания шатра; d – шаг дискретизации оболочки;
$n=R \bmod d$ – количество конических участков, на которые разбита поверхность;
$f'(x)$ – производная от уравнения образующей оболочки вращения.

Таблица

Сравнение площадей, вычисленных в м^2 по приближенному алгоритму с более точным расчетом по формуле (8)

Отношение высоты оболочки к радиусу основания	Шаг сетки 50 мм,		Расхождение в %	Шаг сетки 100 мм,		Расхождение в %
	По алгоритму	По (8)		По алгоритму	По (8)	
0,3	21,96	21,74	1,01	21,94	21,74	0,92
0,4	23,36	23,14	0,95	23,34	23,14	0,86
0,5	24,98	24,76	0,89	24,96	24,77	0,81
0,6	26,77	26,55	0,83	26,74	26,55	0,72
0,7	28,68	28,46	0,77	28,65	28,46	0,67
0,8	30,69	30,47	0,72	30,65	30,48	0,59
0,9	32,78	32,56	0,68	32,74	32,57	0,55
1,0	34,93	34,72	0,60	34,89	34,72	0,49

В таблице приводятся результаты этих расчетов. Их анализ показывает незначительное расхождение величин площадей. Оно зависит от принимаемого шага сети и обычно не превышает 1-ого процента. Это позволяет сделать вывод о приемлемости предлагаемого подхода для практических целей проектирования.

Список библиографических ссылок

1. Ишанова В.И., Удлер Е.М. Апробация метода раскроя при реконструкции тентового навеса сложной формы в г. Нижнекамске // Известия КГАСУ, 2012, № 4. – С. 124-130.
2. Ишанова В.И., Удлер Е.М. Развертка поверхности кругового шатра с вогнутой параболической образующей. // Известия КГАСУ, 2014, № 2. – С. 85-89.
3. Толстов Е.В., Удлер Е.М. Проектирование тентовых оболочек // «CADmaster», 2001, № 1 (6). – С. 43-47.
4. Удлер Е.М. Сеть Чебышева на поверхности сферы // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2014, № 6. – С. 43-44.
5. Удлер Е.М., Ишанова В.И. Компьютерное моделирование оболочек сетями Чебышева. // Труды V международного симпозиума «Актуальные проблемы компьютерного моделирования конструкций и сооружений». Иркутский ГТУ, 2014. – С. 182-183.
6. Пекерман Э.Е., Удлер Е.М. Численное определение формы тканевых строительных оболочек. // Известия КГАСУ, 2007, № 1. – С. 56-57.
7. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математики. Для инженеров и учащихся втузов. – М.: Наука. ФизматГИЗ, 1981. – 300 с.
8. Краткий физико-технический справочник. Под редакцией К.П. Яковлева. Том первый. ФизматГИЗ, 1960. – 445 с.

Udler E.M. – candidate of technical sciences, professor
E-mail: udler41@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

An approximate calculation of the surface area of an awning cover with numerical representation of the geometry

Resume

In the design process of tent structures it is necessary to calculate the consumption of materials in the soft shell. However in the available literature the author has not found a description of methods of calculations for shells not trivial forms. In this regard we propose a new approach to solving the problem. An algorithm for calculating the area of a complex curved surface of a soft shell, given by an array of heights at the nodes of a square horizontal coordinate mesh.

Within projection of this mesh cell on the shell its geometry has a surface of negative Gaussian curvature and modeled by the pyramid with the apex at the center of the curved surface of the cell. The coordinates of the vertices are calculated as the arithmetic mean of the coordinates of the cell sites. The side surface of the pyramid defined as the sum of the areas of four triangles taken as a shell area within the coordinates of the cell mesh. Seeking envelope area is calculated as the sum of the squares of all the cells in the horizontal projection of the shell borders. As, an example, provided the procedure of calculating the surface cell's area, in the Pascal programming language. The comparison of calculation of the proposed algorithm with some exact solutions. The calculation results differ very little. This proves the possibility of wider use in engineering practice.

Keywords: soft shell, fabric covering, the curved surface, the mesh model of the surface, the area of the curved surface, numerical methods, computer programming.

Reference list

1. Ishanova V.I., Udler E.M. Aprobation of method of cutting in the reconstruction of complex shaped tent shed in the Nizhnekamsk city // Izvestiya KGASU, 2012, № 4 (22). – P. 124-129.
2. Ishanova V.I., Udler E.M. Sweep the surface of shell circular in plan with the concave parabolic side // Izvestiya KGASU, 2014, № 2 (28). – P. 85-89.
3. Tolstov E.V., Udler E.M. Design of soft tent shell // «CADmaster», 2001, № 1 (6). – P. 43-47.
4. Udler E.M. Chebyshev's mesh on the spherical surface // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij, 2014, № 6. – P. 43-44
5. Udler E.M., Ishanova V.I. Computer's modelling of shell by Chebyshev's mesh. // Trudy V mezhdunarodnogo simpoziuma «Aktual'nye problemy komp'yuternogo modelirovaniya konstrukcij i sooruzhenij». – Irkutskij GTU, 2014. – P. 182-183.
6. Pekerman E.E., Udler E.M. Numerical method of determination of surface shape of soft construction shell // Izvestiya KGASU, 2007, № 1. – P. 56-57.
7. Bronshtejn I.N., Semendyaev K.A. Handbook of Mathematics. // For engineers and technical colleges students. – M.: Nauka. FizmatGIZ, 1981. – 300 p.
8. Summary of physical and technical reference // By editing K.P. Yakovlev, Tom 1: FizmatGIZ, 1960. – 445 p.

УДК 624.154.1
Мирсаяпов И.Т. – доктор технических наук, профессор
E-mail: mirsayapov@kgasu.ru
Алюшев И.И. – студент
E-mail: Ildarik@list.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Экспериментальные исследования моделей армированных горизонтальными сетками оснований при циклическом нагружении

Аннотация

В данной работе описаны результаты экспериментальных исследований моделей грунтовых оснований, армированных с помощью горизонтальных полимерных сеток типа а40, на действие циклической нагрузки. Проведение лотковых испытаний позволило определить осадки армированного основания, напряжения и деформации в грунте и в элементах сеток армирования. Результаты экспериментальных исследований представлены в виде графиков зависимости осадок и деформаций от количества циклов нагружения. Установлены основные закономерности изменения напряженно-деформированного состояния горизонтально армированного массива.

Анализ графических зависимостей показывает, что деформации в грунте и в горизонтальных сетках армирования увеличиваются в процессе циклического нагружения.

Ключевые слова: циклические нагружения, горизонтальное армирование, осадки, напряжения, грунт, деформации.

В современных условиях актуальной проблемой при строительстве зданий и сооружений является улучшение свойств слабых грунтов с целью увеличения несущей способности и ограничения осадок оснований фундаментов. Усиление оснований горизонтальными армирующими геосинтетическими материалами является одним из способов решения этой проблемы, так как позволяет обеспечить необходимую надежность и экономичность проектируемых оснований.

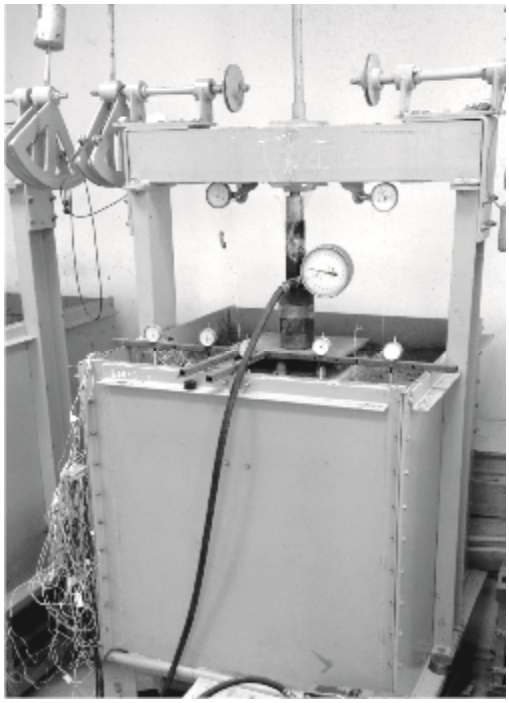


Рис. 1. Испытательный стенд

Исследование армированных горизонтальными элементами оснований, в основном, ограничиваются выявлением основных закономерностей поведения при кратковременном статическом нагружении. Наряду со статическими нагрузками основания, армированные горизонтальными элементами, подвергаются воздействию циклических нагрузок, которые в ряде случаев являются основными, определяющими безопасность зданий и сооружений в процессе эксплуатации.

Вследствие этого возникает необходимость в изучении работы армированных оснований при циклическом нагружении.

Для исследования работы грунтовых оснований, армированных горизонтальными сетками, были проведены испытания на действие циклической нагрузки в лабораторных условиях.

Моделирование работы армированного грунтового основания в лабораторных условиях осуществлялось с помощью объемного металлического лотка с размерами 100х100 см (рис. 1). В качестве плитного фундамента использовалась железобетонная плита с размерами 40х40х4 см, армированная проволочной арматурой класса В500 диаметром 3 мм. Горизонтальным элементом армирования служила геосетка типа а40. Грунтом основания являлся песок (плотность $\rho=1,40$ г/см^3, влажность $W=3$ %, угол внутреннего трения $\varphi=24^0$, модуль общих деформаций Е =5,22 МПа).

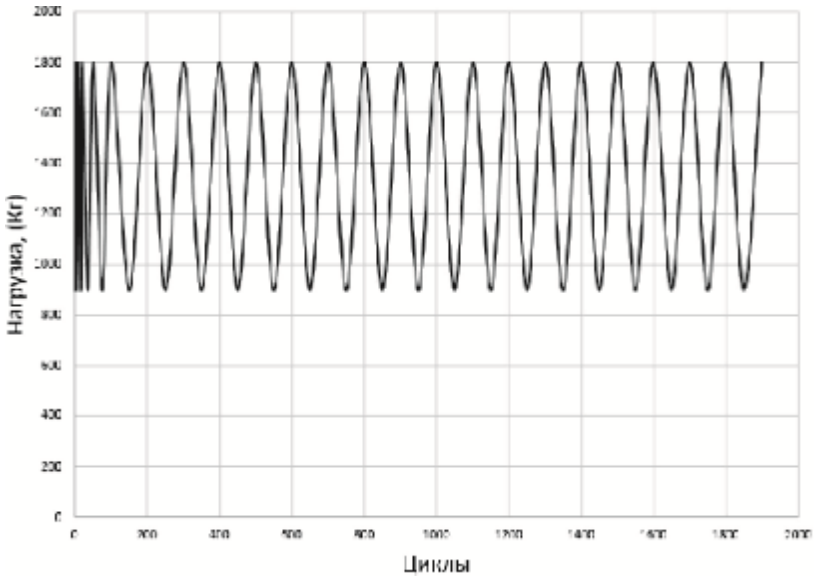


Рис. 2. Режим нагружения

Рис. 2 иллюстрирует режимы нагружений армированного основания. Величины осадок основания на всех ступенях нагружения фиксировались по показаниям индикаторов часового типа ИЧ10 (находившихся на поверхности грунта) и прогибомеров (измеряющих осадки на двух гранях плиты). Также определялись значения напряжений и деформаций в грунте основания и в моделях армирующих элементов.

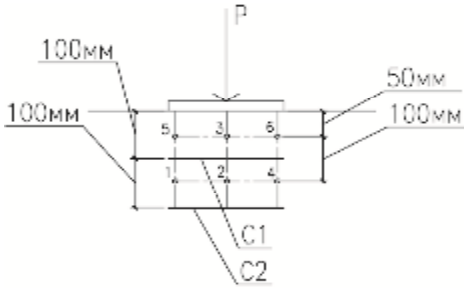


Рис. 3. Схема расположения датчиков в грунтовом массиве

Тензорезисторы, наклеенные по длине горизонтальных сеток, определяли значения деформаций и усилий моделей армирующих элементов. Датчики давления устанавливали напряжения и деформации грунта в различных точках основания.

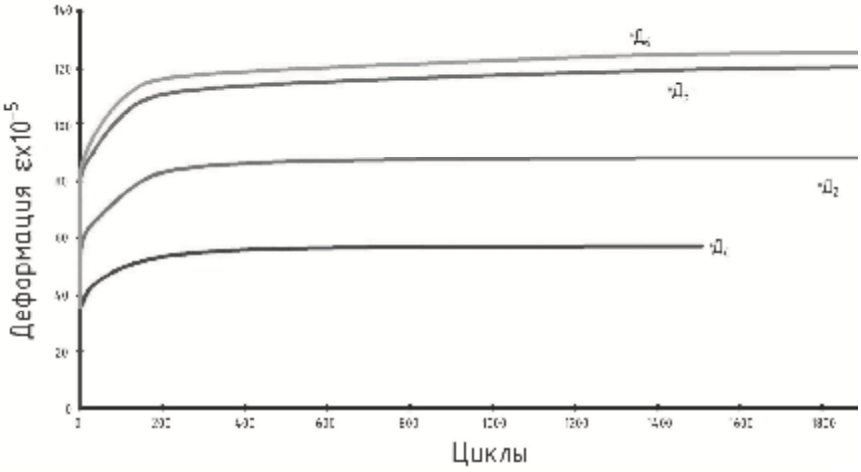
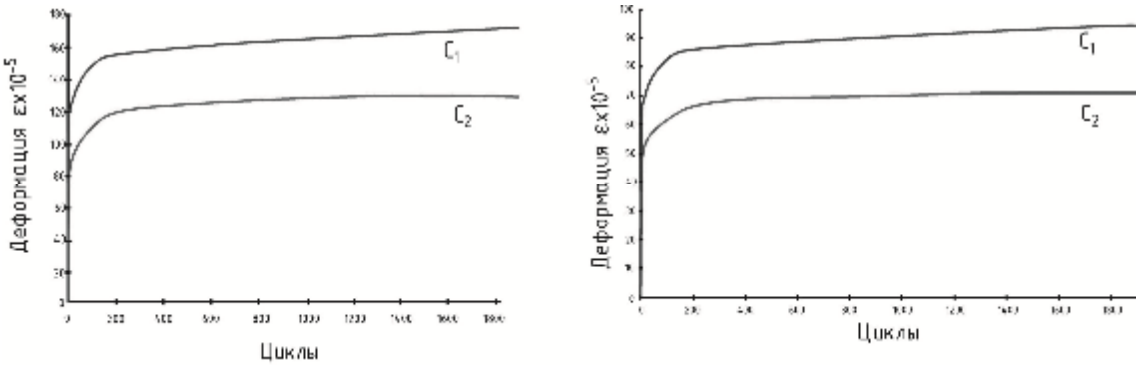


Рис. 4. Деформации в сетках при максимальной нагрузке (1800 кг):
$Д_3$ и $Д_6$ на глубине 5 см, $Д_2$ и $Д_4$ на глубине 15 см

На рис. 4 приведены графики изменения деформаций грунта в пределах сжимаемой толщи основания. По графикам можно увидеть, что происходит увеличение деформаций в грунте во всех зонах сжимаемой толщи по мере увеличения количества циклов нагружения до 200…300 цикла. При дальнейшем увеличении количества циклов нагружения деформации в грунте стабилизируются. При этом необходимо отметить, что наибольшее увеличение деформаций происходит под плитным фундаментом (штампом) и уменьшаются по глубине. Так, например, в верхней зоне сжимающий толщи на уровне 50 мм от плиты на 1-ом цикле относительная деформация составляет $80 \cdot 10^{-5}$, на 200-ом цикле $118 \cdot 10^{-5}$, далее происходит стабилизация деформаций и в конце испытаний относительная деформация составляет $130 \cdot 10^{-5}$.



а) б)

Рис. 5. Деформации в сетках C_1 и C_2 (C_1 на глубине 10 см, C_2 на глубине 20 см):
а) при максимальной нагрузке (1800 кг); б) при минимальной нагрузке (900 кг)

На рис. 5 отображено изменение деформаций в горизонтальных сетках армирования, расположенных в характерных зонах сжимаемой толщи основания плитного фундамента. Как видно из рис. 5, циклическое нагружение приводит к увеличению деформаций растяжения в элементах сеток. При этом значительные деформации в сетках происходят на первых циклах нагружения до 200-300 цикла. При дальнейшем нагружении происходит стабилизация деформаций в сетках. Наибольшие деформации происходят в верхней сетке на расстоянии 10 см от подошвы фундамента.

Так, например, в верхней сетке на 1-ом цикле относительная деформация растяжения равна $140 \cdot 10^{-5}$, далее деформация стабилизируется и в конце испытания относительная деформация составляет $160 \cdot 10^{-5}$.

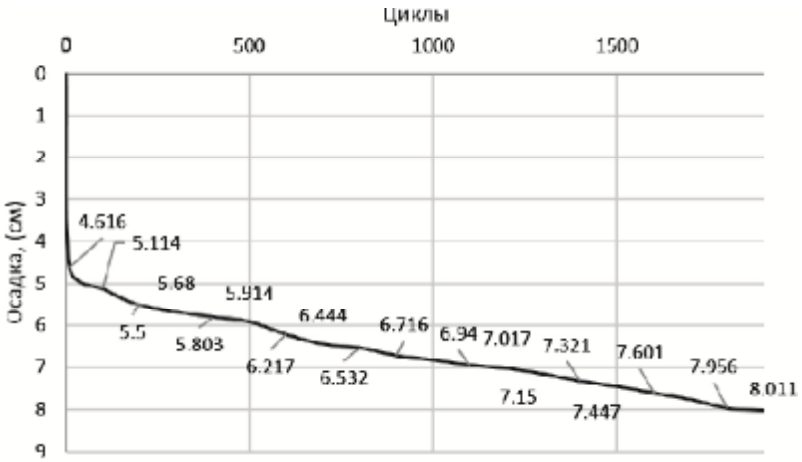


Рис. 6. Развитие осадок горизонтально армированного грунтового массива при циклическом нагружении

Графики развития осадок армированного горизонтальными элементами грунтового массива при циклическом нагружении показаны на рис. 6. Как видно из рисунка, в начальной стадии циклического нагружения, примерно до 500 циклов, происходит интенсивное увеличение осадок. При дальнейшем нагружении интенсивность развития осадок уменьшается, но полной стабилизации осадок не происходит. Так, например, на первом цикле нагружения осадка основания составила 4,616 см, при 500-ом цикле – 5,914 см, на 1900-ом цикле – 8,011 см.

Такой характер развития осадок объясняется тем, что в начальной стадии нагружения практически во всех зонах сжимаемой толщи реализуются деформации уплотнения. Приращение деформаций уплотнения по 500 циклов практически прекращаются, что вызвало уменьшение интенсивности развития осадок. Дальнейшее развитие осадок, видимо, связано с деформациями сдвига грунта ниже зоны армирования.

Заключение

При циклическом нагружении происходит увеличение деформаций грунта в пределах сжимаемой толщи и в элементах сеток горизонтального армирования, а также осадок основания с различной интенсивностью на всем протяжении испытаний. Наиболее интенсивное развитие деформаций грунта, сеток горизонтального армирования и осадок основания происходило в начальном этапе нагружения до 200…500 циклов, в дальнейшем происходила относительная стабилизация всех показателей.

Список библиографических ссылок

1. Мирсаяпов И.Т., Королева И.В. Прочность и деформируемость глинистых грунтов при различных режимах трехосного нагружения с учетом трещинообразования // Основания, фундаменты и механика грунтов, 2016, № 1. – С. 5-10.
2. Справочник геотехника. Основания, фундаменты и подземные сооружения // Под общей редакцией В.А. Ильичева и Р.А. Мангушева. – М.: Изд-во АСВ, 2014. – 728 с.
3. Мирсаяпов И.Т., Королева И.В. Расчетная модель несущей способности армированного основания при циклическом нагружении // Основания, фундаменты и механика грунтов, 2014, № 4. – С. 12-17.
4. Мирсаяпов И.Т., Ибрагимов К.В. Экспериментальные исследования моделей плитно-свайных фундаментов при режимном циклическом нагружении // Известия КГАСУ, 2014, № 4 (30). – С. 198-204.

5. Клари Х.Х., Ветторело П.В. Механическое поведение рыхлого песка, усиленного синтетическими волокнами // Основания, фундаменты и механика грунтов, 2016, № 1. – С. 11-15.
6. Мирсаяпов И.Т., Королева И.В., Иванова О.А. Малоцикловая выносливость и деформации глинистых грунтов при трехосном циклическом нагружении // Жилищное строительство, 2012, № 9. – С. 6-8.
7. Mirsayapov I.T., Koroleva I.V. Experimental and theoretical studies of bearing capacity and deformation of reinforced soil foundations under cyclic loading // Computer Methods and Recent Advances in Geomechanics: Proc. intern. symp. Kyoto, Japan, 22_25 September 2014. – Lieden: Balkema, 2014. – P. 742-747.
8. Мирсаяпов И.Т., Королева И.В. Особенности деформирования глинистых грунтов при циклическом трехосном сжатии // Международный журнал Геотехника, 2010, № 6. – С. 64-67.

Mirsayapov I.T. – doctor of technical sciences, professor
E-mail: mirsayapov@kgasu.ru
Alyushev I.I. – student
E-mail: Ildarik@list.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Experimental studies of basments' models reinforced by horizontal grid under the cyclic loading

Resume

To study the soil foundations, reinforced by horizontal polymer grids under cyclic loading tests in the laboratory were carried out. The article shows the results of experimental studies of models of soil basements, horizontal reinforced polymer grids such as the a40, on the effect of cyclic loading.

Experimental tests have allowed establishing basic patterns of change in the stress-strain state grounds, reinforced by horizontal grids.

Deformations of the soil and the elements of the horizontal reinforcement grids within the compressible thickness at the base increases under the cyclic loading. Deformities with varying intensity have evolved throughout the test. The most intensive development of ground deformations and horizontal grid reinforcement occurred at the initial stage of loading up to 200 ... 500 cycles. In the future there is a relative stabilization of these indicators. The action of cyclic loads is an increase in the horizontal grid reinforced base. In the initial stage of cyclic loading up to about 500 cycles, there is an intensive increase in sediment. With further development of the pellet loading rate is reduced, but complete stabilization occurs.The experimental results are presented in the form of graphs of settlement and strain on the number of load cycles. The basic laws of stress-strain state of reinforced horizontal array.

Analysis of plots shows that the strain in the soil and in the horizontal reinforcement grids increases during cyclic loading.

Keywords: cyclic loading, horizontal reinforcement, settlements, stress, ground, deformation.

Reference list

1. Mirsayapov I.T., Koroleva I.V. The strength and deformability of clay soils under the regime of spatial stress state in view of cracking // Osnovaniya, Fundamenty i Mekhanika Gruntov, 2016, № 1. – P. 5-10.
2. Geotechnics directory. Osnovaniya, fundamenti i podzemnie soorugeniya // Edited by V.A. Ilichev and R.A. Mangushev. – M.: Publisher ASV, 2014. – 728 p.

3. Mirsayapov I.T., Koroleva I.V. The computational model bearing capacity of the reinforced foundation under cyclic loading // Osnovaniya, Fundamenty i Mekhanika Gruntov, 2014, № 4. – P. 12-17.
4. Mirsayapov I.T., Ibragimov K.V. Experimental studies of models of plate-pile foundations under cyclic loading regime // Izvestiya KGASU, 2014, № 4 (30). – P. 198-204.
5. Clary H.H., Vettorelo P.V. Mechanical behavior of loose sand, reinforced with synthetic fibers // Osnovaniya, Fundamenty i Mekhanika Gruntov, 2016, № 1. – P. 11-15.
6. Mirsayapov I.T., Koroleva I.V., Ivanova O.A. Low-Cycle Endurance and Deformations of Clay Soils in the Course of Three-Axial Cyclic Loading // Zhilishchnoye stroitelstvo, 2012, № 9. – P. 6-8.
7. Mirsayapov I.T., Koroleva I.V. Experimental and theoretical studies of bearing capacity and deformation of reinforced soil foundations under cyclic loading // Computer Methods and Recent Advances in Geomechanics: Proc. intern. symp, Kyoto, Japan, 22-25 September, 2014. – Lieden: Balkema, 2014. – P. 742-747.
8. Mirsayapov I.T., Koroleva I.V. Features deformation of clayey soils under cyclic triaxial compression // International Journal Geotechnics, 2010, № 6. – P. 64-67.

УДК 624.154.5
Мирсаяпов И.Т. – доктор технических наук, профессор
E-mail: mirsayapov1@mail.ru
Шарафутдинов Р.А. – студент
E-mail: rushan.1992@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Расчетная модель несущей способности и осадок грунтового основания, армированного вертикальными и горизонтальными элементами

Аннотация

Предлагается расчетная модель для оценки несущей способности и осадок армированного вертикальными и горизонтальными элементами грунтового основания, основанная, на результатах экспериментальных исследований и на гипотезе, что несущая способность плитного фундамента складывается из сопротивления в зоне армированного горизонтальными элементами, в зоне армированного вертикальными элементами и в зоне грунта под вертикальными армирующими элементами.

Ключевые слова: расчетная модель, несущая способность, осадки, статические нагружения.

Введение

Важнейшей проблемой для Республики Татарстан и РФ является строительство на территориях, сложенных слабыми грунтами. В современных условиях при строительстве на таких грунтах, тенденция увеличения нагрузок на основания способствовала тому, что одним из наиболее часто применяемых методов повышения несущей способности и уменьшения осадок является вертикальное и горизонтальное армирование грунтов. Несущая способность и осадки армированных оснований практически не исследованы.

В связи с этим были проведены ряд лабораторных испытаний в объемном лотке с размерами 1,0x1,0x1,0 м. В качестве грунта использовался песок средней крупности. Вертикальные армирующие элементы моделировались пластиковыми трубками диаметром 7 мм и длиной 200 мм. Горизонтальное армирование моделировалось геосетками с размерами ячейки 50x50 мм. Экспериментальные исследования позволили установить влияние комбинированного армирования на несущую способность и осадки основания фундамента.

На основании выполненных лотковых экспериментов была разработана методика расчета несущей способности армированного грунтового основания, включая выражения для определения: сопротивления армированного грунтового массива в зоне армирования горизонтальными элементами, в зоне армирования вертикальными элементами и в зоне под вертикально армирующими элементами. Предложенная методика позволяет достоверно рассчитывать несущую способность армированного основания на всех ступенях нагружения, с учетом совместного деформирования армирующих элементов и грунта.

Так же на основании выполненных лотковых экспериментов была разработана усовершенствованная методика расчета осадки армированного грунтового основания армированного вертикальными и горизонтальными элементами, позволяющая учитывать совместное деформирование грунта и армирующих элементов. Предложенная методика позволяет более точно прогнозировать величину осадки комбинированно-армированного грунтового основания.

Разработанные методики расчета несущей способности и осадок армированных вертикальными и горизонтальными элементами грунтовых оснований хорошо согласуется с результатами испытаний.

Результаты экспериментальных исследований

Проведение экспериментальных исследований осуществлялось в объемном лабораторном лотке с размерами 1,0x1,0x1,0 м. Моделью фундамента послужила

железобетонная плита с размерами 400х400х40 мм. Для исследования поведения основания фундамента с комбинированным армированием была использована теория моделирования.

На основе теории моделирования и анализа результатов пробных экспериментальных исследований вертикальное армирование моделировались полыми пластиковыми трубками диаметром 7 мм, с длиной 200 мм и толщиной стенки 1 мм, горизонтальное армирование моделировалось геосеткой типа А-40 с размерами 50х50 см.

Грунтом основания являлся песок средней крупности (плотность ρ=1,49 кг/м^3; влажность W=4 %; угол внутреннего трения φ=23,8˚; E_0=1,3 МПа).

На каждой ступени нагружения фиксировались, значения осадок основания по показателям индикаторов часового типа ИЧ, прогибомеров, давление в грунте с помощью датчиков давления.

Было проведено 4 испытания (рис. 1):

Испытание № 1 – без армирующего элемента;

Испытание № 2 – вертикальное армирование и 1 геосетка;

Испытание № 3 – вертикальное армирование и 2 геосетки;

Испытание № 4 – вертикальное армирование и 3 геосетки;

Рис. 1. Серии лотковых испытаний

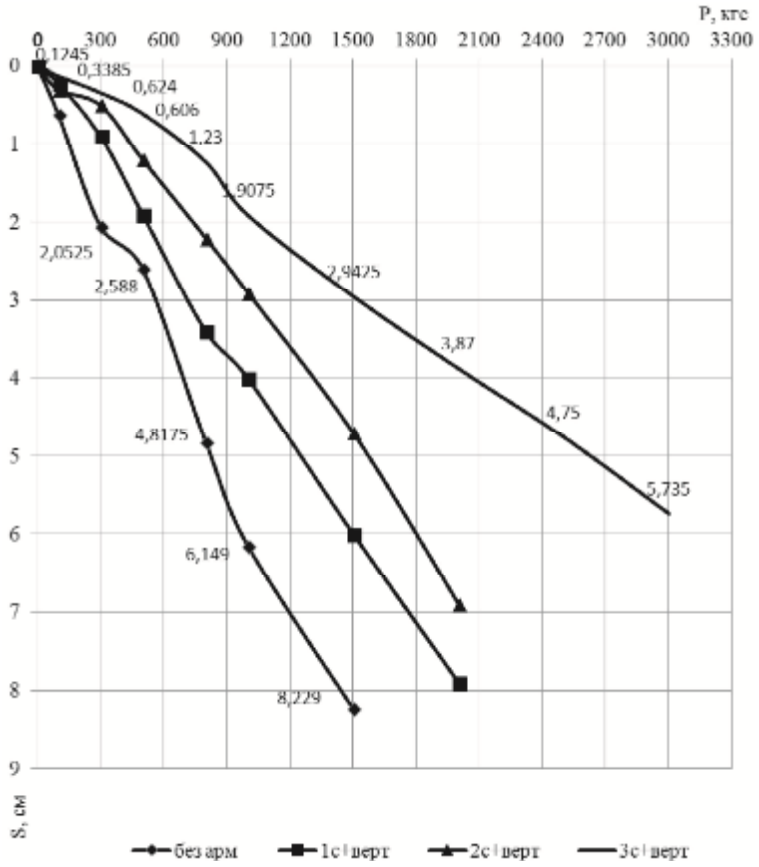


Рис. 2. Изменение осадок грунтового массива при различных типах армирования

На рис. 2 приводятся осадки грунтового массива при различных типах армирования. Следует отметить, что с увеличением количества армирующих элементов осадки грунтового массива уменьшаются. Сравнительный анализ приводиться в табл. 1

Таблица 1

Сравнение результатов осадков

Номер эксперимента	при 1000 кг, см		при 1500 кг, см	
№ 1	Без армирования	6,2	Без армирования	8,3
№ 2	1 сетка + верт.	4	1 сетка + верт.	6
№ 3	2 сетки + верт.	2,8	2 сетки + верт.	4,7
№ 4	3 сетки + верт.	1,8	3 сетки + верт.	2,9

При комбинированном армировании грунтового основания сжимающие напряжения передаются на более глубокие слои грунта и тем самым увеличивается несущая способность 2-4 раза, уменьшаются осадки 1,5-3,4 раза по сравнению с неармированным основанием (табл. 1).

Оценка несущей способности армированного основания

Экспериментальные и теоретические исследования, полученные выше, подходят для использования при расчетах и проектировании армированных оснований под плитные и столбчатые фундаменты каркасных зданий с регулярной и нерегулярной схемой расположения элементов в плане и по длине. Диаметр армирующих элементов зависит от методики создания армированного грунтового массива и имеющего парка машин и механизмов.

Под плитным фундаментом образуется уплотненное ядро в виде пирамиды, которое раздвигает окружающий армированный грунтовой массив в разные стороны. В центральной зоне армированный грунтовой массив преимущественно испытывает трехосное сжатие с переменными значениями бокового давления, а в краевых зонах подвергается воздействию сдвигающих усилий. Эффект армирования состоит в анизотропном ограничении нормальных деформаций. При введении в грунтовой массив армирующих элементов, имеющих сцепление с грунтом, на грунтовой массив в пределах сжимающего силового потока накладываются ограничение как при действии бокового усилия, эквивалентного сопротивлению армирующих элементов сжатию и изгибу.

Несущая способность и осадки грунтового основания с комбинированным армированием представляется в виде суммы $F=P_1+P_2+P_3$, где P_1 – несущая способность зоны с горизонтальным армированием; P_2 – несущая способность зоны с вертикальным армированием; P_3 – несущая способность зоны под вертикальными армирующими элементами.

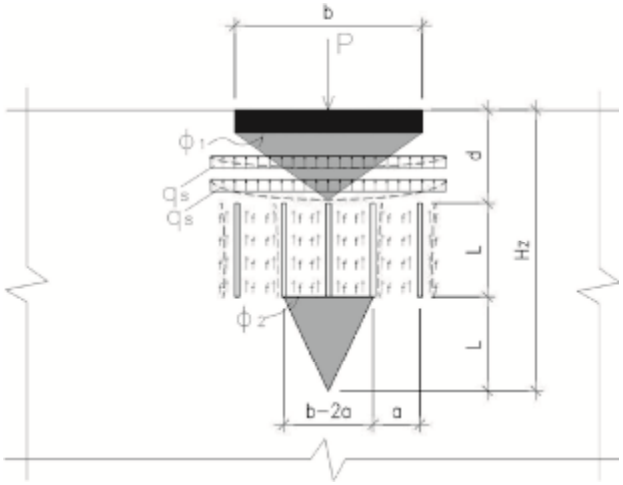


Рис. 3. Расчетная схема несущей способности армированного основания

Несущая способность зоны армированной горизонтальной сетки

Несущая способность горизонтальной зоны грунта может быть определена по аналогии с расчетом неармированного грунтового основания, причем безразмерные коэффициенты несущей способности грунтового основания N_b, N_c, N_d нужно умножить на поправочные коэффициенты k_b, k_c, k_d. Поправочные коэффициенты k_b, k_c, k_d рассчитываются как:

$$k_b = C \cdot k_{b,\delta} + 1, \quad (1.1)$$

$$k_c = C \cdot k_{c,\delta} + 1, \quad (1.2)$$

$$k_d = C \cdot k_{d,\delta} + 1, \quad (1.3)$$

где коэффициент С определяется по формуле:

$$C = \left[\frac{2}{\varphi'_k}\sqrt{40^\circ - \varphi'_{F,k}} \cdot \left(\frac{\varphi'_{F,k}}{\varphi'_k}\right)^{0.7} + 1\right]^{-1}, \quad (2)$$

где $\varphi'_{F,k}$ – угол внутреннего трения грунта засыпки; φ'_k – угол внутреннего трения грунта основания.

Для грунтов засыпки, имеющих угол внутреннего трения $\varphi'_{F,k} > 40^o$, принимаем значение С=1.

Они необходимы для определения теоретической толщины подушки для нагрузки на фундамент, имеющий наклон $\delta \neq 0$:

$$t_{p,\delta} = \frac{\sin\vartheta_{a,\delta} \cdot \cos(\vartheta_{a,\delta} - \varphi'_{F,k})}{\cos\varphi'_{F,k}} \cdot b, \quad (3)$$

где угол поверхности скольжения клина разрушения $\vartheta_{a,\delta}$ определяется по формуле:

$$\vartheta_{a,\delta} = arc\cot\left(\sqrt{(1 + tg^2)\varphi'_{F,k} \cdot \frac{tg\varphi'_{F,k} - tgb}{tg\varphi'_{F,k} + tgb}} - tg\varphi'_{F,k}\right), \quad (4)$$

где угол поверхности скольжения клина разрушения $\vartheta_{a,\delta}$, $t_{p,\delta}$ – теоретическая толщина подушки при угле нагрузки $\delta \neq 0$, t_p – теоретическая толщина подушки при угле нагрузки $\delta = 0$. $\varphi'_{F,k}$ нормативное значение угла внутреннего трения насыпного грунта фундаментной подушки; b – ширина фундамента.

Если в результате расчета получается значение $t_p < t_{p,\delta}$, то в место коэффициента k_b, k_c, k_d нужно применять поправочные коэффициенты k_b', k_c', k_d':

$$k'_b = 1 + (k'_b - 1) \cdot \left(t_p \Big/ t_{p,\delta}\right), \quad (5.1)$$

$$k'_d = 1 + (k'_d - 1) \cdot \left(t_p \Big/ t_{p,\delta}\right), \quad (5.2)$$

$$k'_c = 1 + (k'_c - 1) \cdot \left(t_p \Big/ t_{p,\delta}\right). \quad (5.3)$$

Нормативное значение сопротивления грунтовой засыпки $R'_{n,k}$ при помощи поправочных коэффициентов k_b, k_c, k_d или k_b', k_c', k_d' может быть вычислено по формуле:

$$R'_{n,k} = b' \cdot l' (N_\gamma \cdot k_b \cdot b' \cdot \gamma_1 + N_q \cdot k_d \cdot \gamma_1' \cdot d + N_c \cdot k_c \cdot c_1) \times ks, \quad (6)$$

где $k_s < 1{,}0$ – коэффициент учитывающий неполное использование прочности горизонтальных армирующих элементов, при колличестве горизонтальных элементов n>2.

Определение несущей способности армированнного вертикального элементами грунтового основания

Сопротивление армированного вертикальными элементами грунта сжатию в средней части определяется по формуле:

$$N = \sigma_u \times A_f + \sigma_{аэ}^{max} \times A_{аэ1} \times n_1 \text{ [1]}, \quad (7)$$

A_f – площадь ядра сжатия грунта в зоне вертикальных армирующих элементов, м^2;

$A_{аэ1}$ – площадь поперечного сечения одного вертикального армирующего элемента;

n_1 – количество армирующих элементов в ядре сжатия;

σ_u – предельное напряжение в грунте;

$$\sigma_u = \sigma_v * \frac{1}{cos\alpha_1} * cos\alpha_1 + \tau_v * \frac{1}{cos\alpha_1} * sin\alpha_1, \quad (8)$$

α_1, α_2 – углы наклона площадок предельного равновесия и сдвига;

σ_v – нормальные напряжения;

$$\sigma_v=\sigma_1\times l\times l'+\sigma_2\times m\times m'+\sigma_3\times n\times n', \quad (9)$$

l, m, n – напрвляющие косинусы нормали к площадке предельного равновесия;

l', m', n' – напрвляющие косинусы нормали к площадке скольжения;

τ_v – касательные напряжения;

$$\tau_v=S\times tg\varphi_0+c_0, \quad (10)$$

φ_0 – переменный во времени угол внутреннего трения;

c_0 – переменное во времени удельное сцепление;

$$S=\sigma_1\times l\times l'+\sigma_2\times m\times m'+\sigma_3\times n\times n', \quad (11)$$

$\sigma^{max}_{аэ}$ – напряжения в армирующем элементе.

Определение несущей способности зоны грунтового основания под вертикальными армирующими элементами

Несущая способность зоны под вертикальными армирующими элементами записывается в виде:

$$N=\sigma_u\times A_{f1}, \quad (12)$$

σ_u – предельное напряжение в грунте; определяется по формулам 8, 9, 10, 11.

A_{f1} – площадь ядра сжатия грунта под вертикальными армирующими элементами, м^2;

Определение осадок фундаментов на комбинированном армированном основании

Расчет осадок комбинированно армированных оснований производится по методу послойного суммирования исходя из пространственного напряженно-деформируемого состояния армированного грунтового массива.

Суммарная осадка армированного основания в условиях статического нагружения записывается следующим образом:

$$S =S_n+S_{аэ}+S_y, \quad (13)$$

где S_n – осадка грунтовой подушки с горизонтальным армированием; $S_{аэ}$ – осадка в пределах вертикально армированной зоны; S_y – осадка ниже зоны армирования.

Осадка грунтовой подушки с горизонтальным армированием определяется методом послойного суммирования с учетом ограничения сжимаемой толщи мощностью грунтовой подушки:

$$S_n = \frac{0{,}8\sum_{i=1}^{m}\sigma_{zp,i}^{cp}\cdot\Delta_{n,i}}{E_n}, \quad (14)$$

$\Delta_{n,i}$ – толщина элементарного слоя в пределах грунтовой подушки; m – количество элементарных слоев в пределах грунтовой подушки.

Модуль деформации армированного грунта E_n можно найти по [2], зная значения коэффициента влияния армирования K_r и модуля общей деформации E_0:

$$E_n=K_r\cdot E_0, \quad (15)$$

где K_r – коэффициента влияния армирования:

$$K_r=E_n/E_0.$$

Таблица 2

Модуль деформации грунта, кПа	Жесткость армирующей прослойки G_{rf}				
	2000	1000	500	100	25
1000	1,757	1,736	1,679	1,558	1,446
5000	1,588	1,521	1,467	1,353	1,303
10000	1,459	1,366	1,338	1,251	1,207
15000	1,368	1,298	1,250	1,180	1,160

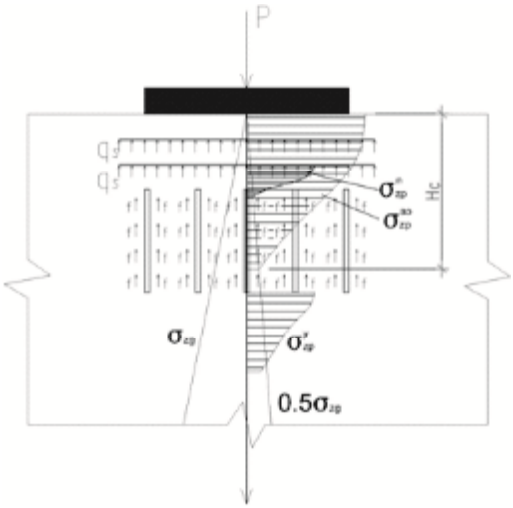


Рис. 4. Расчетная схема несущей способности армированного основания

Жесткость армирующей прослойки G_{rf} определяется по результатам его испытания на растяжение.

Осадка в пределах вертикальной армированной зоны $S_{аэ}$ и ниже зоны армирования S_y определяется по следующей методике.

Природное напряженное состояние от действия собственного веса грунта принимаем из условия одномерного уплотнения с коэффициентом бокового давления

$$\xi = \frac{K_v - 2G_v}{K_v + 4G_v}, \tag{16}$$

где K_v – модуль объемных деформаций грунта, G_v – модуль сдвига грунта.

Модуль объемных деформаций грунта в пределах армированной зоны определяется по формуле:

$$K_{v,гр}^{экв} = \left[\frac{K_{v,гр}\left(V_{гр} - V_a\right)(\gamma_{\varepsilon i} + \gamma_{мi})}{V_{гр}} + \frac{\left(\gamma_{\varepsilon i} + \gamma_{\mu i}\right)\sum f_i \cdot u_i \cdot l_i^{аэ}}{\varepsilon_{v,гр}^{экв}} \cdot \frac{a_к}{V_{гр}}\right] \cdot \gamma_n, \tag{17}$$

$K_{v,гр}$ – модуль объемных деформаций грунта в пределах армированной зоны; $V_{гр}$ – объем грунта в пределах армированной зоны; V_a – объем армирующих элементов в пределах армированной зоны; f_i – сопротивление сдвигу между армирующим элементом и грунтом; u_i – периметр поперечного сечения армирующего элемента; $a_к$ – соотношение модулей деформации материала армирующего элемента и грунта; γ_n – коэффициент, учитывающий неупругие свойства армированного основания:

$$\gamma_{\varepsilon i} = 1{,}6 + 0{,}3\frac{l_{аэ}}{H_s},\ \gamma_{\mu i}=1.07\frac{\mu_l - \mu_i}{\mu_l}, \tag{18}$$

где $l_{аэ}$ – длина армирующего элемента; H_S – высота сжимаемой толщи; μ_i – процент армирования грунтового основания.

При расчете осадки армированного массива в пределах армированной зоны за высоту сжимаемой толщи принимается высота армирующего элемента. Высота сжимаемой толщи ниже зоны армирования определена по нормативной методике:

$$H_S=Z;\ \sigma_{zp}=0{,}5\sigma_{zg}, \tag{19}$$

где H_s – высота сжимаемой толщи, по глубине Z; σ_{zp} – вертикальное нормальное напряжение на глубине Z от дополнительной нагрузки на основание по оси сооружения; σ_{zg} – вертикальное нормальное напряжение от собственного веса грунта основания на глубине Z.

Значения горизонтальных составляющих напряжений по центральной оси могут быть определены из решений теории упругости. Следует отметить, что для центральной оси вертикальные и горизонтальные напряжения являются главными.

Зная компоненты вертикальных напряжений в различных точках основания можно определить среднее напряжение и интенсивность напряжений:

$$\sigma = \frac{\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z}{3}, \tag{20}$$

$$\sigma_1 = \frac{1}{\sqrt{2}}\sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + +6 \cdot (\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)}. \tag{20.1}$$

По значениям среднего напряжения и интенсивности напряжений определяется приращения инвариантов тензора деформаций: приращение объемной деформации и интенсивности деформаций.

Переход от интервалов тензора деформаций к осевой деформации ε_z в случае расчета деформаций по центральной оси фундамента, с учетом совпадения осей главных напряжений деформаций с центральной осью фундамента, можно осуществить:

- при совпадении главных напряжений и деформаций с центральной осью штампа:

$$\begin{cases} \varepsilon_v = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 \\ \varepsilon_i = \dfrac{2}{3}(\varepsilon_1 - \varepsilon_3) \end{cases}, \quad (21)$$

- в иных случаях используем условие соосности тензоров приращений напряжений и деформаций:

$$\frac{\Delta(\varepsilon_x - \varepsilon_y)}{\Delta(\sigma_x - \sigma_y)} = \frac{\Delta(\varepsilon_y - \varepsilon_z)}{\Delta(\sigma_y - \sigma_z)} = \frac{\Delta(\varepsilon_z - \varepsilon_x)}{\Delta(\sigma_z - \sigma_x)} = \frac{\Delta\varepsilon}{\Delta\sigma_i} = x. \quad (22)$$

Определяем условные модули, характерезующие переход из природного состояния основания после приложения местной нагрузки:

$$K_v = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon_v} \cdot G_v = \frac{\Delta\sigma_i}{3\Delta\varepsilon_i}. \quad (23)$$

В последней формуле модули возможно представление параметров закона Гука в приращениях напряжений и деформаций для этапа нагружения.

