



СОДЕРЖАНИЕ

УЧЕБНАЯ, НАУЧНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ И ОБЩЕСТВЕННАЯ ЖИЗНЬ УНИВЕРСИТЕТА

Посохин В.Н., Бройда В.А. Кафедре теплогазоснабжения и вентиляции – 40 лет.....3

НАУЧНЫЕ ПРОБЛЕМЫ АРХИТЕКТУРЫ И ДИЗАЙНА

Айдаров Р.С. Деревянная застройка казанских улиц второй половины XIX-начала XX веков.....5
Дембич А.А., Афонина О.В., Бутузова А.С., Мухамедзянова З.Н. Градостроительная концепция как основа инвестиционных программ развития локальных территорий.....12
Закирова Ю.А. Создание комфортной пешеходной системы в центре современного крупного города.....15
Искандаров М.М. К вопросам сохранения жилой застройки г. Казани сталинского периода.....18
Пономарёв Е.С. Социальная значимость зон социальной активности в жилых районах.....22

ТЕОРИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ И СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Абдюшев А.А. Моделирование подкрепленной оболочки в АРС ЭРА-ПК2000.....26
Ахметзянов Ф.Х. Аналогия некоторых свойств бетона с повреждениями (в бетонных и железобетонных элементах) со свойствами тел, описываемыми в теории пластичности.....34
Богданович А.У. О центре изгиба сечений слабоконичных стержней.....36
Драновский А.Н., Тимуришина Г.Н., Сайдашев Р.А. Поведение песчаных грунтов при сжатии в упругой обойме.....40
Лукашенко В.И. Обобщение опыта разработки АРС для прочностных исследований пространственных конструкций.....45
Мананов А.З. Статистическая модель разрушения стального конструктивного элемента с упруго-пластической работой материала.....50
Пекерман Э.Е., Удлер Е.М. Численный метод определения формы тканевых строительных оболочек.....56
Прохоров С.В. Двускатная балка.....58
Якупов Н.М., Абдюшев А.А. Параметрическое исследование лечущих накладок средствами расчетного комплекса ЭРА-ПК2000.....61

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ

Газиуллини Р.Г., Газиуллини Е.В. Добыча и переработка песчано-гравийной смеси прибрежных месторождений.....65
Мубаракшина Л.Ф., Абдрахманова Л.А., Хозин В.Г. Модификация карбамидных пенопластов промышленными отходами.....68
Нуриев М.А., Мурафа А.В., Макаров Д.Б., Хозин В.Г. Битумные эмульсии для защитных покрытий строительных конструкций.....73
Рахимов М.М. Влияние цеолитсодержащих добавок на свойства композиционных шлакощелочных вяжущих с сульфатнатриевым затворителем.....78
Рахимова Н.Р. Шлакощелочные вяжущие с добавками молотого боя керамического кирпича.....83
Старовойтова И.А. Исследование структуры связующих на основе полиизоцианатов и водных растворов силикатов натрия.....89

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

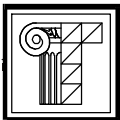
Юнусов И.И., Черво А.В. Экономический потенциал строительного предприятия.....95

АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ И САНИТАРНАЯ ТЕХНИКА

Адельшин А.А., Адельшин А.Б., Ибятков Р.И. Моделирование процессов коалесценции в закрученных потоках установки БГКО.....102
Адельшин А.Б., Зиганшин М.Г. Комплексная обработка вентиляционных и технологических выбросов с хлоросодержащими загрязнителями.....107
Добросердова Е.А. Раздел "Охрана окружающей среды". Состав. Рекомендации.....111
Еремкин А.И., Зиганшин М.Г. Совершенствование оценки санитарно-гигиенической и энергоэкологической эффективности систем очистки.....117

ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

Никонова С.И. Инакомыслие как явление духовной жизни советского общества (1965-1985 гг.).....122
Падерин В.К. Роль методологических комплексов в процессе познания социальной реальности.....127



В.Н. Посохин – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой

В.А. Бройда – кандидат технических наук, доцент

Кафедра теплогазоснабжения и вентиляции

Казанский государственный архитектурно-строительный университет (КазГАСУ)

КАФЕДРЕ ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ – 40 ЛЕТ

АННОТАЦИЯ

В 1966 году из состава кафедры гидравлики и санитарной техники выделился курс “Теплогазоснабжение и вентиляция”, который в октябре 1967 года был преобразован в кафедру с таким же названием. Данная статья отражает 40-летнюю деятельность кафедры.

V.N. Posokhin – doctor of technical sciences, professor, head of the department

V.A. Brojda – candidate of technical sciences, associate professor

Department of Heating and Ventilation

Kazan State University of Architecture and Engineering (KSUA)

DEPARTMENT OF HEATING AND VENTILATION OVER 40 YEARS

ABSTRACT

In 1966 the Heating and Ventilation course was separated from the curricula of the department of Hydraulics and Sanitary Technology, and later in October, 1967 it was