Отсюда следует, что приращение осевой деформации полученное из закона Гука в приращениях:

$$\Delta\varepsilon_z = \frac{\Delta\sigma_z}{G_v} - \Delta\sigma \cdot \frac{3K_v - G_v}{3K_v \cdot G_v}. \quad (24)$$

Полученные значения приращений деформаций для центральной оси и под угловой точкой являются следствием действия местной нагрузки как догружения основания, обусловленного собственным весом грунта.

Осадка основания армированного вертикальными элементами и зоны ниже вертикальных элементов, разделенного на равные слои до условной глубины сжимаемой толщи вычисляется по формуле:

$$S_{a\text{э},(y)} = \sum_{i=1}^{n} \varepsilon_{zi} \cdot h_i. \quad (25)$$

Важно отметить, при определении осадок в зоне ниже армирования вертикальными элементами, модуль деформации принимается равным модулю деформации естественного основания залегающего в этой зоне.

По выше приведенным методикам были рассчитаны несущая способность и осадки комбинированно армированных оснований. В табл. 3 приведен сравнительный анализ расчетных и экспериментальных данных.

Таблица 3

Сравнение результатов расчетных и экспериментальных данных

№ эксперимента	Несущая способность			Осадка		
	$N_{эксп}$, кг	$N_{расч}$, кг	$N_{расч}$,/ $N_{эксп}$,	$S_{эксп}$, мм	$S_{расч}$, мм	$S_{расч}$,/ $S_{эксп}$,
№ 1	300	262	0,87	20,5	13	0,63
№ 2	800	682	0,85	9	6,8	0,75
№ 3	1300	891	0,68	5	4,3	0,86
№ 4	3000	1890	0,63	3,3	2,7	0,81

Выводы

Разработанные расчетные модели для расчета несущей способности и осадок армированного грунтового основания вертикальными и горизонтальными элементами при статическом нагружении, включая выражения для определения сопротивления комбинированного армированного грунтового массива в зоне армированного горизонтальными элементами, в зоне армированного вертикальными элементами и в зоне под вертикальными армирующими элементами. Результаты расчета несущей способности и осадок комбинированного армированного основания по предложенным моделям хорошо согласуются с данными полученными после проведения лотковых испытаний (отклонение составляет 15-25 %).

Список библиографических ссылок

1. Мирсаяпов И.Т., Королева И.В. Расчетная модель несущей способности и деформаций армированных оснований при циклическом нагружении. // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура, 2014, № 4.
2. Справочник геотехника. Основания, фундаменты и подземные сооружения. Под общей ред. В.А. Ильичева и Р.А. Мангушева. – М.: АСВ, 2014. – 728 с.
3. Мирсаяпов И.Т., Попов А.О. Оценка прочности и деформативности армированных грунтовых оснований // Геотехника, 2010, № 4. – С. 58-67.
4. Бартоломей А.А. Механика грунтов. – М.: Изд-во АСВ, 2003. – С. 138-143.
5. Джоунс К.Д. Сооружения из армированного грунта. – М.: Стройиздат, 1989. – 268 с.
6. Крутов В.И. Основания и фундаменты на насыпных грунтах. – М.: Стройиздат, 1988. – 223 с.
7. Тимофеева Л.М. Исследование работы армирующей текстильной прослойки в грунтовом массиве. Синтетические текстильные материалы в конструкциях автомобильных дорог (Труды СоюзДорНИИ). – М., 1983. – С. 38-44.
8. Тимофеева Л.М. Исследование длительной прочности армированного грунта с глинистой матрицей. Основания и фундаменты в геологических условиях Урала. – Пермь. Межвуз. сб. научн. тр. Перм. политехи, ин-т, 1981. – С. 131-134.
9. Татьянников Д.А., Клевеко В.И., Пономарев А.Б. Исследование характера работы песчаного основания армированного разными геосинтетическими материалами на основе штамповых модельных испытаний. // Геотехника. Теория и практика: межвуз. тем. сб. тр. – СПб., 2013. – С. 33-42.

Mirsayapov I.T. – doctor of technical sciences, professor
E-mail: mirsayapov1@mail.ru
Sharafutdinov R.A. – student
E-mail: rushan.1992@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

The computational model of bearing capacity and foundation of soil sediment, reinforced by vertical and horizontal elements

Resume

It is proposed a calculation model to assess the bearing capacity and settlement of reinforced vertical and horizontal elements of the Foundation soil, based on the results of experimental studies and on the hypothesis that the bearing capacity of slab Foundation consists of the resistance zone of reinforced horizontal elements in the zone of the reinforced vertical elements and in the zone of soil under the vertical reinforcing elements.

Based on the gutter of experiments was developed the method of calculating the bearing capacity of reinforced soil Foundation, including expressions to determine: the resistance of the reinforced soil mass in the area of horizontal reinforcement elements in the zone of reinforcement of the vertical elements and in the area of the vertically reinforcing elements. The proposed method allows to reliably calculate the bearing capacity of reinforced Foundation at all stages of loading, taking account of the joint deformation of the reinforcing elements and the soil.

Also based on the gutter of experiments have been developed improved methods of settlement of the reinforced soil foundation reinforced with vertical and horizontal elements, allowing to consider joint deformation of the soil and reinforcing elements. The proposed method allows to more accurately predict the magnitude of precipitation in combination with reinforced soil Foundation.

The developed method of calculation of the bearing capacity and settlement of reinforced vertical and horizontal elements, soil bases is in good agreement with the test results.

Keywords: calculation model, load capacity, precipitation, static load.

Reference list

1. Mirsayapov I.T., Koroleva I.V. The computational model of bearing capacity and deformation of reinforced foundations under cyclic loading. // Vestnik PNIPU. Stroitelstvo I architektura, 2014, № 4.
2. Directory geotechnics. Bases, foundations and underground structures. – M.: ASV, 2014. – 728 p.
3. Mirsayapov I.T., Popov A.O. Estimation of stability and deformability of reinforced ground bases. // Geotechnical Engineering, 2010, № 4. – P. 58-67.
4. Bartolomey A.A. Soil mechanics. – M.: ACB, 2003. – P. 138-143.
5. Jones K.D. Structures of reinforced soil. – M.: Strojizdat, 1983. – 268 p.
6. Krutov V.I. Bases and foundations on an filled soil. – M.: Strojizdat, 1988. – 223 p.
7. Timofeeva L.M. Study of the textile reinforcing layer in a soil massif. Synthetic textile materials in designs of highways. – M., 1983. – P. 38-44.
8. Timofeeva L.M. Study of the long-term strength of reinforced soil with clayey matrix. Of the Bases and foundations in the geological conditions of the Urals. – Perm, 1981. – P. 131-134.
9. Tatyannikov D.A., Kleveko V.I., Ponomarev A.B. Study of the nature of the sandy base reinforced by different geosynthetic materials based with punching model tests. // Geotehnika. Teoriya i praktika: mezhvuz. tem. sb. tr. – SPb., 2013. – P. 33-42.

УДК 532.5:621.694
Вачагина Е.К. – доктор технических наук
E-mail: vachaginae@mail.ru
Казанский Научный Центр Российской Академии Наук
Адрес организации: 420111, Россия, г. Казань, ул. Лобачевского, д. 2/3
Золотоносов Я.Д. – доктор технических наук, профессор
E-mail: zolotonosov@mail.ru
Мустакимова С.А. – ведущий программист
E-mail: mustakim@kgasu.ru
Крутова И.А. – аспирант
E-mail: iraida_knyazeva@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Определение эквивалентного диаметра пружинно-витых труб

Аннотация

Представлены методика расчета площади живого сечения, смоченного периметра и эквивалентного диаметра цилиндрического пружинно-витого канала. Уравнение границы канала представлялось в параметрическом виде. Вычисление эквивалентного диаметра с помощью предложенной методики позволяет производить инженерные расчеты серии теплообменных аппаратов в которых в качестве теплообменных элементов используются пружинно-витые каналы.

Ключевые слова: теплообмен, гидродинамика, пружинно-витые каналы, ковариантные и контравариантные компоненты скорости, линии тока, вторичные течения.

В литературе для определения основных гидравлических характеристик каналов используется параметр, известный в литературе как эквивалентный диаметр[1]. Так для круглых труб эквивалентный диаметр равен обычному диаметру, для кольцевого канала – разности диаметров. Представляет научный и практический интерес определение эквивалентного диаметра пружинно-винтового канала в целях их широкого внедрения в инженерную практику [2-7].

Границы пружинно-витых каналов образованы плотно примыкающими друг к другу свернутыми по спирали витками проволоки [6, 7].

Параметрическое уравнение одного витка центральной винтовой линии – оси проволоки имеет вид [8]:

$$\vec{r}(u) = (D/2)\left(\vec{e}(u) + wu\vec{k}\right), 0 \le u \le 2p \ ,$$

или в координатном виде:

$$\begin{cases} x = (D/2)\cos u, \\ y = (D/2)\sin u, \\ z = (D/2)wu, \end{cases} \quad 0 \le u \le 2p \ ,$$

где u – параметр; $D/2$ – расстояние от центральной винтовой линии – оси проволоки до центра трубы; $w=S/(\pi D)$ – геометрический параметр; S – расстояние между двумя витками проволоки.

Центральная винтовая линия оси проволоки характеризуется следующими векторами сопровождающего репера:

$$\vec{t}(u) = \frac{\vec{g}(u) + w\vec{k}}{\sqrt{w^2+1}}; \qquad \vec{b}(u) = \frac{-w\vec{g}(u) + \vec{k}}{\sqrt{w^2+1}}; \qquad \vec{v}(u) = -\vec{e}(u),$$

где $\vec{e}(u) = \cos u\vec{i} + \sin u\vec{j}$, $\vec{g}(u) = -\sin u\vec{i} + \cos u\vec{j}$ – круговые векторные функции скалярного аргумента u; $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ – орты декартовой системы координат.

Параметрическое уравнение поверхности свернутой по спирали проволоки диаметром d может быть представлено в виде:

$$\vec{r}(u,v) = (D/2)\left(\vec{e}(u) + wu\vec{k}\right) + (d/2)\left(\vec{v}(u)\cos v + \vec{b}(u)\sin v\right),$$

или в координатном виде:

$$\begin{cases} x = \dfrac{D}{2}\left(\cos u + k\left(-\cos v\cos u + \sin v\dfrac{w\sin u}{\sqrt{w^2+1}}\right)\right), \\ y = \dfrac{D}{2}\left(\sin u + k\left(-\cos v\sin u + \sin v\dfrac{-w\cos u}{\sqrt{w^2+1}}\right)\right), \\ z = \dfrac{D}{2}\left(wu + k\dfrac{\sin v}{\sqrt{w^2+1}}\right) \end{cases} \quad (1)$$

где u, v – параметры поверхности; $k = d/D$.

Полагая $z=0$ в третьем соотношении (1) выразим из него u:

$$u = -k\frac{\sin v}{w\sqrt{w^2+1}}. \quad (2)$$

Подставляя соотношение (2) в первые два уравнения системы уравнений (1) получим параметрическое уравнение границы канала в плоскости $z=0$:

$$\begin{cases} x = \dfrac{D}{2}\left(\left(1-k\cos v\right)\cos\left(\dfrac{k\sin v}{w\sqrt{w^2+1}}\right) - \dfrac{kw}{\sqrt{w^2+1}}\sin v\sin\left(\dfrac{k\sin v}{w\sqrt{w^2+1}}\right)\right) \\ y = \dfrac{D}{2}\left(\left(1-k\cos v\right)\sin\left(\dfrac{k\sin v}{w\sqrt{w^2+1}}\right) + \dfrac{kw}{\sqrt{w^2+1}}\sin v\cos\left(\dfrac{k\sin v}{w\sqrt{w^2+1}}\right)\right) \end{cases} \quad -p \le v \le p \quad (3)$$

Условие плотного прилегания витков проволоки друг к другу можно представить в виде системы уравнений:

$$\begin{cases} y(v_0) = \dfrac{D}{2}\left(\left(1-k\cos v_0\right)\sin\left(\dfrac{k\sin v_0}{w\sqrt{w^2+1}}\right) + \dfrac{kw}{\sqrt{w^2+1}}\sin v_0\cos\left(\dfrac{k\sin v_0}{w\sqrt{w^2+1}}\right)\right) = 0, \\ \dfrac{dy}{dv}(v_0) = \dfrac{D}{2}\dfrac{k\left(w^2+1-k\cos v_0\right)}{w\left(w^2+1\right)}\left(\begin{array}{l}\sqrt{w^2+1}\cos v_0\cos\left(\dfrac{k\sin v_0}{w\sqrt{w^2+1}}\right) + \\ +w\sin v_0\sin\left(\dfrac{k\sin v_0}{w\sqrt{w^2+1}}\right)\end{array}\right) = 0, \end{cases} \quad (4)$$

где $\pm v_0$ – значение параметра, при котором витки плотно прилегают друг к другу. Смысл первого уравнения состоит в том, что витки проволоки плотно примыкают друг к другу в точке с координатой $y=0$. Смысл второго уравнения состоит в том, что в точке $y=0$ функция $y(v)$ принимает экстремальное минимальное значение, что соответствует условию $dy/dv=0$.

Система (4) с помощью некоторых преобразований может быть приведена к виду:

$$\begin{cases} k\cos v_0 = \sin^2\left(\dfrac{k\sin v_0}{w\sqrt{w^2+1}}\right), \\ k\cos^2 v_0 - \left(w^2+1\right)\cos v_0 + kw^2 = 0, \end{cases} \quad (5)$$

Второе уравнение системы (5) является квадратным уравнением относительно $\cos v_0$. Допустимое решение этого уравнения запишется как:

$$\cos v_0 = \frac{\left(w^2+1\right) - \sqrt{\left(w^2+1\right)^2 - 4k^2w^2}}{2k}, \quad (6)$$

при этом для $\sin v_0$ имеем следующее выражение:

$$\sin v_0 = \sqrt{1 - \left[\frac{\left(w^2+1\right) \pm \sqrt{\left(w^2+1\right)^2 - 4k^2w^2}}{2k} \right]^2}.$$

Тогда первое уравнение системы (5):

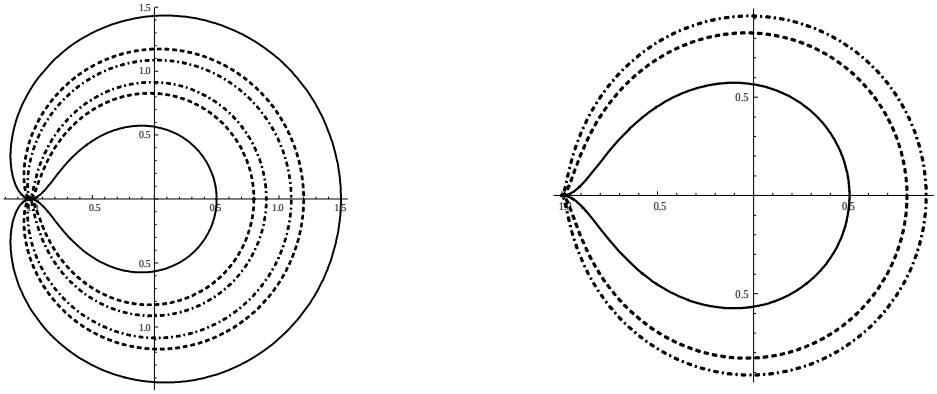
$$k \cos v_0 = \sin^2\left(\frac{k \sin v_0}{w\sqrt{w^2+1}} \right),$$

совместно с полученными выражениями для $\cos v_0$ и $\sin v_0$ можно рассматривать как нелинейное уравнение относительно w. Решая это уравнение с помощью численных методов [9], например, с помощью метода деления отрезка пополам, получим зависимость $w_0=w_0(\kappa)$, которая определяет конкретное значение геометрического параметра w_0 (значение шага винтовой спирали) в зависимости от параметра κ при плотном примыкании витков проволоки друг к другу. При известном значении w_0 значение v_0 получим из (6) с помощью формулы:

$$v_0 = \operatorname{Arccos} \frac{\left(w_0^{\,2}+1\right) - \sqrt{\left(w_0^{\,2}+1\right)^2 - 4k^2 w_0^{\,2}}}{2k},$$

так как из формул очевидно следует, что это значение удовлетворяет неравенству $0<v_0<\pi/2$.

На рис. представлены поперечные сечения пружинно-витого канала.



а б

Рис. Поперечное сечение пружинно-витых труб:
$\kappa=1/2$ – сплошная линия; $\kappa=1/5$ – штриховая линия; $\kappa=1/10$ штрих-пунктирная линия;
а – поперечное сечение проволоки; б – поперечное сечение проточной части канала

Для определения площади поперечного сечения используется стандартная формула в полярной системе координат[10]:

$$F = \int_{-p}^{p} dj \int_{0}^{r(j)} rdr = \frac{1}{2}\int_{-p}^{p} r^2\left(j\right) dj .$$

Учитывая, что уравнение границы задано в параметрическом виде (3) преобразуем предыдущую формулу к виду:

$$F = \frac{1}{2}\int_{-v_0}^{v_0} r^2\left(v\right)\frac{dj}{dv}dv . \qquad (7)$$

Для получения $d\varphi/dv$ воспользуемся формулами перехода от декартовой к полярной системе координат:

$$\begin{cases} x = r\cos j \\ y = r\sin j \end{cases}.$$

Дифференцируя эти соотношения по параметру v выразим из полученных соотношений:

$$\frac{dj}{dv}\ \ \frac{dj}{dv}=\frac{1}{r^2}\left(\frac{dy}{dv}x-\frac{dx}{dv}y\right). \qquad (8)$$

Производные $\frac{dx}{dv}$, $\frac{dy}{dv}$ определим дифференцируя по v параметрическое уравнение границы (3):

$$\begin{cases}\dfrac{dx}{dv}=\dfrac{D}{2}\dfrac{k\left(k\cos v-1-w^2\right)}{w\left(1+w^2\right)}\left(-w\cos\left(\dfrac{k\sin v}{w\sqrt{w^2+1}}\right)\sin v+\right.\\ \left.+\sqrt{1+w^2}\sin\left(\dfrac{k\sin v}{w\sqrt{w^2+1}}\right)\cos v\right)\\ \dfrac{dy}{dv}=\dfrac{D}{2}\dfrac{k\left(k\cos v-1-w^2\right)}{w\left(1+w^2\right)}\left(\sqrt{1+w^2}\cos\left(\dfrac{k\sin v}{w\sqrt{w^2+1}}\right)\cos v+\right.\\ \left.+w\sin\left(\dfrac{k\sin v}{\sqrt{1+w^2}}\right)\sin v\right)\end{cases}. \qquad (9)$$

Подставляя (9) в (8) и в (7) окончательно получим:

$$F=\frac{1}{2}\left(\frac{D}{2}\right)^2\int_{-v_0}^{v_0}\left(x\frac{dy}{dv}-y\frac{dx}{dv}\right)dv,$$

где подынтегральное выражение имеет вид:

$$\left(x\frac{dy}{dv}-y\frac{dx}{dv}\right)=\frac{k\left(\left(4+4w_0{}^4+3k^2+4w_0{}^2\left(2+k^2\right)\right)\cos v+k\left(-4\left(1+w_0{}^2\right)^2-4\left(1+w_0{}^2\right)\cos 2v+k\cos 3v\right)\right)}{4w_0\left(1+w_0{}^2\right)^{\frac{3}{2}}}$$

и получено подстановкой выражений для x и y из (3), выражений $\frac{dx}{dv}$ и $\frac{dy}{dv}$ – из формул (9).

Точное значение площади поперечного сечения канала может быть только численно, так как только численно могут быть определены пределы интегрирования. Однако, как показали расчеты значение v_0 мало отличается от $\pi/2$. Заменяя пределы интегрирования на $\pi/2$, принимая $S/d\approx 1$ и $w_0\approx\kappa/\pi$, можно получить приближенное значение площади F:

$$F\approx\left(\frac{D}{2}\right)^2\frac{-3p^5k-6p^3k^3+6pk^4-3pk^5+6p^2k^2\left(2+k^2\right)+p^4\left(6+4k^2\right)}{12\left(p^2+k^2\right)^{\frac{3}{2}}}.$$

Смоченный периметр P может быть вычислен как длина параметрически заданной кривой по формуле[1]:

$$P=\left(\frac{D}{2}\right)\int_{-v_0}^{v_0}\sqrt{\left(dx/dv\right)^2+\left(dy/dv\right)^2}dv.$$

Подставляя выражения из (9) в формулу для периметра, получим:

$$P=\left(\frac{D}{2}\right)\int_{-v_0}^{v_0}\frac{k\left(1+w_0{}^2-k\cos v\right)}{w_0\left(1+w_0{}^2\right)}\sqrt{1+2w_0{}^2+\cos\left(2v\right)}dv.$$

Этот интеграл также определяется только численно.

Для определения приближенного значения смоченного периметра при тех же допущениях, что и при вычислении площади живого сечения можно использовать формулу:

$$P \approx \left(\frac{D}{2}\right) \int_{-\frac{p}{2}}^{\frac{p}{2}} \frac{p\left(1+\left(\frac{k}{p}\right)^2 - k\cos v\right)}{\left(1+\left(\frac{k}{p}\right)^2\right)} \sqrt{1+2\left(\frac{k}{p}\right)^2 + \cos(2v)}\,dv .$$

Значение интеграла в этой формуле также нельзя выразить в элементарных функциях даже для конкретных значений пределов интегрирования, так как он сводится к эллиптическим интегралам и может быть получен только численно.

Эквивалентный диаметр рассчитывается по формуле:

$$D_{экв} = \frac{4F}{P} = 2\left(\frac{D}{2}\right) \frac{\int_{-v_0}^{v_0}\left(x\frac{dy}{dv} - y\frac{dx}{dv}\right)dv}{\int_{-v_0}^{v_0} \frac{k\left(1+w_0^{\,2} - k\cos v\right)}{w_0\left(1+w_0^{\,2}\right)} \sqrt{1+2w_0^{\,2}+\cos(2v)}\,dv} .$$

Аналогично тому, как это делалось при вычислении площади живого сечения и смоченного периметра можно получить приближенную формулу для вычисления эквивалентного диаметра:

$$D_{экв} \approx \left(\frac{D}{2}\right) k \frac{-3p^5k - 6p^3k^3 + 6pk^4 - 3pk^5 + 6p^2k^2\left(2+k^2\right) + p^4\left(6+4k^2\right)}{3p^3\left(p^2+k^2\right)^{1/2} \int_{-\frac{p}{2}}^{\frac{p}{2}}\left(1+\left(\frac{k}{p}\right)^2 - k\cos v\right)\sqrt{1+2\left(\frac{k}{p}\right)^2+\cos(2v)}\,dv} .$$

Были рассчитаны конкретные значения площади живого сечения, смоченного периметра и эквивалентного диаметра, которые представлены в табл.

Таблица

Характеристики поперечного сечения пружинно-витого канала

	κ=1/2	*κ=1/5*	*κ=1/10*
v_0	1,55805	1,56999	1,57070
w_0	0,16121	0,06379	0,03185
S/d	1,01294	1,00203	1,00051
$F/(D/2)^2$	1,2064	2,2428	2,6704
$F/(D/2)^2$	1,2015	2,2428	2,6704
P/(D/2)	4,1029	5,35507	5,80667
$P/(D/2)\approx$	4,11562	5,35539	5,80669
$D_{экв}/(D/2)$	1,17614	1,67525	1,83954
$D_{экв}/(D/2)\approx$	1,17227	1,67515	1,83953

Заключение

Рассчитанные значения площади живого сечения, смоченного периметра и эквивалентного диаметра являются необходимыми характеристиками канала для получения расчетных инженерных зависимостей, определяющих процессы гидромеханики и теплообмена в пружинно-витых каналах.

Список библиографических ссылок

1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 1971. – 782 с.

2. Золотоносов Я.Д., Князева И.А. Изготовление теплообменных аппаратов нового поколения на базе пружинно-витых каналов // Тезисы докладов XV Международного симпозиума «Энергоэффективность и энергосбережение в республике Татарстан». – Казань, 2015.
3. Евсеев Е.С., Золотоносов А.Я., Золотоносов Я.Д. Высокоэффективные теплообменные аппараты на базе теплообменных элементов в виде пружинно-витых труб // Труды АкадемЭнерго. – М., 2008, № 4. – С. 18-33.
4. Басова О.А., Золотоносов Я.Д. Змеевиковый теплообменник на базе пружинно-витых каналов // Сборник научных трудов. – Казань. 2009. – С. 33-35.
5. Князева И.А., Золотоносов Я.Д. Змеевиковый теплообменник и способ его изготовления // Тезисы доклада 66 Всероссийской научной конференции по проблемам архитектуры и строительства. – Казань: КГАСУ, 2014. – 173 с.
6. Патент РФ № 62694 на полезную модель. Теплообменный элемент / Золотоносов А.Я., Золотоносов Я.Д., Конахина И.А. № 2006143517/22, заявл. 07.12.06; опубл. 27.07.07; Бюл. № 12.
7. Патент РФ № 64750 на полезную модель. Теплообменный элемент / Золотоносов А.Я., Золотоносов Я.Д. № 2007107173/22, заявл. 26.02.07; опубл. 10.07.07; Бюл. № 19.
8. Норден А.П. Краткий курс дифференциальной геометрии. – М.: Физматгиз, 1958. – 244 с.
9. Бахвалов Н.С. Численные методы. – М.: Наука, 1975. – 631 с.
10. Кудрявцев И.А. Курс математического анализа. – М.: Высшая школа, 1981. – 687 с.

Vachagina E.K. – doctor of technical sciences
E-mail: vachaginae@mail.ru
Kazakh Scientific Center of the Russian Academy of Sciences
The organization address: 420111, Russia, Kazan, Lobachevsky st., 2/3
E-mail: vachaginae@mail.ru
Zolotonosov Ya.D. – doctor of technical sciences, professor
E-mail: zolotonosov@mail.ru
Mustakimova S.A. – lead programmer
E-mail: mustakim@kgasu.ru
Krutova I.A. – post-graduate student
E-mail: iraida_knyazeva@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Civil Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

The definition of equivalent diameter of spring-twisted pipes

Resume

The method of calculating the area of the living section, wetted perimeter and equivalent diameter of the cylindrical spring twisted channel was presented. The inner boundary of such channels is formed closely adjacent to each other coils coiled in a spiral with some constant pitch of the wire. For this the equation of the surface of wire twisted in a helical spiral was written in parametric form. Was formulated in terms of tight junction turns of wire to each other. These conditions are reduced to the dependence of one geometric parameter from the other geometric parameter. It makes sense the relationship of the step helix to the diameter of the wire, and has a sense of the relationship of the wire diameter to the diameter of the axial bending of the Central helix of wire. The required dependence is obtained from the search of the root of the nonlinear equation in the where parameter can be considered as a parameter. To search root used numerical methods to find the root of nonlinear equation, including the method of halving. The equation of the boundary of the cross section was obtained as the equation of a curve in cross-section of his plane. Thus, the equation of this curve is the border was also presented in a parametric form. To compute the area of the living section was used standard formulas to find the area of a curvilinear sector in polar coordinates. The formula for calculating the cross sectional area has been transformed considering the fact that the curve bounding the cross section is given in

parametric form. To calculate the wetted perimeter was used the standard formula of mathematical analysis to determine the length of a curve given parametrically. Calculation of equivalent diameter using the proposed method allows producing engineering calculations series of heat exchangers in which heat exchange elements are spring-twisted channels.

Keywords: heat transfer, fluid flow, and spring-twisted channels, covariant and contravariant components of velocity, streamlines, secondary flows.

Reference list

1. Kasatkin A.G. Basic processes and apparatuses of chemical technology. – M.: Chemistry, 1971. – 782 p.
2. Zolotonosov Ya.D., Knyazeva I.A. Manufacturing of heat exchangers of a new generation on the basis of spring-twisted channels // Proceedings of XV International Symposium «Energy Efficiency and conservation in the Republic of Tatarstan». – Kazan, 2015.
3. Evseev E.S., Zolotonosov A.Ja., Zolotonosov Ya.D. Highly efficient heat transfer devices based on heat-exchange elements in the form of spring-twisted pipe // transactions of AcademEnergo. – M., 2008, № 4. – P. 18-33.
4. Basova O.A., Zolotonosov Ya.D. Coil a heat exchanger on the basis of spring-twisted channels // Collection of scientific works. – Kazan, 2009. – P. 33-35.
5. Knyazeva I.A., Zolotonosov Ya.D. Coil a heat exchanger and method of its making // Abstracts of the 66 all – Russian scientific conference on problems of architecture and construction. – Kazan: KSUAE, 2014. – 173 p.
6. RF patent № 62694 utility model. The heat exchange element / Zolotonosov A.Ja., Zolotonosov Ya.D., Konahina I.A. № 2006143517/22, Appl. 07.12.06; publ. 27.07.07; bull. № 12.
7. RF patent № 64750 utility model. The heat exchange element / Zolotonosov A.Ja., Zolotonosov Ya.D. № 2007107173/22, Appl. 26.02.07; publ. 10.07.07; bull. № 19.
8. Norden A.P. A Short course in differential geometry. – M.: Fizmatgiz. 1958. – 244 p.
9. Bakhvalov N.S. The Numerical methods. – M.: Science, 1975. – 631 p.
10. Kudryavtsev I.A. A course of mathematical analysis. – M.: Higher school. 1981. – 687 p.

УДК 697.9
Хабибуллин Ю.Х. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: a0an@mail.ru
Барышева О.Б. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: obbars@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Энергосберегающее вентиляционное устройство

Аннотация

Предложенное энергосберегающее устройство предназначено для экономии тепловой энергии и относится к технике вентиляции помещений.

Варьируемая температура наружного воздуха и перепад давления воспринимается заслонкой. Она закреплена на горизонтальной поворотной оси. Фиксирующее устройство обеспечивает то положение заслонки, которое необходимо для вентиляции. Фиксатор состоит из двух постоянных магнитов, один из которых жестко закреплен на самой заслонке, а другой магнит находится на внутренней стороне короба. Для обеспечения минимального трения горизонтальная поворотная ось установлена в капроновых втулках. Также следует отметить, что магниты расположены одноименными полюсами напротив друг друга.

Регулятор расхода воздуха обеспечивает полученный расчетом воздухообмен. Является хорошим энергосберегателем.

Ключевые слова: вентиляция, комфортные условия, регулятор расхода воздуха, энергосбережение, капроновые втулки.

Одна из базовых статей расходов на содержание жилого фонда в России – это отопление в течении довольно продолжительного (порядка 200 дней) холодного периода и, соответственно, обслуживание тепловых сетей в течение всего календарного года.

В последнее время был проведен ряд мероприятий, направленных на улучшение теплозащиты зданий, например, был изменен СНиП II-3-79**, требующий увеличения сопротивления теплопередаче в 2-3,5 раза, за счет чего энергопотребление в зданиях снизилось на 20-30 % [1].

Тем не менее энергопотребление зданий в РФ составляет 45 % [2, 3], от общего объема потребляемой тепловой энергии, в то время как в Европе на энергопотребление зданий расходуется около 20 % общего потребления тепла.

Энергосберегающие системы, применяемые в жилом секторе, на производстве дают возможность получать положительный эффект при суммарном снижении потребления тепловой и электрической энергии. Это сказывается на уменьшении ежемесячных расходов по оплате за услуги коммунальных хозяйств. Сейчас разрабатываются комплексные системы энергосбережения. Они автоматизированы и не требуют регулярного контроля.

По зарубежному опыту [3] энергосбережение: способствует стабильному развитию экономики государства; гарантирует энергетическую безопасность государства; обеспечивает социальный эффект; тормозит истощение природных топливно-энергетических ресурсов; улучшает экологическую обстановку в стране; снижает вред, наносимый окружающей среде.

Одним из путей уменьшения расхода тепловой энергии при эксплуатации зданий является снижение потерь на вентиляцию, которые в среднем составляют 14 % [4]. Существует множество способов для этого, одним из которых является разработанный нами энергосберегающий регулятор расхода воздуха.

Как известно, металлопластиковые окна надежно защищают помещения от шума, пыли, жары или холода. Однако, такие окна практически не пропускают воздух, что приводит к нарушению воздухообмена в помещениях. В квартирах растет уровень влажности, на оконных стеклах выпадает конденсат и появляются условия для образования плесени. В помещениях содержание кислорода уменьшается, а концентрация углекислого газа увеличивается. Кроме того, в квартирах накапливаются

запахи и вредные испарения, выделяемые мебелью и отделочными материалами. Внутренний воздух в итоге может быть загрязнен в 5-8 раз больше наружного.

Установщики окон предлагают регулярно проветривать квартиру, что совершенно недопустимо в холодный период года, поскольку возникает сильный сквозняк. Если же применять микропроветривание (оставлять узкую щель в 4-5 мм), то быстро возникает наледь и окно блокируется, т.е. практически перестает закрываться.

В настоящее время для решения проблемы проветривания помещений используются различные устройства управляемой вентиляции.

В первую очередь – это приточные клапаны, которые можно разделить на несколько групп:

1. Приточные клапаны, устанавливаемые непосредственно в профиль окна. Такие клапаны подходят не для всех видов профилей, а главное – они не автоматические;

2. Приточные клапаны, для установки которых требуется фрезеровка окна. Необходимо рассверлить профиль окна и на этом месте установить клапан. В этом случае нарушается герметичность окна и его прочность;

3. Приточные клапаны, размещаемые в стене здания. Для установки таких клапанов нужен квалифицированный персонал со специальным инструментом. Как правило, эти приточные клапаны имеют сложную конфигурацию и не обеспечивают надежную фильтрацию воздуха. Кроме того, при низких температурах в помещение будет поступать холодный воздух.

Промышленность освоила производство приточных клапанов с подогревом. Естественно это усложняет и удорожает конструкцию, а, главное, для работы такого клапана требуется дополнительное количество энергии.

Обеспечивать нормальное проветривание помещений, не допуская сквозняков и переохлаждения внутреннего воздуха возможно путем установки стабилизатора вытяжной вентиляции [5].

Работа такого стабилизатора, как правило, основана на автоматическом изменении живого сечения площади вытяжного канала при изменении температуры окружающего воздуха.

Вытяжные каналы естественной вентиляции рассчитываются на пропускание требуемого количества воздуха при гравитационном давлении, соответствующем температуре наружного воздуха +5 ℃. При понижении температуры наружного воздуха в холодный период года гравитационное давление возрастает, что приводит к повышенной инфильтрации наружного воздуха через ограждающие конструкции здания и соответственно, к дополнительным затратам на его нагревание.

Определим массовый расход воздуха через отверстие при перепаде давления:

$$G = 2F\sqrt{\rho\Delta p/\varsigma}, \quad (1)$$

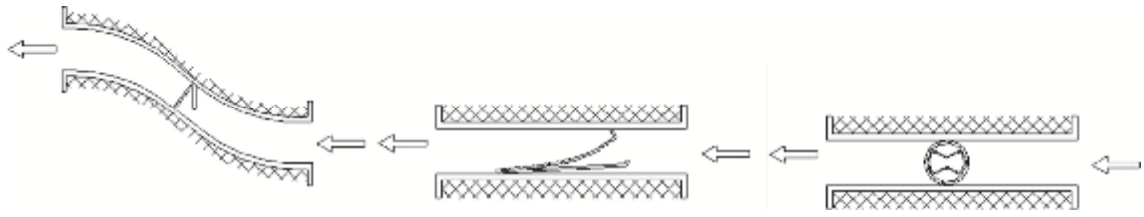
где ρ – плотность воздуха, Δp – перепад давления, G – массовый расход воздуха, F – площадь отверстия, через которое проходит воздух, ζ – коэффициент местного сопротивления.

Для сохранения постоянства расхода воздуха необходимо, чтобы:

$$F\sqrt{\Delta p/\varsigma} = const. \quad (2)$$

При увеличении перепада давления необходимо уменьшить площадь отверстия или увеличить коэффициент местного сопротивления.

На рис. 1 показаны варианты устройств, реализующих постоянство расхода воздуха.



а) б) в)

Рис. 1. Примеры стабилизаторов расхода воздуха

В варианте А пластина свободно вращается вокруг горизонтальной оси. При перепаде давления пластина отклоняется, изменяя живое сечение прохода воздуха. Чем больше перепад давления, тем больше отклоняется пластина и тем меньше площадь отверстия для прохода воздуха. Давление на пластину уравновешивается силой тяжести.

В варианте Б используются упругие свойства пластины. При перепаде давления пластина отклоняется и сечение канала изменяется.

В стабилизаторе В используется эластичный элемент, изменяющий свой объем при перепаде давления.

На рис. 2 представлена аэродинамическая характеристика регуляторов расхода воздуха.

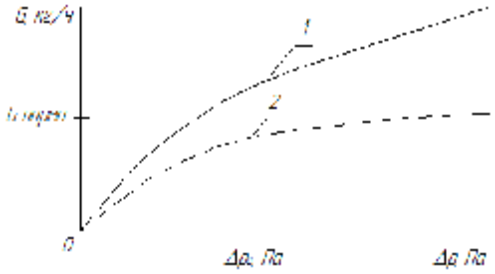


Рис. 2. Расходная характеристика стабилизаторов расхода воздуха

На графике кривая 1 характеризует поведение расхода воздуха в нерегулируемых устройствах. Кривая 2 показывает изменение расхода воздуха в регулируемых устройствах, где при некоторых значениях перепада давления Δp_0 расход воздуха остается постоянным. Из рис. 2 видно, что преимущество на стороне регулируемых устройств.

Примеры различных вентиляционных устройств для регулирования расхода воздуха приведены в [6, 7].

Мы разработали энергосберегающий регулятор расхода воздуха, предназначенный для систем естественной вентиляции [8].

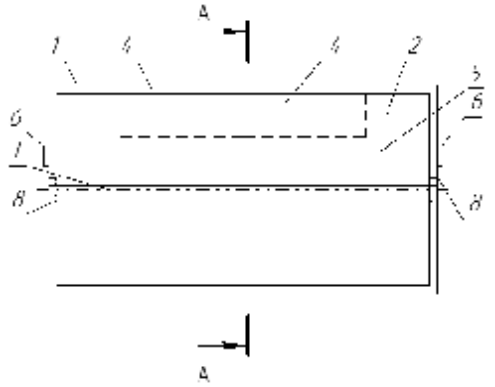


Рис. 3. Регулятор расхода воздуха (поперечный разрез)

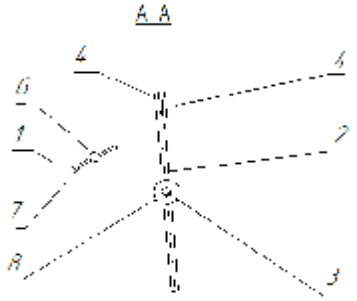


Рис. 4. Регулятор расхода воздуха (разрез А-А)

Энергосберегающее вентиляционное устройство (рис. 3-4), состоящий из короба 1, внутри которого вмонтирована заслонка 2, она располагается на поворотной оси 3. Положение оси горизонтальное. Данное устройство получило название энергосберегающий регулятор расхода воздуха.

Рассмотрим внутреннее устройство регулятора. А именно, на внутренней стороне короба 1 и на заслонке 2 жестко закреплены постоянные магниты 4. Данные магниты установлены одноименными полюсами напротив друг друга. Также, в коробе 1 установлена шпилька 5, которая является ограничителем расхода воздуха. Она связывает две противоположные стороны короба, которые закреплены гайками 6. Шпилька имеет возможность перемещения в пазах 7, которые выполнены по сторонам короба 1. Для обеспечения небольшого трения горизонтальная поворотная ось 3 установлена в капроновых втулках.

Рассмотрим работу регулятора расхода воздуха: заслонки 2 устанавливают в исходное положение, а именно, заслонку при помощи шпильки 5, перемещающейся в пазах 7, ставят и закрепляют гайками 6 в положение, обеспечивающее расчетный воздухообмен при температуре наружного воздуха, равной +5 ℃.

При температуре ниже +5 ℃, вследствие увеличения гравитационного давления, происходит отклонение заслонки. Это приводит к уменьшению живого сечения для прохода воздуха [9, 10].

При сильных перепадах давления, когда заслонка практически полностью перекрывает проходное сечение короба, заданный расход воздуха обеспечивается через предусмотренный зазор между коробом 1 и заслонкой 2.

При уменьшении перепада давления за счет взаимодействия постоянных магнитов 4 происходит отклонение заслонки 2 и живое сечение для прохода воздуха увеличивается.

Таким образом, без затрат энергии устройство обеспечивает расчетный воздухообмен, не допуская появления сквозняков, исключая переохлаждение воздуха в помещении, что приводит к экономии тепла в холодный период года.

Список библиографических ссылок

1. Матросов Ю.А. Энергосбережение в зданиях. – М.: НИИСФ, 2008. – 496 с.
2. Ливчак И.Ф., Наумов А.Л. Вентиляция многоэтажных жилых зданий. – М.: АВОК-пресс, 2006. – 134 с.
3. Ливчак И.Ф., Матросов Ю.А. Рычаги повышения энергоэффективности зданий. – М.: Журнал «АВОК», № 8, 2008. – С. 10-24.
4. Табунщиков Ю.А. Малозатратные оперативные мероприятия по экономии энергии. – М.: Журнал «Энергосбережение», № 8, 2012. – С. 4-10.
5. Беляев В.С., Граник Ю.Г., Матросов Ю.А. Энергоэффективность и теплозащита зданий. – М.: АСВ, 2014. – 400 с.
6. Хабибуллин Ю.Х., Барышева О.Б. Разработка энергосберегающего устройства приточной вентиляции // Известия КГАСУ, 2012, № 2 (20). – С. 228-232.
7. Хабибуллин Ю.Х., Барышева О.Б. Энергосберегающий регулятор расхода воздуха. // Известия КГАСУ, 2013, № 1 (23). – С. 150-153.
8. Пат. 2527725 Российская Федерация МПК F24 F13/08. Энергосберегающий регулятор расхода воздуха систем естественной вентиляции / Хабибуллин Ю.Х.; заявитель и патентообладатель Хабибуллин Юрий Хакимович. № 2014115179; заявл. 04.04.2013; опубл. 10.09.2014.
9. Сватков А.М., Тройненко Н.Ю., Жуков А.Д. Современные строительные материалы. – М.: НТС «Стройинформ», 2007. – 704 с.
10. Яковлев Р.Н. Новые методы строительства. – М.: Аделант, 2009. – 480 с.

Khabibullin Iu.Kh. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: a0an@mail.ru
Barysheva O.B. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: obbars@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Energy-saving ventilation device

Resume

As we know, plastic windows effectively protect the premises from noise, dust, heat or cold. However, such windows practically impermeable to air, which leads to disruption of air. The consequence of this is to increase the level of humidity and cause condensation. Simultaneously, the oxygen content in the room decreases, the concentration of carbon dioxide increases. All this affects negatively on the indoor climate. Currently, the premises used for ventilation intake valves, which have a number of drawbacks.

The proposed energy-saving flow rate control favorably with known inlets simple design.

Varying outdoor air temperature, and hence pressure drop perceived damper mounted on a horizontal axis. Define the damper lock is provided which consists of two permanent magnets fixed to the flap and on the inner surface of the device, wherein the magnets are disposed with like poles facing each other.

It is considered an alternative solution to this problem, namely, energy-saving flow rate control.

Keywords: ventilation, comfort, airflow control, energy saving, caprolan sleeve.

Reference list

1. Matrosov Yu.A. Energy saving in buildings. – M.: NIISF, 2008. – 496 p.
2. Livchak I.F., Naumov AL The ventilation of multi-storey residential buildings. – M.: Avoca Press, 2006. – 134 p.
3. Livchak I.F., Matrosov Yu.A. Levers to improve energy efficiency of buildings. – M.: History «ABOK», № 8, 2008. – P. 10-24.
4. Tabunschikov Yu.A. Low-cost operational measures to save energy. – M.: The journal «Energy», № 8, 2012. – P. 4-10.
5. Belyaev V.S., Granik Yu.G., Matrosov Yu.A. Energy efficiency and thermal insulation of buildings. – M.: ACB, 2014. – 400 p.
6. Khabibullin Yu.Kh., Barysheva O.B. Development of energy saving ventilation device. // Izvestiya KGASU, 2012, № 2 (20). – P. 228-232.
7. Khabibullin Yu.Kh., Barysheva O.B. Energy-saving flow rate control. // Izvestiya KGASU, 2013, № 1 (23). – P. 150-153.
8. Pat. 2527725 Russian Federation IPC F24 F13/08. Energy-saving flow rate control systems, natural ventilation / Habibullin Yu.Kh.; applicant and patentee Khabibullin Yuri Khakimovich. № 2014115179; appl. 04/04/2013; publ. 09/10/2014.
9. Svatkov A.M., Troynenko N.Yu., Zhukov A.D. Modern building materials. – M.: NTS «Stroyinform», 2007. – 704 p.
10. Yakovlev R.N. New methods of construction. – M.: Adelant, 2009. – 480 p.

УДК 628. 16. 087
Захватов Г.И. – доктор технических наук, профессор
E-mail: avtel@kgasu.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Электрохимическая регенерация растворов химического никелирования

Аннотация
Существующие методы продления срока службы растворов химического никелирования обладают существенными недостатками, что сдерживает их применение на практике. Различные варианты химической корректировки растворов с удалением продуктов реакции малоэффективны и весьма трудоемки. Исследованный метод электрохимической регенерации отработанных растворов в этом отношении значительно проще и обеспечивает многократную регенерацию отработанных растворов. Описаны условия проведения процесса и анализ полученных результатов. Количество регенерационных циклов может достигать 11-12.
Ключевые слова: растворы химического никелирования, регенерация растворов, электрохимические процессы.

Процессы химического никелирования довольно широко используются в машиностроительных производствах, несмотря на ряд отрицательных моментов, сдерживающих их более широкое применение. Это, прежде всего, связано с высокой стоимостью процесса, что, в свою очередь, объясняется фактически однократным использованием растворов. Между тем, в отработанных растворах содержится 50-90% неиспользованных компонентов. Тем не менее, использование химического никелирования имеет существенные преимущества перед обычным гальваническим никелированием. Именно только химическое никелирование обеспечивает равномерность покрытия для деталей наиболее сложной формы и конфигурации. Кроме того, такое покрытие обладает повышенной коррозионной стойкостью и твердостью. Все это делает процесс химического никелирования перспективным для более широкого применения, при условии существенного увеличения срока службы раствора, что, в свою очередь, возможно при использовании эффективных методов регенерации.

Процессы регенерации гальванических растворов исследованы довольно широко [1-8]. Однако, регенерация растворов химического никелирования исследована в значительно меньшей степени. Это может быть объяснено целым рядом причин, но в значительной степени объясняется сложностью процесса. Попытки чисто химической регенерации отработанных растворов оказались малоэффективными. Для восстановления технологических свойств раствора необходимо удаление продуктов реакции процесса никелирования с последующей корректировкой основных компонентов раствора. Для это цели, прежде всего, необходимо удалить фосфат-ионы, образующиеся в процессе химникелирования из гипофосфат-ионов, используемых в качестве восстановителя ионов никеля до металла:

$$NiCl_2 + NaH_2PO_2 + H_2O \rightarrow Ni + NaH_2PO_3 + HCl.$$

Гипофосфат-ионы осаждают различными осадителями с последующей фильтрацией. При этом теряется значительное количество остающихся в растворе ионов никеля за счет соосаждения.

Недостающий никель в виде ионов может вводиться путем добавления соответствующего количества хлорида или сульфата никеля, либо растворением никелевых анодов электрохимическим путем. Последний вариант [3] более целесообразен, поскольку при этом в раствор дополнительно не вводятся анионы.

При разработке процесса регенерации растворов химического никелирования было выбрано направление не связанное с использованием химических реагентов. Это было мотивировано тем обстоятельством, что при химической регенерации образуется много дополнительных побочных отходов, в связи с чем, с экономической и технологической

точек зрения такая регенерация нецелесообразна с практической точки зрения. В этом отношении электрохимические методы часто оказываются более эффективными, например, при регенерации растворов травления меди [3]. В данном исследовании была поставлена задача чисто электрохимической регенерации растворов химического никелирования с использованием растворимых никелевых анодов. При этом ставилась также задача многократной регенерации с максимальным сохранением основных компонентов раствора.

Для исследования были взяты растворы состава ($2 \cdot л^{-1}$):

$NiCl_2 {}^{*} H_2O$ – 30,

$NaH_2PO_2 {}^{*} H_2O$ – 10,

CH_3COONa – 10,

CH_3COOH – 1.

Растворы вырабатывались как искусственно в процессе химического никелирования, так и использовались отработанные промышленные растворы. Анализ состава отработанных растворов показал, что они содержат 60-80 % неиспользованных ионов никеля, 90 % и выше ацетон ионов и лишь гипофосфат натрия остается на уровне ниже 20 %.

При использовании корректировки добавлением гипофосфата натрия и хлористого никеля восстанавливает травящую способность раствора до ~80 % от исходной (для свежеприготовленного раствора). Однако, скорость осаждения никеля быстро падает и процесс сопровождается значительным осадкообразованием.

Учитывая уже имеющийся опыт введения в раствор ионов никеля путем электрохимического растворения никелевых анодов, этот процесс также был применен в работе. Однако непосредственное растворение никелевых анодов в отработанном растворе дало отрицательный результат, так как происходило интенсивное осадкообразование, сопровождающееся ростом pH до 6-7. Это очевидно связано с гидратацией соединений ионов никеля (фосфитов, фосфатов, комплексных соединений) с образованием нерастворимых солей никеля. Обычно для устранения этого эффекта вводят специальные добавки, дающие положительный результат с точки зрения предотвращения осадкообразования. Следует, однако, учесть, что при этом меняется состав раствора, что может отрицательно сказаться на качестве покрытия.

В связи с этим обстоятельством было решено проводить предварительное подкисление раствора концентрированной соляной или серной кислотой, в зависимости от того какая соль никеля использовалась для приготовления раствора. При этом проводилось более глубокое подкисление до величины pH в пределах 2÷2,5, тогда как в свежеприготовленных растворах pH находился в диапазоне 4,1÷4,5. Это обстоятельство связано с тем фактом, что если исходное значение pH установить на уровне 4,1÷4,5, то в процессе электролиза pH возрастет до 6,0÷7,0 и сопровождается осадкообразованием. К тому же, отпадает необходимость дополнительного подкисления раствора. В процессе эксперимента было установлено, что правильный выбор значения pH при подкислении, позволяет при достижении значения pH в пределах 4,1÷4,5 добиться содержания в растворе ионов никеля на уровне свежеприготовленного раствора. Таким образом, это может служить критерием окончания процесса! Предварительное подкисление раствора способствует также сохранению в растворе гипофосфит – ионов, более устойчивых в кислой сфере.

Важным обстоятельством был выбор материала катода, а также соотношение катодной и анодной плотности тока. На основании опытных данных было установлено, что соотношение площадей анода и катода 1:1 является оптимальным, а в качестве катода целесообразно применение никель. Использование никелевого катода позволяет использовать впоследствии осаждающийся на катоде никель путем смены полярности электродов.

Как было установлено, выход току электрохимической реакции растворения никелевых анодов достаточно стабилен (~60 %) в диапазоне плотностей тока от 2 до 5 $А \cdot дм^{-2}$. Однако, при плотности тока около 1 $А \cdot дм^{-2}$ (1,0 ÷ 1,5 $А \cdot дм^{-2}$) он достигает свыше 90 %.

Падение выхода по току реакции растворения никеля при плотностях тока 2÷5 $А \cdot дм^{-2}$ объясняется усилением реакции разряда ионов никеля на катоде, что снижает содержание вводимых ионов никеля за счет растворения анодов. В связи с этим обстоятельством, а также снижением содержания гипофосфат – ионов целесообразнее использовать плотности тока около 1 $А \cdot дм^{-2}$. Корректировка недостающего количества

гипофосфит – ионов осуществлялась двумя путями: с предварительным введением в подкисленный раствор до электролиза и после электролиза. Введение гипофосфита после электролиза приводило к интенсивному осадкообразованию с образованием различных труднорастворимых солей никеля.

В связи с этим, было принято решении о предварительном введении гипофосфита в подкисленный раствор. Это позволило достичь 5-6 циклов регенерации при скорости химического никелирования в регенерированном растворе на уровне около 80 % от свежеприготовленного раствора. После 5-6 регенерационных циклов скорость процесса химического никелирования резко падала. Несмотря на то, что использованный вариант регенерации достаточно удовлетворительный, был предпринят поиск увеличения числа регенерационных циклов.

Как уже отмечалось, введение гипофосфита натрия после электролиза дало отрицательный результат из-за интенсивного осадкообразования. Анализ причин этого явления привел к заключению, что образование осадка связано с повышением pH в зоне контакта гипофосфита натрия с раствором. Поскольку гипофосфит натрия обладает слабощелочными свойствами, то в зоне контакта за счет гидролиза pH существенно растет, что приводит к последующей гидратации и выпадению в осадок фосфитов и фосфатов никеля в гидратированном виде. Исходя из этого, был использован вариант, при котором раствор гипофосфита натрия приготовлялся отдельно в небольшом объеме воды, подкисленной до pH около 2,0. Корректировка по гипофосфиту осуществлялась после введения ионов никеля электролизом. В этом случае никакого осадкообразования не наблюдалось, а pH раствор, ввиду малости вводимого объема корректирующего раствора (около 1 % от общего объема) практически не изменялся. Данный вариант регенерации позволил достичь 11-12 циклов регенерации при скорости никелирования в регенерированном растворе на уровне около 90 % от никелирования в свежеприготовленном растворе.

Были предприняты попытки выяснить причины падения кроющей способности раствора после 11-12 регенерационных циклов. Изменение потенциала никелевого анода и величины pH в процессе химического никелирования на разных циклах регенерации не дает никакого соответствия со скоростью протекания процесса. Эти изменения носят хаотический и незначительный характер.

Исходя из предположения, что ограничение циклов регенерационного процесса связано с накоплением в растворе фосфит и фосфат – ионов. Однако анализ этих компонентов в свежеприготовленном растворе и в растворах, прошедших многократную регенерацию показал, что содержание этих компонентов во всех растворах отличается незначительно.

Было предположено, что падение кроющей способности раствора связано с накоплением в растворе металлического никеля, находящегося в коллоидном состоянии и поэтому не определяемом анализом. Данное предположение требует экспериментальной проверки, которая не была сделана. Однако достижение 11-12 регенерационных циклов можно считать хорошим результатом для внедрения данного процесса в практику.

Гораздо более важным, с практической точки зрения, является определение качества покрытий в регенерированных растворах. В литературе такие данные фактически отсутствуют. В связи с этим были проведены испытания образцов на коррозионную стойкость и сцепление покрытия с металлом. Для химического никелирования использовались образцы из титана ОТЧ и нержавеющей стали Я1Т, обычно используемых при химникелировании. Коррозионные испытания образцов с покрытием из свежеприготовленного раствора и раствора, прошедшим 10-кратную регенерацию не показали какой-либо разницы. Все образцы выдержали коррозионные испытания.

Качество сцепления покрытия с металлом определялось по стандартной методике при помощи термоудара. С этой целью образцы нагревались до температуры 250 ºС и выдерживались при этой температуре в течение 2,5 часов. Отслаивание покрытия не наблюдалось во всех случаях. Таким образом, это подтверждает возможность использования данного регенерационного процесса в производственной практике. Процесс регенерации достаточно прост в технологическом отношении. В качестве регенератора может быть использована емкость соответствующего объема, выполняемая из

неметаллических материалов, например винипласта или пропилена. Использование металлического корпуса недопустимо по ряду причин. Одной из наиболее важных является возможность осаждения металлического никеля или перевод его в коллоидное состояние. Регенератор, играющий роль электролизера снабжается никелевыми электродами, являющимися и анодами и катодами, устанавливаемыми как в обычной гальванической ванне. В качестве источника тока используется обычный выпрямитель. Желательно со стабилизацией по току. Гипофосфит натрия растворяется в отдельном объеме (около 1 % от общего объема раствора), подкисленного предварительно концентрированной соляной или серной кислотой (в зависимости от исходной соли никеля) до pH=2,0.

Применение данного метода регенерации обеспечивает хороший экономический и экологический эффект. При этом уменьшается количество стоков гальванохимического производства и связанного с этим расходов на их нейтрализацию.

Список библиографических ссылок

1. Захватов Г.И. Регенерация растворов как метод создания замкнутых технологических циклов // Известия КГАСУ, 2011, № 2 (16). – С. 262-265.
2. Калинин Н.Н. Регенерация хромосодержащих травильных растворов // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии, 2010, № 191. – С. 207-212.
3. Захватов Г.И., Никитин Н.В. Регенерация растворов гальванического производства. XI Международная научная конференция «Экономика природопользования и природоохраны». Сб. статей – Пенза. 2010. – С. 42-44.
4. Чистякова Н.В. Технология регенерации и утилизации растворов химического никелирования, содержащих аминоуксусную кислоту. Автореферат диссертации канд. техн. наук, 1996.
5. Шанина О.Г., Рябикина Т.В. Исследование влияния состава электролита с целью регенерации его свойств / Технические науки – от теории к практике, вып. 27-1. – М.: Изд-во «Машиностроение», 2013. – С. 8-12.
6. Зуева Т.В. Разработка технологии утилизации отработанных медно-аммиачных растворов травления. Автореферат дисс., 2014.
7. Кругликов С.С., Тураев Д.Ю., Гулина В.В. Изучение катодного и анодного процессов при электрохимической переработке медно-хлоридного травильного раствора // Гальванотехника и обработка поверхности, 2003, Т. 1, № 4.– С. 24-34.
8. Тураев Д.Ю., Кругликов С.С., Парфенов А.В. Изучение процесса регенерации травильного раствора на основе хлорида меди с помощью мембранного электролиза // Журнал прикладной химии, 2005, Т. 78, В. 5. – С. 1469-1474.

Zakhvatov G.I. – doctor of technical science, professor
E-mail: avtel@kgasu.r
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

The electrochemical regeneration of nikel – plated solutons

Resumne

The results of the investigation of electrochemical regeneration of chemical-plated solutions are described. It is noted, that methods of simple chemical regeneration of such solutions are not effective. In this case intensive sedimentation is used. The introduction of nickel ions by electrolysis with the help of nickel anoles disrobe form scolimentation too. To prevent it the addition of acid for value 4,1-4,4 pH was made. With the next introduction in the solution NaH_2PO_2 5-6 regeneration cycles were reached.

Most advanced variant is to connect with dissociation NaH_2PO_2 in the small quantity of water with a pH value about 2.0

That primary solution is entering in the base solution. Such method provides 11-12 regeneration cycles.

The nickel corer from regeneration solutions have such any corrosion properties as corer forming from new solutions and it have such adhesion too.

Keywords: the solutions of chemical – plated nickel, regeneration, electrochemical processes.

Reference list

1. Zakhvatov G.I. The regeneration of solutions as method for creation exclusive technologic cycles // Izvestia KGASU, 2011, № 2 (16). – P. 262-265.
2. Kalinin H.H. The regeneration of chrome content poison solutions // News of Saint Petersburg forest technical academy, 2010, № 191. – P. 207-212.
3. Zakhvatov G.I. Nikitin N.V. Regeneration of solutions for Galvan chemistry using. XI international scientific conference «Economic of nature using and natured fence». Digest of articles. – Penza, 2010. – P. 42-44.
4. Chistiykova N.V. The regeneration and utilization technology of chemical – plated nickel solutions with content amin-acetic acid. Atoner of diss., 1996.
5. Shanina O.G., Riybikina T.V. The investigation of electrolyte influence with purpose of his properties regeneration // Technical sciences – from theory to practice, iss. 27-1. – M.: «Maschinostroenie», 2013. – P. 8-12.
6. Zueva T.V. The preparation of utilization technology for used copper-ammonium poison solutions. Autoref of diss., 2014.
7. Kruglikov S.S., Turaev D.Y., Gulina V.V. The studying of cathode and anode processes for attached to electrochemical utilization of copper chloride poison solution // Galvanotekhnika I obrabotka poverhnosii, 2003, V. 11, № 4. – P. 24-34.
8. Turaev D.Y., Kruglikov S.S., Parfenova A.V. The processes studying of the poison solution regeneration on tht base of copper chloride solution with a help membrane electrolysis // Journal of Applied Chemistry, 2005, V. 78, Ess. 9. – P. 1469-1474.

УДК 628.334.5.336.43
Урмитова Н.С. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: urmitova@mail.ru
Абитов Р.Н. – кандидат педагогических наук, доцент
E-mail: a_runar@ mail.ru
Хисамеева Л.Р. – доцент
E-mail: Khisameeva_Liliya@mail.ru
Низамова А.Х. – старший преподаватель
E-mail: Anizamova@mail.ru
Казанский государственный архитектурно - строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Изучение режимов фильтрации при изменении гидравлических и гидродинамических характеристик коалестирующих загрузок

Аннотация

В данной статье экспериментально поставлены и решены задачи изучения гидравлических, гидродинамических и режимных характеристик коалесцирующих насадок.

Для загрузки фракции 3-5 мм с увеличением числа Рейнольдса, температура воды, коэффициент гидравлического сопротивления уменьшаются; при достижении Re=28, независимо от температуры воды, коэффициент гидравлического сопротивления становится постоянным, т.е. наступает автомодельная область. Для фракции 15-20 мм увеличивается Re, коэффициент гидравлического сопротивления колеблется, то увеличивается, то уменьшается. При достижении Re~250-350 коэффициент гидравлического сопротивления более или менее выравнивается.

Ключевые слова: гидравлические и гидродинамические характеристики, коалесцирующая загрузка, режим фильтрации, экспериментальные исследования, фракция, число Рейнольдса.

Для данного эксперимента были специально изготовлены гранулированные коалесцирующие загрузки из полиэтилена (ПЭ) фракции 3-5 мм; керамического заполнителя, покрытого полиэтиленом (КЗСППЭ) фракции 15-20 мм. При исследованиях меняли температуру среды, а также гидравлические и гидродинамические характеристики коалесцирующих загрузок. ПЭ и КЗСППЭ мало отличаются по своим адгезионным свойствам. Краевой угол смачивания у полиэтилена 14°54', а у керамического заполнителя, покрытого полиэтилена 16°3' [1-8].

До исследований был собран большой фактический материал, в которых предлагалась высота коалесцирующей загрузки от 0,2 до 2 м, а наилучшие результаты были получены при высоте загрузки от 0,2 до 0,8 м. Исходя из этого, согласно анализа собранного фактического материала к исследованию были приняты следующие схемы и высоты коалесцирующих насадок: для ПЭ фракции 3-5 мм и для КЗСППЭ фракции 15-20 мм по четыре схеме загрузки коалесцирующей насадки высотой от 0,2 до 0,8 м.

Исходя из анализа литературных данных, в исследованиях также приняты скорости фильтрации в пределах от 5 м/ч до 135 м/ч.

В некоторых случаях нефтесодержащие сточные воды (в частности, нефтепромысловые) имеют температуру 10-60 °С, в основном преобладает температура 30-40 °С.

К исследованию принята температура исходной воды в пределах от 20 до 50 °С с интервалом около 10 °С.

Экспериментальная установка для исследования (рис. 1) состоит из следующих элементов: напорного коалесцирующего фильтра 1, центробежного насоса 2, емкости исходной жидкости 3 с подогревающими устройствами, воздухоотводчика 4, фильтра-кондиционера 5, пьезометра 6, манометра 7, линий отбора импульса давления 8, успокоителя 9, термометра 10, трубопровода подачи воды из водопровода 11, линии отвода воды в канализацию 12, обводной линии 13.

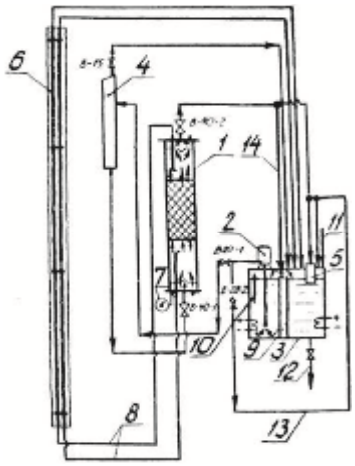


Рис. 1

Коалесцирующий фильтр изготовлен из трубы внутренним диаметром 207 мм, высотой 1,6 м; закрыт фланцами. Для исключения пристеночного эффекта на внутренней поверхности корпуса фильтра создана искусственная шероховатость. Коалесцирующая загрузка фиксируется сетками; предусмотрена возможность регулирования высоты загрузки. На входе и выходе из фильтра установлены отражатели для повышения равномерности распределения потока по сечению.

Фильтр-кондиционер изготовлен из стальной трубы, загрузкой служит техническая вата. Перед началом опытов фильтр загружается коалесцирующим материалом. При проведении опытов исходная вода подается на фильтр снизу вверх по следующей технологической схеме: емкость-насос-воздухоотводчик-фильтр-емкость.

Порядок проведения опытов следующий:

а) промывка всех коммуникаций и оборудования установки с одновременным вытеснением воздуха из загрузки фильтра и коммуникаций. Для этого емкость 3 заполняется водопроводной водой открыванием вентиля из трубопровода 11; пускается насос 2 на подачу воды в коалесцирующий фильтр по схеме: открываем вентили В-20-1, В-15, далее воздухоотводчик 4, открываем вентили В-40-1, В-40-2, далее через фильтр-кондиционер 5 вода поступает и в емкость 3. Промывка производится максимальной интенсивностью до полного удаления воздуха из фильтра, импульсных линий 8, пьезометра 6. В случае загрязнения исходной воды, ее необходимо кондиционировать фильтрованием по схеме: емкость 3, насос 2, вен гиль В-20-2, трубопровод 13, фильтр-кондиционер 5, емкость 3;

б) установка программной скорости фильтрования: прикрывается вентиль В-15 до слабого постоянного истечения воды с целью непрерывного отвода воздуха из нее. Далее, регулируя вентилями В-20-1, В-40-1, В-40-2, устанавливается программная скорость фильтрования (с расходом фильтрата, соответствующим заданной скорости фильтрации);

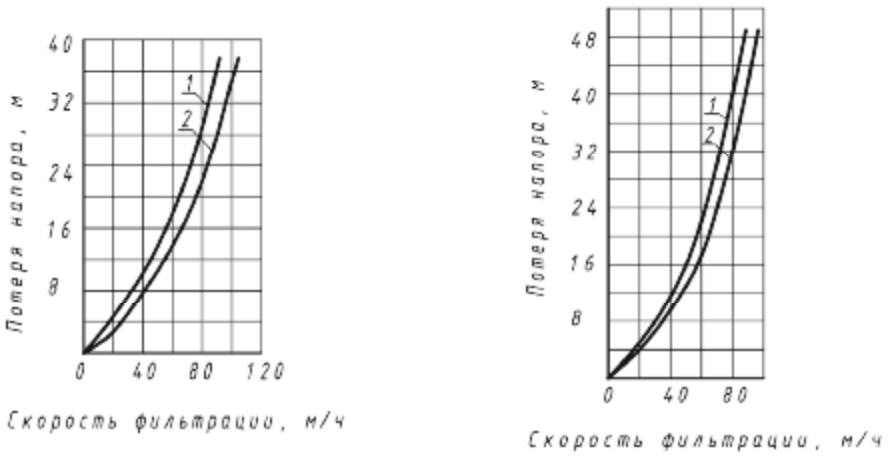
в) производится стабилизация режима фильтрации в течение 20-30 мин. по схеме: емкость-насос-воздухоотводчик-коалесцирующий фильтр-успокоитель-емкость;

г) фиксируются потери напора в коалесцирующей загрузке, одновременно измеряется расход фильтра объемным способом. Для этого конец шланга 14 перемещается в измерительную емкость и по секундомеру фиксируется время ее заполнения.

В ходе опыта измеряются: температура воды – ртутным термометром с ценой деления 0,1 °С; время – секундомером; потери напора в загрузке – пьезометром в мм вод.ст.; расходы – объемным способом, л/с; скорость фильтрации $V_ф$ при расходе Q и площади фильтра F по формуле: $V_ф = Q/F$, м/ч.

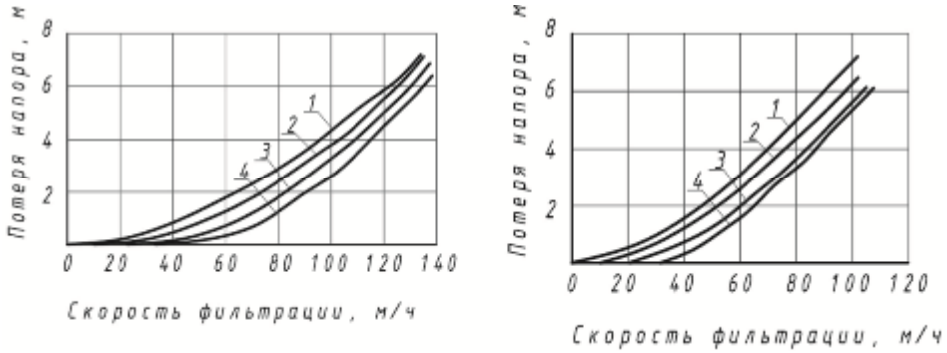
Остановка установки: закрываются вентили В-40-1, В-20-1, выключается насос, закрываются вентили В-40-2, В-15.

На рис. 2-3 представлены зависимости $h = f(V_ф)$ для температур воды 20, 30, 40 и 50 °С и высот загрузки 0,4 и 0,6 м фракций 3-5 мм и 15-20 мм. Для других высот загрузки (0,2 и 0,8 м) характер зависимости $h = f(V_ф)$ аналогичен.



а) б)

Рис. 2. Зависимость $h = f(V_ф)$; фракция 3-5 мм; а – для Н = 0,4 м; б – для Н = 0,6 м; при температурах: 1–t_b = 20 °С, 2–t_b = 50 °С



а) б)

Рис. 3. Зависимость $h = f(V_ф)$ фракции 15-20 мм: а – для Н = 0,4 м; б – для Н = 0,6 м; при температурах: 1–t_b = 20 °С, 2–t_b = 30 °С, 3–t_b = 40 °С, 4–t_b = 50 °С

Из графиков видно, что потери напора в чистой загрузке увеличиваются с увеличением скорости и уменьшением крупности зерен загрузки; с увеличением температуры потери напора уменьшаются. Экспериментально найденная зависимость гидравлического уклона от скорости фильтрации представляет собой кривую, которая может быть аппроксимирована формулой:

$$I = C\,V_ф + \alpha\,V_ф^2.$$

На рис. 4 представлены зависимости $I = f(V_ф)$ для температур жидкости 20, 30, 40 и 50 °С, соответствующие высоте загрузки Н – 0,2 м и фракции 15-20 мм. Для других высот загрузок, а именно 0,8; 0,6; 0,4 м, а также для фракции 3-5 мм зависимости гидравлического уклона от скорости фильтрации аналогичны. На всех графиках увеличение температуры ведет к уменьшению гидравлического уклона. Параметры С и α, найденные из экспериментальных кривых $I = f(V_ф)$, уменьшаются с ростом температуры. Для иллюстрации в таблице представлены значения параметров С и α, определенные для высоты загрузки Н = 0,8 м при температурах 20 и 50 °С для фракции 15-20 мм и 3-5 мм.

Таблица

Фракция, мм	Температура,°С	$C \cdot 10^4$, ч/м	$\alpha \cdot 10^6$ ч^2/м^2
15-20	20	2,0	7,4
15-20	50	0,6	1,0
3-5	20	47,0	78,0
3-5	50	16,0	13,0

С ростом температуры увеличивается скорость фильтрации, соответствующая первой экспериментальной точке (рис. 4). Очевидно, объяснить такое положение можно тем, что с увеличением температуры уменьшается вязкость жидкости, и тем самым уменьшаются потери напора и гидравлический уклон.

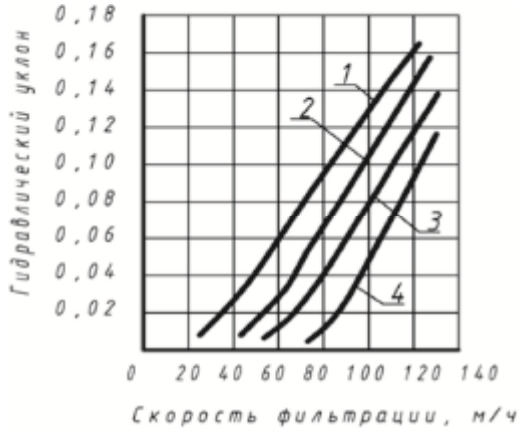


Рис. 4. Зависимость $I = f(V_ф)$ для фракции 15-20 мм при H=0,2 м и температуре жидкости:
1–t_b = 20 °С, 2–t_b = 30 °С, 3–t_b = 40°С, 4–t_b = 50 °С

На рисунке 5 представлена влияние размера зерен загрузки на зависимость гидравлического уклона от скорости фильтрации, где видно, что гидравлический уклон сильно зависит от диаметра зерен, т.е. с увеличением диаметра в 4,35 раза уменьшается гидравлический уклон примерно на целый порядок.

При фракции коалесцирующей загрузки 3-5 мм высота насадки на гидравлический уклон не влияет. Для крупной фракции 15-20 мм обнаружена следующая закономерность. Кривые зависимости гидравлического уклона от скорости фильтрации с уменьшением высоты загрузки делаются более крутыми. Для меньших высот слоя загрузки гидравлический уклон при увеличении скорости фильтрации растет быстрее, чем для больших высот загрузки [1] .

Рис. 5. Влияние размера зерен на зависимость $I = f(V_ф)$ для H = 0,8 м:
1 – фракция 3-5 мм t_b = 20 °С, 2 – фракция 3-5 мм t_b = 50°С,
3 – фракция 15-20 мм t_b=20°С, 4 – фракция 15-20 мм t_b = 50°С

На основании экспериментальных данных и расчетами по методике получены: среднеарифметическое значение удельной поверхности зерен для фракции 15-20 мм составляет 512 $м^{-1}$ отклонение от среднего значения не превышает 25 %. Та же величина для фракции 3-5 мм оказалась равной 1218 $м^{-1}$ с максимальным отклонением от среднего значения, равным 20 %.

Коэффициент формы, подсчитанный по среднеарифметическому значению удельной поверхности, оказался равным 3,24 для фракции 15-20 мм; а для фракции 3-5 мм составил 1,32.

При принятой относительной точности не менее δ = 15 % согласно расчетные значения критического числа Рейнольдса составляют: для фракции 15-20 мм при δ = 0,15, Re_{Kp} = 3,85; δ = 0,20, Re_{Kp} = 5,48; для фракции 3-5 мм, соответственно, Re_{Kp} = 3,45 и Re_{Kp} = 4,88.

Для загрузки фракции 3-5 мм с увеличением числа Рейнольдса, температура воды, коэффициент гидравлического сопротивления уменьшаются; при достижении Re = 28, независимо от температуры воды, коэффициент гидравлического сопротивления становится постоянным, т.е. наступает автомодельная область.

Для фракции 15-20 мм с увеличением Re коэффициент гидравлического сопротивления колеблется, то увеличиваясь, то уменьшаясь. При достижении Re ~ 250-350 коэффициент гидравлического сопротивления более или менее выравнивается.

Согласно анализа результатов исследований можно сделать следующие выводы: что область действия линейного закона фильтрации при высоте загрузки коалесцицирующей насадке из ПЭ фракции 3-5 мм, температурах нефтесодержащих сточной воды 20-50 °С наблюдается при скорости фильтрации 20-26 м/ч, а для КЗСППЭ фракции 15-20 мм до 50-60 м/ч. При этом переходная область почти незаметно. Для ПЭ фракции 3-5 мм наблюдается незаметная переходная область при скоростях фильтрации до 70-80 м/ч, а для КЗСППЭ фракции 15-20 мм до 80-90 м/ч.

Опытные данные могут быть использованы при разработке и проектирования установок очистки нефтесодержащих сточных вод с гидроциклонами и коалесцирующими насадками.

Список библиографических ссылок

1. Урмитова Н.С., Фаткуллин Р.Г., Адельшин А.Б., Движение вязкости жидкости в порах гранулированной коалесцирующей насадки. Исследование сетей, аппаратов и сооружений водоснабжения и канализации: Межвуз. сб. науч. трудов. – Казань. 1990. – С. 25-32.
2. Урмитова Н.С, Абитов Р.Н., Хисамеева Л.Р., Низамова А.Х. Оценка сил, способствующих разрушению частиц нефти в коалесцирующей насадке // Известия КГАСУ, 2015, № 2 (32). – С. 226-230.
3. Адельшин А.Б., Урмитова Н.С. Использование гидродинамических насадок с крупнозернистой загрузкой для интенсификации очистки нефтесодержащих сточных вод. Монография. – Казань: КГАСУ, 1997. – 249 с.
4. Урмитова Н.С. Интенсификация процессов очистки нефтесодержащих сточных вод на основе применения гранулированных коалесцирующих материалов. Дис…канд.техн. наук. – Казань: КИСИ, 1993. – 252 с.
5. Адельшин А.А., Адельшин А.Б., Урмитова Н.С. Гидродинамическая очистка нефтепромысловых сточных вод на основе применения закрученных потоков: Монография. – Казань: КГАСУ, 2011. – 245 с.
6. Урмитова Н.С., Адельшин А.Б., Адельшин А.А. Структура фильтрационного потока и механизм процесса коалесценции в гидродинамических насадок с крупнозернистой загрузкой // Известия КГАСУ, 2014, № 2 (28). – С. 149-159.
7. Урмитова Н.С., Адельшин А.Б., Фаткуллин Р.Т. Исследование вижения вязкости жидкости в порах гранулированной коалесцирующей насадки при нелинейном законе сопротивления. Межвузовский сборник научных трудов: «Гидромеханика отопительно – вентиляционных устройств». – Казань: КИСИ, 1991 – С. 67-72.
8. Адельшин А.А., Адельшин А.Б., Урмитова Н.С. Установки очисток нефтепромысловых сточных вод на основе применении закрученных потоков. Монография. – Казань: КГАСУ, 2012. – 91 с.

Urmitova N.S. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: urmitova@mail.ru
Abitov R.N. – candidate of pedagogic sciences, associate professor
E-mail: a_runar@ mail.ru
Khisameeva L.R. – associate professor
E-mail: Khisameeva_Liliya@mail.ru
Nizamova A.Kh. – senior lecturer
E-mail: Anizamova@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Investigation of filtering regimes by changing the hydraulic and hydrodynamic characteristics of coalescing loading

Resume

In this paper the problem of studying hydraulic, hydrodynamic and regime characteristics of coalescing nozzles was experimentally solved. When fractions of coalesced loading are 3-5 mm the nozzle height does not affect on a hydraulic gradient. For a large fraction (15-20 mm) the following dependence is observed: the curves of hydraulic gradient depended on filtration rate become steeper with decreasing of loading height. In smaller layers of loading height the hydraulic gradient grows faster than for larger ones with increasing of filtration rate.

Average values of specific grain surface were obtained based on calculations and experimental data. For 15-20 mm fraction the value is 512 $м^{-1}$ and for 3-5 mm faction it is 1218 is 3,5 m^{-1}.

For loading fraction 3-5 mm the water temperature and coefficient of hydraulic resistance decrease with increasing Reynolds number (Re). When the value of Re reaches 28 the coefficient of hydraulic resistance becomes constant regardless of water temperature, i.e. the self-modeling region. For fraction 15-20 mm Re increases and coefficient of hydraulic resistance fluctuates. For Re ~ 250-350 coefficient of hydraulic resistance is more or less equalized.

Keywords: hydraulic and hydrodynamic characteristics, coalescing loading, filtering regime, experimental investigations, fraction, the Reynolds number.

Reference list

1. Urmitova N.S., Fatkullin R.G., Adelshin A.B. Motion of a viscous fluid in the pores of the granular coalescing nozzle. Networks, devices and structures of water supply and sanitation research // Interuniversity proc. – Kazan: KIEC, 1990 – P. 25-32.
2. Urmitova N.S., Abitov R.N., Khisameeva L.R., Nizamova A.Kh. Evaluation of the forces contributing to the oil particle destruction in a coalescing nozzle // Izvestiya KGASU, 2015, № 2 (32). – P. 226-230.
3. Adelshin A.B., Urmitova N.S. Using of a hydrodynamic nozzle with a coarse load for oily wastewater treatment intensification. Monograph. Kazan: KGASU, 1997. – 249 p.
4. Urmitova N.S. Intensification of oily wastewater treatment by applying granular coalescing materials. Candidate of Engineering Sciences Thesis. – Kazan: KIEC, 1993. – 252 p.
5. Adelshin A.A., Adelshin A.B., Urmitova N.S. Hydrodynamic cleaning of oilfield wastewater by applying swirling flows. Monograph. – Kazan: KGASU, 2011. – 245 p.
6. Urmitova N.S., Adelshin A.B, Adelshin A.A. Structure of filtration flow and mechanism of coalescence process in hydrodynamic nozzles with coarse grained loading // Izvestiya KGASU, 2014, № 2 (28). – P. 149-159.
7. Urmitova N.S., Adelshin A.B, Fatkullin R.G. Investigation of viscosity motion of liquid into the pores of the granular coalescing nozzle with a nonlinear resistance law // Interuniversity collection of scientific papers: «Hydromechanics boiler and ventilation devices». – Kazan: KIEC, 1991. – P. 67-72.
8. Adelshin A.A., Adelshin A.B., Urmitova N.S. Oilfield wastewater treatment facilities based on the swirling flows' application. Monograph. – Kazan: KGASU, 2012. – 91 p.

УДК 691.33
Морозов Н.М. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: nikola_535@mail.ru
Хозин В.Г. – доктор технических наук, профессор
E-mail: khozin@kgasu.ru
Авксентьев В.И. – аспирант
E-mail: vlad80889@yandex.ru
Боровских И.В. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: borigor83@gmail.com
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Исследование эксплуатационных свойств самоуплотняющихся песчаных бетонов

Аннотация

Самоуплотняющиеся песчаные бетоны должны как минимум не уступать по технологическим и эксплуатационно-техническим свойствам бетонам на крупном заполнителе, чтобы найти применение в строительстве. В работе показано, что использование фракционированного песка вместо крупного заполнителя позволяет получить самоуплотняющиеся бетоны с прочностью 50 МПа. Изучены кинетика набора их прочности и основные физико-технические характеристики. Установлено, что использование песка оптимального зернового состава снижает деформации усадки бетона на 15-20 %, а по модулю упругости песчаный самоуплотняющийся бетон сравним с крупнозернистым бетоном.

Ключевые слова: самоуплотняющийся песчаный бетон, усадка, прочность, модуль упругости.

В настоящее время самоуплотняющиеся бетоны получили широкое развитие в ряде стран Европы, США, Японии [1]. Наибольшее распространение этот материал получил при производстве строительных изделий на заводах сборного железобетона. Например, в 50-80 % от общего объема производимых конструкций в Швеции в заводских цехах используется самоуплотняющийся бетон [2]. Связано это с низким уровнем шума в связи с отказом от виброуплотняющегося оборудования, хорошим качеством поверхности готовых изделий, идеальная кромка бетонных элементов, экономия на опалубке [3]. Обычно при производстве ЖБИ для улучшения удобоукладываемости бетонной смеси в формы используются вибраторы, которые служат источником постоянного шума и требуют больших энергозатрат. Вместе с этим использовалась технология пропаривания что также требует значительных затрат. В современных условиях на заводах для производства таких железобетонных изделий, как сваи, балки, опоры, стеновые панели, плиты, трубы и другие изделия, используются в основном технологии самоуплотняющегося бетона [4]. В некоторых случаях, например при производстве габаритного смотрового колодца в Германии, сложная геометрия опалубки не позволяла при обычном способе заливки «сверху-вниз» получить качественную поверхность. А использование высокоподвижного самоуплотняющегося бетона позволило использовать технологию заливки «снизу-вверх» и получить поверхность более высокого качества [3].

Для успешного внедрения песчаных самоуплотняющихся бетонов в строительстве они не должны уступать по техническим показателям самоуплотняющимся бетонам с крупным заполнителем. Следует отметить, что деформативные свойства самоуплотняющихся бетонов (SCC), такие как начальный модуль упругости, мера или коэффициент ползучести, усадка, будут существенно отличаться от этих показателей у бетонов равных классов, полученных по традиционной технологии из умеренно подвижных смесей с маркой по удобоукладываемости П1, П2. Это обусловлено двумя факторами: отличием макроструктуры (количество цементного камня в структуре СУБ выше) и возможным влиянием суперпластификаторов на указанные выше свойства цементного камня [5, 6].

Применение песчаного бетона не только повышает экономическую эффективность строительства, но и обеспечивает другие преимущества: упрощается технологическая схема приготовления бетонной смеси, так как отпадает необходимость в организации складского и сортировочного отделения для приемки, переработки и складирования щебня, уменьшается потребность в электроэнергии и трудозатратах [7]. Поэтому получение самоуплотняющегося бетона с использованием местного сырья, в частности, песка, как единственного заполнителя имеет для многих регионов России большое значение [8, 9].

Ранее нами уже были получены самоуплотняющиеся песчаные бетоны с необходимыми стандартными технологическими и прочностными характеристиками [10], однако необходимо исследовать и другие технологические свойства.

Для изготовления самоуплотняющегося бетона в качестве вяжущего мы использовали Вольский цемент ПЦ500 Д0. Для снижение водопотребности цементных систем использовали суперластификатор Melflux 2651 F – порошковый продукт, полученный методом распылительной сушки на основе модифицированного полиэфиркарбоксилата. Для изготовления мелкозернистого бетона использовали пески Камского месторождения, которые дополнительно рассевали на необходимые фракции. В качестве наполнителей для СУБ использовали известняковую муку, микрокремнезем и шлам химводоочистки (ШХВО) тепловых электростанций, хранящийся в огромных количествах в шламонакопителях или на промышленных свалках [11].

В связи с отсутствием в России нормативов для оценки самоуплотняющихся бетонов, для определения технологических свойств смесей, были использованы европейские нормативные документы EN 206-1, по которым основными показателями самоуплотняющихся бетонных смесей являются их текучесть, вязкость, расслаиваемость и воздухововлечение. Правила [12] предусматривают три класса текучести СУБ: SF1 с диаметром расплыва D =550-650 мм; SF2 с D =660-750 мм; SF 3 с D=760-850 мм. Таким образом, ключевым показателем, определяющим принадлежность бетонной смеси к соответствующему классу SCC, является диаметр расплыва.

Таблица 1

Составы самоуплотняющихся бетонных смесей

№	Расход компонентов, кг/м^3										
	Цемент	Известняковая мука	ШХВО	МК	Песок (Мк=2,5)	Количество фракций в песке оптимального зернового состава			Щебень	Melf lux 2651 F	Вода
						5-1,25	1,25-0,315	0,315-0,14			
1	380	179	-	50	850	-	-	-	750	1,9	200
2	380	-	-	57	1650	-	-	-	-	1,9	277
3	380	-	-	57	-	990	330	330	-	1,9	257
4	380	-	28,3	57	-	990	330	330	-	1,9	243

Таблица 2

Технологические свойства бетонной смеси

№	Расплыв конуса, см	Плотность, кг/м3	Воздухововлечение, %
1	61	2310	3,9
2	56	2174	6,7
3	60	2201	5,5
4	70	2209	4,2

Как видно из табл. 1-2 использование суперпластификатора в дозировке 0,5 % в самоуплотняющемся бетоне с крупным заполнителем позволяет при 0,55 % ВЦ получить расплыв конуса соответствующий классу по подвижности SF 1. У песчаных СУБ с той же дозировкой суперпластификатора для получения необходимой подвижности В/Ц отношение увеличилось до 0,72. Использование фракционных составов песков позволяет

снизить этот показатель до 0,67, а применение ШХВО позволяет получить самоуплотняющийся бетон с В/Ц отношением 0,62 и классом по подвижности SF 2.

Применение ШХВО также позволяет снизить воздухововлечение до 4,2 % у самоуплотняющейся бетонной смеси, а в правилах [12] содержание воздуха в бетонной смеси ограничивается 5 %. Использование фракционированных песков также позволяет снизить количество воздуха на 17 % в сравнении с самоуплотняющимся песчаным бетоном на обычном песке.

Далее на рис. 1 представлены кривые набора прочности самоуплотняющегося бетона составов, приведенных в табл. 1. СУБ с крупным заполнителем (состав № 1); песчаный СУБ (состав № 2); песчаный СУБ с фракционным песком (состав № 3); песчаный СУБ с ШХВО и фракционным песком (состав № 4).

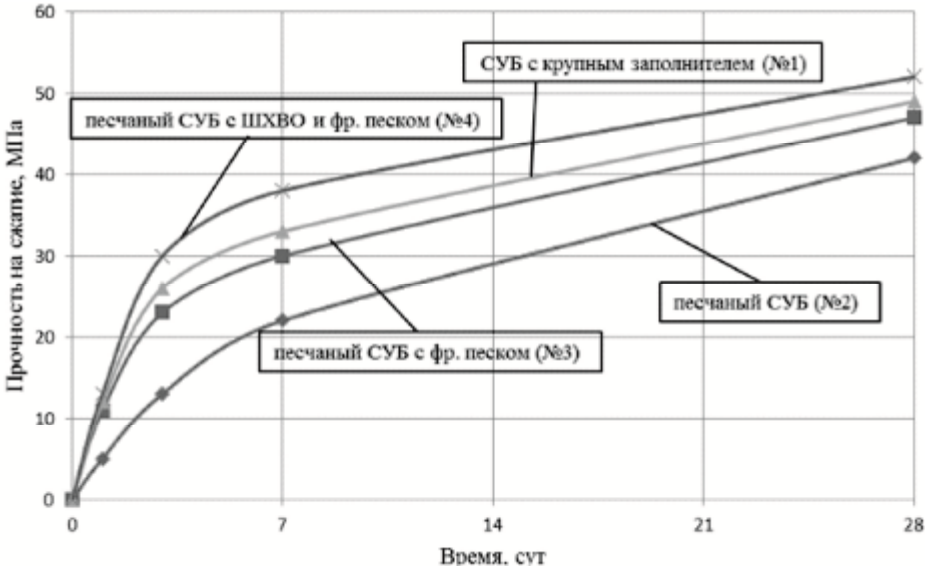


Рис. 1. Кинетика набора прочности самоуплотняющихся бетонов

Из рис. 1 следует, что применение фракционных песков в песчаном СУБ с оптимальными дозировками наполнителей микрокремнезема и ШХВО позволяет получить бетон с прочностью, превышающую прочность СУБ с крупным заполнителем во все сроки твердения. Как видно из кривых рис. 1, на 3, 7 и 28 сутки твердения прочность песчаного СУБ превышала прочность СУБ с крупным заполнителем на 15 %, 15 % и 6 % соответственно.

Использование фракционированных песков, как видно из рис. 1 увеличило прочность бетона в сравнении с СУБ с обычным песком на 3, 7 и 28 сутки нормального твердения на 43, 26 и 11 % соответственно. Разработанный состав песчаного СУБ с фракционным песком и ШХВО по прочности на сжатие соответствует классу бетона В 40, что позволяет его использовать в несущих строительных конструкциях.

Деформации в процессе твердения цементного камня ограничены в бетоне вследствие того, что цементный камень распределен между зернами заполнителей, которые препятствуют свободному течению деформаций. С понижением относительного содержания цемента в бетоне уменьшаются и размеры усадочных деформаций. Величина усадки бетона возрастает по мере увеличения начального содержания воды, а также с увеличением относительного содержания песка и тонкомолотых пылевидных добавок в бетонной смеси. Усадка цементного камня создает в бетоне напряжения, так как каменный заполнитель, претерпевающий значительно меньшие объемные деформации, препятствует усадке цементного камня и испытывает при этом всестороннее обжатие, а в цементном камне возникают соответствующие растягивающие напряжения. Обжатие заполнителей усиливает сцепление цементного камня с заполнителем. Наряду с этим положительным влиянием усадки наблюдается и отрицательное, вследствие возникающих в бетоне внутренних растягивающих напряжений еще до начала действия эксплуатационных нагрузок.

Очень важно изучение усадочных деформаций самоуплотняющихся бетонов, особенно песчаных, в которых повышено содержание цементного камня и тонкомолотых добавок, а крупный заполнитель и вовсе отсутствует. Ниже представлены результаты исследования деформации усадки образцов самоуплотняющегося бетона, составы которых представлены в табл. 1.

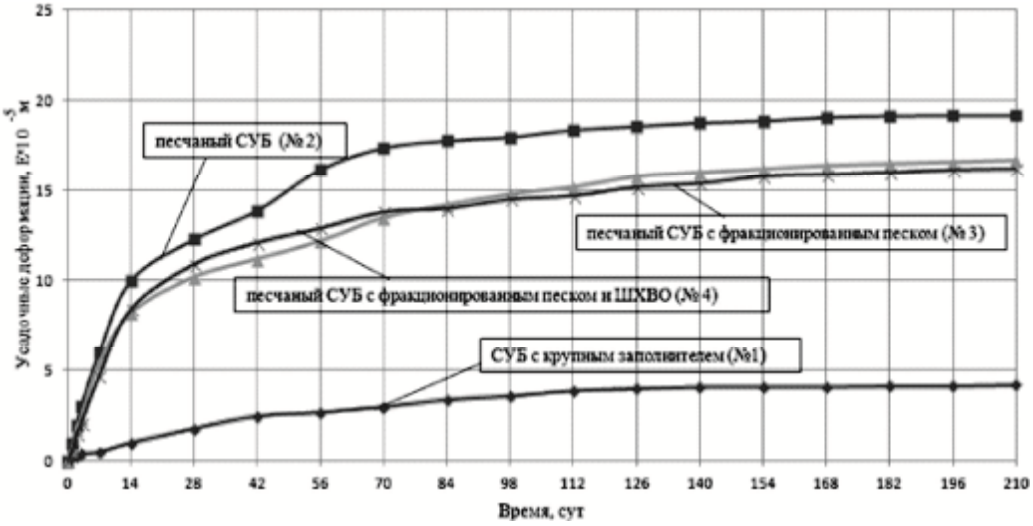


Рис. 2. Усадочные деформации самоуплотняющихся бетонов

Как видно из рис. 2. наименьшим усадочным деформациям подвержены образцы самоуплотняющегося бетона с крупным заполнителем – к 210 суткам деформация усадки составляет 4,2 х 10^{-5} м. Использование в качестве заполнителя только песка приводит к значительному повышению усадочных деформаций бетона: у образцов СУБ на обычном песке они составляют к 210 суткам 19,2 х 10^{-5} м; 16,7 х 10^{-5} м; – у состава СУБ с фракционированными песками и 16,2 х 10^{-5}; – у состава СУБ с фракционированными песками и добавкой ШХВО.

Таблица 3

Значения начального модуля упругости самоуплотняющихся бетонов E_δ при сжатии и требования СНиП 2.03.01-84*

№ состава	Кубиковая прочность, МПа	Призменная прочность, МПа	Модуль упругости E_δ МПа·10^{-3}	По СНиП 2.03.01-84*	
				E_δ МПа·10^{-3}	Для класса
1	49	34,3	38,7	34,5	В 35 (тяжелый)
2	42	30,1	34	26	В 30 (мелкозернистый)
3	47	33,4	37,2	27,5	В 35 (мелкозернистый)
4	52	35,5	38,2	28,5	В 40 (мелкозернистый)

Упругопластические свойства бетона характеризуются: величиной деформаций, возникающих в бетоне под действием приложенной нагрузки, в зависимости от ее величины и длительности воздействия; предельной величиной пластических деформаций, после которых бетон разрушается, как принято называть, предельной сжимаемостью и предельной растяжимостью бетона. В табл. 3 представлены результаты исследования призменной прочности, модуля упругости самоуплотняющихся бетонов и значения этих показателей указанные в нормативных документах для соответствующих классов бетона.

Из представленных результатов видно, что кубиковая и призменная прочность самоуплотняющегося песчаного бетона превосходят значения бетона на крупном заполнителе. Полученные самоуплотняющиеся бетоны по показателю модуля упругости превосходят нормативные значения для соответствующих бетонов. СУБ с ШХВО и фракционированным песком обладает модулем крупности, превышающим значения состава СУБ с крупным заполнителем.

Таким образом, результаты исследования эксплуатационных характеристик самоуплотняющихся песчаных бетонов классов В30-В40 показывают что, использование фракционированного песка с добавкой ШХВО и МК позволяет не только повысить прочность, но и снизить усадочные деформации более чем на 15 %. Модуль упругости разработанных составов самоуплотняющихся песчаных бетонов сравним с модулем бетонов на крупном заполнителе, что позволяет рекомендовать их в качестве конструкционного материала для несущих конструкций без ограничений.

Список библиографических ссылок

1. Василик П.Г., Голубев И.В. Поликарбоксилатные системы в самовыравнивающихся составах // Строительные материалы, 2006, № 3. – С. 12-14.
2. Дворкин Л.И. Практическое бетоноведение в вопросах и ответах: Справочное пособие // – СПб.: ООО «Строй-Бетон», 2008. – 328 с.
3. Рейман Й. UPCRETE® и самоуплотняющийся бетон новая технология для сборных элементов со строгими требованиями // Бетон и железобетон. – СПб., 2010. – С. 24-26.
4. Якунин Ю.И., Козлов В.С. Производство самоуплотняющегося бетона для изготовления ЖБИ и требования к бетоносмесительному оборудованию // Бетон и железобетон, 2008, № 1. – С. 124-126.
5. Несветаев Г.В., Давидюк А.Н. Самоуплотняющиеся бетоны: модуль упругости и мера ползучести // Строительные материалы, 2009, № 6. – С. 68-71.
6. Ибнеев Б.Т., Богданов Р.Р., Ибрагимов Р.А., Изотов В.С. Безрулонная кровля из самоуплотняющегося бетона // Известия КГАСУ, 2014, № 1 (27). – С. 183-187.
7. Мелкозернистые бетоны и их применение в строительстве // Бетон и железобетон, 1993, № 10. – С. 2-4.
8. Краснов А.М. Высоконаполненный мелкозернистый бетон повышенной прочности // Строительные материалы, 2003, № 1. – С. 8-10.
9. Черкашин Ю.Н. Мелкозернистые бетоны для энергетического строительства на обогащенных песках КМА // Автореферат к.т.н. – Белгород, 2006. – 24 с.
10. Авксентьев В.И., Морозов Н.М., Хозин В.Г. Шлам химической водоочистки – эффективный наполнитель в самоуплотняющихся песчаных бетонах // Известия КГАСУ, 2014, № 4 (30). – С. 249-254.
11. Марьинских С.Г., Митрофанов Н.Г. Способ утилизации шлама химводоочистки Тюменской ТЭЦ № 2 // Фундаментальные науки и практика, 2010, № 4. – С. 26-30.
12. EFNARC: Specification and Guildelines for SCC. URL: http://www.efnarc.org (дата обращения: 14.04.2016).

Morozov N.M. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: nikola_535@mail.ru
Khozin V.G. – doctor of technical sciences, professor
E-mail: khozin@kgasu.ru
Avksentev V.I. – post-graduate student
E-mail: vlad80889@yandex.ru
Borovskikh I.V. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: borigor83@gmail.com
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Study of operational properties of self-compacting sand concrete

Resume

For the successful implementation of sand self compacting concrete in construction, they should not concede on technical performance self-compacting concrete with large aggregate. The use of sand concrete not only increases the economic efficiency of construction, but also provides other advantages: simplified technological scheme of preparation of the concrete

mixture, since it eliminates the need for warehouses and the sorting compartments for receiving, processing and storing of rubble, reduced the demand for electricity and labor. Therefore, obtaining self-compacting concrete using local raw materials, particularly sand as the sole filler has, for many regions of Russia is of great importance. The article shows that the use of the fractional composition of the sand allows you to reduce this figure to 0,67, and the use of SHVO allows obtaining self-compacting concrete W/C ratio of 0,62 and class mobility SF2.

The results of the study operational characteristics of self-compacting sand concrete of classes B30-B40 show that the use of graded sand with the addition of SHVO and MK not only improves strength, but also to reduce the shrinkage strain of more than 15 %. The modulus of elasticity of the developed compositions of self-compacting sand concrete is comparable to the modular concrete with large aggregate, which allows to recommend them as a structural material for load-bearing structures without restrictions.

Keywords: self-compacting sand concrete, shrinkage, strength, modulus of elasticity.

Reference list

1. Vasilik P.G., Golubev I.V. Polycarboxylate self-leveling system in the compositions // Stroitelnye materialy, 2006, № 3. – P. 12-14.
2. Dvorkin L.I. Practical the science of the concrete in questions and answers: a reference guide // – SPb.: OOO «Stroi-Beton», 2008. – 328 p.
3. Reiman I. UPCRETE® and self-compacting concrete is a new technology for precast elements with strict requirements // Beton i zhelezobeton. – SPb., 2010. – P. 24-26.
4. Yakunin Y.I., Kozlov V.S. The production of self-compacting concrete for the manufacture of concrete products and requirements for concrete mixing equipment // Beton i zhelezobeton. 2010, № 1. – P. 124-126.
5. Nesvetaev G.V., Davidyuk A.N. Self-compacting concrete: the modulus of elasticity and a measure of creep // Stroitelnye materialy, 2009, № 6. – P. 68-71.
6. Ibneev B.T., Bogdanov R.R., Ibragimov R.A., Izotov V.S. Liquid the roof of self-compacting concrete // Izvestija KGASU, 2014, № 1 (27). – P. 183-187.
7. Fine-grained concretes and their application in construction // Beton i zhelezobeton, 1993, № 10. – P. 2-4.
8. Krasnov A.M. Highly filled fine-grained concrete of improved strength // Stroitelnye materialy, 2003, № 1. – P. 8-10.
9. Cherkashin Y.N. Fine-grained concretes for the construction of power-to-rich Sands KMA // Autoref. cand.techn.sc. – Belgorod, 2006. – 24 p.
10. Avksentev V.I., Morozov N.M., Khozin V.G. Sludge of chemical water treatment – effective filler in self-compacting sand concrete // Izvestija KGASU, 2014, № 4 (30). – P. 249-254.
11. Marinskih S.G., Mitrofanov N.G. Way sludge disposal demineralizer Tyumen CHP № 2 // Fundamentalnye nauki i praktika, 2010, № 4. – P. 26-30.
12. EFNARC: Specification and Guildelines for SCC. URL: http://www.efnarc.org (reference date: 14.04.2016).

УДК 691.175.3
Старовойтова И.А. – кандидат технических наук
E-mail: irina-starovoitova@yandex.ru
Зыкова Е.С. – аспирант
E-mail: barblzka@mail.ru
Сулейманов А.М. – доктор технических наук
E-mail: sulejmanov@kgasu.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1
Семенов А.Н. – директор
E-mail: director@recon-rec.ru
ООО «Научно-производственная фирма «Рекон»
Адрес организации: 420033, Россия, г. Казань, ул. Восстания, 100, Технополис «Химград», зд. 7
Мишурова М.В. – директор по качеству
E-mail: mishurova@basfiber.com
ООО «Каменный век»
Адрес организации: 141980, Россия, г. Дубна, ул. Тверская, д. 28

Изучение физико-механических характеристик наномодифицированного базальтового ровинга и композиционного материала на его основе[1]

Аннотация

В статье приведены результаты исследований по тестированию наномодифицированных замасливателей при изготовлении базальтового ровинга в ООО «Каменный век». Подтверждена возможность и техническая эффективность применения наночастиц в составах замасливателей: установлено повышение прочности жгута базальтового ровинга и адгезии в системе «базальтовое волокно-эпоксидное связующее». При введении многослойных углеродных нанотрубок в состав замасливателя наблюдается рост физико-механических показателей базальтопластиковой арматуры, изготовленной на основе наномодифицированного волокна.

Ключевые слова: полимерные композиционные материалы, замасливатель, водные эмульсии эпоксидных смол, наномодификация, базальтовый ровинг, физико-механические свойства.

Введение

Ряд современных научных решений и технических достижений во многих отраслях промышленности базируется на совместной работе в одном изделии веществ и материалов, различающихся по природе и свойствам. Ярким примером в строительстве, авиационной промышленности, автомобиле- и судостроении, спортивной технике является использование полимерных композиционных материалов (ПКМ) на основе высокопрочных неорганических волокон (стеклянных, базальтовых). Уникальный комплекс эксплуатационно-технических характеристик таких материалов (малый вес, высокая прочность, химическая стойкость, низкая теплопроводность и др.) обеспечивает использование в них высокопрочных, зачастую – ориентированных, волокон, связанных в монолитный материал органическими связующими на основе эпоксидных, полиэфирных, винилэфирных и других смол.

При переработке исходных компонентов в композиционный материал по экструзионной, пултрузионной технологиям, методами намотки, литья под давлением, контактным формованием и т.д. важной задачей является сохранение целостности неорганических волокон и обеспечение хорошей смачивающей способности и адгезии

[1] Работа выполнена в рамках выполнение работ по договору № 200ГР/19271 (код 0019271) с Фондом содействия инновациям и реализации государственного задания в сфере научной деятельности № 7.1955.2014/К.

органических связующих к волокну. Соблюдение этих условий позволяет получать стабильные по показателями ПКМ с высоким уровнем свойств. Ключевая роль в решении данной задачи принадлежит замасливателям.

Замасливатели представляют собой многокомпонентные водоразбавляемые композиции, и, как правило, включают органосиланы, поверхностно-активные вещества, пластификаторы, регуляторы pH (кислоты), плёнкообразователи. Функциональное назначение замасливателя заключается в формировании на поверхности волокон тонкой пленки, обеспечивающей [1-3]:

- соединение элементарных волокон в первичную нить и предотвращение их слипания;
- защиту волокон от истирания и разрушения в процессе изготовления волокон и производства материалов из нитей;
- антистатический эффект;
- адгезионное взаимодействие между армирующим наполнителем и полимерной матрицей за счет наличия различных функциональных групп (аминных, гидроксильных, эпоксидных и др.).

Авторами ряда патентов [4-6] отмечается целесообразность введения наночастиц различной природы в состав замасливающих композиций. Так, введение наномодификаторов на основе боемита, глины и кремнезема в [4] приводит к повышению стойкости к истиранию стеклянных нитей, а также увеличению сопротивления старению во влажной среде. Техническим результатом при модификации замасливателей для стеклянных и базальтовых волокон металл/углеродными нанокомпозитами на основе наночастиц меди, никеля или железа [5] является повышение адгезионной прочности и электропроводности. Для придания электропроводности стеклянному волокну в патенте [6] применяют однослойные и многослойные углеродные нанотрубки в количестве от 1 до 15 % от массы полимерного плёнкообразователя.

В данной работе проведено опытное тестирование наномодифицированных плёнкообразователей производства компании ООО «НПФ «Рекон» (г. Казань) при производстве базальтового волокна в ООО «Каменный век» (г. Дубна), проведены исследования физико-механических характеристик полученного базальтового ровинга и композиционного материала на его основе.

Экспериментальная часть

Наномодифицированные эмульсии были изготовлены в ООО «НПФ «Рекон» с использованием эпоксидных смол торговых марок NPEL 128S (производитель – «NanYa Plastics Corporation», Тайвань) и D.E.R. 331 (производитель – «Olin Corporation», Германия). Характеристики приведены в табл. 1.

Таблица 1

Маркировка составов и основные характеристики эпоксидных эмульсий, модифицированных МУНТ, для тестирования при изготовлении базальтовых волокон в ООО «Каменный век»

№ п/п	Состав	Сухой остаток, масс. %	Вязкость по Брукфильду при (25±0,5)°С (20 об/мин), мПа×с	Показатель pH при 20 °С, ед. pH	Средний размер частиц, нм
1	ВЭП-74N(без УНТ)	71,37	10 000	6,5	580-600
2	ВЭП-74N0,0003	72,11	22 200	7,0	440
3	ВЭП-74N0,001	71,19	21 800	6,9	377
4	ВЭП-74N0,003	72,05	20 000	6,8	381
5	ВЭП-74D	70,98	11 800	6,9	540-550
6	ВЭП-74D0,0003	71,06	20 400	7,0	440
7	ВЭП-74D0,001	71,13	20 600	6,9	370
8	ВЭП-74D0,003	71,02	20 000	6,9	378
9	ВЭП-74D0,01	72,13	17 400	6,9	436
10	ВЭП-74D0,05	71,84	11 100	7,0	537

В качестве наномодифицирующих добавок использованы:

- многослойные УНТ – в виде твердых концентратов (мастербатчей) под торговой маркой Graphistrength C S1-25 с содержанием УНТ 25 масс. %, диспергированных в среде мономера DGEBA и бисфенола А (производитель – компания «Arkema», Франция).

Для тестирования у производителя базальтового волокна на производственном оборудовании были выпущены опытные партии эмульсий, модифицированных многослойными УНТ (табл. 1) в количестве от 0,0003 до 0,05 % от массы смолы (количество наночастиц в маркировке состава указано после типа смолы – N(NPEL 128S) или D (DER 331).

Замасливатели готовились непосредственно на предприятии по производству непрерывных базальтовых волокон – ООО «Каменный век» согласно существующей технологии.

С использованием наномодифицированных замасливателей была осуществлена вытяжка комплексных базальтовых нитей, а затем произведён трощеный ровинг НРБ 17-1200-КВ-42.

В дальнейшем принята маркировка:

- НРБ 17-1200-КВ-42/ВЭП-74N – непрерывный базальтовый ровинг с замасливателем, содержащим в качестве плёнкообразователя эпоксидную смолу марки NPEL-128S;
- НРБ 17-1200-КВ-42/ВЭП-74D – непрерывный базальтовый ровинг с замасливателем, содержащим в качестве плёнкообразователя эпоксидную смолу марки D.E.R. 331.

Брака по вытяжке волокна на всех типах замасливателей с наномодифицированным пленкообразующим не отмечено. Обрывности нитей не наблюдалось. Технологичность замасливателей на уровне серийной на основе замасливателя с данным пленкообразователем.

Испытания на прочность сухого жгута ровинга проводили согласно ГОСТ 6943.10-2015 «Материалы текстильные стеклянные. Метод определения разрывной нагрузки и удлинения при разрыве» [7]. Данные, приведенные на рис. 1, показывают, что введение в состав замасливающей композиции углеродных нанотрубок в количестве до 0,003 % от пленкообразователя приводит к увеличению прочности жгута ровинга на 3,4-11 %. При этом наибольшее значение прочности жгута базальтового ровинга наблюдается при использовании в качестве плёнкообразователя наномодифицированной эпоксидной смолы D.E.R. 331.

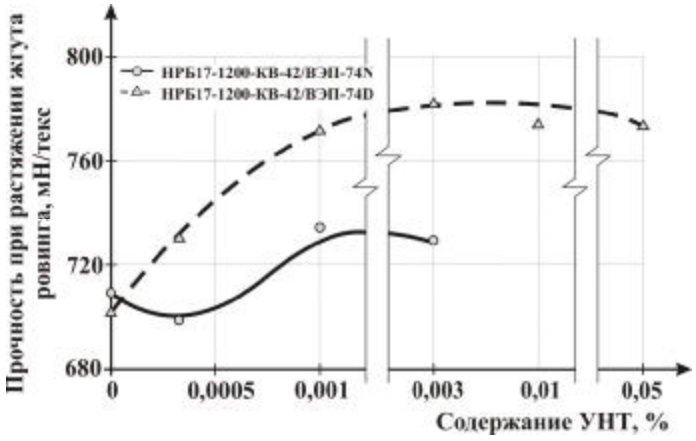


Рис. 1. Зависимость прочности при растяжении базальтового ровинга от содержания УНТ в плёнкообразователе

Для определения адгезионной прочности соединения «волокно-матрица» был использован классический метод pull-out [8]. При использовании метода фиксировалось усилие, необходимое для сдвига волокна относительно слоя отвержденного эпоксидного связующего.

После формирования адгезионного соединения, отверждение эпоксидного связующего протекает в течение 5-7 сут при (20±2) °С. Испытания проводили не менее, чем, через 7 суток отверждения связующего.

Диаметр субстрата составлял ~ 150 мкм (так как испытывалось не моноволокно, а пучок базальтовых нитей), длина адгезионного соединения варьировалась от 0,85 до 1,0 мм, площадь адгезионного контакта находилась в диапазоне 0,40-0,45 мм.

Испытания проводили на разрывной машине со скоростью нагружения около 20 мм/мин. Результаты испытаний приведены на рис. 2. Из представленных данных следует, что наномодифицирование поверхности базальтового волокна УНТ через замасливатель приводит к существенному повышению адгезии волокна к эпоксидному связующему холодного отверждения: так, увеличение адгезии составляет до 17,3 % – в случае использования в качестве пленкообразователя в составе замасливателя эмульсии эпоксидной смолы NPEL128S (с 0,003 масс.ч. УНТ) и до 25,2 % – в случае использования в качестве пленкообразователя в составе замасливателя эмульсии эпоксидной смолы DER 331 (с 0,003 масс.ч. УНТ).

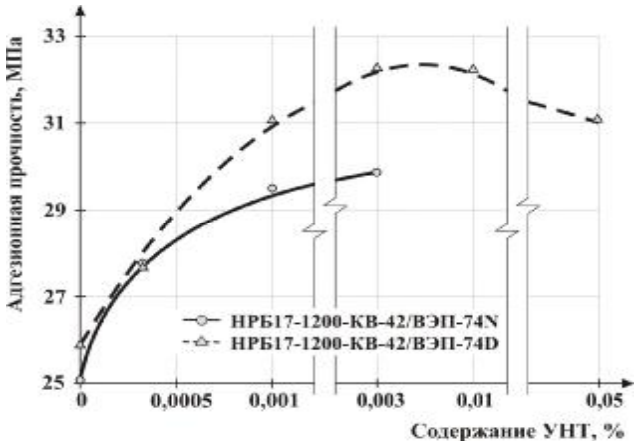


Рис. 2. Зависимость адгезии в системе «базальтовое волокно-эпоксидное связующее» от содержания УНТ в плёнкообразователе

С учётом полученных результатов по прочности наномодифицированного базальтового ровинга и адгезии к эпоксидным связующим для дальнейших испытаний – по изготовление композиционного материала и проведению физико-механических испытаний – был выбран базальтовый ровинг НРБ17-1200-КВ-42/ ВЭП-74D0,003.

Для оценки эффективности применения наномодифицированного волокна в составе полимерных композиционных материалов нами были изготовлены и испытаны образцы базальтопластиковой арматуры (БПА) (рис. 3) на основе базальтового волокна, выпущенного ООО «Каменный Век».

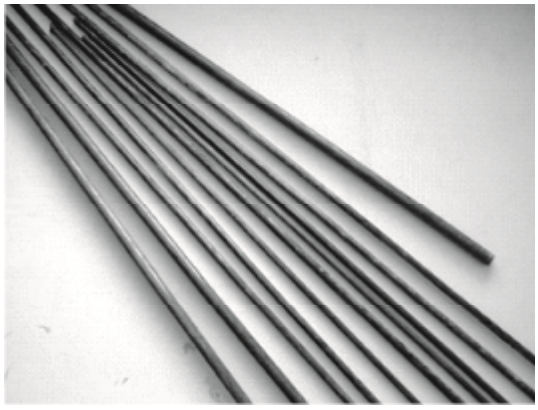


Рис. 3. Образцы БПА, изготовленные в лабораторных условиях

Соотношение волокна и связующего в лабораторных образцах ~ 75:25÷70:30 об. %.

В качестве армирующих наполнителей был использован непрерывный базальтовый ровинг НРБ17-1200-КВ-42, изготовленный, как на стандартной рецептуре замасливателя (НРБ17-1200-КВ-42/ВЭП-74), так и на основе наномодифицированной 0,003 % УНТ (НРБ17-1200-КВ-42/ВЭП-74D0,003) водной эмульсии эпоксидной смолы.

В качестве связующего была взята следующая рецептура горячего отверждения:

Состав 1 (использован в составах БПА № 1 и 2 из табл. 2):

- Эпоксидная смола – D.E.R.330 – 100 м.ч.;
- Изометилтетрагидрофталевый ангидрид – 100 м.ч.;
- Ускоритель УП-606/2 – 2 м.ч.;
- Активный разбавитель УП-624 – 10 м.ч.

Состав 2, наномодифицированный (использован в составе БПА № 3 из табл. 2):

- Эпоксидная смола D.E.R. 330, допированная 0,01 масс.% УНТ – 100 м.ч.;
- Изометилтетрагидрофталевый ангидрид – 100 м.ч.;
- Ускоритель УП-606/2 – 2 м.ч.;
- Активный разбавитель УП-624 – 10 м.ч.

Образцы БПА были испытаны на трехточечный изгиб и в соответствии с ГОСТ 31938-2012 [9] с определением следующих характеристик: прочности при поперечном срезе, осевом растяжении и сжатии.

Из приведённых результатов физико-механических испытаний БПА (табл. 2) видно, что при введении УНТ в состав замасливателя (состав 2) наблюдается рост физико-механических показателей арматуры:

- прочность при растяжении возрастает с 833 МПа до 917 МПа (на 10,1 %);
- прочность при поперечном срезе – с 260 МПа до 298 МПа (на 14,6 %);
- прочность при сжатии – с 410 МПа до 445 МПа (на 8,5 %);
- прочность при трехточечном изгибе – с 1050 МПа до 1160 МПа (на 10,5 %).

Однако максимальный эффект от введения УНТ наблюдается при совместной наномодификации, как замасливателя на поверхности базальтового волокна, так и эпоксидного связующего (состав 3).

Прочность при осевом растяжении увеличилась на 21,5 %, при поперечном срезе – 24,6 %, при сжатии – 17,1 %, а при трехточечном изгибе на 19,5 %.

Таблица 2

Физико-механические характеристики БПА

№ п/п	Составы БПА	Прочность (МПа) при:			
		осевом растяжении	поперечном срезе	сжатии	трехточечном изгибе
1	Ровинг НРБ17-1200-КВ-42 (на ВЭП-74) + эпоксидное связующее (состав 1)	833	260	410	1050
2	Ровинг НРБ17-1200 (на модифицированной водной эмульсии эпоксидной смолы, допированной 0,003 % УНТ) + эпоксидное связующее (состав 1)	917	298	445	1160
3	Ровинг НРБ17-1200 (на модифицированной водной эмульсии эпоксидной смолы, допированной 0,003 % УНТ) + эпоксидное связующее с 0,01 % УНТ (состав 2)	1012	324	480	1255

Заключение

Проведенная в ООО «Каменный век» работа подтверждает возможность использования наномодифицированных пленкообразователей в составах замасливающих композиций для базальтовых непрерывных волокон.

Наномодифицирование поверхности базальтового волокна УНТ через замасливатель оказывает положительное влияние на характеристики базальтового ровинга, а именно на:

- физико-механические свойства базальтовых ровингов: механическая прочность жгута сухого ровинга увеличиваетсяс 704 до 781 мН/текс (на 11 %) (при использовании в составе замасливателя эмульсии на основе смолы европейского производства – D.E.R. 331);

- адгезию волокна к эпоксидному связующему холодного отверждения: так, увеличение адгезии составляет до 17,3 % – в случае использования в качестве пленкообразователя в составе замасливателя эмульсии эпоксидной смолы NPEL128S (с 0,003 масс.ч. УНТ) и до 25,2 % – в случае использования в качестве пленкообразователя в составе замасливателя эмульсии эпоксидной смолы DER 331 (с 0,003 масс.ч. УНТ).

При введении УНТ в состав замасливателя наблюдается рост физико-механических показателей базальтопластиковой арматуры, изготовленной на основе наномодифицированного волокна. При этом максимальный эффект от введения УНТ наблюдается при совместной наномодификации, как замасливателя на поверхности базальтового волокна, так и эпоксидного связующего.

Список библиографических ссылок

1. Старовойтова И.А. [и др.] Водные эмульсии эпоксидных смол, модифицированные концентратами многослойных углеродных нанотрубок и кремнезолями. Прочность и технология // Известия КГАСУ, 2015, № 3 (33). – С. 140-146.
2. Старовойтова И.А. [и др.] Коллоидно-химическая устойчивость водных дисперсий эпоксидных смол // Строительные материалы, 2014, № 10. – С. 74-77.
3. Баженов С.Л., Берлин А.А., Кульков А.А., Ошмян В.Г. Полимерные композиционные материалы. – Долгопрудный: Издательский Дом «Интелект», 2010. – 352 с.
4. Пат. 2432330 Российской Федерации, МПК C03C25/10, B82B3/00. Стеклянные нити, покрытые замасливателем, содержащим наночастицы / МУАРО Патрик; патентообладатель СЭН-ГОБЭН ТЕКНИКЛ ФЭБРИКС ЮРОП (FR); № 2008130382/03; заявл. 18.12.2006; опубл. 27.01.2010. Бюл. № 30. – 18 с.
5. Пат. 2565301 Российской Федерации, МПК C03C 25/44. Замасливатель для стеклянного и базальтового волокна / Шевнин А.А., Кардополов О.А., Саттаров И.Р., Ахметов И.Д.; патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «КомАР». № 2014143599/03; заявл. 28.10.2014; опубл. 20.10.2015, Бюл. № 29. – 9 с.
6. Пат. 9242897 США Aqueous dispersions and methods of making same. [text] // МПК 2 C 08 K 3/04. Owens-Corning Fiberglas Corp. N 1282278; Заявл. 18.05.2010; Опубл. 26.01.2016.
7. ГОСТ 6943.10-2015. Материалы текстильные стеклянные. Метод определения разрывной нагрузки и удлинения при разрыве. Введ. 2015-07-21. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 11 с.
8. Горбаткина, Ю.А. Адгезионная способность саженаполненных эпоксидов / Ю.А. Горбаткина, В.Г. Иванова-Мумжиева // Клеи. Герметики. Технологии, 2008, № 11. – С. 2-5.
9. ГОСТ 31938-2012. Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций. Общие технические условия. Введ. 2014-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 2014. – 35 с.

Starovoitova I.A. – candidate of technical sciences
E-mail: irina-starovoitova@yandex.ru
Zykova E.S. – post-graduate student
E-mail: barblzka@mail.ru
Syleimanov A.M. – doctor of technical sciences, professor
E-mail: sulejmanov@kgasu.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1
Semenov A.N. – director
E-mail: director@recon-rec.ru
LLC «Scientific Production Firm (SPF) «RECON»
The organization address: 420033, Russia, Kazan, Vosstaniya st., 100, Technopolis «Himgrad», b. 7
Mishurova M.V. – quality assurance director
E-mail: mishurova@basfiber.com
LLC «Kamennyy vek»
The organization address: 141980, Russia, Dybna, Tverskaya st., 28

The study of the physical and mechanical properties of nanomodified basalt roving and composite material based on it

Resume

In this study, experimental testing of nanomodified film forming of the LLC «Scientific Production Firm (SPF) «RECON» (Kazan) company production in the production of basalt fiber of LLC «Kamennyy vek» (Dubna) was conducted, physical and mechanical characteristics of obtained basalt rovings and composite material on its basis were studied.

In the manufacture of nano-modified emulsions as additives were used:

- Multilayer CNT – in the form of solid concentrates (masterbatches) under the brand name Graphistrength C S1-25 (containing CNT – 25 wt. %, dispersed in a medium of DGEBA monomer and bisphenol A (producer – «Arkema» company, France).

The work carried out in LLC «Kamennyy vek» confirms the possibility of using nanomodified film formers in formulations of the sizing composition for basalt continuous fibers. Nanomodifing of basalt fiber CNTs surface through a sizer has a positive effect on the characteristics of basalt roving, namely:

- physico-mechanical properties of basalt roving: the mechanical strength of harness dry roving is increased from 781 to 704 mN / tex (11 %) (using emulsion based epoxy resin, manufactured in Europe – D.E.R. 331 as a part of sizer);

- fiber adhesion to the cold curing epoxy binder: thus, the adhesion increase of 17,3 % – in the case of the use as a film-forming agent as a part of the epoxy resin emulsion sizer NPEL128S (with 0,003 pbw CNT), and to 25,2 % – in the case of the use as a film-forming agent as a part of the epoxy resin emulsion sizer DER 331 (with 0,003 pbw CNT).

With the introduction of CNTs in the sizing the growth of physical and mechanical properties of basalt rebar produced by nanomodified fiber is observed. The maximum effect of the introduction of CNT observed at joint nanomodification of sizing on the surface of basalt fiber and epoxy binder as well.

Keywords: polymer composite materials, sizer, water emulsion of epoxy resins, nanomodification, basalt roving, physical and mechanical properties.

Reference list

1. Starovoitova I.A. [and other]. Water emulsions of epoxy resins, modified by concentrates of multilayer carbon nanotubes and silica sol // Izvestiya KSUAE, 2015, № 3 (33). – P. 140-146.
2. Starovoitova I.A. [and other]. Colloidal stability ofaqueous dispersions of epoxy resins // Stroitel'nye materialy, 2014, № 10. – P. 74-77.

3. Bazhenov S.L., Berlin A.A., Kul'kov A.A., Oshmyan V.G. Polymer composite materials. Strength and technology. – Dolgoprudnyi: Izdatel'skii Dom «Intelekt», 2010. – 352 p.
4. Pat. 2432330 RF, MPK C03C25/10, B82B3/00. Steklyannye niti, pokrytye zamaslivatelem, soderzhashchim nanochastitsy / MUARO Patrik; patentoobladatel' SEN-GOBEN TEKNIKL FEBRIKS YuROP (FR); № 2008130382/03; declared. 18.12.2006; published. 27.01.2010. Bulletin № 30. – 18 p. (In Russian)
5. Pat. 2565301 RF, MPK C03C 25/44. Zamaslivatel' dlya steklyannogo i bazal'tovogo volokna / Shevnin A.A., Kardopolov O.A., Sattarov I.R., Akhmetov I.D.; patentoobladatel': OOO «KomAR», № 2014143599/03; declared. 28.10.2014; published. 20.10.2015, Bulletin № 29. – 9 p. (In Russian)
6. Pat. 9242897 USA, Aqueous dispersions and methods of making same. // MPK 2 C 08 K 3/04. Owens-Corning Fiberglas Corp. № 1282278; declared. 18.05.2010; published. 26.01.2016.
7. GOST 6943.10-2015. Materialy tekstil'nye steklyannye. Metod opredeleniya razryvnoi nagruzki i udlineniya pri razryve. – entered. 2015-07-21. – M.: Izd-vo standartov, 2001. – 11 p.
8. Gorbatkina Yu.A., Ivanova-Mumzhieva V.G. Adhesive ability epoxy filled carbon black // Klei. Germetiki. Tekhnologii, № 11, 2008. – P. 2-5.
9. GOST 31938-2012. Armatura kompozitnaya polimernaya dlya armirovaniya betonnykh konstruktsii. Obshchie tekhnicheskie usloviya. entered. 2014-01-01. – M.: Izd-vo standartov, 2014. – 35 p.

УДК 691.311: 691.54: 666.952
Халиуллин М.И. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: khaliullin@kgasu.ru
Нуриев М.И. – аспирант
E-mail: omar151vb@ya.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Влияние дисперсности и содержания добавки керамзитовой пыли на свойства гипсоцементнопуццоланового вяжущего

Аннотация

В настоящей работе выполнены исследования, направленные на получение гипсоцементнопуццолановых вяжущих с применением молотой керамзитовой пыли. Установлены необходимые количества керамзитовой пыли для получения гипсоцементнопуццоланового вяжущего в зависимости от ее дисперсности, показывающие ее эффективность как пуццолановой добавки. Установлены зависимости, характеризующие влияние содержания и удельной поверхности молотой керамзитовой пыли на прочность при сжатии, водостойкость и другие основные физико-механические свойства гипсоцементнопуццолановых вяжущих при различном содержании портландцемента в их составе.

Ключевые слова: гипсоцементнопуццолановое вяжущее, пуццолановая добавка, керамзитовая пыль, удельная поверхность, водостойкость.

Введение

Расширение производства и применения малоклинкерных композиционных вяжущих позволяет сократить потребление в строительстве портландцемента, чем вносится существенный вклад в решение экологических проблем, вызываемых высокой энергоемкостью производства портландцемента, сопровождающегося существенными объемами выбросов в атмосферу углекислого газа. Гипсоцементнопуццолановые вяжущие в ряде случаев выступают в качестве альтернативы портландцементу и отличаются такими преимуществами, как быстрые сроки схватывания и ускоренный набор прочности, возможность применения при достаточно низких температурах окружающей среды.

В утвержденной Правительством Российской Федерации 10 мая 2016 года «Стратегии развития промышленности строительных материалов на период до 2020 года и дальнейшую перспективу до 2030 года», одним из приоритетных направлений в инновационных технологиях промышленности строительных материалов является производство малоклинкерных композиционных вяжущих с вовлечением в качестве сырья техногенных отходов.

В известных работах по получению композиционных гипсовых вяжущих с повышенными показателями физико-механических свойств широко применяются различные высокоактивные минеральные добавки [1-4]. Поиск доступных и относительно недорогих видов модифицирующих минеральных добавок продолжает оставаться важным направлением исследований для развития производства композиционных гипсовых вяжущих. Применение в качестве таких добавок промышленных отходов обеспечивает и решение проблем экологической безопасности.

Одной из эффективных пуццолановых добавок для введения в цементные и гипсовые вяжущие является керамзитовая пыль – многотоннажный отход заводов керамзитового заполнителя. В Уфимском государственном нефтяном техническом университете разработаны составы гипсоцементнопуццолановых вяжущих с применением в качестве пуццолановой добавки керамзитовой пыли и молотого керамзитового песка – отходами производства завода керамзитового гравия ООО «Уфимская гипсовая компания». При содержание в составе вяжущего на основе строительного гипса марки Г-5 керамзитовой пыли в количестве от 10 до 25 % и портланцемента в количестве от 15 до 25 % показатели прочности при сжатии образцов искусственного камня составили от 5 до 15

МПа, коэффициент размягчения образцов при хранении от 13 до 90 суток хранения в нормально-влажностных условиях – от 0,5 до 0,74 [5].

В Казанском государственном архитектурно-строительном университете авторами настоящей работы на основе низкомарочного строительного гипса марок Г-5, Г-6 были разработаны гипсоизвестковокерамзитовые вяжущие повышенной водостойкости с прочностью при сжатии в пределах 13,5-17,3 МПа и коэффициентом размягчения до 0,68 [6]. Из рассмотренных образцов проб керамзитовой пыли наилучшие показатели вяжущих были получены при применении молотой керамзитовой пыли с фильтров пылеочистки цеха керамзитового гравия Нижнекамского ООО «Камэнергостройпром».

Целью данной работы явилось исследование количества и дисперсности керамзитовой пыли на основные свойства гипсоцементнопуццоланового вяжущего, в зависимости от содержания в его составе портландцемента.

Методы и материалы

Гипсоцементнопуццолановое вяжущее получали смешением строительного гипса Г-5БII производства завода «ВОЛМА-Волгоград» по ГОСТ 125, портландцемента ПЦ 500-Д0-Н производства ОАО «Мордовцемент» по ГОСТ 10178, пробы керамзитовой пыли с фильтров пылеочистки цеха керамзитового гравия Нижнекамского ООО «Камэнергостройпром». Предварительно керамзитовая пыль подвергалась помолу в планетарной мельнице до достижения удельных поверхностей 300, 500 и 800 $м^2$/кг.

Керамзитовая пыль обладает следующим химическим составом (в % по массе): SiO_2 – 59,12; Al_2O_3 – 17,85; Fe_2O_3 – 9,7; MgO – 3,01; CaO – 1,74; K_2O – 2,26; SO_3 – 0,93; Na_2O – 0,81; P_2O_5 – 0,22; MnO – 0,2; потери при прокаливании – 3,11. Минералогический состав, представлен, в % по массе: недегидратированными и дегидратированными глинистыми минералами – 53; кварцем – 15; полевыми шпатами – 5; ангидритом – 3; рентгеноаморфной фазой – 27. Согласно испытаниям, выполненным по ГОСТ 8735, в составе керамзитовой пыли присутствует 9,5 % недегидратированной глины. Пуццолановая активность по поглощению CaO для керамзитовой пыли молотой до достижения удельных поверхностей в пределах 250-800 $м^2$/кг составила, соответственно, 316-462 мг/г.

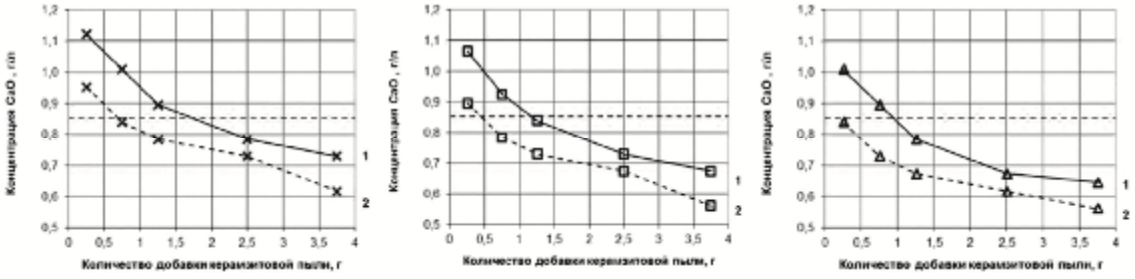
Необходимое количество керамзитовой пыли для получения гипсоцементнопуццоланового вяжущего определялось по концентрации оксида кальция согласно известной методике, разработанной в МИСИ им В.В. Куйбышева [6], на препаратах, представляющих собой водные суспензии смеси полуводного гипса, портландцемента и активной минеральной добавки. Необходимое количество активной минеральной добавки, гарантирующее отсутствие условий для образования высокоосновной формы гидросульфоалюмината кальция, вызывающего деформации и разрушение образующегося искусственного камня в длительные сроки твердения вяжущей композиции, должно обеспечивать концентрацию оксида кальция в растворе на 5 сутки не более 1,1 г/л, на 7 сутки – не более 8,5 г/л.

Определение основных физико-механических свойств гипсоцементнопуццоланового вяжущего проводили по ГОСТ 23789. Образцы выдерживались 28 суток в камере нормального твердения. Коэффициент размягчения определялся по ТУ 21-0284757.

Результаты и обсуждение результатов

На рис. 1 представлены данные исследований по определению необходимого количества керамзитовой пыли для получения гипсоцементнопуццоланового вяжущего. Результаты исследований показывают, что с увеличением тонкости помола керамзитовой пыли от удельной поверхности 300 до 800 $м^2$/кг необходимое количество пуццолановой добавки относительно количества портландцемента уменьшается от 30 до 10 %.

Показатели активности молотой до удельных поверхностей 300-800 $м^2$/кг керамзитовой пыли в составе гипсоцементнопуццолановой композиции превосходит активность трепела, диатомита и биокремнезема, приближаясь к активности метакаолина [3].



а) б) в)

Рис. 1. Кинетика поглощения CaO молотой керамзитовой пылью:
концентрация CaO в растворе для препаратов: 1 – 5 суточного возраста; 2 – 7 суточного возраста

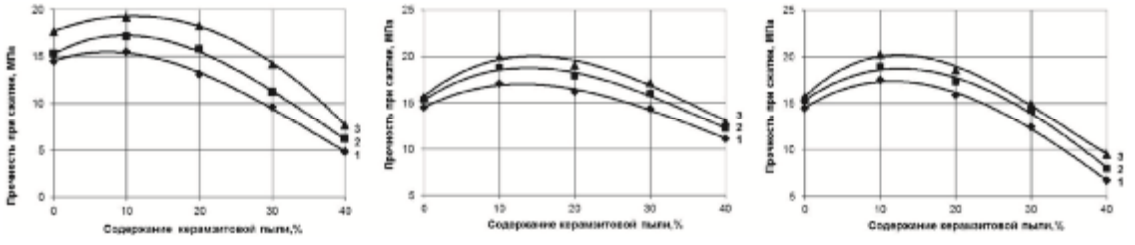
Удельная поверхность керамзитовой пыли, $м^2$/кг: а – 300; б – 500; в – 800

На следующем этапе исследований исследовалось влияние содержания добавки керамзитовой пыли, размолотой до удельной поверхности 300, 500 и 800 $м^2$/кг на прочность основные физико-механические свойства гипсоцементнопуццоланового вяжущего при содержание портландцемента в его составе – 15, 20, 25 %.

Согласно результатам исследований при увеличении содержания молотой керамзитовой пыли до 40 % в составе гипсоцементнопуццоланового вяжущего, а также при увеличении удельной поверхности керамзитовой пыли с 300 до 800 $м^2$/кг происходит монотонное увеличение водопотребности вяжущего с 51-53 % до 54-59 % в зависимости от содержания портландцемента.

При введении до 10-20 % молотой керамзитовой пыли средняя плотность искусственного камня на основе гипсоцементнопуццоланового вяжущего несколько увеличивается (с 1371-1395 до 1375-1425 кг/$м^3$), а его водопоглощение снижается (с 27-25,4 до 26,5-24,3 %), что является следствием взаимодействия активной минеральной добавки с продуктами, образующимися в процессе гидратации минералов портландцементного клинкера и гипса [8]. Последующее увеличение содержания керамзитовой пыли свыше 20 % с ростом водопотребности вяжущего вызывает снижение средней плотности и увеличение водопоглощения.

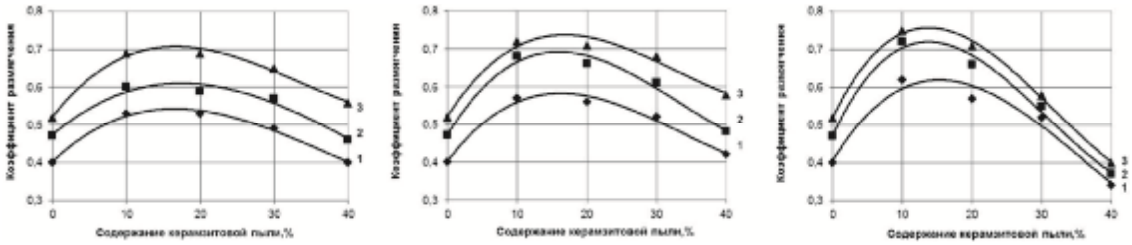
На рис. 2-3 приведены результаты исследований влияния содержания добавки керамзитовой пыли, размолотой до удельной поверхности 300, 500 и 800 $м^2$/кг на прочность при сжатии и коэффициент размягчения гипсоцементнопуццоланового вяжущего при содержание портландцемента в его составе – 15, 20, 25 %.



а) б) в)

Рис. 2. Влияние содержания керамзитовой пыли на прочность при сжатии искусственного камня на основе гипсоцементнопуццоланового вяжущего при удельной поверхности керамзитовой пыли, $м^2$/кг: а – 300; б – 500; в – 800

Содержание портландцемента в составе гипсоцементнопуццоланового вяжущего, % по массе: 1 – 15; 2 – 20; 3 – 25.



а) б) в)

Рис. 3. Влияние содержания керамзитовой пыли
на коэффициент размягчения искусственного камня
на основе гипсоцементнопуццоланового вяжущего при удельной поверхности керамзитовой пыли, $м^2$/кг: а – 300; б – 500; в – 800

Содержание портландцемента в составе гипсоцементнопуццоланового вяжущего, % по массе: 1 – 15; 2 – 20; 3 – 25.

Анализ результатов исследований, представленных на рис. 2 и 3 показывает, что введение в состав гипсоцементнопуццоланового вяжущего с содержанием портландцемента от 15 до 25 % по массе керамзитовой пыли при удельных поверхностях 300-800 $м^2$/кг в количествах 10 и 20 % по массе (отвечающих необходимым количествам пуццолановой добавки в составе вяжущего) по сравнению с контрольными образцами без введения добавки приводит к увеличению прочности при сжатии в пределах, соответственно, 107-129,3 % и 102,8-121,7 %; повышению коэффициента размягчения с 0,4-0,52 до 0,53-0,75 и 0,53-0,71, то есть до показателей, соответствующих группе вяжущих повышенной водостойкости [6].

Увеличение содержания керамзитовой пыли в составе гипсоцементнопуццоланового вяжущего свыше 20 % по массе, вследствие роста водопотребности вяжущего, приводит к монотонному снижению прочности, коэффициента размягчения.

Помол керамзитовой пыли с увеличением удельной поверхности от 300 до 500 $м^2$/кг при оптимальном содержании пуццолановой добавки – 10-20 % и одинаковом содержании портландцемента в составе вяжущего обеспечивает увеличение прочности при сжатии в пределах 3,9-23,9 %; некоторому повышению коэффициента размягчения с 0,53-0,69 до 0,56-0,72. Помол керамзитовой пыли с увеличением удельной поверхности от 500 до 800 $м^2$/кг, вследствие дальнейшего роста водопотребности вяжущего, менее эффективен с точки зрения прироста прочностных показателей и водостойкости.

Заключение

Установлены необходимые количества керамзитовой пыли для получения гипсоцементнопуццоланового вяжущего в зависимости от ее дисперсности, показывающие ее эффективность как пуццолановой добавки.

Установлены зависимости, характеризующие влияние содержания и удельной поверхности молотой керамзитовой пыли на прочность при сжатии, водостойкость и другие основные физико-механические свойства гипсоцементнопуццолановых вяжущих при различном содержании портландцемента в их составе. Наибольший прирост по показателям прочности при сжатии и водостойкости искусственного камня на основе гипсоцементнопуццоланового вяжущего обеспечивается при введении 10-20 % керамзитовой пыли с удельной поверхностью 500 $м^2$/кг.

Список библиографических ссылок

1. Токарев Ю.В., Гинчицкий Е.О., Яковлев Г.И., Бурьянов А.Ф. Эффективность модификации гипсового вяжущего углеродными нанотрубками и добавками различной дисперсности // Строительные материалы, 2015, № 6. – С. 84-87.
2. Морозова Н.Н., Галиев Т.Ф. Минеральные добавки для композиционных гипсовых вяжущих // Сб. материалов Международной научно-практической конференции

«Инновационное развитие современной науки». – Уфа: Издательство «Омега сайнс», 2015. – С. 49-51.
3. Изотов В.С., Мухаметрахимов Р.Х., Галаутдинов А.Р. Исследование влияния активных минеральных добавок на реологические и физико-механические свойства гипсоцементнопуццоланового вяжущего // Строительные материалы, 2015, № 5. – С. 20-23.
4. Панченко А.И., Бурьянов А.Ф., Соловьев В.Г., Козлов Н.В., Пашкевич С.А. Комплексная оценка эффективности применения гипсового вяжущего повышенной водостойкости // Строительные материалы, 2014, № 12. – С. 72-75.
5. Бабков В.В., Латыпов В.М., Ломакина Л.М., Асянова В.С., Шигапов Р.И. Модифицированные гипсовые вяжущие повышенной водостойкости и гипсокерамзитобетонные стеновые блоки для малоэтажного жилищного строительства на их основе // Строительные материалы, 2012, № 7. – С. 4-7.
6. Халиуллин М.И., Рахимов Р.З., Гайфуллин А.Р. Состав и структура камня композиционного гипсового вяжущего с добавками извести и молотой керамзитовой пыли // Вестник МГСУ, 2013, № 12. – С. 109-117.
7. Гипсовые материалы и изделия (производство и применение). Справочник. Под общей ред. А.В. Ферронской. – М.: Издательство АСВ, 2004. – 488 с.
8. Волженский А.В., Роговой М.И., Стамбулко В.И. Гипсоцементные и гипсошлаковые вяжущие материалы и изделия. – М.: Госстройиздат, 1960. – 162 с.

Khaliullin M.I. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: khaliullin@kgasu.ru
Nuriev M.I. – post-graduate student
E-mail: omar151vb@ya.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Effect of fineness and content of the expanded haydite dust additive on the properties of gypsum-cement-pozzolanic binder

Resume

The expansion of production and use of little clinker composite binders allows to reduce the consumption in the construction of Portland cement than to be paid a substantial contribution to the solution of environmental problems caused by the highly energy intensive production of Portland cement, accompanied by significant emissions of carbon dioxide into the atmosphere. Gypsum-cement-pozzolanic binders in some cases serve as alternatives to Portland cement and are characterized by advantages such as fast setting time and strength development, the possibility of application at low ambient temperatures. In the present work the investigation of the possibility of obtaining gypsum-cement-pozzolanic binders with the use of ground haydite dust. Have the correct amount of haydite dust to obtain a gypsum-cement-pozzolanic binder, depending on its dispersion, showing its effectiveness as a pozzolanic additive. The dependences illustrating the effect of content and specific surface of ground haydite dust on compressive strength, water resistance and other basic physico-mechanical properties of gypsum-cement-pozzolanic binders with different contents of Portland cement in their composition.

Keywords: gypsum-cement-pozzolanic binders, pozzolanic additive, haydite dust, specific surface, water resistance.

Reference list

1. Tokarev Yu.V., Ginchitsky E.O., Yakovlev G.I. Burianov A.F. Efficiency of Modification of a Gypsum Binder with Carbon Nanotubes and Additives of Various Dispersity // Stroitelnye materialy, 2015, № 6. – P. 84-87.

2. Morozova N.N., Galiev T.F. Mineral additives for composite gypsum binder // Sat. materials of International scientific-practical conference «Innovative development of modern science». – Ufa: Publishing house «Omega science», 2015. – P. 49-51.
3. Izotov V.S., Muhametrahimov A.D., Galautdinov A.R. Study of Influence of Active Mineral Additives on Rheological and Physical-Mechanical Properties of a Gypsum-Cement-Pozzolanic Binder // Stroitelnye materialy, 2015, № 5. – P. 20-23.
4. Panchenko A.I., Burianov A.F., Soloviev V.G., Kozlov N.V., Pashkevich S.A. Complex Assessment of Efficiency of Using Gypsum Binder of Enhanced Water Resistance // Stroitelnye materialy, 2014, № 12. – P. 72-75.
5. Babkov V.V., Llatypov V.M., Lomakina L.N., Asyanova V.S., Shigapov R.I. Modified Gypsum Binders of High Water Resistance and Gypsum-Claydite-Concrete Wall Blocks for Low-Rise Housing Construction on their Basis // Stroitelnye materialy, 2012, № 7. – P. 4-8.
6. Khaliullin M.I. Rakhimov R.Z., Gaifullin A.R. Composition and Structure of the Stone composite Gypsum Binder with Additives of Lime and the ground Haydite Dust // Vestnik MGSU, 2013, № 12. – P. 109-117.
7. Ferronskaja A.V. Gypsum materials and products (production and application). Reference book. – M.: Publishers ASV, 2004. – 488 p.
8. Volzhensky A.B., Rogovoi M.I., Stambulko V.I. Gypsumzement and gypsumshlag binders materials and products. – M.: Gosstroyisdat, 1960. – 162 p.

УДК 666.972.16
Хузин А.Ф. – кандидат технических наук, ассистент
E-mail: airat-khuzin2010@yandex.ru
Рахимов Р.З. – доктор технических наук, профессор
E-mail: rahimov@kgasu.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Влияние многослойных углеродных нанотрубок на пористость цементного камня

Аннотация

Целью работы являлось исследование влияния многослойных углеродных нанотрубок (далее МУНТ) в составе комплексной добавки на пористость цементного камня в ранние сроки набора прочности. С применением методов электронной томографии, микроскопии и программного комплекса структура установлено, что по сравнению с контрольным составом при модификации происходит перераспределение размерности пор: число нано (<100 нм) и микропор (100-500 нм) увеличивается соответственно в 1,21 и 1,31 раза; одновременно число мезо (500-1000 нм) и макропор (>1000 нм) уменьшается в 1,51 и 5,25 раза.

Ключевые слова: углеродные нанотрубки, комплексные добавки, цементный камень, пустотность, томография.

Введение

Свойства такого анизотропного материала как бетона по большей части зависит от механизма и степени гидратации цемента, от вида и характера взаимодействия применяемых компонентов [1]. В зависимости от состава и режимов приготовления композиты на основе цемента могут иметь высокие показатели по прочности при сжатии, однако при этом иметь сравнительно низкие прочностные показатели при изгибе и растяжение. Данное различие в характеристиках по большей части связано с пористостью бетона. Обычный бетон, приготовленный из смеси крупного заполнителя, песка, портландцемента или других минеральных вяжущих и воды, имеет случайный характер упаковки составляющих материалов, что приводит к образованию гетерогенной микроструктуры [2].

Цементное тесто, являющееся связующим веществом в бетоне, как правило, имеет пористую структуру, которая включает поры различных размеров [3]. Микроскопические поры и мезопоры в основном присутствуют в гелевой фазе цементного теста. Остальная часть состоит из макропор, которые являются источником макротрещин. Поры различных размеров в различной степени влияют на характеристики цементного композита. К примеру, естественная усадка главным образом происходит из-за потери воды из мезопор, но так же зависит от размера макропор, влияющих на то, насколько вода будет уходить из мезопор [3]. Таким образом, макроскопические поры и микротрещины выступают в качестве транзитных линий для водяных паров, газов и ионов различных веществ (к примеру, хлориды).

Последнее десятилетие вырос интерес к работам, связанным с применением в строительном материаловедении наночастиц, характерный размер которых не превышает 100 нм. Работы целого ряда ученых посвящены изучению влияния углеродных наноразмерных частиц на структурообразование цементных композитов [4-7]. В работе [7] указано, что введенные в состав цементного композита МУНТ проявляют армирующий эффект, являясь своего рода центрами кристаллизации новообразований, что в свою очередь способствует получению более плотной структуры. При этом методом наноиндентирования установлено снижение доли пор с диаметром меньше 20 нм, что способствует снижению усадочных напряжений на 30-40 %.

В работе [8] установлено, что введение МУНТ в пределах 0,006 % при производстве автоклавного пенобетона ускоряет процессы гидратации известково-

кремнеземистых смесей. При этом отмечается отсутствие протекажния влаги через поры и однородность пор по размерам, что положительно влияет как на прочность, так и на теплопроводность газобетона. Так же отмечается повышение количества кристаллических новообразований в стенках пор, приводящих к уплотнению матрицы в газобетоне.

В настоящей работе приведены результаты исследований влияния добавок МУНТ в портландцемент на структуру пор цементного камня.

Материалы и методы исследования

При проведении экспериментальных исследований применялись следующие материалы:

Вяжущее – бездобавочный портландцемент Вольского завода марки Цем I 42,5 Н. Комплексная добавка состояла из следующих компонентов: Пластифицирующая добавка – суперпластификатор СП-1, является смесью натриевых солей полиметиленнафталинсульфокислот. Так же данная добавка являлась одним из средств равномерного распределения МУНТ, дозировка которых составляет порядка 0,001 масс. % от расхода цемента.

Наноразмерные частицы – продукт «Graphistrength», которые производятся на установке предприятия «Arkema» и представляющие собой многослойные углеродные нанотрубки.

Диспергация компонентов добавки осуществлялась в жидкой среде нейтральной к компонентам добавки. Характеристики растворителя соответствуют ГОСТ 9805-84 «Изопропиловый спирт. Технические условия».

Введение многослойных углеродных нанотрубок в цементную смесь осуществлялась по технологии предварительного получения многокомпонентной добавки путем ультразвуковой диспергации в нейтральной по отношению к составляющим добавки среде носителе.

Поровая структура исследуемых образцов цементного камня проводилась оптическими методами (электронная микроскопия и рентгеновская компьютерная томография). Электронная микроскопия образцов осуществлена на автоэмиссионном сканирующем электронном микроскопе Merlin компании CARL ZEISS. Для проведения количественного анализа использовался набор эталонов, установленных в программу Aztec. Анализ полученных изображений проводился с применением программного комплекса «Структура» [9].

Исследования с помощью рентгеновской компьютерной томографии представляют собой изучение внутренней структуры объекта неразрушающим способом, основанным на измерении ослабления рентгеновских лучей различными участками объекта, различающимися плотностью, составом и толщиной. В качестве оборудования применялась система промышленной рентгеновской томографии Phoenix, оснащённая двумя рентгеновским трубками: микрофокусной с максимальным ускоряющем напряжением 240kV/мощностью 320W и нанофокусной с максимальным ускоряющем напряжением 180kV/мощностью 15W. Для первичной обработки данных и создания объёмной (воксельной) модели образца на базе рентгеновских снимков (проекций) используется программное обеспечение datos|x reconstruction. Для вывода и анализа данных по элементам объёмного изображения используется программа VG Studio MAX 2.1 и Avizo Fire 7.1.

Определение истинной плотности цементного камня проводилось с помощью объемомера Ле-Шателье по ГОСТ 8735-88.

Результаты исследования

Для определения пористости цементного камня предварительно были определены значения истинной и средней плотности образцов цементного камня, степени их водопоглощения по массе и объему.

С целью проведения исследования образцы цементного камня измельчались до порошкообразного состояния со средним размером частиц менее 100 мкм. Для исследования структуры были подготовлены образцы следующих составов, представленных в табл. 1.

Таблица 1

Влияние МУНТ на пористость цементного камня

Состав	1	2 (контрольный состав)	3 (модифицированный состав
СП-1, % от массы цемента	-	1	1
МУНТ, % от массы цемента	-	-	0,0005
Водоцементное отношение	0,26	0,203	0,198
Показатели			
Истинная плотность образцов, г/см^3	2,666	2,603	2,626
Средняя плотность образцов, г/см^3	2,171	2,276	2,318
Объем открытых капиллярных пор, %	11,87	6,14	5,91
Водопоглощение цементного камня по массе, %	5,663	2,739	2,580
Полный объем пор образцов, %	21,38	14,32	13,41
Объем воздушных условно-замкнутых пор, %	9,51	8,18	7,5

Примечание: состав 1 – свойства цементного камня немодифицированного портландцемента; состав 2 – свойства цементного камня, модифицированного добавкой СП-1; состав 3 – свойства цементного камня, на основе портландцемента с добавками СП-1 и МУНТ.

Анализ данных представленных в табл. 2 показывает, что модификация цементного камня нанотрубками в количестве приводит к снижению содержания открытых капиллярных и воздушных условно-замкнутых пор примерно на 10-20 %.

Исследования пористости цементного камня с помощью компьютерной лазерной микротомографии для образцов контрольного состава и модифицированного 0,0005 % многослойных углеродных нанотрубок «Graphistrength» позволило установить точное количество пор и их распределение по размерам (табл. 2), а так же получить объемные изображения (рис. 1-2) образцов цементного камня контрольного и модифицированного составов с визуализацией поровой структуры.

Таблица 2

Распределение пор по размерам

Размер пор, мкм	Количество пор, шт.	
	Контрольный состав	Состав, модифицированный 0,0005 % МУНТ
1000-2000	19	1
500-1000	231	593
100-500	131481	318546

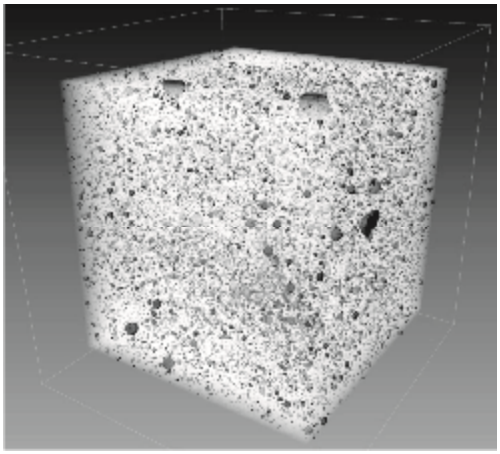


Рис. 1. Томографический снимок поровой структуры образца цементного камня контрольного состава

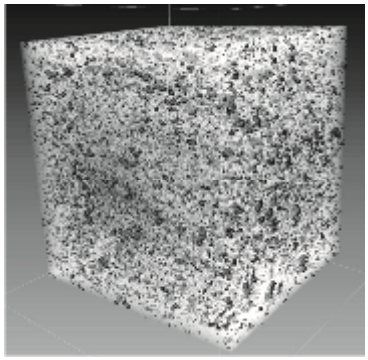


Рис. 2. Томографический снимок поровой структуры образца модифицированного состава

Анализ табл. 2 и рис. 1-2 показывает, что модификация цементного камня многослойными углеродными нанотрубками в количестве 0,0005 % от расхода цемента приводит к более равномерному распределению пор по размеру за счет перехода крупных пор в более мелкие поры, размер которых не превышает 500 микрон. К примеру, количество мелких пор в образце, модифицированном МУНТ до 3 раз больше, чем в образце контрольного состава. Количество крупных пор уменьшается на порядок по сравнению с образцом немодифицированного состава. Как видно из полученных данных, методом лазерной томографии возможно зафиксировать лишь поры, размер которых превышает 100 мкм.

С целью более глубокого и детального анализа посредством сканирующего электронного микроскопа исследовали образцы цементного камня суточного возраста. Анализ проводился при увеличении от 100 раз до 20000 раз.

На макроуровне исследования поверхности образцов проводились при увеличении в 100 раз. При данном увеличении возможно распознать и замерить капиллярные поры, определить дифференциальную макропористость, а так же определить общее взаиморасположение крупных составляющих структуры цементного камня.

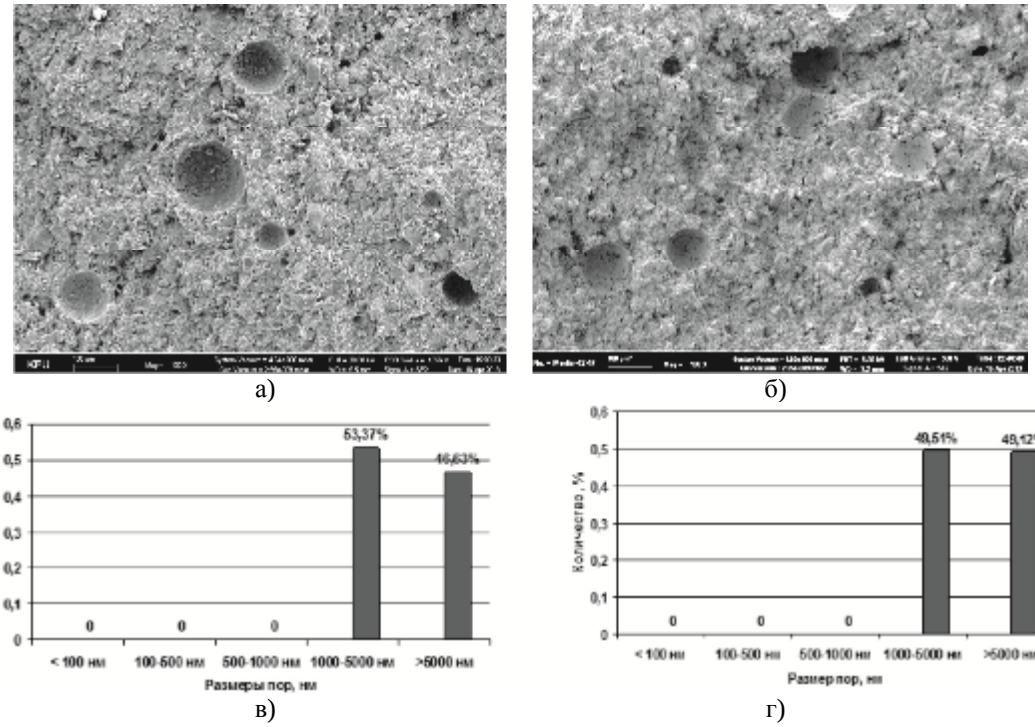


Рис. 3. Макроструктура образцов цементного камня при увеличении х100:
а) изображение структуры образца контрольного состава;
б) изображение структуры образца модифицированного состава;
в) диаграмма количества пор в образце контрольного состава;
г) диаграмма количества пор в образце модифицированного состава

Анализ данных, представленных на рис. 3, показал отсутствие каких либо существенных различий макроструктур исследуемых образцов. Так же отсутствует резкое различие в показателях дифференциальной пористости.

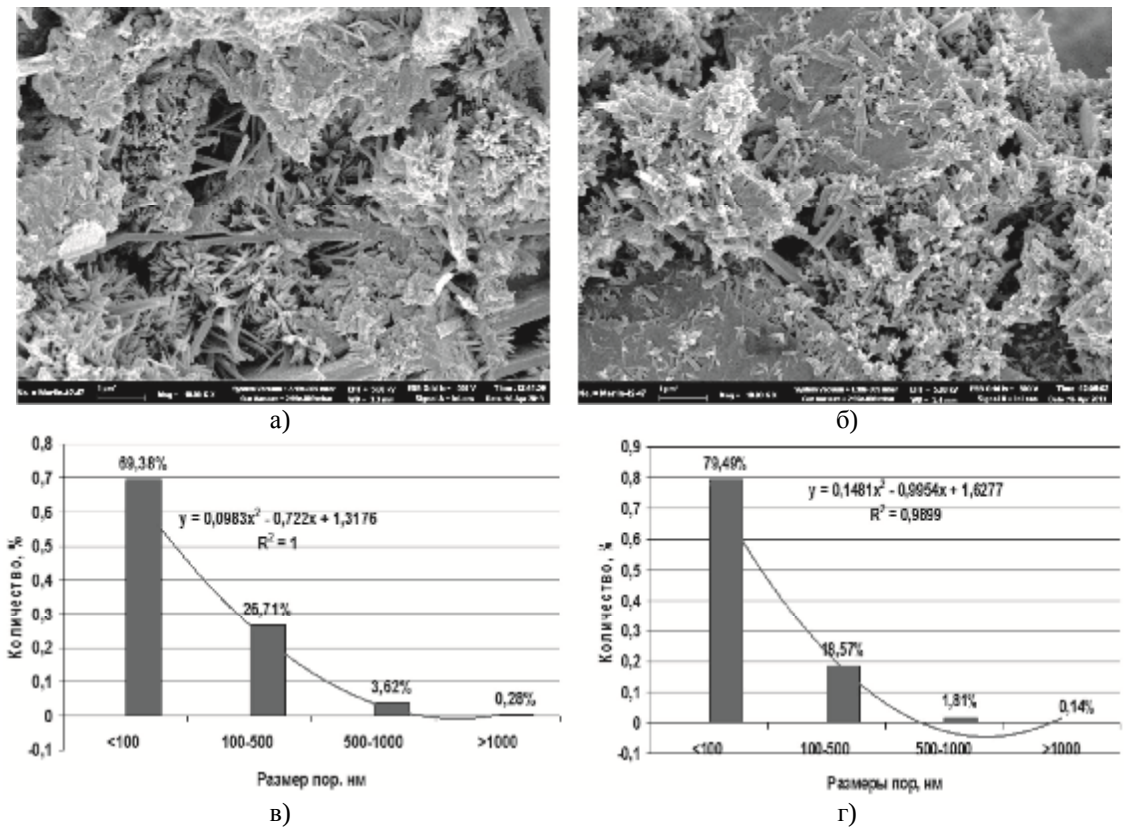


Рис. 4. Микроструктура образцов цементного камня при увеличении х10000:
а), б) снимки структуры образцов контрольного модифицированного составов соответственно;
в), г) дифференциальная пористость образцов
контрольного и модифицированного составов соответственно

Анализ снимков структуры цементного камня при увеличении х5000-10000 позволило выявить новообразования на поверхности зерен и в межзерновом пространстве, определить дифференциальную микропористость.

Полученные результаты (рис. 4) свидетельствуют о том, что введение МУНТ в состав цементной смеси приводит к образованию более плотной структуры за счет снижения доли крупных пор с одновременным увеличением количества микро- и нанопор. Увеличение плотности цементного камня является предпосылкой к получению цементных композитов с более высокими показателями водонепроницаемости и, как следствие, по морозостойкости. Анализ диаграмм (рис. 4в, г) показывает, что введение углеродных нанотрубок приводит к увеличению количества нанопор (размер<100 нм) на 15 % по сравнению с цементным камнем контрольного образца. При этом доля более крупных пор уменьшается на 80-90 %.

Исследования на наноуровне (х20000-50000) позволило установить вид и морфологию гидратных новообразований, дифференциальную пористость геля.

Анализ поровой структуры при увеличении в 20000 раз показал, что образец модифицированного состава имеет на 8 % больше нанопор. Доля более крупных мезопор при этом снижается в 6-7 раз, а макропоры практически не фиксируются.

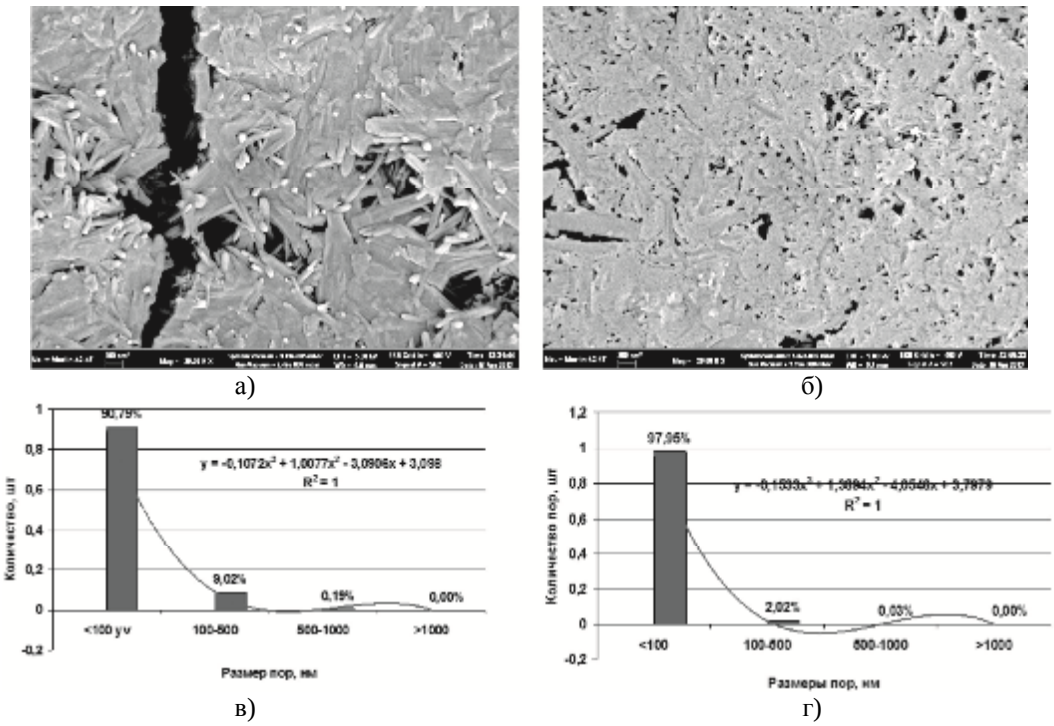


Рис. 5. Наноструктура цементного камня при увеличении x20000:
а), б) поровая структура образцов контрольного и модифицированного составов соответственно;
в), г) диаграмма распределения пор по размерам в образцах контрольного
и модифицированного составов соответственно

Заключение

Анализ поровой структуры цементного камня различными методами позволило установить, что модификация цементного камня МУНТ приводит к перераспределению количества пор в сторону уменьшения их размера. Уменьшение количества крупных пор с одновременным увеличением количества микро- и наноразмерных пор способствуют получению более плотной структуры цементного камня и как следствие приводит к повышению прочностных характеристик цементных композитов, их степени водонепроницаемости и морозостойкости, а так же устойчивости к агрессивным средам.

Список библиографических ссылок

1. Баженов Ю.М. Технология бетона. – М.: Высшая школа, 1987. – 415 с.
2. Пономарев А.Н. Высококачественные бетоны. Анализ возможностей и практика использования методов нанотехнологии // Инженерно-строительный журнал. – 2009, № 6 (8). – С. 25-33.
3. Griffith A.A. The phenomena of rupture and flow in solids // Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series A: Containing Papers of a Mathematical or Physical Character, 1921, № 221. – P. 163-198.
4. Li G.Y., Wang P.M., Zhao X. Mechanical behavior and microstructure of cement composites incorporating surface-treated multi-walled carbon nanotubes // Carbon., 2005, № 43. – P. 1239-1245.
5. Makar J.M., Chan G.W. Growth of cement hydration products on single walled carbon nanotubes // J. Am. Ceram. Soc., 2009, № 92. – P. 1303-1310.
6. Konsta-Gdoutos M.S. et al. Multi-scale mechanical and fracture characteristics and early-age strain capacity of high performance carbon nanotube/cement nanocomposites // Cement and Concrete Composites, 2010, № 32. – P. 110-115.
7. Manzur T., Yazdani N. Strength enhancement of cement mortar with carbon nanotubes // Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2010, № 2142. – P. 102-108.

8. Перфилов В.А., Алаторцева У.В., Тюрин А.А. Фибробетон ускоренного твердения // Известия вузов. Строительство, 2009, № 1. – С. 48-51.
9. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 20046611087 «Структура» / Габидуллин М.Г. опубл. 29.04.2004 г.

Khuzin A.F. – candidate of technical sciences, assistant
E-mail: airat-khuzin2010@yandex.ru
Rahimov R.Z. – doctor of technical sciences, professor
E-mail: rahimov@kgasu.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

The effect of multiwalled carbon nanotubes on the porosity of the cement stone

Resume

Depending on the composition and preparation technology of cement composites can have high strength in compression and, at the same time, the relatively low strength values in bending and tension. This difference in performance for the most part, due to the porosity of the concrete. The cement paste, which is the binder in concrete, generally has a porous structure that includes macro-, micro- and mesopore.

The past decade has increased interest in the works associated with the use of construction materials of the particles, the characteristic size of which does not exceed 100 nm. The study of the structure of cement stone shows the manifestation of particles of MWCNT reinforcing effect. Pore structure of samples of cement stone were carried out by optical methods (electron microscopy and x-ray) computed tomography.

The study of the structure of cement stone with different magnification has allowed to establish that the modification of cement stone with multilayer carbon nano tubes leads to a redistribution of the number of pores to decrease their size. The decrease in the proportion of large pores with a simultaneous increase in the number of micro- and nano-pores contribute to the more dense structure of cement stone and as a consequence leads to increased strength characteristics of cement composites, water resistance, frost resistance and resistance to aggressive environments.

Keywords: carbon nanotubes, an additive, cement stone, porosity, tomography.

Reference list

1. Bazhenov Y.M. Technology of concrete. – M.: Higher School, 1987. – 415 p.
2. Ponomarev A.N. High-quality concretes. Analysis of the possibilities and the practical use of nanotechnology methods // Injenerno stroitelnii jurnal, 2009, № 6 (8). – P. 25-33.
3. Griffith A.A. The phenomena of rupture and flow in solids // Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series A: Containing Papers of a Mathematical or Physical Character, 1921, № 221. – P. 163-198.
4. Li G.Y., Wang P.M., Zhao X. Mechanical behavior and microstructure of cement composites incorporating surface-treated multi-walled carbon nanotubes // Carbon., 2005, № 43. – P. 1239-1245.
5. Makar J.M., Chan G.W. Growth of cement hydration products on single walled carbon nanotubes // J. Am. Ceram. Soc., 2009, № 92. – P. 1303-1310.
6. Konsta-Gdoutos M.S. et al. Multi-scale mechanical and fracture characteristics and early-age strain capacity of high performance carbon nanotube/cement nanocomposites // Cement and Concrete Composites, 2010, № 32. – P. 110-115.
7. Manzur T., Yazdani N. Strength enhancement of cement mortar with carbon nanotubes // Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2010, № 2142. – P. 102-108.
8. Perfilov V.A., Alatortseva W.V., Tyurin A.A., Accelerated curing fiber-reinforced concrete // Izvestiya vuzov. Stroitelstvo, 2009, № 1. – P. 48-51;
9. The certificate of official registration program for computer № 20046611087 «Structure» / Gabidullin M.G. publ. 29.04.2004.

УДК 621.8.028
Мудров А.Г. – доктор технических наук,профессор
E-mail: Alexmudrov42@rambler.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Молотковая мельница

Аннотация

Предложена молотковая мельница, в которой кроме вращательного движения ротора с молотками дополнительно вращается перфорированный барабан, причем скорость вращения барабана и ротора различны и имеют встречное вращение, чем достигается повышенная скорость удара молотков. Посредством двух кривошипов, шатуна и зубчатой передачи с внутренним зацеплением барабан и ротор с молотками имеют еще и возвратно-качательное движение. Такая комбинация движений ротора и барабана существенно интенсифицирует процесс измельчения кусков материала, сепарацию и вывод в приемный бункер, так как дополнительно на частицы действуют инерционные силовые воздействия. От одного источника привода вращательное движение получают перфорированный барабан, ротор с молотками и возвратно-качательное движение камеры с барабаном и ротором.

Ключевые слова: молотковая мельница, перфорированный барабан, ротор, молотки, кривошипы, шатун, измельчение.

Введение

Измельчение материалов широко используется во многих отраслях техники и технологий. Приведем краткий перечень материалов, подвергающихся измельчению: доломитовая мука, тальк, ракушечник, каолин, помол зерна, перца, дробление орехов и семян, пластика, хрупкого сырья, производственного брака, щебня, камня, мела, гипса, квасцов, селитры, буры и т.д.

Различают процессы дробления и измельчения, которые отличаются размером частиц готового продукта. Если крупность частиц превышает 5 мм, это дробление, если крупность менее 5 мм – это измельчение. Различаются и машины для этих процессов, соответственно, дробилки и мельницы.

Наиболее распространенные дробилки и мельницы одно и двухроторные с жестко или шарнирно закрепленными на них молотками.

Дробление и измельчение осуществляется при условии, когда действующее напряжение в материале от воздействия внешних сил будут больше допускаемого напряжения для данного материала. При разрушении материала могут быть напряжения сжатия, растяжения, сдвига, изгиба, действующие на частицы, как в чистом виде, так и комбинированно.

Механическое воздействие может осуществляться раздавливанием, ударом, раскалыванием (срезом), истиранием.

В молотковых мельницах измельчение материала происходит преимущественно от удара молотков. Сила удара зависит от скорости вращения ротора и массы молотков.

По сравнению с другими (валковые и щековые) молотковые устройства имеют более высокие технико-экономические показатели: степень дробления до 20, в 4-5 раз меньше масса и в 1,5-2,5 стоимость устройства, а так же мощность электродвигателя на 60-70 %, проще конструкция [1, 2, 3].

Так как дробление и измельчение весьма энергоёмкие операции, поэтому желательно уменьшение массы перерабатываемого материала, для чего предварительно производят разделение по крупности просеиванием материала через сита. Измельчают отсортированные частицы материала с небольшим отклонением от их среднего размера. При этом уменьшается расход энергии, увеличивается производительность и повышается качество готового продукта [4, 5, 6].

Недостатки молотковых устройств: ротор с молотками имеют постоянную угловую скорость, и вращается только в горизонтальной плоскости, в результате чего не вся масса измельчаемого материала находится под воздействием молотков, чем снижается степень измельчения и производительность устройства. Кроме этого происходит быстрый износ молотков, бронеплит, колосниковой решётки, залипание и забивание отверстий колосниковой решётки, а также сложность монтажа и балансировки ротора.

Учитывая недостатки существующих роторных молотковых устройств, конструкторы и ученые изыскивают способы интенсификации измельчения и более совершенные устройства для этой цели.

Нами предложен способ применения дополнительного воздействия инерционных сил на интенсификацию измельчения и использование сложного пространственного движения ротора и барабана, предложено устройство для измельчения материала.

Основная часть

Молотковая мельница (рис. 1) содержит станину – 1, камеру – 2, шарнирно установленной на станине, концентрично размещенных внутри камеры – 2 перфорированного барабана – 3 и молоткового ротора – 4, а также источника привода – 5 (мотор-редуктор или электродвигатель с редуктором) [7].

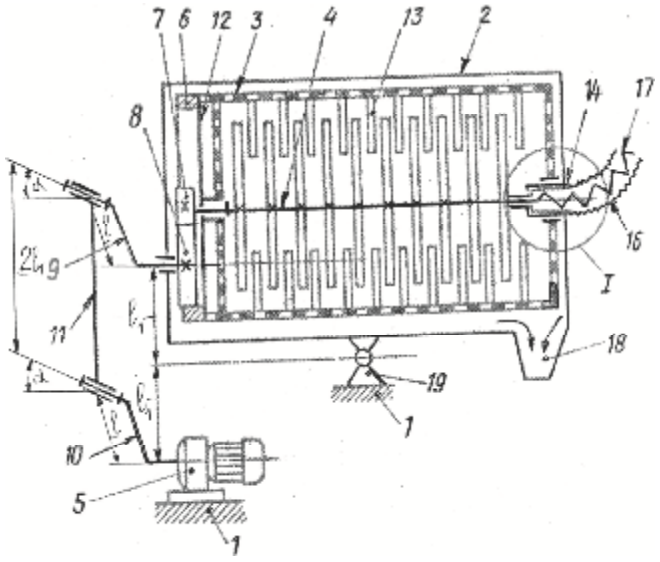


Рис. 1. Схема молотковой мельницы

Перфорированный барабан – 3, установлен в камере – 2, с возможностью вращения и кинематически соединен с ротором – 4 планетарной зубчатой передачей.

Зубчатый венец – 6 передачи укреплен на барабане – 3, центральная шестерня – 7 – на роторе – 4, а промежуточная шестерня – 8 (саттелит) соединена с источником привода – 5 посредством двух кривошипов – 9 и 10. Один из кривошипов – 9 – жестко связан с шестерней – 8, а другой – 10 – закреплен на валу источника привода – 5, кривошипы – 9 и – 10 шарнирно соединены с шатуном – 11.

Планетарная зубчатая передача отделена от внутренней полости камеры – 2 и барабана – 3 перегородкой – 12. На внутренней поверхности перфорированного барабана – 3 закреплены молотки – 13.

Перфорированный барабан – 3 имеет диаметры отверстий, которые должны соответствовать размеру измельчаемых частиц.

У противоположного планетарной зубчатой передаче торца камеры – 2 установлен по оси полый вал – 14 с окнами – 15 (рис. 2). С валом – 14 соединен гофрированный рукав – 16 гибкого шнека – 17, в свою очередь, соединенный с ротором – 4. Камера – 2 имеет разгрузочную воронку – 18. Со станиной – 1 камера – 2 соединена посредством вращательного шарнира – 19.

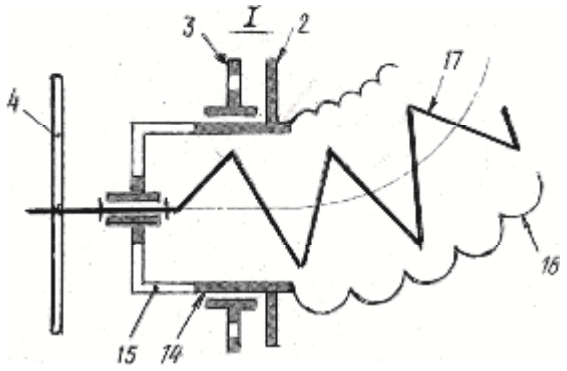


Рис. 2. Схема ввода материала в камеру

Молотковая мельница имеет ряд конструктивных особенностей, отличных от существующих конструкций мельниц. Во-первых, перфорированный барабан – 3 вместе с молотками – 13 имеет вращение относительно камеры – 2, а ротор – 4 с молотками имеет вращение, но в противоположном направлении. Во-вторых, частота вращения ротора – 4 во много раз больше частоты вращения барабана – 3, а поскольку они имеют встречное вращение, скорость удара молотков значительно увеличивается, что способствует интенсификации измельчения материала.

В-третьих, камера – 2 вместе с ротором – 4 и барабаном – 3 имеет возвратно-качательное движение с переменной скоростью относительно станины – 1 с углом качания, равным **4α** (**α –** угол скрещивания геометрических осей шарниров кривошипов).

В-четвертых, барабан – 3 и ротор – 4 с молотками имеют переменную угловую скорость в пределах одного оборота.

В-пятых, параметры передающей передачи состоящей из двух кривошипов – 9, 10 и шатуна – 11 имеют особое расположение геометрических осей их шарниров. Так, кривошипы – 9 и 10 имеют одинаковый угол скрещивания **α** геометрических осей шарниров (скрещивающиеся оси не параллельны и не пересекаются между собой) и кратчайшее расстояние **ℓ** между осями. Геометрические оси валов вращения кривошипов – 9 и 10 расположены на одинаковом расстоянии $\boldsymbol{\ell_1}$ от геометрической оси шарнира – 19 качания камеры – 2 и находятся под прямым углом. У шатуна – 11 геометрические оси шарниров параллельны и расположены на длине $\boldsymbol{2\ell_1}$.

Параметры связаны соотношением:

$$\ell = \ell_1 sin\alpha. \quad (1)$$

Все шарнирные соединения оформлены на стандартных подшипниках качения, которые имеют высокий КПД, порядка 0,99, что свидетельствует о меньших тратах энергии устройством.

Примеры использования других пространственных механизмов в строительных технологиях приведены в статье [8].

Подробные сведения о пространственных механизмах с вращательными шарнирами и их использовании в технике можно получить в монографиях [9, 10].

Молотковая мельница работает следующим образом.

От источника привода – 5 мельницы вращение передается через кривошипы – 9 и 10 и шатун – 11 на шестерню – 8, от нее приводится во вращение перфорированный барабан – 3 и молотковый ротор – 4, причем в противоположных направлениях. Камера – 2 при этом получает колебательное движение относительно станины – 1 на шарнире – 19, а барабан – 3 и ротор – 4 совершают сложное движение: вращательное и колебательное.

Исходный материал подается в перфорированный барабан – 3 по гофрированному рукаву – 16 гибким шнеком – 17 через полый вал – 14 с окнами – 15. В барабане – 3 материал интенсивно измельчается ударами молотков ротора – 4 по молоткам барабана – 3.

Кроме этого, частицы материала разрушаются от колебательного движения камеры – 2 при соударении о торцовые стенки молотков ротора – 4 и молотков барабана – 3. Поскольку барабан – 3 и ротор – 4 с молотками имеют переменную угловую скорость, то на частицы материала действуют дополнительные инерционные воздействия, которые содействуют измельчению материала.

Степень неравномерности вращения ротора и барабана определяется по формуле:

$$d = \pm 0,5\left(\frac{\cos a}{1+\sin a} - \frac{\cos a}{1-\sin a} - \frac{\cos a}{2}\right). \quad (2)$$

Степень неравномерности зависит от значения угла скрещивания геометрических осей шарниров кривошипов и назначается при конструировании мельницы.

Так как барабан с ротором имеют сложное движение: вращательное с разными угловыми скоростями и возвратно-качательное с углом качания β=4α, также переменное, частицы материала имеют сложное турбулентное движение, одновременно получают удары молотков и соударяются о торцовые стенки молотков и барабана под действием дополнительных инерционных воздействий, а также соударяются между собой. В результате многократного ударного воздействия частицы интенсивно разрушаются, активно просеиваются через перфорированный барабан и выводятся через разгрузочную воронку – 18.

Проектирование молотковой мельницы начинают с определения размера камеры – 2, ее диаметра и длины, под потребную производительность измельчения, ориентируясь на размеры существующих известных конструкций молотковых мельниц.

Например, однороторные устройства дробления по ГОСТ 7090-72 имеют размеры (DxL, диаметр, длина): 300х200,400х300, 800х600, 1000х800, 1000х1200, 1300х1600 мм.

Производительность измельчения можно определить по формуле [5]:

$$Q = \frac{kD^2Ln^2}{3600(i-1)}, \quad (3)$$

где κ – опытный коэффициент, зависящий от твердости измельчаемого материала (κ=4,0-6,2);

D – диаметр камеры, м;

L – длина камеры, м;

n – частота вращения ротора, мин$^{-1}$;

i – степень измельчения.

Мощность (кВт), потребляемая устройством приближенно определяется по формуле:

$$N=(0,10\text{-}0,15)\ Q\cdot i. \quad (4)$$

Принимается угол качания β камеры с барабаном и ротором в пределах от 60 до 130^0. далее определяется угол скрещивания α равный α=β/4. Назначается расстояние $2\ell_1$ между геометрическими осями валов вращения кривошипов (то же длина шатуна $2\ell_1$) и определяется кратчайшее расстояние ℓ между геометрическими осями шарниров кривошипов по формуле (1) $\ell = \ell_1 \sin \alpha$.

В зависимости от физико-механических свойств измельчаемых материалов назначается частота вращения ротора и барабана. Различие частот вращения обеспечивается изменением передаточного числа зубчатой передачи и частотой вращения вала источника привода.

Таким образом, предложенное устройство для измельчения материалов имеет существенное преимущество перед существующими молотковыми мельницами в том, что, при измельчении частиц материала, одновременно происходит разрушение ударами молотков, ударами частиц о торцовые стенки барабана и роторов, соударением частиц между собой, перетиранием частиц по поверхностям барабана и роторов при сложном их движении и инерционном дополнительном воздействии от переменного движения барабана, роторов и частиц.

Выводы

1. Предложена молотковая мельница с одновременно вращающимся перфорированным барабаном, ротором с молотками и качающейся камерой, приводимыми в движение от одного источника привода, посредством двух пространственных кривошипов, шатуна и зубчатой передачи с внутренним зацеплением.

2. Кривошипы и шатун имеют особое расположение геометрических осей шарниров, обеспечивающие сложное неравномерное движение роторов и барабана.

3. Кроме измельчения частиц материала ударами молотков ротора, дополнительно происходит инерционное силовое воздействие на частицы, соударение частиц между собой, и о торцовые стенки молотков и перфорированного барабана.

4. При сложном движении перфорированного барабана и инерционном силовом воздействии на частицы измельчаемого материала улучшается сепарация частиц через отверстия и вывод их в приемный бункер.

Список библиографических ссылок

1. Барабашкин В.П. «Молотковые и роторные дробилки». – М.: Недра, 1973. – 142 с.
2. Серго Е.Е. Дробление, измельчение, грохочение полезных ископаемых. – М.: Недра, 1985. – 249 с.
3. Осокин В.П. Молотковые мельницы. – М.: Энергия, 1980. – 176 с.
4. Антипов С.Т., Кретов И.Т. Машины и аппараты пищевых производств. – М.: Высшая школа, 2001. – 703 с.
5. Борщев В.Я. «Оборудование для измельчения материалов: дробилки и мельницы». – Тамбов: Издательство Тамбовского Государственного Технического Университета, 2004. – 112 с.
6. Андреев Е.Е., Тихонов О.Н. Дробление, измельчение и подготовка сырья к обогащению. – СПб.: СПГГИ, 2007. – 439 с.
7. Авт. св. №1502089 СССР. П.Г. Мудров, А.Г. Мудров, И.Ю. Портнов. МПК В 02С 13/02. Заявлено 10.08.1987, опубликовано 23.08.1989, Б.И. № 31.
8. Мудров А.Г. Использование пространственных механизмов в строительной технике. // Механизация строительства, № 8, 2015. – С. 27-29.
9. Мудров А.Г. Пространственные механизмы с особой структурой. – Казань: РИЦ «Школа», 2003. – 300 с.
10. Мудров А.Г. Пространственные механизмы с особой структурой (Исследование). – Казань: РИЦ «Школа», 2004. – 180 с.

Mudrov A.G. – doctor of technical sciences, professor
E-mail: Alexmudrov42@rambler.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Hammer mill

Resume

Shredding material is widely used in many fields of engineering and technology. And depending on the particle size of the final product of this process to use different machines – crushers and grinders. The most common crusher and mill one and two-rotor with rigidly or hinged on them with hammers.

The offered hammer mill in which in addition to the rotational motion of a rotor with hammer rotates further perforated drum, and the speed of rotation of the drum and rotor are different and have opposite rotation, thus achieving high speed impact of hammers. By means of two cranks, connecting rod and gears with internal gear drum and a rotor with hammers have a reciprocating rocking motion. This combination of movements of the rotor and the drum substantially intensified the process of grinding pieces of material, the separation and withdrawal of the hopper, as also on the particle are the inertia force. From one drive source a rotational movement is getting perforated drum, rotor with hammers, and reciprocating rocking motion of the camera with the drum and the rotor.

Keywords: hammer mill, perforated drum, rotor, hammers, cranks, connecting rod grinding.

Reference list

1. Barabaskin V.P. Hammer and rotary crushers. – M.: Nedra, 1973. – 142 p.
2. Sergo E.E. Crushing, grinding, screening minerals. – M.: Nedra, 1985. – 249 p.
3. Osokin V.P. Hammer mills. – M.: Energy, 1980. – 176 p.
4. Antipov S.T. Kretov I.T. Machines and equipment for food production. – M.: Higher school, 2001. – 703 p.
5. Borschev V.Y. Equipment for crushing of materials crusher and mills. – Tambov: Publishing House of Tambov State Technical University, 2004. – 112 p.
6. Andreev E.E., Tikhonov O.N. Crushing, grinding and preparation of raw materials for enrichment. – SPb.: SPGGI, 2007. – 439 p.
7. Ed. SV. № 1502089 of the USSR. P.G. Mudrov, A.G. Mudrov, J.Y. Portnov. IPC 02C 13/02. Stated 10.08.1987 published 23.08.1989, B.I. № 31.
8. Mudrov A.G. The use of spatial mechanisms in construction machinery. // Mekhanizatsiya Stroitel'stva, № 8, 2015. – P. 27-29.
9. Mudrov A.G. Spatial mechanisms with a special structure. – Kazan: RIC «School», 2003. – 300 p.
10. Mudrov A.G. Spatial mechanisms with a special structure (Study). – Kazan: RIC «School», 2004. – 180 p.

УДК 691:624.138
Буланов П.Е. – ассистент
E-mail: f_lays@mail.ru
Асанбаев Р.Б. – студент
E-mail: sizetime@mail.ru
Хайруллин И.И. – студент
E-mail: khairullin.ilnaz@yandex.ru
Валеева Г.Р. – студент
E-mail: m.a.d_d.o.g@bk.ru
Репенко Д.А. – студент
Вдовин Е.А. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: vdovin007@mail.ru
Мавлиев Л.Ф. – кандидат технических наук, старший преподаватель
E-mail: lenarmavliev@yandex.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

К вопросу о применении цементогрунта в дорожном строительстве

Аннотация

Проведен анализ отечественной и зарубежной литературы в области получения и применения цементогрунта – дорожно-строительного материала на основе грунта и портландцемента. Рассмотрены возможности получения и применения цементогрунта, предъявляемые к нему требования, а также влияние технологических факторов на качественные характеристики получаемого материала. Определено, что попеременное замораживание и оттаивание имеют наиболее разрушительное действие на цементогрунтовые слои конструкций дорожных одежд.

Ключевые слова: грунт, цементогрунт, прочность, морозостойкость, технологические факторы.

Вопросам укрепления грунтов посвящены работы многих отечественных и зарубежных ученых – В.М. Безрука, Ю.М. Васильева, Л.В. Гончаровой, В.М. Кнатько, В.А. Кельмана, В.В. Охотина, П.А. Ребиндера, М.М. Филатова, C.W. Correns, C.S. Dunn, J. Hashimoto, J.K. Mitchell, G.H. Hilt, D.T. Davidson, J.G. Laguros, T.W. Lambe, R.C. Mainfort и др. Разработка эффективных материалов для дорожных одежд на основе местных укрепленных грунтов с использованием различных вяжущих и модифицирующих добавок является одним из перспективных направлений исследований в дорожном строительстве.

В районах с отсутствием запасов прочных каменных материалов, применение укрепленных грунтов, особенно в сельской местности, становиться одной из возможностей удешевления стоимости строительства, сбережения энергии, ресурсов и времени. При этом под укреплением понимают совокупность мероприятий, обеспечивающих в конечном итоге коренное изменение структуры и свойств укрепляемых грунтов, с приданием требуемых физико-механических характеристик.

Одним из наиболее эффективных, дешевых и универсальных методов укрепления считается применение цемента. Введение цемента придает грунтам требуемые строительно-технические свойства, как и в других цементосодержащих материалах. За рубежом использование цемента для укрепления грунтов также нашло развитие и считается одним из методов удешевления строительства автомобильных дорог. В свою очередь применение цементогрунта в конструкции дорожной одежды оказывает положительное влияние на улучшение водно-теплового режима земляного полотна и снижение колееобразования.

В Российской Федерации существует технология стабилизации и технология укрепления грунтов. В первом случае, в грунт вводятся добавки или небольшое количество вяжущего (до 2 % от массы грунта) для придания грунтам улучшенных

водно-физических свойств – гидрофобности, пониженной оптимальной влажности, повышенной максимальной плотности и т.д. Во втором случае, в грунт вводится большее количество вяжущего, с добавками или без них, для создания дорожно-строительного материала с регламентируемыми нормативной литературой физико-механическими свойствами – цементогрунта. За рубежом также существует аналогичное деление, однако вместо «укрепление» применяется термин «стабилизация» вне зависимости от преследуемых целей. При этом грунт, стабилизированный большим количеством цемента, также называется «цементогрунтом», а грунты с малым содержанием цемента, не придающего требуемой прочности – «цементомодифицированным материалом».

Известно, что при укреплении грунтов цемент выступает как структурообразователь и является основным компонентом смеси, обеспечивающим создание кристаллизационной структуры жесткого каркаса укрепляемого грунта. При формировании этой структуры происходит коренное, качественное изменение природных свойств грунта. Однако, наличие глинисто-коллоидной фракции вызывает трудности при обработке грунтов вяжущими, так как присутствие указанных частиц является носителем коагуляционных связей, что требует больших дозировок вяжущих для изменения строительно-технических свойств грунтов. Наличие коагуляционных контактов придает структуре большую эластичность, но меньшую механическую прочность [1, 2]. Грунты с высоким содержанием глинистых частиц тяжело поддаются укреплению из-за склонности к комкообразованию [3, 4]. Введение в грунт цемента приводит к значительному уменьшению количества макропор за счет заполнения продуктами гидратации пространства между грунтовыми агрегатами, что в свою очередь приводит к уменьшению проницаемости материала [5]. В ряде работ отмечено, что повышение качества цементогрунтов может быть достигнуто путем введения в грунт, помимо вяжущего, различных гранулометрических добавок. Регулированием гранулометрического состава, т.е. количества пылевато-глинистых и песчаных частиц, возможно, целенаправленно изменять строительно-технические характеристики укрепленных грунтов, применяемых для строительства автомобильных дорог.

Одни из первых в России опытов по укреплению грунтов цементом проведены в Ленинграде в начале XX века. Первый нормативный документ по укреплению грунтов разработан на основе многолетних исследований В.М. Безрука. С середины XX века разрабатывались новые комплексные методы укрепления грунтов, предусматривающие модификацию цементогрунтов различными добавками [1, 6, 7]. Помимо этого, ранее учеными велись исследования по улучшению и укреплению грунтов отходами промышленности и различными веществами, которые в дальнейшем нашли более широкое применение при комплексном укреплении грунтов [8].

За рубежом использование цементогрунтов началось также в первой половине XX века. В США из цементогрунтов строились просёлочные дорог. В середине XX века методы укрепления грунтов получили распространение и в европейских странах.

В работах Department for International Development (Великобритания) и Department of Public Works and Highways (Филиппины) описана область возможного применения цементогрунтов в конструкциях дорожных одежд. Так, рекомендованная минимальная прочность составляет 2,5 МПа, а для замены подстилающего слоя требуется достижение прочности не менее 4,0 МПа [9]. Отмечено, что из всех вяжущих для укрепления наиболее целесообразным является использование портландцемента, а различные добавки и отходы промышленности следует применять для сокращения расхода вяжущего и улучшения свойств цементогрунта. При этом каждый дополнительный 1 % цемента будет обеспечивать повышение прочности на 0,5-1,0 МПа. Долговечность цементогрунта предлагается характеризовать прочностью после водонасыщения и морозостойкостью.

В AASHTO для укрепления глинистых грунтов рекомендуется расход 7-10 % цемента от массы грунта, ASTM D558 – 10-13 %, ASTM D559 и D560 – 8-15 %. При этом для глинистых грунтов прочность в 28-суточном возрасте в водонасыщенном состоянии должна быть не менее 1,72-4,14 МПа. В ГОСТ 23558 минимальная прочность цементогрунта составляет не менее 1,0 МПа для дополнительных слоев основания, и не менее 4,0 МПа для несущих слоев основания и покрытий. Согласно «Руководству по подбору и приготовлению нерудных материалов и грунтов, обработанных

неорганическими вяжущими, для дорожного строительства», при использовании глинистых грунтов ориентировочный расход рекомендуется от 4-7 % для нижнего слоя основания и 8-12 % для верхнего слоя основания или покрытия.

Известно, что условия твердения цемента в смеси с грунтом отличаются от условий твердения в бетоне с чистыми минеральными заполнителями, т.к. выделяющиеся при гидратации цемента ионы кальция активно поглощаются частицами грунта [1]. Основные минералы грунта проявляют максимальную адсорбционную способность в первые 4-8 суток. Глинистые минералы и пылеватые частицы из основных минеральных образований (полевые шпаты, кварц, кальцит) активно адсорбируют гидроксид кальция в первые 5 суток твердения, после чего процесс плавно затухает [10].

На рисунке представлена зависимость прочности цементогрунта от содержания цемента и гранулометрического состава грунта по данным American Concrete Institute. Нижний график соответствует прочности цементогрунта с мелкими частицами (глинистый грунт), верхние – цементогрунта с большими размерами частиц (песчаные, скальные). При этом из графика видно, что прочность материала на глинистом грунте соответствует закономерности $I_c=40^*C$ (I_c – прочность на сжатие, C – содержание цемента).

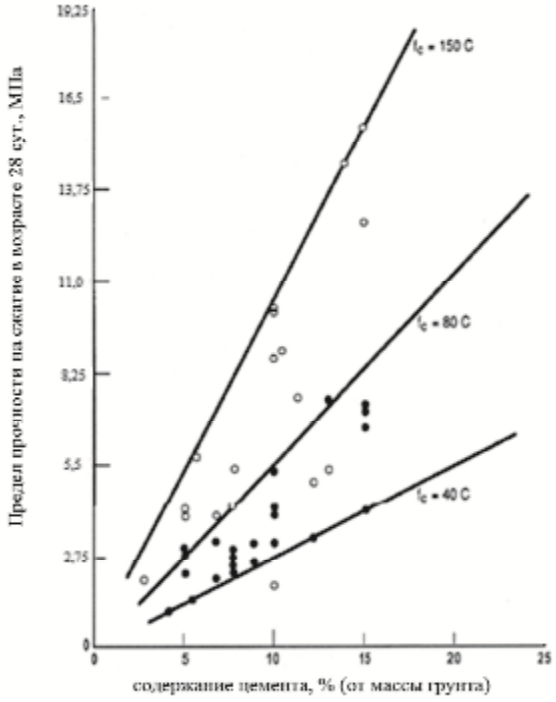


Рис. Зависимость прочности цементогрунта
от содержания цемента и гранулометрического состава грунта

Анализ рисунка показывает линейный характер изменения прочности цементогрунта от содержания цемента. Наибольший прирост прочности материала в 28-суточном возрасте достигается при увеличении дозировки цемента и увеличении крупности заполнителя. В глинистых грунтах наблюдается меньшая зависимость прочности от расхода цемента в сравнении с песчаными и скальными. Следовательно, при укреплении глинистых разновидностей грунтов для достижения высоких показателей по прочности требуется модификация смесей с помощью различных химических добавок.

Также на строительно-технические характеристики цементогрунта значительное влияние оказывают технологические факторы. M.S. Abrams, E.J. Felt, В.М. Безрук, В.М. Могилевич выделили расход цемента, продолжительность технологического процесса, физический и химический состав грунта, количество воды, достигаемая плотность и возраст материала в качестве основных технологических факторов. Исследованиям физического и химического состава грунтов посвящены работы M.D. Catton, M.S. Abrams, H.F. Winterkorn, E.J. Felt, R.E. Fohrman, H.J. Gibbs, L.D. Hicks, W.S. Housel, В.В. Охотина,

В.М. Безрука. Особенности процесса измельчения грунтов, отрицательное влияние увеличения грунтовых агрегатов на физико-механические свойства цементогрунта рассмотрены В.Б. Пермяковым, В.П. Никитиным, Е.И. Путилиным, В.Н. Шестаковым. Зависимость между количеством цемента и прочностью на сжатие изучали E.J. Felt, M.D. Catton, M.S. Abrams, В.М. Безрук. Достаточность оптимальной влажности цементогрунта для гидратации цемента определена в работах D.T. Davidson, E.J. Felt, M.D. Catton, G.R. Lightsey. Отрицательное влияние увеличения периода времени до уплотнения на строительно-технические характеристики цементогрунта доказано E.J. Felt, F. Saifan, A. Arman, О.В. Тюменцевой, В.Б. Пермяковым. Возможность увеличения прочности при повышении плотности подтверждено C.W. Lovell, E.J. Felt, A.M. Osborne, В.П. Никитиным, В.М. Могилевичем, В.Б. Пермяковым, О.В. Тюменцевой, Р.П. Щербаковым.

Укрепленные цементом грунты допускается применять для устройства покрытий со слоем износа или оснований дорожных одежд. При этом под действием подвижной нагрузки в цементогрунтовом слое возникают напряжения сжатия и растяжения при изгибе, которые по величине меньше соответствующих пределов сопротивления цементогрунта и, следовательно, не могут быть основной причиной его разрушения [6]. На цементогрунт в дорожной одежде, кроме подвижной нагрузки, воздействуют также климатические факторы. Введение менее 10 % портландцемента в состав грунта не обеспечивает материалу требуемую длительную стойкость от воздействия природно-климатических факторов [11].

Под агрессивным воздействием внешней среды структура и свойства цементогрунта изменяются, в результате снижается его прочность и изготовленные из него конструкции разрушаются. Повысить стойкость цементогрунта к агрессивным средам можно введением в его состав различных добавок.

Наибольшее отрицательное влияние оказывают периодические изменения температуры и вызываемое ими изменение фазового состояния воды [1, 12, 13, 14]. Многократные переменные замораживания и оттаивания цементогрунта в водонасыщенном состоянии увеличивают число внутренних трещин, углубляют и расширяют их. При этом происходит накопление остаточных деформаций, постепенно разуплотняется монолитная структура цементогрунта и его прочностные свойства снижаются [6].

Таким образом, цементогрунт является одним из эффективных и экономичных материалов применяемых для строительства автомобильных дорог. Однако, как показали исследования, грунт даже при обработке его портландцементом, значительно теряет свою прочность уже на первых циклах замораживания-оттаивания. Для повышения строительно-технологических характеристик цементогрунта, а также более активного его применения в дорожном строительстве, перспективно проведение дальнейших исследований в области модификации материала различными добавками.

Список библиографических ссылок

1. Безрук В.М. Укрепление грунтов в дорожном и аэродромном строительстве. – М.: Транспорт, 1971. – 247 с.
2. Кострико М.Т. Вопросы гидрофобизации грунтов. – Л.: ВАТТ, 1957 – 91 с.
3. Bone B.D. Review of scientific literature on the use of stabilisation/solidification for the treatment of contaminated soil, solid waste and sludges. – UK: Environment Agency, 2004. – 343 p.
4. Soil Stabilization for Pavements. – USA: Joint Departments of the Army and Air Force USA, 1994. – P. 2-1.
5. Sasanian S. The behavior of cement stabilized clay at high water contents // A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy. – Ontario: The School of Graduate and Postdoctoral Studies The University of Western Ontario. – London, 2011. – 82 p.
6. Могилевич В.М., Щербакова Р.П., Тюменцева О.В. Дорожные одежды из цементогрунта. – М.: Транспорт, 1972. – 215 с.

7. Славуцкий А.К. Автомобильные дороги: Одежды из местных материалов. – М.: Транспорт, 1987. – 255 с.
8. Марков Л.А. и др. Улучшение свойств грунтов поверхностно-активными и структурообразующими веществами. – М.: Автотрансиздат, 1963. – 176 с.
9. Croney D., Croney P. The Design and Performance of Road Pavements. 3rd Edition. – USA: McGraw-Hill, 1997. – 528 p.
10. Фоменко Е.А. Ольгинский А.Г. Определяющая роль процессов контактообразования в формировании свойств укрепленных грунтов // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета, 2006, № 34-35. – С. 43-45.
11. Cecilioacosta V. Durabilidad de ladrillos prensados de suelo-cemento // Materiales de construccion, 2001, № 262. – P. 15-21.
12. Шейнин А.М. Цементобетон для дорожных и аэродромных покрытий. – М.: Транспорт, 1991. – 151 с.
13. Laguros J.G. Davidson D.T. Effect of Chemicals on Soil-Cement Stabilization // Highway Research Record, 1963, № 36. – P. 172-203.
14. Власов О.Е. Долговечность ограждающих конструкций (физические основы). – М.: Стройиздат, 1963. – 115 с.

Bulanov P.E. – assistant
E-mail: f_lays@mail.ru
Asanbaev R.B. – student
E-mail: sizetime@mail.ru
Khairullin I.I. – student
E-mail: khairullin.ilnaz@yandex.ru
Valeeva G.R. – student
E-mail: m.a.d_d.o.g@bk.ru
Repenko D.A. – student
Vdovin E.A. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: vdovin007@mail.ru
Mavliev L.F. – candidate of technical sciences, senior lecturer
E-mail: lenarmavliev@yandex.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

General information on the use and application of road building materials on the basis of soil and Portland cement

Resume

The development of effective materials for the structural layers of pavements based on local strengthened soils by using of different binders and additives is one of the promising areas of road construction research. Strengthened soil-cements are used as the blanket with a wear layer or base of the road pavement. The analysis of domestic and foreign literature in the field of production and application of road building materials based on a soil and Portland cement is shown in the article. Possibilities of production and application of soil-cement, and the influence of technological factors on the quality characteristics of the resulting material are described. It is determined that the rotating of freezing and thawing processes have the most devastating effect on soil-cement layers of road structures. The modification of the soil-cement by various additives can improve the frost resistance and strength properties and will promote to the more active application of its in road construction.

Keywords: soil, soil-cement, strength, frost resistance, technological factors.

Reference list

1. Bezruk V.M. Strengthening of soils in road and airfield construction. – M.: Transport, 1971. – 247 p.
2. Kostriko M.T. Issues of water repellent soils. – L.: VATT, 1957. – 91 p.
3. Bone B.D. Review of scientific literature on the use of stabilisation/solidification for the treatment of contaminated soil, solid waste and sludges. UK: Environment Agency, 2004. – 343 p.
4. Soil Stabilization for Pavements. USA: Joint Departments of the Army and Air Force USA, 1994. – P. 2-1.
5. Sasanian S. The behavior of cement stabilized clay at high water contents // A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy. – Ontario: The School of Graduate and Postdoctoral Studies The University of Western Ontario. – London: 2011. – 82 p.
6. Mogilevich V.M., Scherbakova R.P., Tyumentseva O.V. Pavement of soil-cement. – M.: Transport, 1972. – 215 p.
7. Slavutsky A.K. Roads: Clothing of local materials. – M.: Transport, 1987. – 255 p.
8. Markov L.A. and oth. Improvement of soil properties of surface-active and structure-forming substances. – M.: Avtotransizdat, 1963. – 176 p.
9. Croney D., Croney P. The Design and Performance of Road Pavements. 3rd Edition. – USA: McGraw-Hill, 1997. – 528 p.
10. Fomenko E.A., Olginsky A.G. The determining role of the processes of formation of contacts in the formation of the properties of reinforced soils // Vestnik Kharkovskogo natsyonalnogo avtomobilno-dorojnogo universiteta, 2006, № 34-35. – P. 43-45.
11. Cecilioacosta V. Durabilidad de ladrillos prensados de suelo-cemento // Materiales de construccion, 2001, № 262. – P. 15-21.
12. Sheynin A.M. Cement concrete for road and airfield pavements. – M.: Transport, 1991. – 151 p.
13. Laguros J.G. Davidson D.T. Effect of Chemicals on Soil-Cement Stabilization // Highway Research Record, 1963, № 36. – P. 172-203.
14. Vlasov O.E. Durability of building envelopes (the physical basis). – M.: Stroyizdat, 1963. – 115 p.

УДК 629.1.02
Сахапов Р.Л. − доктор технических наук, профессор
E-mail: rustem@sakhapov.ru
Махмутов М.М. − кандидат технических наук, ст. преподаватель
E-mail: maratmax@yandex.ru
Земдиханов М.М. − кандидат технических наук, доцент
E-mail: mr.minsur@yandex.ru
Фазылов М.А. – студент
E-mail: marik.fazilov@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Расчет устройства для демаркировки дорожной разметки

Аннотация

В данной статье предлагается устройство для демаркировки дорожной разметки гидродинамическим методом. Решается так же проблема рекультивации воды. Вода имеет замкнутый цикл, и расход её минимизируется. Применяемый натуральный наждак из-за того что в своем составе имеет 60 % оксида железа намагничивается. Используя это можно свести потери абразива в процессе работы до ноля. Приведен расчёт скорости движения демаркировщика для эффективной работы, учитывая обороты кавитационных сопел, а так же длину разрушения разметки за один проход сопел.

Ключевые слова: демаркировщик, дорожная разметка, гидроабразив, оксид железа, кавитация.

В данной работе предлагается устройство для демаркировки дорожной разметки гидродинамическим методом с применением гидроабразивных технологий [1].

Данное устройство (рис. 1) состоит из основных частей. В качестве абразива используется натуральный наждак природный минерал, состоит из: корунда и магнетита – черного магнитного оксида железа Fe_3O_4 [2].

В демаркировщике применяются сопла для гидроабразивной обработки с большой износостойкостью [3]. С использованием этих сопел можно уменьшить давление струи воды для очистки дорог и аэродромов [4, 5].

Решается так же проблема рекультивации воды. Вода имеет замкнутый цикл, и расход её минимизируется. Натуральный наждак из-за того что в своем составе имеет 60 % оксида железа намагничивается. Используя это можно свести потери абразива в процессе работы до ноля.

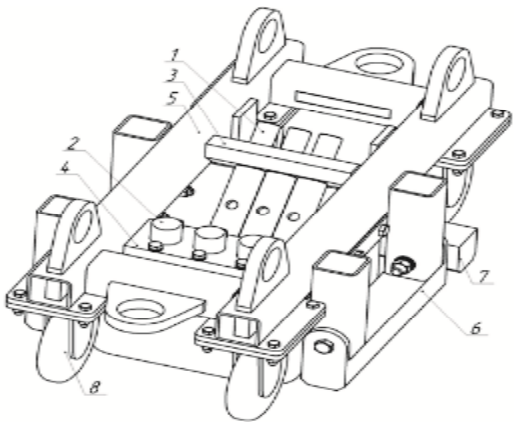


Рис. 1. Устройство демаркировщика:
1 – сопло; 2 – откачка; 3 – крепление сопла; 4 – крепление откачки; 5 – рама;
6 – магнит боковой; 7 – магнит задний; 8 – колесо

За счет разных технологических решений, стоимость конструкции её обслуживание и эксплуатация удешевляется, в этом мы и получим положительный экономический эффект. Так как можно будет выполнять такое же количество работы но с меньшими затратами, не уступая качеством.

Рассмотрим работу гидроабразивного демаркировщика поэтапно. На рис. 2 показан демаркировщик в изометрии и разрезе для наглядности.

Вода поступает на сопло под определенным давлением. Для примера возьмем машину ДКТ 280. Создаваемое давление подводящее к насадку 250 МПа. Давление 250 МПа при гидроабразивном методе вполне приемлема для удаление разметки с асфальта.

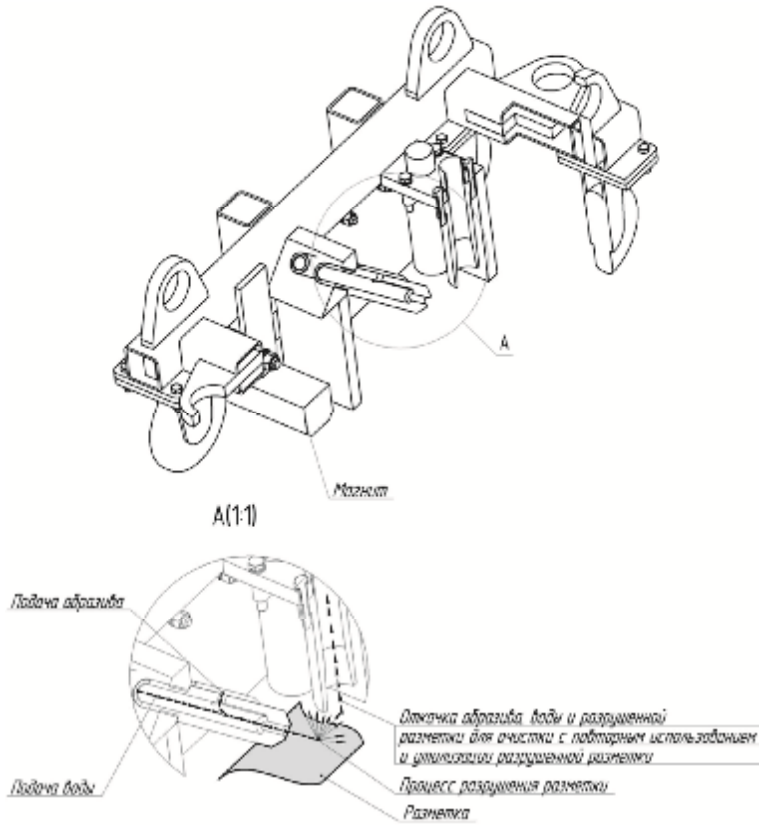


Рис. 2. Общий вид демаркировщика в разрезе

На рисунке видно, что у демаркировщика 3 сопла. Каждый из них удаляет 50 мм разметки. Для примера демаркировки была выбрана разметка шириной 150 мм. Дорожная разметка имеют стандартные размеры по ГОСТ 51256-2011.

В сопле есть отверстие с резьбой для присоединения шланга с абразивом. Абразив в сопло поступает так же под давлением [6]. В сопле имеется выемка по всей длине, чтобы абразив не выталкивался обратно под действием воды. На рис. 2 видно, что вода, смешиваясь с абразивом, начинает демаркировать асфальт.

Вода с абразивом, разрушив разметку, всасывается через трубы откачки для очистки воды от грязи и абразива. Накладка из полимерного материала не позволяет воде утекать за пределы обрабатываемой зоны. Если абразив, по каким-либо причинам, не попадет в трубы откачки, он осядет на асфальте. Что бы этого не случилось в конце и по бокам демакировщика установлены магниты [7].

Расчёт скорости движения демаркировщика для эффективной работы будем производить, учитывая обороты кавитационных сопел, а так же длину разрушения разметки за один проход сопел.

Для расчёта примем, что будет производиться демаркировка самых распространенных горизонтальных разметок 1.1 и 1.5 (рис. 3), ширина линий 15 см по ГОСТ 51256-2011.

а) б)

Рис. 3. Горизонтальная разметка 1.1 (а) и 1.5 (б)

С экспериментальными исследованиями ООО «Спецстрой» выявлено, что за один проход сопел линии 1.1 удаляется в среднем 50 мм линии. Количество сопел равно n=3, значит, длина демаркируемая за один оборот сопел $L_{дем}$ рассчитывается по формуле (1):

$$L_{дем.} = Y \cdot n, \quad (1)$$

где Y – демаркировка с одним соплом,
n – количество сопел.

Следовательно, за один оборот сопел демаркируется 200 мм линии 1.1.

За одну минуту работы демаркируемая поверхность линии 1.1 будет рассчитываться по формуле (2):

$$L_{дем.за\ 1\ мин} = N \cdot L_{дем\ за\ 1\ об}, \quad (2)$$

где N – количество оборотов сопел за 1 минуту равно 65.
$L_{дем\ за\ 1\ об}$ – демаркируемая линия за один оборот сопел.

Следовательно $L_{дем.за\ 1\ мин}$ = 13000 мм = 13 м.

За один час работы демаркировщика демаркируется 780 мм линии горизонтальной разметки 1.1.

Учитывая, что почти все дорожные работы ведутся ночью и продолжительность смены равна 10 часов, можно сказать, что за смену демаркировщик может удалить горизонтальную разметку 1.1 длинной 7000 м. Горизонтальную разметку 1.5 за смену можно удалить за смену в три раза больше чем линию 1.1. Следовательно, горизонтальную разметку за 10 часовую смену можно демаркировать около 21000 м.

Поскольку цикл воды частично замкнутый встает вопрос об очистке воды поступившего с демаркировщика. На рис. 4 показана разработка, которая служит для очистки воды.

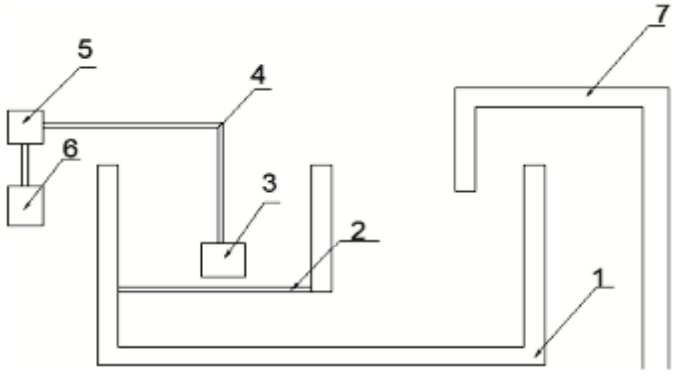


Рис. 4. Схема очистки воды:
1 – цистерна для грязной воды; 2 – сетка (сито 10 мм); 3 – забор воды; 4 – шланг;
5 – фильтр грубой очистки воды, Honeywell FK06 AAM, 100 мкм;
6 – фильтр тонкой очистки, Гейзер Тайфун 10 ВВ, 50 мкм;
7 – шланг для слива воды с демаркировщика

Предлагается очистка воды в 4 стадиях.

Вода, поступившая в цистерну, из шланга 7, отстаивается, крупные фракции грязи остаются внизу цистерны 1, перед забором воды 3, стоит сетка 2, имеющее отверстие 10 мм, после чего вода поступает по шлангам 4, в фильтр грубой очистки воды 5. После грубой очистки, вода поступает в фильтр тонкой очистки воды 6. После системы фильтрации вода поступает к водозаборной цистерне для дальнейшего использования. Все грубые частицы оставшиеся внизу очистной цистерны необходимо после каждой смены утилизировать.

Кавитация процесс парообразования и последующей конденсации пузырьков пара в потоке жидкости, сопровождающийся шумом и гидравлическими ударами, образование в жидкости полостей (кавитационных пузырьков, или каверн), заполненных паром самой жидкости, в которой возникает. Кавитация возникает в результате местного понижения давления в жидкости, которое может происходить либо при увеличении её скорости (гидродинамическая кавитация), либо при прохождении акустической волны большой интенсивности во время полупериода разрежения (акустическая кавитация), существуют и другие причины возникновения эффекта. Перемещаясь с потоком в область с более высоким давлением или во время полупериода сжатия, кавитационный пузырёк схлопывается, излучая при этом ударную волну.

Явление кавитации носит локальный характер и возникает только там, где есть условия. Перемещаться в среде возникновения не может. Кавитация разрушает поверхность гребных винтов, гидротурбин, акустических излучателей и др. Кавитация также приносит пользу – ее применяют в промышленности, медицине, военной технике и других смежных областях.

Рассмотрим технологию снятия дорожной разметки методом гидродинамической демаркировки с использованием кавитации [8]. Преимущества данной технологии аналогичны гидро-пескоструйным демаркировщикам. Это уменьшение давление воды, для снятия разметки до 200-250 МПа. Применение гидродинамического демаркировщика с использованием кавитации решает проблему с качеством выполняемых работ. Так же при применении различных видов сопел можно уменьшить давление для разрушения термопластика, что приведет к удешевлению самой конструкции.

Так же данная система системы демаркировки легко адаптируется под решение других задач. Таких как, к примеру, очистки взлетно-посадочных полос на аэродромах. При посадке самолета, вследствие больших сил трения между резиной колеса и асфальтобетонном, поверхность покрытия взлетно-посадочных полос нарушается. На нем остаются следы сгоревшей резины. Вследствие неровности поверхности самолет воспринимает дополнительные нагрузки – вибрацию.

Выводы

В качестве абразива применяется натуральный наждак. Натуральный наждак из-за того что в своем составе имеет 60 % оксида железа намагничивается. Используя это, сводим потери абразива в процессе работы до ноля.

За счет применения абразива в нашей конструкции, стоимость конструкции её обслуживание и эксплуатация удешевляется, мы получаем положительный экономический эффект. Так как можно будет выполнять такое же количество работы но с меньшими затратами, не уступая качеством.

Список библиографических ссылок

1. Габдуллин Т.Р. Разработка демаркировщика с гидродинамическим рабочим органом кавитационного типа // Известия КГАСУ, 2014, № 4 (30). – С. 464-469.
2. Брехман А.И., Сахапов Р.Л., Абсалямова С.Г. Инновационная модель интеграции образования и бизнеса в дорожно-строительной отрасли // Наука и техника в дорожной отрасли, 2014, № 3. – С. 39-41.
3. Махмутов М.М. Оптимизация параметров конусности стойки устройства противоскольжения // Тракторы и сельхозмашины, 2013, № 6. − С. 31-33.
4. Махмутов М.М. Повышение функциональных качеств колесных движителей с устройствами противоскольжения. – Казань: Изд-во КГУ, 2006. – 160 с.
5. Сахапов Р.Л., Махмутов М.М. Влияние исследуемых факторов на мощность фрезерования // Известия Самарского научного центра РАН, том 17, 2015, № 2 (4). – С. 896-899.
6. Сахапов Р.Л., Махмутов М.М. О качестве уплотнения грунтов земляного полотна // Известия КГАСУ, 2015, № 2 (32). – С. 289-294.

7. Славкин В.И., Гаджиев П.И., Махмутов М.М., Makhmutov M.M. Тяговые показатели колесных МТА кл. 1,4 со съемными зацепами в условиях пашни // Тракторы и сельхозмашины, 2012, № 3. – С. 21-23.
8. Фирсов М.М., Махмутов М.М., Makhmutov M.M., Славкин В.И. Обеспечение рационального буксования колесного движителя // Тракторы и сельхозмашины, 2015, № 6. – С. 14-16.

Sakhapov R.L. – doctor of technical science, professor
E-mail: rustem@sakhapov.ru
Makhmutov M.M. – candidate of technical science, senior lecturer
E-mail: maratmax@yandex.ru
Zemdikhanov M.M. − candidate of technical science, associate professor
E-mail: mr.minsur@yandex.ru
Fazilov M.A. – student
E-mail: marik.fazilov@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

A calculation device for road demarker

Resume

In this article we proposed a device for demarker road marking hydrodynamic method. Also solves the problem of reclamation of water. Water is a vicious cycle, and its consumption is minimized. Natural emery is used that consists of 60 % iron oxide is magnetized. Using this you can reduce the loss of abrasive material in the process of working to zero. The calculation of the velocity of demarker for effective work will produce a given speed cavitating nozzle, as well as the length of the destruction of the markup in one pass of the nozzles.

Due to the different technology solutions, the construction cost of its maintenance and operation reduces the cost, and in this we get a positive economic effect. Since it will be possible to perform the same amount of work but with less, not inferior quality. Using different types of nozzles can reduce the pressure to break the thermoplastic, which will reduce the cost of the design.

Keywords: demarker, road markings, hydroabrasive, iron oxide, cavitation.

Reference list

1. Gabdullin T.R. Development of demarker with work on hydrodynamic cavitation // Izvestiya KGASU, 2014, № 4 (30). – P. 464-469.
2. Brehman A.I., Sakhapov R.L., Absalamova C.G. Innovation model of integration science and business in road-building industry // Nauka i technica v doroshno-stroitelnoy otrasli, 2014, № 3. – P. 39-41.
3. Makhmutov M.M. Optimization of taper set device parameters stand-skid // Tractori i chelhozmashiny, 2013, № 6. − P. 31-33.
4. Makhmutov M.M. Improvement of the functional qualities of the wheel mover with anti-skid devices. – Kazan: Izd-vo KSU, 2006. – 160 p.
5. Sakhapov R.L., Makhmutov M.M. Influence of the studied factors on milling power // Izvestiya Samarskogo nauchnogo chentra RAN, 2015, vol. 17, № 2 (4). – P. 896-899.
6. Sakhapov R.L., Makhmutov M.M. The quality of compaction of subgrade // Izvestiya KGASU, 2015, № 2 (32). – P. 289-294.
7. Slavkin V.I., Gadzhiyev P.I., Makhmutov M.M., Makhmutov M.M. Traction wheel indicators ITA class 1,4 with removable claws in terms of arable land // Tractori i chelhozmachiny, 2012, № 3. – P. 21-23.
8. Firsov M.M., Makhmutov M.M., Makhmutov M.M., Slavkin V.I. rational slipping wheel mover // Tractori i chelhozmachiny, 2015, № 6. – P. 14-16.

УДК 624.04
Серазутдинов М.Н. – доктор физико-математических наук, профессор
E-mail: serazmn@mail.ru
Убайдуллоев М.Н. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: madgidpwn@rambler.ru
Казанский национальный исследовательский технологический университет
Адрес организации: 420015, Россия, г. Казань, ул. К. Маркса, д. 68
Низамеев В.Г. – кандидат физико-математических наук, доцент
E-mail: kisi@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Расчет нагруженных конструкций, усиливаемых способами увеличения сечения и изменения расчетной схемы

Аннотация

В данной статье излагается вариационный метод определения напряженно-деформированного состояния стержневых конструкций усиленных способами увеличения геометрических размеров сечения элементов и изменения расчетной и конструктивной схемы конструкции. Исследуются вопросы влияния введения новых или удаления некоторых существующих конструктивных элементов, изменяющих расчетную схему усиливаемой конструкции, последовательности выполнения этапов усиления на напряженно-деформированное состояние усиливаемых стержневых систем при упругопластических деформациях.

Ключевые слова: стержневые конструкции, усиление, ремонтные напряжения, вариационный метод, упруго-пластические деформации.

При реконструкции старых зданий часто приходится увеличивать свободное пространство помещений, максимально используя при этом существующие конструкции, что вызывает необходимость их усиления [1, 2]. Необходимость усиления также возникает из-за износа и повреждений элементов эксплуатируемых сооружений.

Вопросам определения несущей способности усиливаемых конструкций посвящены работы авторов публикаций [3-13].

Как известно [3, 4, 5], усиление и ремонт многих эксплуатируемых сооружений выполняются в напряженном состоянии. В монографии [3] и в методических указаниях [4] излагается методика определения несущей способности конструкций, усиленных способом увеличения размеров сечения элементов. Однако, описанная в данных работах методика расчета, применимо только для статически определимых конструкций, имеющих простые прямоугольные формы сечения. Также описанная в этих литературах методика не учитывает влияние пластических деформаций на эффективность усиления конструкций.

Расчету усиленных под нагрузкой стержневых металлических конструкций посвящено исследование [5], где рассмотрены только плоские стержневые конструкции.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований железобетонных балок, усиленных комбинированной системой изложены в работах [6, 7, 8]. Но в отмеченных работах не учитывается влияние начальных напряжений, действующих в конструкциях до усиления.

В данной статье излагается вариационный метод расчета напряженно-деформированного состояния стержневых конструкций усиленных способами увеличения размеров сечения элементов и изменения расчетной и конструктивной схемы конструкций. Исследуются вопросы влияния введения новых или удаления некоторых существующих конструктивных элементов, изменяющих расчетную схему усиливаемой конструкции, последовательности выполнения этапов усиления на напряженно-деформированное состояние усиливаемых стержневых систем при упругопластических деформациях.

При определении напряженно-деформированного состояния усиливаемой нагруженной стержневой конструкции расчеты выполняются в следующей последовательности:

1) определяется перемещения, деформации и напряжения в элементах исходной пространственной стержневой конструкции от воздействия ремонтных нагрузок, действующие в период проведения ремонта или усиления (здесь и далее термин «ремонтные нагрузки» и «ремонтные напряжения» приняты в соответствии с [4]);

2) изменяются размеры поперечных сечения усиливаемых стержней и вводятся дополнительные или удаляются некоторые существующие конструктивные элементы (при необходимости), изменяющие расчетную схему конструкции;

3) проводится расчет конструкции после выполненного усиления, при действии дополнительных нагрузок, с учетом возникновения упругопластических деформаций, изменения размеров поперечного сечения стержней, присоединения новых или удаления существующих элементов, наложение полей напряжений, связанных с ремонтными работами.

Напряженно-деформированное состояние усиливаемой стержневой конструкции определяется с использованием вариационного принципа Лагранжа [9-12]. Для описания пластического деформирования используется теория идеально пластического тела Губера – Мизеса – Генки. Согласно этой теории в точках поперечного сечения стержней, где возникающие деформации являются упругими, зависимость между интенсивностью напряжений и интенсивностью деформаций описывается уравнением $\sigma_i=E\varepsilon_i$, где:

$$e_i=\frac{1}{3}\sqrt{4e_x^2+(g_{xy}^2+g_{xz}^2)}.$$

В точках, где возникают пластические деформации, считается:

$$\sigma_x^{\,пл}/\sigma_x/K,\ \tau_{xy}^{\,пл}=\tau_{xy}/K,\ \tau_{xz}^{\,пл}=\tau_{xz}/K,\ \text{где } K=\sigma_i/\sigma_m.$$

Вначале определяется напряженно-деформированное состояние конструкции до усиления от воздействия начальных (ремонтных) нагрузок. В этом случае перемещение элементов стержневой конструкции определяется из следующего условия:

$$\delta U_{упр}+\delta U_{пл}+\delta W=0, \qquad (1)$$

где $\delta U_{упр}$ – вариация потенциальной энергии деформации стержневой конструкции в области упругих деформаций; $\delta U_{пл}$ – вариация потенциальной энергии в области пластических деформаций; δW – вариация работы внешних сил.

В рассматриваемом случае выражения $\delta U_{упр}$, $\delta U_{пл}$ записываются в виде:

$$\begin{aligned} dU_{\text{упр}} &= \int\limits_{l_{\text{упр}}}\left[\iint\limits_{A^o}\left(E_б^o e_x de_x+G_б^o g_{xy}dg_{xy}+G_б^o g_{xz}dg_{xz}\right)dA+\iint\limits_{A_a^o}E_a e_x de_x dA\right]dl \\ dU_{\text{пл}} &= \int\limits_{l_{\text{пл}}}\left[\iint\limits_{A_{\text{упр}}^o}\left(E_б^o e_x de_x+G_б^o g_{xy}dg_{xy}+G_б^o g_{xz}dg_{xz}\right)dA+\iint\limits_{A_a^o}E_a e_x de_x dA\right]dl. \end{aligned} \qquad (2)$$

В соотношениях (2) $l_{упр}$ – длина элементов стержневой конструкции, в которых действуют только упругие деформации; $l_{пл}$ – длина зоны упругопластических деформаций; A^o, $A^o{}_a$ – площади поперечных сечений стержней и арматуры в области основного материала конструкции; $A^o{}_{упр}$, $A^o{}_{пл}$ – площади зон упругих и упругопластических деформаций стержней; $E^o{}_б$, $G^o{}_б$ – модули упругости и сдвига основного материала конструкции; E_a – модули упругости арматуры; ε_x, γ_{xy}, γ_{xz} – деформации, выражения для которых записываются в соответствии с [12].

Выражение для вариации работы внешних сил δW имеет вид:

$$dW=\int\limits_{l_q}(\tilde{q}_1^{\text{p}}d\tilde{u}_1+\tilde{q}_2^{\text{p}}d\tilde{u}_2+\tilde{q}_3^{\text{p}}d\tilde{u}_3)\,dl+\sum_i(\tilde{F}_{1i}^{\text{p}}d\tilde{u}_1(x_i)+\tilde{F}_{2i}^{\text{p}}d\tilde{u}_2(x_i)+\tilde{F}_{3i}^{\text{p}}d\tilde{u}_3(x_i))+$$

$$+\sum_k(\tilde{M}_{1k}^{\text{p}}\tilde{j}_{1k}(x_k)+\tilde{M}_{2k}^{\text{p}}\tilde{j}_{2k}(x_k)+\tilde{M}_{3k}^{\text{p}}\tilde{j}_{3k}(x_k))-\int\limits_{l_{\text{пл}}}\left[\iint\limits_{A_{\text{пл}}^o}\left(s_x^{\text{пл}}de_x+t_{xy}^{\text{пл}}dg_{xy}+t_{xz}^{\text{пл}}dg_{xz}\right)dA\right]dl$$

Здесь $\tilde{q}_1^{\text{p}}$, $\tilde{q}_2^{\text{p}}$, $\tilde{q}_3^{\text{p}}$, $\tilde{F}_{1i}^{\text{p}}$, $\tilde{F}_{2i}^{\text{p}}$, $\tilde{F}_{3i}^{\text{p}}$, $\tilde{M}_{1k}^{\text{p}}$, $\tilde{M}_{2k}^{\text{p}}$, $\tilde{M}_{3k}^{\text{p}}$ – соответственно распределенные и сосредоточенные силы, действующие в период ремонта и усиления; $\tilde{u}_1,\tilde{u}_2,\tilde{u}_3$, $\tilde{j}_1,\tilde{j}_2,\tilde{j}_3$ –

перемещения и углы поворота поперечных сечений элементов конструкции относительно координатных осей $\tilde{0}x, \tilde{0}y, \tilde{0}z,$ в глобальной системе координат.

Деформации ε_x, γ_{xy}, γ_{xz} и перемещения u_1, u_2, u_3, φ_1, φ_2, φ_3 в соотношениях (2) определяются в локальной ортогональной системе координат 0_{xyz}, с осью 0_x, направленной по касательной к продольной оси стержня [12].

Затем производится расчет стержневой конструкции после выполненного усиления, от воздействия дополнительных эксплуатационных нагрузок. При этом учитываются возникновения упругопластических деформаций, изменения размеров поперечного сечения стержней, присоединения новых или удаления существующих элементов и наличия начальных (ремонтных) напряжений в основных элементах конструкции.

Перемещения элементов усиленной стержневой конструкции также определяется из уравнения (1). Вариации потенциальной энергии $\delta U_{упр}$, $\delta U_{пл}$, и работы внешних сил δW в рассматриваемом случае определяются по формулам:

$$
\begin{aligned}
dU_{\text{упр}} = \int\limits_{l_{\text{упр}}} \Big[\iint\limits_{A^{\text{о}}} \Big(E^{\text{о}}_{\delta} e_x de_x + G^{\text{о}}_{\delta} g_{xy} dg_{xy} + G^{\text{о}}_{\delta} g_{xz} dg_{xz} \Big) dA + \iint\limits_{A^{\text{о}}_{\text{a}}} E_{\text{a}} e_x d e_x dA \Big] dl + \\
+ \iint\limits_{A^{\text{р}}} \Big(E^{\text{р}}_{\delta} e_x de_x + G^{\text{р}}_{\delta} g_{xy} dg_{xy} + G^{\text{р}}_{\delta} g_{xz} dg_{xz} \Big) dA + \iint\limits_{A^{\text{р}}_{\text{a}}} E_{\text{a}} e_x d e_x dA + \\
+ \iint\limits_{A^{\text{д}}} \Big(E^{\text{д}}_{\delta} e_x de_x + G^{\text{д}}_{\delta} g_{xy} dg_{xy} + G^{\text{д}}_{\delta} g_{xz} dg_{xz} \Big) dA + \iint\limits_{A^{\text{д}}_{\text{a}}} E_{\text{a}} e_x d e_x dA \Big] dl ,
\end{aligned}
\tag{3}
$$

$$
\begin{aligned}
dU_{\text{пл}} = \int\limits_{l_{\text{пл}}} \Big[\iint\limits_{A^{\text{о}}_{\text{упр}}} \Big(E^{o}_{\delta} e_{\text{x}} de_x + G^{o}_{\delta} g_{xy} dg_{xy} + G^{o}_{\delta} g_{xz} dg_{xz} \Big) dA + \iint\limits_{A^{\text{о}}_{\text{a}}} E_{\text{a}} e_x de_x \, dA + \\
+ \iint\limits_{A^{\text{р}}_{\text{упр}}} \Big(E^{\text{р}}_{\delta} e_{\text{x}} de_x + G^{\text{р}}_{\delta} g_{xy} dg_{xy} + G^{\text{р}}_{\delta} g_{xz} dg_{xz} \Big) dA + \iint\limits_{A^{\text{р}}_{\text{a}}} E_{\text{a}} e_x de_x \, dA \Big] dl + \\
+ \int\limits_{l^{\text{д}}_{\text{пл}}} \Big[\iint\limits_{A^{\text{д}}_{\text{упр}}} \Big(E^{\text{д}}_{\delta} e_{\text{x}} de_x + G^{\text{д}}_{\delta} g_{xy} dg_{xy} + G^{\text{д}}_{\delta} g_{xz} dg_{xz} \Big) dA + \iint\limits_{A^{\text{д}}_{\text{a}}} E_{\text{a}} e_x de_x \, dA \Big] dl
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
dW = \int\limits_{l_q} (\tilde{q}^{\text{y}}_1 d\tilde{u}_1 + \tilde{q}^{\text{y}}_2 d\tilde{u}_2 + \tilde{q}^{\text{y}}_3 d\tilde{u}_3) \, dl + \sum_i (\tilde{F}^{\text{y}}_{1i} d\tilde{u}_1(x_i) + \tilde{F}^{\text{y}}_{2i} d\tilde{u}_2(x_i) + \tilde{F}^{\text{y}}_{3i} d\tilde{u}_3(x_i)) + \\
+ \sum_k (\tilde{M}^{\text{y}}_{1k} \tilde{j}_{1k}(x_k) + \tilde{M}^{\text{y}}_{2k} \tilde{j}_{2k}(x_k) + \tilde{M}^{\text{y}}_{3k} \tilde{j}_{3k}(x_k)) - \\
- \int\limits_{l_{\text{упр}}} \Big[\iint\limits_{A^{\text{о}}} \Big(s^{\text{р}}_x de_x + t^{\text{р}}_{xy} dg_{xy} + t^{\text{р}}_{xz} dg_{xz} \Big) dA + \iint\limits_{A^{\text{о}}_{\text{a}}} s^{\text{р}}_x d e_x dA \Big] dl + \\
- \int\limits_{l_{\text{пл}}} \Big[\iint\limits_{A^{\text{о}}_{\text{упр}}} \Big(s^{\text{р}}_x de_x + t^{\text{р}}_{xy} dg_{xy} + t^{\text{р}}_{xz} dg_{xz} \Big) dA + \iint\limits_{A^{\text{о}}_{\text{a}}} s^{\text{р}}_x de_x \, dA + \\
+ \iint\limits_{A^{\text{о}}_{\text{пл}}} \Big(s^{\text{пл}}_x de_x + t^{\text{пл}}_{xy} dg_{xy} + t^{\text{пл}}_{xz} dg_{xz} \Big) dA + \iint\limits_{A^{\text{р}}_{\text{пл}}} \Big(s^{\text{пл}}_x de_x + t^{\text{пл}}_{xy} dg_{xy} + t^{\text{пл}}_{xz} dg_{xz} \Big) dA \Big] dl - \\
- \int\limits_{l^{\text{д}}_{\text{пл}}} \Big[\iint\limits_{A^{\text{д}}_{\text{пл}}} \Big(s^{\text{пл}}_x de_x + t^{\text{пл}}_{xy} dg_{xy} + t^{\text{пл}}_{xz} dg_{xz} \Big) dA \Big] dl ,
\end{aligned}
$$

где A^p, $A_a{}^p$ – площади поперечных сечений стержней и арматуры в области ремонтного (усиливающего) материала конструкции; $l^{\partial}_{упр}$, $l^{\partial}_{пл}$, $A^{\partial}_{упр}$, $A^{\partial}_{пл}$, – длины и площади зон упругих и упругопластических деформаций дополнительных усиливающих стержней; $A_a{}^{\partial}$ – площадь сечения арматуры дополнительных усиливающих стержней; $A^p_{упр}$, $A^p_{пл}$ – площади областей упругих и пластических деформаций в зоне ремонтного материала конструкции; E^p_{σ}, G^p_{σ} – модули упругости и сдвига материала используемого для усиления конструкции (ремонтный материал); E^{∂}_{σ}, G^{∂}_{σ} – то же, материалов дополнительно введенных стержней; $\tilde{q}^{\text{y}}_1$, $\tilde{q}^{\text{y}}_2$, $\tilde{q}^{\text{y}}_3$, $\tilde{F}^{\text{y}}_{1i}$, $\tilde{F}^{\text{y}}_{2i}$, $\tilde{F}^{\text{y}}_{3i}$, $\tilde{M}^{\text{y}}_{1k}$, $\tilde{M}^{\text{y}}_{2k}$, $\tilde{M}^{\text{y}}_{3k}$ – нагрузки, действующие на конструкцию после усиления.

При решении задачи стержневая система разбивается на N участков и вводится глобальная ортогональная система координат $0\tilde{x}\tilde{y}\tilde{z}$. На каждом из этих участков

компоненты вектора перемещений $\bar{u}=\{u_1, u_2 u_3\}^{\mathrm{T}}$, углов поворота $\bar{J}=\{\tilde{J}_1, \tilde{J}_2 \tilde{J}_3\}^{\mathrm{T}}$ представляются в виде следующих рядов:

$$\tilde{u}_k=\tilde{u}_k^i=\sum_{m=1}^{M} C_{km}^i f_m(t),\ \tilde{J}_k=\tilde{J}_k^i=\sum_{m=1}^{M} D_{km}^i f_m(t), \quad (4)$$

Здесь функция формы $f_m(t)$ при числе ряда $M=1,2,3,4,\ldots,m$ определяется выражениями $f_1(t)=1-3t^2+2t^2$, $f_2(t)=3t^2-2t^3$, $f_3(t)=t(1-t^2)l$, $f_4(t)=(t^3-t^2)l$, $f_m(t)=(1-t)^2t^{(m-3)}$, где $m=\overline{5,M}$; C_{km}^i, D_{km}^i – неизвестные постоянные; $t=x/l_i$ $(0\le t\le 1)$; x – длина продольной оси стержня; $k=1,2,3$; $i=\overline{1,N}$.

После подстановки выражений (3) в условие (1), удовлетворяя кинематические граничные условия и в результате интегрирования, получается система алгебраических уравнений:

$$[K]\{C\}=\{F\}. \quad (5)$$

В выражении (5) $[K]$ – матрица жесткости конструкции; $\{C\}$ – вектор неизвестных постоянных; $\{F\}$ – вектор внешних нагрузок.

В результате решения системы уравнений (5) определяются неизвестные постоянные C_{km}^i и D_{km}^i. Далее, с использованием соотношений (4) вычисляются перемещения. При этом деформации, напряжения и усилия в усиленной конструкции определяются с помощью формул, которые приведены в [12].

Интегрирование выражений, входящих в условие (2), проводится численно по формуле Гаусса. Численное интегрирование производится по длине стержневых элементов конструкции и по площади их поперечных сечений.

Размеры областей пластических деформаций в стержнях определяется итерационным методом. На первой итерации деформации полагаются упругими ($A^y_{пл}=0$). Затем, на последующих итерациях, в каждой точке интегрирования (y_i,z_i) нужно проверить выполнение условия $\sigma^y_i<\sigma_m$.

Если данное условие выполняется, то $A^y_{пл}=0$, а при не выполнении этого условия необходимо определить $A^y_{пл}$. Итерационный расчет завершается при выполнении условия:

$$\left(\left|M^{y(n)}-M^{y(n+1)}\right|\Big/M^{y(n+1)}\right)\cdot 100\%\le e.$$

Здесь ε – заданная малая величина погрешности, $M^{y(n)}$ и $M^{y(n+1)}$ – максимальные изгибающие моменты в сечениях элементов стержневой конструкции после усиления на шаге (n) и (n+1).

С использованием разработанного метода и созданной компьютерной программой выполнен расчет напряженно-деформированного состояния усиленной в напряженном состоянии элементов каркаса корпуса № 26 ИПТ «Идея» (г. Казань). В период реконструкции данного здания были использованы схемы усиления за счет увеличения размеров поперечных сечений балок и изменение конструктивной схемы здания.

По конструктивному решению здание относится к системам с неполным каркасом (рис.). Перекрытие 1-го этажа в осях «8-18/Е-Л» выполнено из монолитного железобетона [13].

При реконструкции усилению подвергаются главные монолитные железобетонные балки 1 сечением 310х520 мм (рис. а), расположенные вдоль цифровых осей опирающие по концам на продольные кирпичные стены, а в середине пролета – на металлические трубчатые колонны 2 наружным диаметром 200 мм и толщиной стенки 6 мм (рис. б). Второстепенные балки 3 имеют сечение 200х300 мм и расположены вдоль буквенных осей. Монолитная железобетонная плита перекрытия толщиной 100 мм; армирована рабочей арматурой диаметром 10 мм А240 (А-I), расположенной с шагом 100 мм.

Расчетная схема каркаса здания до усиления, приведена на рис. г. Расчеты были выполнены без учета ремонтных нагрузок ($q^p_{г.б}=q^p_{в.б}=0$, рис. 18г) и в случае, когда на главные и второстепенные балки действовали ремонтные нагрузки $q^p_{г.б}=44{,}72$ кН/м, $q^p_{в.б}=1{,}68$ кН/м.

При усилении размеры сечений главных балок увеличиваются (рис. в). После достижения проектной прочности бетона усиливаемых балок, металлические колонны 2 демонтируются. Поэтому расчетная схема конструкции после усиления изменяется, а нагрузки, действующие на главные балки, увеличиваются до величин $q^p_{г.б}$=61,06 кН/м.

По результатам первого этапа расчетов были получены распределение усилий в элементах каркаса до усиления. На втором этапе, определено напряженно-деформированное состояние усиленной конструкции с учетом изменения её расчетной и конструктивной схемы.

В табл. 1 приведены значения наибольших изгибающих моментов и величины площадей зон пластических деформаций в самом нагруженном сечении балки, расположенном в середине главной балки по оси 10. Наибольший изгибающий момент в самом нагруженном сечении, расположенном в середине главной балки по оси 10, составил $M^y=611$ *кНм*, что не превышает внутреннего предельного момента $M^y_{пр}=682$ *кН/м*.

Таблица 1

Определяемые параметры	M^y, *кНм*	$A_{пл}$, м^2
Без учета ремонтных напряжений	604,493	0,145
С учетом ремонтных напряжений	610,614	0,129

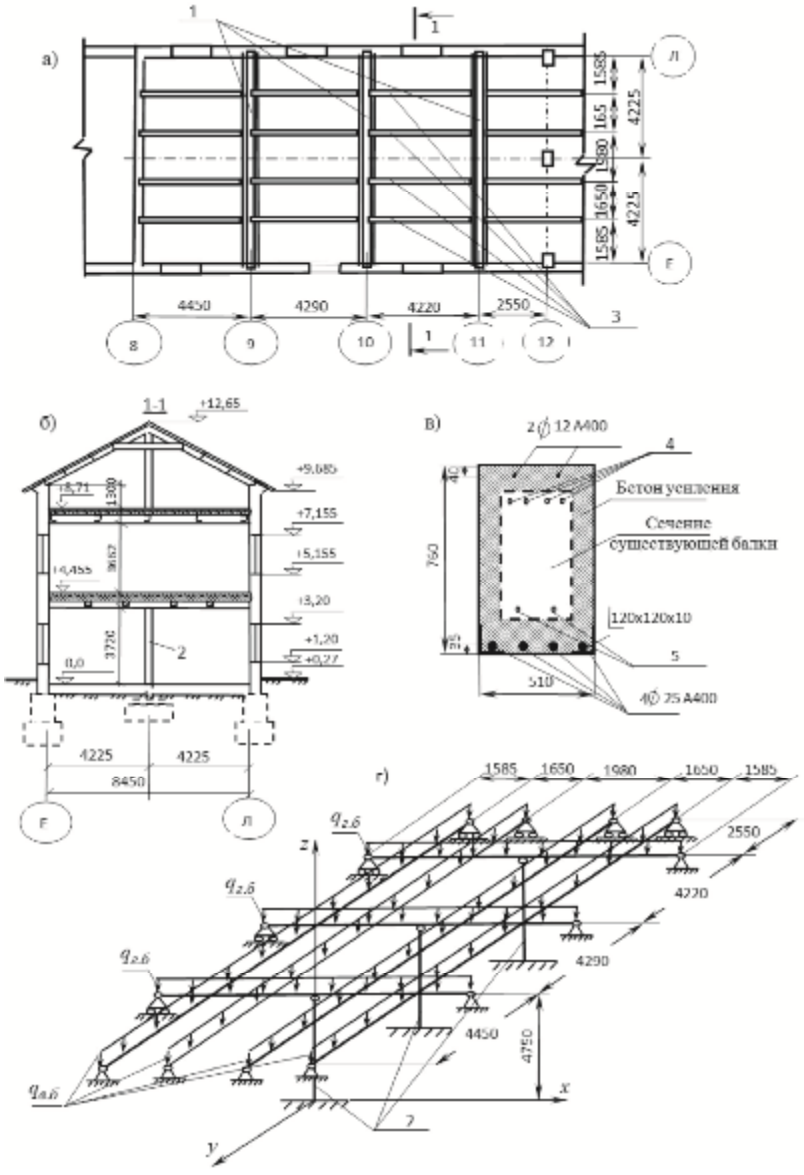


Рис. Фрагмент плана здания в осях «8-12/Е-Л» (а); поперечный разрез 1-1 (б); сечение усиленной балки (в); расчетная схема каркаса здания (г)

В табл. 2 приведены полученные по результатам расчетов значения напряжений, действующие в арматурах 4 и 5 основного сечения балки (рис. в) после усиления.

Таблица 2

Номер арматуры	Значения напряжений в арматурах после усиления, в *МПа*	
	Без учета ремонтных напряжений	С учетом ремонтных напряжений
4	- 57,5	- 38,94
5	+ 36,5	+ 11,34

Приведенные в табл. 1-2 результаты получены для случаев расчета усиленной балки, как с учетом, так и без учета ремонтных напряжений.

Как видно из табл. 1-2, предложенная схема усиления является эффективным. В случае расчетов с учетом ремонтных напряжений размер зоны пластических деформаций на 11 % меньше по сравнению со случаем, когда $q^{p}_{г.б}=q^{p}_{в.б}=0$. Значения напряжений в арматурах 4 и 5 усиленного сечения, полученные с учетом ремонтных напряжений, получились соответственно в 1,5 и 3 раза меньше по сравнению со случаем, когда в расчетах ремонтные напряжения не учитывались. Это объясняется тем, что рассматриваемая балка до усиления представляет собой двух пролетную неразрезную схему, а после усиления при демонтаже средней опоры превращается в статически определимую однопролетную балку. При этом изгибающий момент, действующий в среднем сечении балки, меняет свой знак до и после усиления (до усиления – верхняя часть сечения растянута, нижняя – сжата, а после усиления наоборот). Поэтому после усиления учет ремонтных напряжений приводит к частичной разгрузке рабочих арматур основного сечения балки.

В заключении необходимо отметить, что использование предложенного метода и компьютерной программы расчета стержневых конструкций усиливаемых в напряженном состоянии позволило разработать эффективную схему усиления строительных конструкций корпуса № 26 ИПТ «Идея» (г. Казань).

Список библиографических ссылок

1. Онуфриев Н.М. Усиление железобетонных конструкций промышленных зданий и сооружений. – Л.: Стройиздат, 1965. – 342 с.
2. Хило Е.Р., Попович Б.С. Усиление железобетонных конструкций с изменением расчетной схемы и напряженного состояния. – Львов: Вища школа, 1976. – 147 с.
3. Будин А.Я., Чекренева М.В. Усиление портовых сооружений. – М.: Транспорт, 1983. – 178 с.
4. Методические указания по повышению несущей способности и определение эффективности ремонта и усиления портовых гидротехнических сооружений. – Л.: Транспорт, 1982. – 52 с.
5. Ребров И.С. Усиление стержневых металлических конструкций. – Л.: Стройиздат, 1988. – 288 с.
6. Гучкин И.С., Панков А.В. Железобетонные балки, усиленные комбинированной системой из стальных элементов // Региональная архитектура и строительство. Пензенский гос. ун-т архит. и стр-ва, 2010, № 2. – С. 94-100.
7. Панков А.В. Прочность и деформативность железобетонных балок, усиленных комбинированной системой с различными конструктивными параметрами / Дисс. канд. техн. наук. – Пенза, 2011. – 169 с.
8. Черячукин В.В., Гучкин И.С., Панков А.В. Проектирование усиления железобетонных стропильных балок комбинированной системой // Вестник ВолГАСУ. Сер.: Стр-во и архит., 2010, Вып. 17 (36). – С. 9-13.
9. Серазутдинов М.Н., Убайдуллоев М.Н., Абрагим Х.А. Расчет усиливаемых нагруженных конструкций вариационным методом // Изв. вузов. Строительство, 2010, № 7. – С. 118-124.
10. Серазутдинов М.Н., Хайруллин Ф.С. Метод расчета криволинейных стержней // Изв. вузов. Строительство и архитектура, 1991, № 5. – С. 104-108.
11. Убайдуллоев М.Н., Серазутдинов М.Н. Моделирование напряженно-деформированного состояния усиливаемых стержневых систем // Строительная

механика инженерных конструкций и сооружений. Российский университет дружбы народов. – М., 2012. – С. 43-51.
12. Серазутдинов М.Н., Убайдуллоев М.Н. Упругопластическое деформирование усиливаемых железобетонных конструкций // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – М.: РУДН, 2013, № 1. – С. 38-44.
13. Низамеев В.Г. Отчет по результатам обследования строительных конструкций корпусов № 26 и 27, расположенных на территории ИПТ «Идея» по ул. Петербургская, 50 в г. Казань (х/д № 02-01/11 от 14.01.2011). ООО «ПСФ РЕМСТРОЙПРОМПРОЕКТ». – Казань, 2011. – 42 с.

Serazutdinov M.N. – doctor of physical-mathematical sciences, professor
E-mail: serazmn@mail.ru
Ubaidulloyev M.N. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: madgidpwn@rambler.ru
Kazan National Research Technological University
The organization address: 420015, Russia, Kazan, K. Marks st., 68
Nizameev V.G. – candidate of physical-mathematical sciences, associate professor
E-mail: kisi@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Calculation of loaded structures strengthened by ways of increase in section and change of the calculation scheme

Resume

This article describes a variational method of calculating loaded constructions strengthened by ways of increase in section and change of the calculation scheme. We study the impact of the introduction of new or removal of some existing structural elements that change the calculation scheme of the strengthened structure, and the impact of sequencing of the steps in the strengthening process on the stress-strain state of the strengthened beam systems with elastic-plastic deformations.

In determining the stress-strain state of the strengthened loaded beam system calculations are performed in the following sequence:

1) the stress-strain state of the original beam system is calculated under repair loads;

2) the calculation scheme is changed based on the change in the cross-sectional dimensions of the strengthened beams and the introduction of additional structural elements (or the removal of some existing ones);

3) the strengthened structure is calculated under additional operating loads, taking into account the elastic-plastic deformations, changes in cross-sectional dimensions of the beams, the addition of new elements, the imposition of stress fields associated with the repair works.

Using the developed method and the created computer program, we calculated the stress-load state of Bldg. 26 of Innovative Technopark «Idea» (Kazan), which was strengthened in a stressed state of the frame elements.

Keywords: beams structures, strengthening, repair stress, variation method, elasto-plastic deformations.

Reference list

1. Onufriyev N.M. Strengthening of ferroconcrete structures of industrial buildings and constructions. – L.: Stroyizdat, 1965. – 342 p.
2. Hilo E.R., Popovic B.S. Strengthening of ferroconcrete structures with change of the settlement scheme and a stress state. – Lvov: Vishcha shkola, 1976. – 147 p.
3. Budin A.Ya., Chekreneva M.V. Strengthening of port constructions. – M.: Transport, 1983. – 178 p.

4. Methodical instructions on increase of the load-carrying capacity and determination of efficiency of repair and strengthening of port hydraulic engineering constructions. – L.: Transport, 1982. – 52 p.
5. Rebrov I.S. Strengthening of rod metal structures. – L.: Stroyizdat, 1988. – 288 p.
6. Guchkin I.S., Pankov A.V. The ferroconcrete beams strengthened by the combined system from steel elements // Regional architecture and building. The Penza state university of arkhitecture and engineering, 2010, № 2. – P. 94-100.
7. Pankov A.V. Strength and deformability of the ferroconcrete beams strengthened by the combined system with various design data / Diss. cand. techn. sciences. – Penza, 2011. – 169 p.
8. Cheryachukin V.V., Guchkin I.S., Pankov A.V. Design of strengthening of ferroconcrete rafter beams by the combined system // Vestnik VolGASU. Series: Construction and architecture, 2010, Issue 17 (36). – P. 9-13.
9. Serazutdinov M.N., Ubaydulloyev M.N., Abragim H.A. Calculation of the strengthened loaded structures by a variation method // News of higher educational institutions. Construction, 2010, № 7. – P. 118-124.
10. Serazutdinov M.N., Khayrullin F.S. Metod of calculation of curvilinear rods // News of higher educational institutions. Construction and architecture, 1991, № 5. – P. 104-108.
11. Ubaydulloyev M.N., Serazutdinov M.N. Modeling of the intense deformed condition of the strengthened rod systems // Structural Mechanics of Engineering Constructions and Buildings. – M.: RUDN, 2012. – P. 43-51.
12. Serazutdinov M.N., Ubaydulloyev M.N. Elastoic and plastic deformation of strengthened ferro-concrete constructions // Construction mechanics of engineering designs and constructions. – M.: RUDN, 2013, № 1. – P. 38-44.
13. Nizameev V.G. The report on results of inspection of building constructions of the cases № 26 and 27, located in the territory of IPT «Idea» on Peterburgskaya st., 50 to Kazan (contract № 02-01/11 of 14.01.2011). SLL «PSF REMSTROYPROMPROYEKT». Kazan, 2011. – 42 p.

УДК 521.11
Воронцова В.Л. – кандидат физико-математических наук, доцент
E-mail: milen99@yandex.ru
Казанский (Поволжский) федеральный университет
Институт математики и механики им. Н.И. Лобачевского
Адрес организации: 420008, Россия, г. Казань, ул. Кремлевская, д. 18

О влиянии роста аэродинамического параметра на поведение предельных циклов при движении орбитальной тросовой системы по круговой орбите

Аннотация

Исследуется влияние значения аэродинамического параметра на поведение предельных циклов при движении жесткой орбитальной связки двух тел по круговой орбите. Используется уравнение относительного движения орбитальной связки двух тел с учетом влияния гравитационного эффекта, аэродинамического давления, аэроградиентного и диссипативного факторов. Для исследования применены известные методы нелинейной механики: метод уравнений Лагранжа первого рода, метод фазовой плоскости, метод точечных отображений, методы теории устойчивости движения. Эти методы нелинейной механики часто применяются в строительстве.

Ключевые слова: динамика космических систем, качественная теория динамических систем, орбитальная связка тел, тросовые системы, предельные циклы, цилиндрическое фазовое пространство, аэродинамический параметр, эксцентриситет орбиты.

Введение

Тросовые системы, созданные на орбите из отдельных тел, связанные друг с другом и находящиеся друг от друга на расстояния от нескольких метров до десятков и сотен километров, занимают в космической технике особое место.

Существенный интерес к созданию КТС (космических тросовых систем) [2] появился в 70-е годы XX века в связи с предложением G. Colombo, M.D. Grossi (Смитсоновская астро-физическая лаборатория, США) использования зонда на тросе протяженностью 100 км для исследования параметров полей Земли и ее атмосферы на низких высотах. Оценка влияния аэродинамических эффектов на вращение и положение искусственных спутников проводилась в течение нескольких десятилетий и до сих пор является актуальной задачей. Эти исследования представлены, например, в монографиях [3-5], а также в многочисленных журнальных публикациях. Новый интерес к этой области возник в связи с проектированием крупномасштабных тросовых систем, в котором эффект аэроградиента является существенным [5].

Орбитальные космические тросовые системы большой протяженности, как новая перспективная область освоения космического пространства, имеет широкое практическое использование. Для таких космических тросовых систем аэродинамические эффекты имеют большое значение.

Постановка задачи

В данной статье рассматривается, как ведет себя предельный цикл для уравнения относительного движения жесткой орбитальной связки двух тел с учетом влияния гравитационного эффекта, аэродинамического давления, аэроградиентного и диссипативного факторов, на круговой орбите, когда эксцентриситет орбиты равен нулю. В работе [6] дан вывод уравнения движения для круговой орбиты, а в работе [1] – вывод уравнения движения (1)-(5) с учетом аэроградиентного и диссипативного факторов для эллиптической орбиты.

Имеется орбитальная «связка тел» – две материальные точки с массами m_1 и m_2, соединенные жестким безмассовым стержнем (жесткая гантель), под действием гравитационных и аэродинамических сил, приложенных к точкам m_1 и m_2. Предполагается, что центр масс системы движется по кеплеровой эллиптической орбите.

В работе с помощью численной реализации метода точечных отображений Пуанкаре построены фазовые портреты задачи с регулярными и хаотическими движениями и прослежена эволюция этих фазовых портретов с изменением параметров. На фазовую плоскость *(α,α')* выводились результаты численного интегрирования уравнения движения только при значениях независимой переменной $\nu=2\pi n$, $n=0,1,2,\ldots$ (α – угол, отсчитываемый от трансверсали $\vec{t}$ до направления $\vec{r}_2$ в сторону направления орбитального движения). Исследования по решению дифференциальных уравнений проводились в пакете MathCad, как и в работах [10-12].

Сочетание аэроградиентной раскрутки связки ее торможением аэродинамическим трением приводит в пределе либо к относительным равновесиям, либо к предельным циклам второго рода (делается предположение, что угловая скорость α' вдоль цикла постоянна).

Независимой переменной является истинная аномалия ν (угол между перигейным и текущим радиусами-векторами центра масс C гантели). Для изучаемого уравнения в случае круговой орбиты предельный цикл располагался в окрестности $\alpha' \approx 30$ (угловая скорость гантели α' вдоль цикла постоянна), т.е. гантель на предельном цикле на круговой орбите вращается в 30 раз быстрее, чем движется по орбите.

Результаты

В статьях [7] и [8] была предпринята попытка исследования предельных циклов с учетом влияния гравитационного градиента (n^2), аэродинамического давления (a), градиента плотности вдоль гантели (k), аэродинамической диссипации (b) в случае эллиптической орбиты. В случаях, рассмотренных в статьях [7-9] для предельных циклов на эллиптической орбите можно было указать значение α', к которому скатываются все точки.

При возрастании эксцентриситета орбиты на порядок при одинаковых значениях параметра a и значениях параметров k и b, расположение предельного цикла становится значительно выше. По результатам исследований в статьях [7-9] можно сделать вывод, что чем больше значение параметра a, тем больше различаются значения α'. При приближении к максимальному значению a (больше которого предельные циклы исчезают), значения α' отличаются больше чем на единицу.

В данной работе было проведено исследование по выявлению предельных циклов на круговой орбите, когда эксцентриситет e=0.

При малом значении аэродинамического параметра «a» предельных циклов нет.

В рассматриваемом случае точки скатываются в достаточно широкую полосу, образуется «слой» хаотического движения (рис. 1). На представленных рисунках по оси абсцисс отложены значения α, а по оси ординат – значения α'.

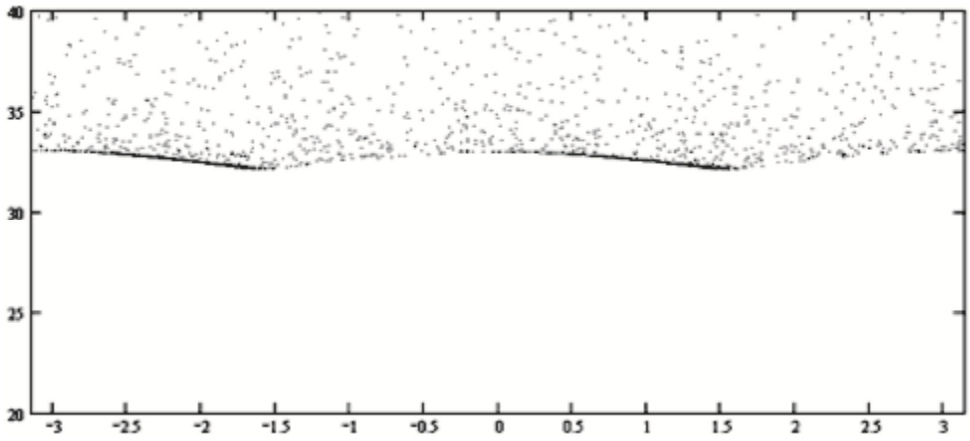


Рис. 1. (e=0; a=1; b=0,001; k=0,1)

Предельный цикл возникает при a=5 в окрестности $\alpha' \approx 29$. Пример такого цикла приведен на рис. 2.

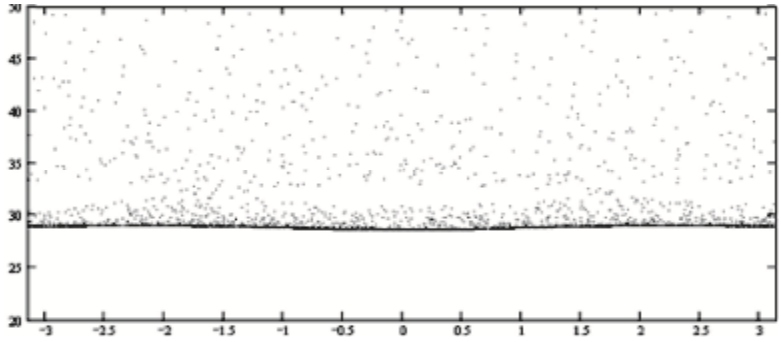


Рис. 2. (*e*=0; *a*=5; *b*=0,001; *k*=0,1)

При возрастании параметра *a* предельный цикл снижается (рис. 3).

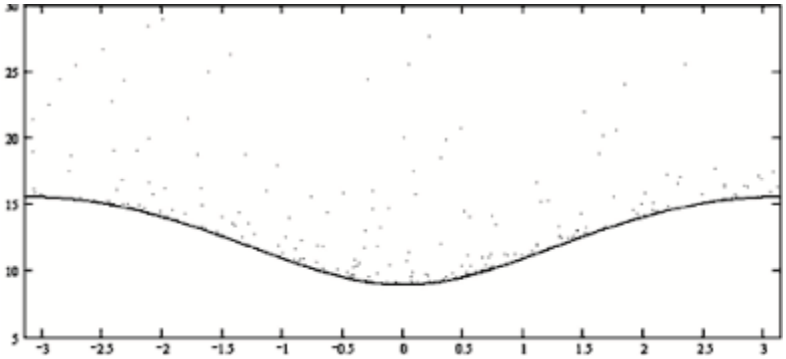


Рис. 3. (*e*=0; *a*=40; *b*=0,001; *k*=0,1)

Предельный цикл существует при значениях параметра *a* от 5 до 48.
С дальнейшим возрастанием параметра *a* хаотические слои размываются (рис. 4-5).

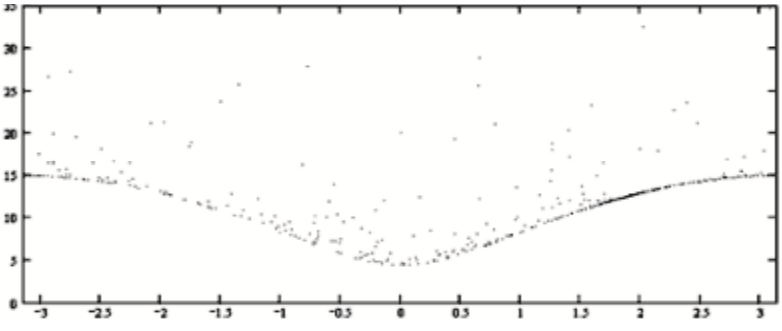


Рис. 4. (*e*=0; *a*=50;*b*=0,001;*k*=0,1)

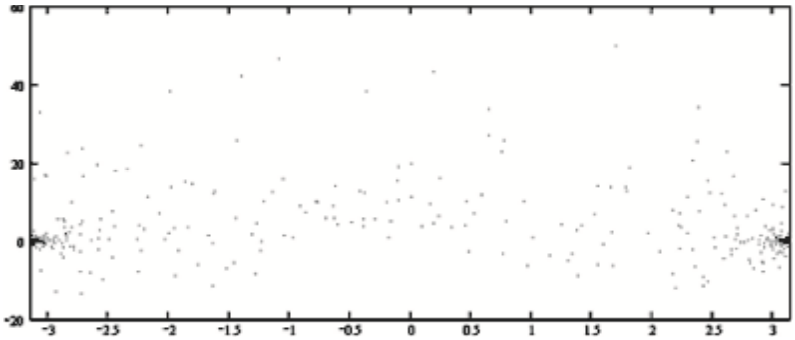


Рис. 5. (*e*=0; *a*=60;*b*=0,001;*k*=0,1)

Заключение

По результатам исследований в данной статье можно сделать вывод, что при движении по круговой орбите и равных значениях параметров k и b, положение предельного цикла зависит от значения аэродинамического параметра a. Рост параметра a приводит к уменьшению значения угловой скорости α'. Расположение предельного цикла при этом становится ниже.

При маленьких значениях аэродинамического параметра a предельных циклов нет, возрастание аэродинамического параметра a приводит к появлению предельных циклов. Когда параметр a находится в диапазоне от 5 до 48, предельный цикл существует. При этом значение α', к которому «скатываются» все точки на фазовом портрете, снижается от 29 до 15. При дальнейшем увеличении параметра a ($a > 48$) предельные циклы исчезают.

Список библиографических ссылок

1. Белецкий В.В., Пивоваров М.Л. О влиянии атмосферы на относительное движение гантелеобразного спутника // Прикладная математика и механика, 2000, № 4. – С. 691-700.
2. Steiner W., Steindl A., Troger H. Dynamics of a space satellite system with two rigid endbodies. – Washington, April 10-14, 1995.
3. Белецкий В.В. Движение искусственного спутника относительно центра масс. – М.: Наука, 1965. – 416 с.
4. Белецкий В.В. Очерки о движении космических тел. – М.: Наука, 1977. – 432 с.
5. Белецкий В.В., Яншин А.М. Влияние аэродинамических сил на вращательное движение искусственных спутников. – Киев: Наукова думка, 1984. – 187 с.
6. Белецкий В.В., Воронцова В.Л. Влияние градиента плотности атмосферы на вращение и ориентацию гантелеобразного спутника // Вестник МГУ. Сер. Матем. Мех. 2000, № 5. – С. 35-39.
7. Воронцова В.Л. Об исследовании поведения предельных циклов в зависимости от возрастания эксцентриситета. Вестник СГУ, 2011, № 77 (1). – С. 304-306.
8. Воронцова В.Л. Об анализе поведения предельных циклов при росте эксцентриситета орбиты и аэродинамического параметра // Вестник Московского авиационного института, 2013, т. 20, № 1. – С. 255-258.
9. Воронцова В.Л. Об исследовании поведения предельных циклов в зависимости от роста аэродинамического параметра при движении орбитальной тросовой системы по эллиптической орбите // Вестник Московского Авиационного института, 2015, т. 22, № 4. – С. 74-82.
10. Vorontsova V.L., Gorskay T.Uy. Approximate Methods of the Decision Differential the Equations for Continuous Models of Economy // Asian Social Science, 2015, vol. 11 (11). – P. 214-220.
11. Vorontsova V.L., Gorskay T.Uy. Numerical methods of the decision differential the equations for continuous models of economy // Mediterranean Journal of Social Sciences, 2015, vol. 6 (53). – P. 198-203.
12. Vorontsova V.L., Gorskaya T.Yu. On Application of Bubnov-Galerkin Method of the Solution of Differential Equations // International Journal of Applied Engineering Research (IJAER), 2015, Vol. 10, № 24. – P. 44715-44723.

Vorontsova V.L. – candidate of physical and mathematical sciences, associate professor
E-mail: milen99@narod.ru
Kazan Federal University
Institute of Mathematics and Mechanics N.I. Lobachevskogo
The organization address: 420008, Russia, Kazan, Kremlevskaya st., 18

About influence of the growth of aerodynamic parameters on the behavior of limit cycles while orbital tether system driving in a circular orbit

Resume

Assessing the impact of aerodynamic effects on the rotation and position of artificial satellites, carried out over several decades is still an urgent task. The new interest in this area arose in connection with the design of large-scale tether systems, in which the effect of the aero-gradient is considered significant.

In this paper study of the limit cycle for the equation of the relative motion of two bodies' rigid orbital link, taking into account the gravitation effect influence, the aerodynamic pressure, aero-gradient and dissipative factors, depending on the growth of aerodynamic parameter a when moving in a circular orbit. With the numerical implementation of the Poincare method of pointed mapping we have constructed phase portraits of the task with regular and random motions, and also traced the evolution of these phase portraits with the change of parameters.

Keywords: space systems dynamics, qualitative theory of dynamical systems, orbital bunch of bodies, tether systems, limit cycles, aerodynamic parameter, eccentricity of the orbit.

Reference list

1. Beletsky V.V., Pivovarov M.L. About the influence of the atmosphere on the relative motion of a dumbbell satellite // Applied Mathematics and Mechanics, 2000, № 4. – P. 691-700.
2. Steiner W., Steindl A., Troger H. Dynamics of a space satellite system with two rigid endbodies. – Washington, Aprel 10-14, 1995.
3. Beletsky V.V. Artificial satellite motion relative to the center of mass. – M.: Science, 1965. – 416 p.
4. Beletsky V.V. Essays about cosmic bodies motion. – M.: Science, 1977. – 432 p.
5. Beletsky V.V., Yanshin A.M. The influence of aerodynamic forces on the rotational motion of artificial satellites. – Kiev: Scientific thought, 1984. – 187 p.
6. Beletsky V.V., Vorontsova V.L. Atmosphere density gradient influence on rotation and orientation of a dumbbell-like satellite // Vestnik Mosk. Gos. Univ. Ser. Mat. Mekh., 2000, № 5. – P. 35-39.
7. Vorontsova V.L. On the investigation of the behavior of limit cycles depending on the increase of the eccentricity of the orbit // Vestnik SGU, 2011, № 77 (1). – P. 304-306.
8. Vorontsova V.L. Analysis of the behavior of cycles limit under the increase of the orbit eccentricity and under the change of aerodynamic parameters // Vestnik of the Moscow aircraft institute, 2013, Vol. 20, № 1. – P. 255-258.
9. Vorontsova V.L. About the study of the behavior of the limit cycles, depending on the growth of the aerodynamic parameter when the orbital tether system moving by an elliptical orbit, 2015, Vol. 22, № 4. – P. 74-82.
10. Vorontsova V.L., Gorskay T.Uy. Approximate Methods of the Decision Differential the Equations for Continuous Models of Economy // Asian Social Science, 2015, vol. 11 (11). – P. 214-220.
11. Vorontsova V.L., Gorskay T.Uy. Numerical methods of the decision differential the equations for continuous models of economy // Mediterranean Journal of Social Sciences, 2015, vol. 6 (53). – P. 198-203.
12. Vorontsova V.L., Gorskaya T.Yu. On Application of Bubnov-Galerkin Method of the Solution of Differential Equations // International Journal of Applied Engineering Research (IJAER), 2015, Vol. 10, № 24. – P. 44715-44723.

УДК 537.525
Сафиуллин Р.К. – доктор физико-математических наук профессор
E-mail: rksaf@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Исследования быстропроточных газоразрядных CO_2-лазеров с коническими разрядными трубками

Аннотация

Работа посвящена компьютерным исследованиям быстропроточных CO_2-лазеров с цилиндрическими и коническими разрядными трубками. Многие газоразрядные CO_2-лазеры содержат цилиндрическую разрядную трубку или систему таких трубок. В результате численного моделирования процессов в лазерах с коническими трубками в работе рассчитаны пространственные распределения заряженных компонентов плазмы, скорости и температуры газа, мощности и коэффициента усиления и выходной мощности лазера. Система дифференциальных уравнений тлеющего разряда, неравновесной газодинамики и колебательной кинетики молекул решалась методом расщепления на три подсистемы. Получено хорошее согласие расчетных характеристик лазеров с экспериментальными данными.

Ключевые слова: коническая трубка, тлеющий разряд, CO_2-лазер, гармонический осциллятор.

Математическая модель колебательной кинетики в смеси CO_2-N_2-He-H_2O

В качестве объектов исследования были выбраны CO_2-лазеры, схемы которых изображены на рис. 1-2.

Рис. 1. Схема газоразрядного CO_2-лазера с цилиндрической разрядной трубкой

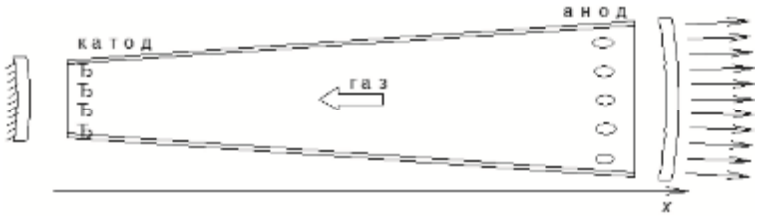


Рис. 2. Схема газоразрядного CO_2-лазера с конической разрядной трубкой

Математическая модель, использованная в работе, включает уравнения тлеющего разряда для электроотрицательной смеси газов, уравнения неравновесной газодинамики, а также уравнения колебательной кинетики молекулярных компонентов газовой смеси.

Рассматривалась смесь газов CO_2-N_2-He-H_2O, широко применяемая в газоразрядных лазерах. Математическая модель колебательной кинетики в таких смесях подробно описана в работах [1-6]. Предполагается, что неравновесно возбуждены три вида колебаний молекулы CO_2 и колебания N_2. Полагается также, что колебательные и вращательные степени свободы остальных молекул находятся в равновесии с поступательными степенями свободы. Для описания колебательной кинетики

используется модель гармонического осциллятора. При этом внутри каждой неравновесной колебательной моды устанавливается больцмановское распределение энергии со своей колебательной температурой.

Поскольку уровни колебательной энергии $CO_2(10^00)$ и $CO_2(02^00)$ близки между собой, то между первой (симметричной) и второй (деформационной) колебательными модами CO_2 существует быстрый энергообмен (резонанс Ферми) [1-4]. Вследствие резонанса Ферми данные моды обычно рассматривают как одну – объединенную. Ввиду больцмановского распределения энергии молекул по колебательным уровням, для среднего числа квантов ε_j колебательной энергии j-й моды, приходящихся на одну молекулу, можно записать формулу:

$$e_j = \frac{1}{\exp\frac{q_j}{T_j} - 1}, \tag{1}$$

где q_j – характеристическая температура j-й моды. Значения j = 1,2,3 соответствуют симметричной, деформационной и асимметричной колебательным модам молекулы CO_2, j = 4 – колебательной моде молекул N_2. Ввиду резонанса Ферми полагается, что $T_1 = T_2$. Следует иметь ввиду, что деформационная колебательная мода дважды вырождена (деформационные колебания могут происходить независимо в двух перпендикулярных плоскостях). Суммарная колебательная энергия единицы массы газа выражается формулой:

$$e = R[x_1(q_1e_1 + 2q_2e_2 + q_3e_3) + x_2q_4e_4,], \tag{2}$$

$$R = \frac{R_0}{\sum_i x_i m_i},$$

где ξ_i – молярная концентрация, μ_j – молярная масса компонента M_j ($M_1 = CO_2$, $M_2 = N_2$, $M_3 = He$), R_0 – универсальная газовая постоянная, R – газовая постоянная для данной смеси.

Используемая кинетическая схема включает следующие каналы колебательно-колебательного (V-V) и колебательно-поступательного (V-T) обмена с соответствующими временами реакций [1-6]:

Таблица 1

$CO_2(\nu_2) + M_i \leftrightarrow CO_2 + M_i$,	τ_{1i}
$CO_2(\nu_3) + M_i \leftrightarrow CO_2(3\nu_2) + M_i$,	τ_{2i}
$CO_2(\nu_3) + N_2 \leftrightarrow CO_2 + N_2(\nu_4)$,	τ_3
$N_2(\nu_4) + H_2O \leftrightarrow N_2 + H_2O$,	τ_4
$N_2(\nu_4) + He \leftrightarrow N_2 + He$,	τ_5

Уравнения колебательной релаксации имеют следующий вид:

$$u\frac{de_2}{dx} = b\left(\frac{e_{2p} - e_2}{t_1} + \frac{3j_{32}}{2t_2}\right) + b\frac{gIT}{(q_3 - q_1)x_1p} + b\frac{d_{1,2}WT}{x_1q_2p}, \tag{3}$$

$$u\frac{de_3}{dx} = -\frac{j_{32}}{t_2} + x_2\frac{e_4 - e_3}{t_3} - \frac{gIT}{(q_3 - q_1)x_1p} + \frac{d_3WT}{x_1q_3p}, \tag{4}$$

$$u\frac{de_4}{dx} = x_2\frac{e_{4p} - e_4}{t_{4(5)}} + x_1\frac{e_3 - e_4}{t_3} + \frac{d_4WT}{x_2q_4p}, \tag{5}$$

$$b = \frac{(1 + 2e_2)^2}{1 + 6e_2 + 6e_2^2},$$

$$\varphi_{32} = \varepsilon_3(\varepsilon_2 + 1)^3 - \varepsilon_2^3(1 + \varepsilon_3)\exp\frac{3\theta_2 - \theta_3}{T},$$

где g – коэффициент усиления, I – интенсивность излучения, $\delta_{1,2}$, δ_3, δ_4 – доли энергии тлеющего разряда, вкладываемые в объединенную симметричную и деформационную моду CO_2, в асимметричную моду CO_2 и в колебания N_2; W – удельная мощность электрического разряда, u – скорость газа. Данные уравнения относятся к «жестким» дифференциальным уравнениям.

Уравнения газодинамики и тлеющего разряда в электроотрицательной смеси газов

Для описания течения газа используются стационарные одномерные уравнения невязкой газовой динамики:

- Уравнение неразрывности:

$$\rho uS=\rho_0 u_0 S_0=G, \tag{6}$$

- уравнение количества движения:

$$\rho u\frac{du}{dx}=-\frac{dp}{dx}, \tag{7}$$

- уравнение энергии:

$$\frac{du(E_g+p)}{dx}=W_e-gI-u(E_g+p)\frac{S'}{S}, \tag{8}$$

- уравнение состояния газа:

$$p=\rho RT, \tag{9}$$

где r – плотность, p – давление, T – температура газа. Удельная энергия газа E_g определяется по формуле:

$$E_g=\frac{p}{\kappa-1}+\frac{\rho u^2}{2}+\rho e. \tag{10}$$

Удельный энерговклад может быть записан в виде:

$$W_e=Eq(\delta v_e n_e+|v_+ n_+|+v_- n_-),\ \delta=\delta_{RT}+\delta_2+\delta_3+\delta_4, \tag{11}$$

где δ_{RT}, δ_2, δ_3 и δ_4, – доли энергии электронов, идущие на возбуждение поступательно-вращательных степеней свободы молекул, комбинированной симметричной и деформационной колебательных мод молекул CO_2, антисимметричной колебательной моды CO_2 и колебательной моды N_2, соответственно; q – заряд электрона. Необходимо отметить, что в правой части выражения для энерговклада (11) два последних члена описывают джоулев нагрев газа токами положительных и отрицательных ионов.

В рамках обычно используемых предположений стационарные уравнения, описывающие тлеющий разряд в электроотрицательном газе, имеют следующий вид:

$$\frac{dj_e}{dx}=k_i j_e-k_a j_e-q\beta_e n_e n_+ +qk_d Nn_- - j_e\frac{S'}{S}, \tag{12}$$

$$\frac{dj_+}{dx}=-k_i j_e+qb_e n_e n_+ +qb_i n_+ n_- - j_+\frac{S'}{S}, \tag{13}$$

$$\frac{dj_-}{dx}=k_a j_e-q\beta_i n_+ n_- -qk_d Nn_- - j_-\frac{S'}{S}, \tag{14}$$

и уравнение Пуассона для электрического поля:

$$\frac{dE}{dx}=\frac{q}{\varepsilon_0}(n_e-n_+ +n_-)-E\frac{S'}{S}, \tag{15}$$

где $S = S(x)$ – площадь поперечного сечения разрядной трубки.

На плотности токов накладываются следующие граничные условия:

$$j_e(0,t)=\gamma j_+(0,t),\ j_-(0,t)=j_+(L,t). \tag{16}$$

Напряженность электрического поля связана с напряжением, приложенным к разрядному промежутку соотношением:

$$\int_0^L E(x)dx=U. \tag{17}$$

Для решения газодинамических уравнений задаются давление, скорость и температура газа во входном сечении разрядной трубки, т.е. на катоде или на аноде (в зависимости от направления газового потока). Колебательные степени свободы молекул во входном сечении считаются равновесно возбужденными. В случае $S(x)$=const используется модель плоско-параллельного резонатора, основанная на предположении о постоянной интенсивности излучения внутри резонатора. В случае $S(x)\neq$const используется модель концентрического резонатора с интенсивностью излучения,

изменяющейся по закону $I(x) = I(0)S(0)/S(x)$. Средний коэффициент усиления $\bar{g}$ при этом удовлетворяет условию стационарной генерации:

$$\bar{g} \equiv \frac{1}{L}\int_0^L g dx = \frac{1}{2L}\ln\frac{1}{r_1 r_2}, \quad (18)$$

где $r_1 = 1 - a_1$ и $r_2 = 1 - a_2 - q$ – коэффициенты отражения зеркал, a_1 и a_2 – коэффициенты поглощения зеркал, q – коэффициент пропускания полупрозрачного зеркала, L – расстояние между зеркалами, которое принимается равным расстоянию между электродами. Для расчета выходной мощности в случае плоского резонатора используется формула:

$$P_{\text{u}} = \frac{q\,\bar{g} I V_R}{(1+\sqrt{r_1/r_2})(1-\sqrt{r_1 r_2})}. \quad (19)$$

где V_R – объем резонатора.

В случае применения конических трубок предполагается, что резонатор образован двумя сферическими концентрическими зеркалами. Средний коэффициент усиления $\bar{g}$ удовлетворяет условию стационарной генерации (18). Для расчета выходной мощности вместо формулы (19) в этом случае используется формула:

$$P_u = \frac{q\,\bar{g} I(L) S(L) L}{(1+\sqrt{r_1/r_2})(1-\sqrt{r_1 r_2})}. \quad (20)$$

Из уравнений неразрывности для электронов и ионов (12-14) следует закон сохранения полного тока:

$$(j_{\text{e}} + j_+ + J_-)S(x) = J \equiv const. \quad (21)$$

Соотношение (21) позволяет исключить плотность тока отрицательных ионов из уравнений (12-14). При этом предполагается, что полный ток J является заданной величиной, в то время как разность потенциалов U определяется после решения задачи интегрированием напряженности электрического поля E вдоль разряда.

Метод решения

Сложная система дифференциальных уравнений решалась методом расщепления на три подсистемы, описывающие различные физические процессы. Прежде всего, значения газодинамических параметров на слое $x+\Delta x$ рассчитывались тем же способом, что и в случае CO-лазеров, описанном в работах [7, 8]. Затем для расчета на слое $x + \Delta x$ величин ε_k использовалась неявная схема:

$$\frac{e_k^{i+1} - e_k^i}{\Delta x_i} = s f_k^i + (1-s) f_k^{i+1}, 0 \le s \le 0.5, k = 2,3,4. \quad (22)$$

Для решения системы уравнений (22) использовался итерационный метод Ньютона. Эта процедура повторялась шаг за шагом в направлении от катода к аноду. После этого уравнения тлеющего разряда (12-15) решались для всей области разряда с помощью метода матричной прогонки. Для получения самосогласованного решения приходилось применять до 10 глобальных итераций между этими тремя подсистемами.

Результаты расчетов для быстропроточных CO_2-лазеров с конической разрядной трубкой

Ниже приведены результаты расчетов быстропроточных CO_2-лазеров с относительно широкими разрядными трубками конической формы.

Предполагается, что резонатор образован двумя сферическими концентрическими зеркалами. Средний коэффициент усиления $\bar{g}$ удовлетворяет условию стационарной генерации (18). Для расчета выходной мощности используется формула (20).

Были проведены численные исследования лазера с продольным разрядом, в основном совпадающего с установкой, описанной в [9] и отличающейся тем, что разрядная камера представляет собой трубу конического сечения (1). Площадь поперечного сечения $S(L)$, соответствующая входному сечению для потока газа, предполагается неизменной и в расчетах составляет 141 см^2. Площадь выходного сечения

$S(0)$ варьировалась от $0{,}5 \cdot S(L)$до $2 \cdot S(L)$. Закон изменения площади поперечного сечения для конической трубки имеет вид:

$$S(x) = \left(\frac{\sqrt{S_L} - \sqrt{S_o}}{L} x + \sqrt{S_o} \right)^2 .$$

Поток газа, как и в [11], направлен от анода к катоду. Рассматривается смесь CO_2:N_2:He=4,5:13,5:82. Задаются следующие значения параметров: межэлектродное расстояние L=60 см, разрядный ток J=1,8 А, давление во входном сечении p=30 Тор, скорость газа $|u|$=97м/с, температура T=300 К. Доли энергии, вкладываемые в различные степени свободы молекул, дрейфовая скорость электронов, частоты ионизации и прилипания электронов рассчитываются с помощью функции распределения электронов по энергиям, полученной в результате решения уравнения Больцмана [12].

В табл. 2 приведены основные расчетные характеристики ГРЛ для трех различных разрядных труб.

Таблица 2

Параметры	S(L)/S(0)=2	S(L)/S(0)=1	S(L)/S(0)=0,5
Разность потенциалов, U (кВ)	10,22	10,15	9,94
Выходная мощность, P (кВт)	3,72	3,50	3,04
Электрооптический КПД, η (%)	20,24	19,14	17,01
Коэфф. пропускания зеркала,θ (%)	15,79	15,09	13,26

При расчетах задавалось следующее значение интенсивности I_0=300 Вт/см^2. Численные эксперименты показали, что именно это значение I_0 обеспечивает максимальную выходную мощность лазера, и оно не зависит от геометрии трубы. Хотя отметим, что коэффициент пропускания зеркала θ при этом получается различным для разных труб.

Распределения газодинамических параметров в сужающейся (кривые 1), в цилиндрической (кривые 2) и расширяющейся (кривые 3) трубах представлены на рис. 3-5. Сильнее всего геометрия трубы сказывается на поведении скорости газа (рис. 3). Энерговклад в газ вызывает ускорение потока, а это в сочетании с ускорением потока из-за сужения трубы приводит к увеличению скорости газа почти до скорости звука. В цилиндрической трубе в выходном сечении скорость газа значительно меньше. И в расширяющейся трубе замедление потока за счет расширения оказывается преобладающим по сравнению с ускорением, вызванным подводом энергии в газ. Для цилиндрической и расширяющейся трубы давление газа близко к значению во входном сечении, в то время, как в сужающейся трубе падение давления более существенно (рис. 4). Малое отличие распределения температуры газа объясняется тем, что энерговклад в единицу массы газа слабо зависит от геометрии трубы (рис. 5). Более интенсивный нагрев в расширяющейся трубе вызван более быстрой релаксацией колебательной энергии при меньших скоростях газа, что хорошо видно из графиков распределений коэффициента усиления (рис. 6).

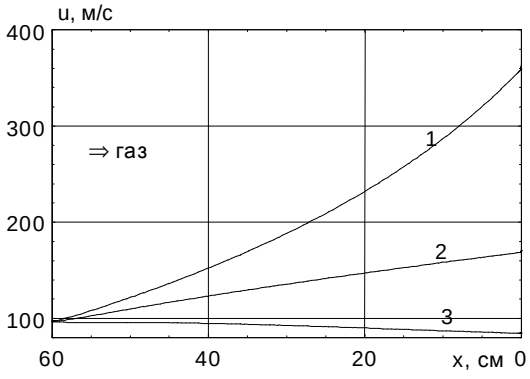


Рис. 3. Распределение скорости газа u вдоль разрядной трубы.
Кривая 1 соответствует S(L)/S(0)=2,2–S(L)/S(0)=1,3–S(L)/S(0)=0,5

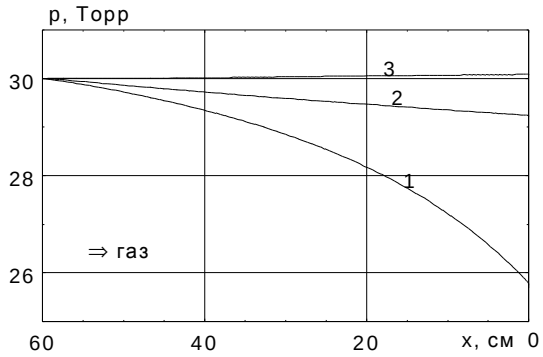


Рис. 4. Распределение давления p вдоль разрядной трубы.
Кривая 1 соответствует S(L)/S(0)=2,2–S(L)/S(0)=1,3–S(L)/S(0)=0,5

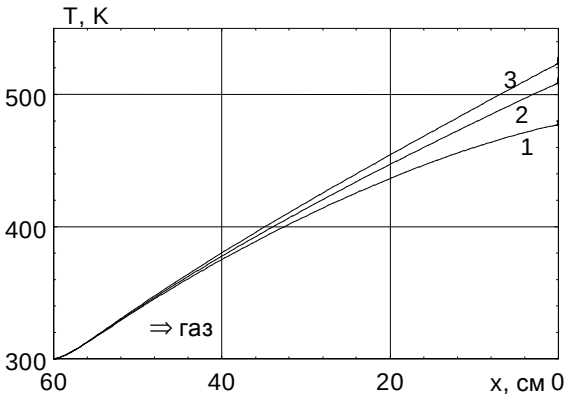


Рис. 5. Распределение температуры T вдоль разрядной трубы.
Кривая 1 соответствует S(L)/S(0)=2,2–S(L)/S(0)=1,3–S(L)/S(0)=0,5

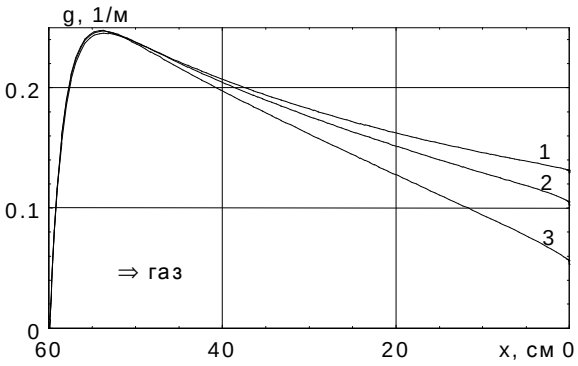


Рис. 6. Распределение коэффициента усиления g вдоль разрядной трубы.
Кривая 1 соответствует S(L)/S(0)=2,2–S(L)/S(0)=1,3–S(L)/S(0)=0,5

На рис. 7 представлены распределения напряженности электрического поля. Приэлектродные слои, в масштабах рисунка, не видны. Значения приведенной напряженности электрического поля *E/N*, также как концентраций электронов, положительных и отрицательных ионов, тем больше, чем уже площадь сечения трубы у катода. Значение электрического поля *E* слабо зависит от геометрии трубы, как и значение разности потенциалов. На рис. 8 представлены распределения концентраций заряженных частиц.

Зависимость выходной мощности излучения и электрооптического КПД от величины разрядного тока изображена на рис. 9. По энергетическим характеристикам сужающаяся труба превосходит обычно применяемую в лазерах цилиндрическую трубу, особенно при малых токах. Анализ зависимости энергетических характеристик лазера от скорости прокачки (рис. 10) позволяет утверждать, что выигрыш мощности и КПД для

сужающейся трубы особенно значителен при сравнительно небольших скоростях прокачки газа, поэтому и удельная мощность излучения, приходящаяся на единицу расхода газа, при этом будет больше. Таким образом, численные исследования ГРЛ с продольной прокачкой газа с разрядной трубой переменного сечения дают основания сделать заключение о возможности улучшения энергетических характеристик ГРЛ за счет применения сужающейся вдоль потока разрядной трубы.

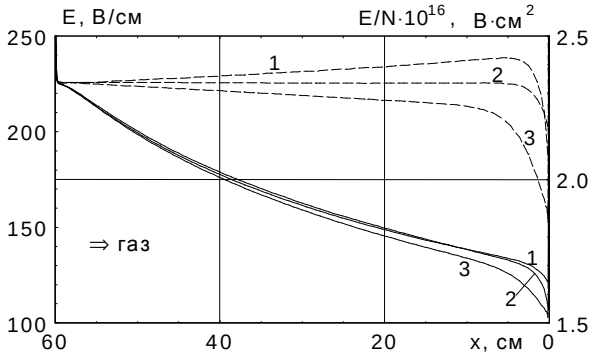


Рис. 7. Распределение приведенной напряженности электрического поля E/N (штриховые линии) и E (сплошные линии). Кривая 1 соответствует S(L)/S(0)=2,2–S(L)/S(0)=1,3–S(L)/S(0)=0,5

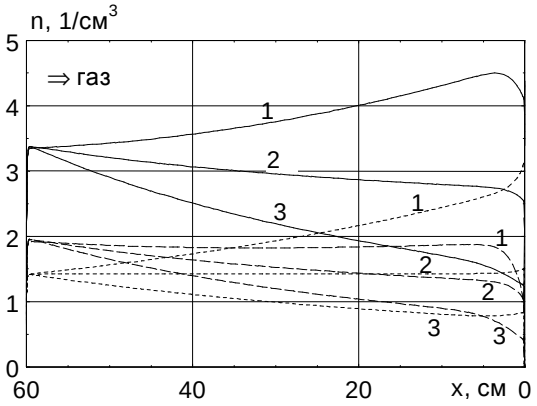


Рис. 8. Распределение концентраций положительных (сплошные линии), отрицательных (штриховые линии) ионов и электронов (пунктир) вдоль разрядной трубы. Кривая 1 соответствует S(L)/S(0)=2,2–S(L)/S(0)=1,3–S(L)/S(0)=0,5

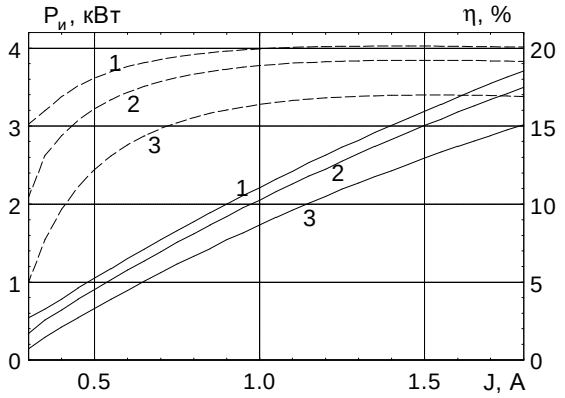


Рис. 9. Зависимость выходной мощности лазера P (сплошные линии) и электрооптического КПД η (штриховые линии) от тока разряда J. Кривая 1 соответствует S(L)/S(0)=2,2–S(L)/S(0)=1,3–S(L)/S(0)=0,5

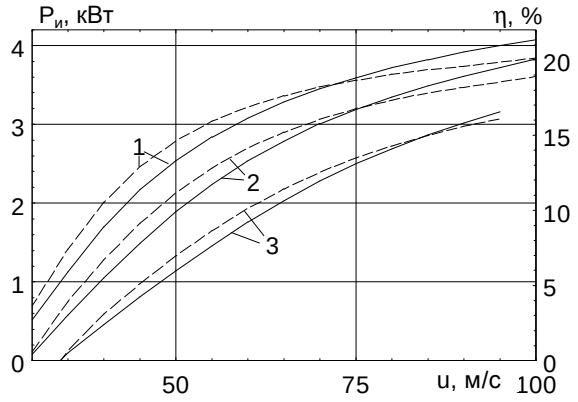


Рис. 10. Зависимость выходной мощности лазера P (сплошные линии) и электрооптического КПД η (штриховые линии) от скорости прокачки газа u. Кривая 1 соответствует S(L)/S(0)=2,2–S(L)/S(0)=1,3–S(L)/S(0)=0,5

Ниже на рис. 11-12 представлены результаты расчетов для лазера с конической трубкой, сужающейся в направлении от катода к аноду и потоком газа, направленным в сторону сужения.

Энергетическое распределение электронов рассчитывалось по методике, описанной в работах [11- 13].

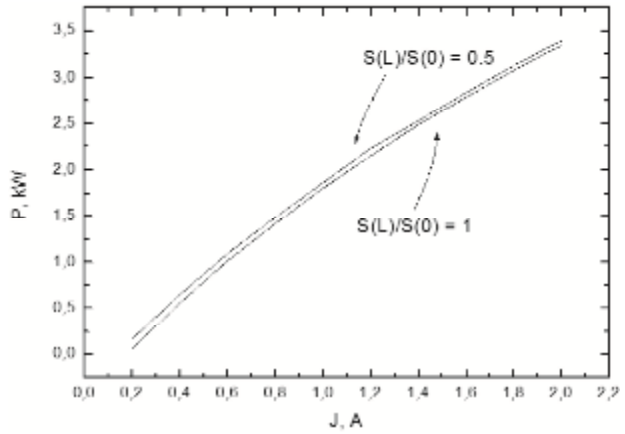


Рис. 11. Выходная мощность лазера в зависимости от тока разряда. Поток газа направлен от катода к аноду

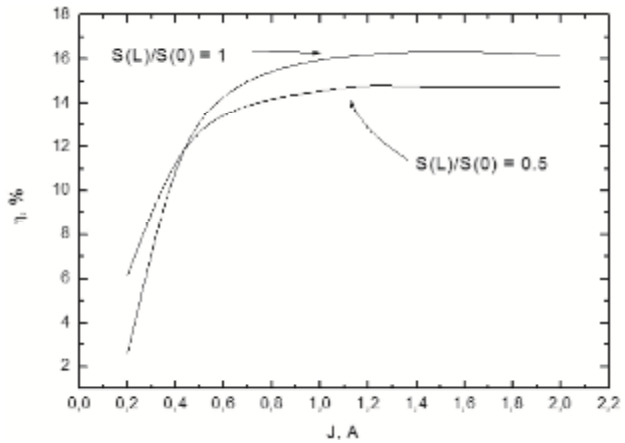


Рис. 12. КПД лазера в зависимости от тока разряда. Поток направлен от катода к аноду

Следует отметить существенный вклад в работу доктора физико-математических наук, старшего научного сотрудника НииММ им. Н.Г. Чеботарева (КФУ) Галеева Равиля Саидовича, безвременно ушедшего из жизни.

Список библиографических ссылок

1. Смит К., Томсон Р. Численное моделирование газовых лазеров. – М.: Мир, 1981. – 516 с.
2. Андерсон Дж. Газодинамические лазеры: введение. – М.: Наука, 1979. – 202 с.
3. Гордиец Б.Ф., Осипов А.И., Шелепин Л.А. Кинетические процессы в газах и молекулярные лазеры. – М.: Наука, 1980. – 512 с.
4. Лосев С.А. Газодинамические лазеры. – М.: Наука, 1977. – 336 с.
5. Сафиуллин Р.К. Математическое моделирование процессов в низкотемпературной плазме тлеющего разряда применительно к CO_2- и CO-лазерам // Диссертация на соискание ученой степени доктора физико-математических наук. – Казань: КГТУ им. А.Н. Туполева, 2006.
6. Taylor R.L., Bitterman S. // Rev. Mod. Phys., 41, № 1, P. 26, 1969.
7. Арасланов Ш.Ф., Сафиуллин Р.К. Численное моделирование электроионизационного и проточного электроразрядного CO-лазеров // Квантовая электроника, т. 31, 2001, № 8. – С. 697-703.
8. Araslanov Sh.F., Safioulline R.K. Numerical simulation of flowing gas discharge and electroionized CO lasers // Asian Journal of Spectroscopy, 2001, № 1. – P. 25-33.
9. Harry J.E., Evans D.R. A large bore fast axial flow CO_2-laser // IEEE Journal of Quantum Electronics, 1988, v. 24, № 3. – P. 503-506.
10. Galeev R.S., Safioulline R.K. Numerical simulation of the processes in fast flow electric discharge CO_2-lasers // International Conference on Atomic and Molecular Pulsed Lasers V, Tomsk, September, 2003. Proceedings of SPIE, vol. 5483. – P. 214-223.
11. Araslanov Sh.F., Safioulline R.K. Electron energy distribution in glow discharge plasma. // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики, 1999, № 7-8. – 61 с.
12. Сафиуллин Р.К. Расчет констант скоростей ионизации и диссоциативного прилипания электронов к молекулам в газоразрядной плазме // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики, 2001, № 7-8. – 55 с.
13. Сафиуллин Р.К. Расчет концентраций заряженных частиц и потенциала электрического поля в тлеющем разряде в потоке газа // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики, 2002, № 1-28. – 69 с.

Safiullin R.K. – doctor of physical-mathematical sciences, professor
E-mail: rksaf@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Research of fast flow gas discharge CO_2 lasers with conical discharge tubes

Resume

The processes in fast flow gas discharge CO_2 lasers with conical discharge tubes were numerically investigated. Glow discharge, molecular vibration kinetics as well as non-equilibrium gas dynamic equations were considered. A harmonic oscillator model for molecular vibration kinetics was used. Gas discharge equations for electronegative CO_2-N_2-He-H_2O laser mixtures were employed.

Complicated system of differential equations was solved by splitting on three subsystems: the first one for gas dynamics, the second one for molecular vibration kinetics and the third – for glow discharge equations. At first, gas dynamic quantities for layer $x+\Delta x$ were calculated by the method previously used for CO-lasers. After that vibration kinetic quantities were obtained using implicit difference scheme with the Newton iterative method. These procedures were

repeated step by step from the cathode up to the anode. And then glow discharge equations were solved for the whole discharge region by the matrix sweep method. To obtain self-consistent solution one needs to make up to 10 global iterations between these three subsystems.

As a result, space distributions for charged components of gas discharge plasma, as well as for gas temperature, gas velocity, gain coefficient and laser output were calculated. Good agreement with the available experimental results was achieved.

Keywords: conical tube, glow discharge, CO_2-laser, harmonic oscillator.

Reference list

1. Smith K., Thomson R. Computer Modeling of Gas Lasers. Mir. – M., 1981. – 516 p.
2. Anderson J. Gas Dynamic Lasers. Nauka. – M., 1979. – 202 p.
3. Gordietz B.F., Osipov A.I., Shelepin L.A. Kinetic Processes in Gases and Molecular Lasers. Nauka. – M., 1980. – 512 c.
4. Losev S.A. Gas Dynamic Lasers. Nauka. – M., 1977. – 336 p.
5. Safiullin R.K. Mathematical Simulation of the Processes in Low Temperature Plasma in Glow Discharge in Connection with CO_2- and CO-lasers. – Kazan: KAI, 2006.
6. Taylor R.L., Bitterman S. Rev. Mod. Phys., 41, № 1. – P. 26, 1969.
7. Araslanov Sh.F., Safiullin R.K. Numerical simulation of electroionisation and electric discharge gas flow CO-lasers // Sov. J. Quant. Electronics. V. 31, 2001, № 8. – P. 697-703.
8. Araslanov Sh.F., Safioulline R.K.. Numerical simulation of flowing gas discharge and electroionized CO-lasers. // Asian Journal of Spectroscopy 1, 2001, № 1. – P. 25-33.
9. Harry J.E., Evans D.R. A large bore fast axial flow CO_2-laser // IEEE Journal of Quantum Electronics, 1988, V. 24, № 3. – P. 503-506.
10. Galeev R.S., Safioulline R.K. Numerical simulation of the processes in fast flow electric discharge CO_2-lasers. // International Conference on Atomic and Molecular Pulsed Lasers V, Tomsk, September 2003. Proceedings of SPIE, Vol. 5483. – P. 214-223.
11. Araslanov Sh.F., Safioulline R.K. Electron energy distribution in glow discharge plasma. // Isvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Problemy energetiki, 1999, № 7-8. – 61 p.
12. Safiullin R.K. Calculations of ionization and of electron-molecule dissociative attachment in gas discharge plasma. // Isvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Problemy energetiki, 2001, № 7-8. – 55 p.
13. Safiullin R.K. Calculations of charged particles densities and of electric potential in glow discharge with gas flow. // Isvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Problemy energetiki, 2002, № 1-28. – 69 p.

ПРАВИЛА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ СТАТЕЙ ДЛЯ ПУБЛИКАЦИИ В НАУЧНОМ ЖУРНАЛЕ «ИЗВЕСТИЯ КАЗАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА»

Статья должна быть набрана в программе Microsoft Word (версия не ранее MS Word 97). Файл, названный именем автора статьи, представить с расширением RTF.

Параметры страницы:

- размер страницы – 297х210 мм (формат А4);
- поля: сверху – 20 мм, снизу – 20 мм, слева – 30 мм, справа – 30 мм;
- ориентация страницы – книжная.

Параметры форматирования текста:

- шрифт – Times New Roman;
- размер шрифта – 11 пт;
- абзацный отступ – 10 мм (не задавать пробелами);
- выравнивание – по ширине;
- заголовки полужирным шрифтом, с выравниванием по центру;
- междустрочный интервал – одинарный.

При наборе статьи исключить автоматический перенос слов. Запрещено уплотнение интервалов шрифта.

Объем публикации – не менее 5 полных страниц и не более 10 страниц, включая таблицы и иллюстрации. Иллюстративный материал не должен перегружать статью (не более 4 рис.). Таблицы и иллюстрации скомпоновать с учетом вышеуказанных полей.

Таблицы создать средствами Microsoft Word и присвоить им имена: Таблица 1, Таблица 2 и т.д. Название таблицы с порядковым номером (или номер таблицы без названия) располагается над таблицей. Текст таблицы должен быть набран шрифтом размером 10 пт с одинарным межстрочным интервалом.

Иллюстрации представить в основных графических форматах (tif, jpg, bmp, gif) с именами Рис. 1, Рис. 2 и т.д. Все объекты должны быть черно-белыми (градации серого), четкого качества. Выравнивание – по центру. Рекомендуемое разрешение – 300 dpi. Названия иллюстраций и подписи к ним набираются шрифтом размером 10 пт с одинарным межстрочным интервалом. Не допускается выполнение рисунков в редакторе Microsoft Word. Минимальный размер иллюстраций – 80х80 мм, максимальный – 170х240 мм.

Для набора формул, которые не возможно набрать в Word, и вставки символов использовать встроенный в Microsoft Word редактор формул Microsoft Equation или Math Type. Формулы в статье, подтверждающие физическую суть исследования (процесса), представляются без развернутых математических преобразований. Формулы компонуются с учетом вышеуказанных полей (при необходимости использовать перенос формулы на следующую строку), помещаются по центру строки, в конце которой в круглых скобках ставится порядковый номер формулы (формулы и их порядковые номера - в таблицах с невидимыми границами). Ссылку на номер формулы в тексте также следует брать в круглые скобки. Следует применять физические величины, соответствующие стандарту СТ СЭВ 1052-78 (СН 528-80).

Иллюстрации, формулы, таблицы и ссылки на цитированные источники, встречающиеся в статье, должны быть пронумерованы в соответствии с порядком цитирования в тексте. При этом, ссылка на литературные источники берётся в квадратные скобки.

Уникальность текста статьи должна составлять не менее 75 %.

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЬИ

УДК 691.33
Иванов И.И. – кандидат технических наук, доцент
E-mail: ivanov@kgasu.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1
разделительный интервал
Современные строительные материалы
разделительный интервал
Аннотация
Текст аннотации (50-100 слов)
Ключевые слова: теплоизоляционные материалы, карбамидные пенопласты, модификация
разделительный интервал
Текст статьи
разделительный интервал
Список библиографических ссылок
разделительный интервал
Ivanov I.I. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: ivanov@kgasu.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1
разделительный интервал

Modern building material

разделительный интервал

Resume

Текст резюме (150-200 слов)

Keywords: thermal insulating materials, of carbamide foams, updating

разделительный интервал

Reference list*

* Перечень ссылок, переведённый на английский язык (названия изданий не переводить – писать в латинской транскрипции).

Перечень библиографических ссылок обязателен!

Библиографические ссылки представить в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008.

Примеры:

1. Баженов Ю.М. Технология бетона. – М.: Изд-во АСВ, 2002. – 500 с.
2. Драновский А.Н. Динамические параметры прочности песков // Сб. научных трудов «Материалы 49-й Республиканской научной конференции». – Казань: КГАСА, 1998. – С. 186-191.
3. Завадский В.Ф., Путро Н.Б., Максимова Ю.С. Поризованная строительная керамика // Строительные материалы, 2004, № 2. – С. 21-22.
4. Корчагина В.И. Исследование в области модификации ПВХ и биполимерных систем на его основе // Автореферат канд. дисс. на соиск. степени канд. хим. наук. – Казань, 1974. – 22 с.
5. Химическая технология керамики: Учеб. пособие для вузов / Под ред. проф. И.Я. Гузмана. – М.: ООО РИФ «Стройматериалы», 2003. – 496 с.
6. Приемопередающее устройство: пат. 2187888 Рос. Федерация. № 2000131736/09; заявл. 18.12.00; опубл. 20.08.02. Бюл. № 23 (II ч.). – 3 с.
7. Отчёт по НИР. Инв. № 02200703350. Соколов Б.С. и др. Разработка новых и совершенствование существующих методов расчёта железобетонных и каменных элементов, конструкций зданий и сооружений.
8. Инвестиции останутся сырьевыми // PROGNOSIS.RU: ежедн. интернет-изд. 2006. 25 янв. URL: http://www.prognosis.ru/print.html?id=6464 (дата обращения: 19.03.2007).

Примеры перевода перечня ссылок на английский язык:

1. Bazhenov Yu.M. Technology of concrete. – M: Publishers ASV, 2002. – 500 p.
2. Dranovsky A.N. Dynamic parametres of durability of sand // The collection of proceedings «Materials of 49th Republican scientific conference». – Kazan: KSABA, 1998. – P. 186-191.
3. Zavadsky V.F., Putro N.B., Maksimova Yu.S. Porous building ceramics // Stroitelnye materialy, 2004, № 2. – P. 21-22.
4. Korchagina V.I. Research in the field of updating of PVC and bipolymerous systems on its basis // The master's thesis author's abstract on competition of degree of a Cand. Chem. Sci. – Kazan, 1974. – 22 p.
5. Chemical technology of ceramics: Studies. The grant for high schools / Under the editorship of prof. I.J. Guzmana. – M: LTD RIF «Stroymaterialy», 2003. – 496 p.
6. The send-receive device: the patent 2187888 Russian Federation. № 2000131736/09; It is declared 18.12.00; it is published 20.08.02. The bulletin № 23 (II part). – 3 p.
7. The report on research work. Inv. № 02200703350. Sokolov B.S. and others. Working out new and perfection of existing methods of calculation of ferro-concrete and stone elements, designs of buildings and constructions.
8. Investments remain raw // PROGNOSIS.RU: the daily Internet-edition 2006. 25 jan. URL: http://www.prognosis.ru/print.html?id=6464 (reference date: 19.03.2007).

В список литературы вносятся только опубликованные работы.

Название статьи должно отражать основную идею выполненного исследования, быть по возможности кратким. Аннотация (1 абзац от 500 до 1000 знаков с пробелами) должна ясно излагать содержание статьи и быть пригодной для самостоятельного опубликования.

В разделе **«Введение»** рекомендуется указать нерешенные ранее вопросы, сформулировать и обосновать цель работы и, если необходимо, рассмотреть ее связь с важными научными и практическими направлениями. Могут присутствовать ссылки на публикации последних лет в данной области, включая зарубежных авторов.

Основная часть статьи должна подробно освещать содержание исследований, проведенных автором (авторами). Полученные результаты должны быть освещены с точки зрения их научной новизны и сопоставлены с соответствующими известными данными. Основная часть статьи может делиться на подразделы (с разъяснительными заголовками) и содержать анализ последних публикаций, посвященных решению вопросов, относящихся к данным подразделам.

В разделе **«Заключение»** должны быть в сжатом виде сформулированы основные полученные результаты с указанием их новизны, преимуществ и возможностей применения.

Язык публикации: русский или английский.

Тезисы к публикации не принимаются!

Если статья была или будет направлена в другое издание, необходимо сообщить об этом редакции. Ранее опубликованные статьи к рассмотрению не принимаются.

От авторов в редакцию журнала предоставляются следующие материалы:

- **Два экземпляра статьи в четко распечатанном виде, скрепленные степлером, подписанные автором (ами);**
- **Электронный носитель (**Электронная версия статьи должна соответствовать варианту на бумажном носителе);
- **Две рецензии** (соответствующего уровня) от двух независимых организаций;
- **Экспертное заключение о возможности опубликования, оформленное в организации, откуда исходит рукопись**;
- **Анкета автора (ов) в предлагаемой форме** (заполнить на русском и английском языке).

Материалы к публикации вложить в полиэтиленовый файл.

Датой поступления статьи считается день представления последнего из вышеуказанных материалов.

Представленные авторами научные статьи направляются на независимое закрытое рецензирование специалистам по профилю исследования, членам редакционной коллегии. Основными критериями целесообразности публикации являются новизна полученных результатов, их практическая значимость, информативность. В случае, когда по рекомендации рецензента статья возвращается на доработку, датой поступления считается день получения редакцией ее доработанного варианта. К доработанной статье в обязательном порядке прикладываются ответы на все замечания рецензента. Статьи, получившие отрицательные заключения рецензентов и не соответствующие указанным требованиям, решением редакционной коллегии журнала не публикуются и не возвращаются (почтовой пересылкой). Редакционная коллегия оставляет за собой право на редактирование статей с сохранением авторского варианта научного содержания.

После уведомления редакцией принятия рукописи и согласования сроков её публикации с ответственным исполнителем журнала авторы представляют копию платежной квитанции или справку, подтверждающую обучение автора (ов) в аспирантуре на момент подачи статьи.

Расчет стоимости не зависит от объема текста статьи на странице.

Журнал «Известия КГАСУ» выходит 4 раза в год, тиражом 500 экз. Журнал является подписным изданием и включен в общероссийский каталог ОАО Агентства «РОСПЕЧАТЬ», индекс издания – 36939.

АВТОРЫ, ЯВЛЯЮЩИЕСЯ ЧЛЕНАМИ РЕДКОЛЛЕГИИ И (ИЛИ) ПОДПИСЧИКАМИ ЖУРНАЛА, ИМЕЮТ ПРЕИМУЩЕСТВЕННОЕ ПРАВО НА ОПУБЛИКОВАНИЕ СВОИХ СТАТЕЙ.

СТАТЬИ ПУБЛИКУЮТСЯ БЕСПЛАТНО.

Научная статья в полном объеме будет также размещена на официальном сайте «Известия КГАСУ» – электронном научном издании (ЭНИ) http://izvestija.kgasu.ru/ (Свидетельство о регистрации средства массовой информации Эл № ФС 77-31046 от 25.01.2008).

Все материалы направлять по адресу: 420043, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1, ОПИР, комн. 79. Телефон (843) 510-46-39, 236-26-88 (тел./факс). E-mail: patent@kgasu.ru. Ответственный исполнитель журнала – Хабибулин Марат Максутович.

Банковские реквизиты:
КГАСУ
420043, г. Казань, ул. Зеленая, 1
ИНН 1655018025 КПП 165501001
Сч. 40501810292052000002
в ГРКЦ НБ РТ Банка России г. Казань
БИК 049205001
Л/с 20116Х06860

Указать назначение платежа: Код дохода: 00000000000000000130 реализация изд. деят-ти.

АНКЕТА АВТОРА(ОВ)

(заполняется в электронном виде отдельным файлом, названным «Анкета», с расширением RTF)

Фамилия, имя, отчество (полностью), **учёная степень,** **звание,** **должность.** **Полное наименование организации, город** (указывается, если не следует из названия организации) (для каждого автора) **Адрес организации**	
Название статьи	
Аннотация (от 50 до 100 слов)	
Ключевые слова (от 5 до 10 слов или словосочетаний)	
Научная тематика статьи	Впишите одну из представленных: • теория и история архитектуры, реставрация и реконструкция историко-архитектурного наследия; • архитектура зданий и сооружений. Творческие концепции архитектурной деятельности; • градостроительство, планировка сельских населенных пунктов; • строительные конструкции, здания и сооружения; • основания и фундаменты, подземные сооружения; • теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение; • водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов; • строительные материалы и изделия; • гидротехническое строительство; • технология и организация строительства; • проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей; • гидравлика и инженерная гидрология; • строительная механика; • экологическая безопасность строительства и городского хозяйства; • информатика, вычислительная техника и управление (в строительстве).
Паспортные данные (номер, кем выдан, дата выдачи, адрес регистрации), **ИНН**	
Адрес для переписки	
E-mail	
Контактные телефоны	

AUTHOR'S QUESTIONNAIRE

(it is filled in electronic type by separate file named «Questionnaire» with expansion RTF)

Full Last name First name, Middle name **Scientific degree,** **Scientific rank,** **Current position.** **Full name of the organization**, **City** (it is noticed if it is not clear from the name of organization) (for each author) **The organization address**	
Title of the article	
Resume (The volume from 150 to 200 words)	
Keywords (from 5 to 10 words or phrases)	
Scientific topic of the article	Include one of the presented: • architecture theory and history, historical and architectural heritage restoration and reconstruction; • houses architecture. The creative concept of architectural activities; • urban development, rural settlements planning; • building structures, houses; • foundations, underground structures; • heating, ventilation, air conditioning, gas supply and lighting; • water supply, sewerage, water conservation construction; • building materials and products; • hydrotechnical construction; • construction technology and organization; • roads, subways, airports, bridges and tunnels design and construction; • hydraulics and engineering hydrology; • construction Mechanics; • ecological safety of construction and municipal economy; • computer science, computer facilities and management (in building).
Mailing address	
Telephone numbers for communication	

Известия КГАСУ
2016 г., № 3 (37)

Гл. редактор: Низамов Р.К.
Учредитель и издатель:
ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет»

Макет и редактирование: Бибикина А.Р.

Адрес редакции: 420043, г. Казань, ул. Зеленая, 1
Тел. для справок: (843) 510-46-39

Журнал зарегистрирован: Регистр. ПИ № ФС77-25136
Электронное периодическое издание: http://izvestija.kgasu.ru Регистр. Эл № ФС 77-31046
Федеральная служба
по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций
и охране культурного наследия.
Индекс издания – 36939
Общероссийский каталог ОАО Агентства «РОСПЕЧАТЬ»

Подп. к печати 20.09.2016 Формат 60x84/8
Заказ 264 Бумага тип. № 1
Усл.-печ. л. 35,37 Уч.-изд. л. 35,87
Тираж 500 экз.
I завод-100

Отпечатано в Издательстве КГАСУ, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1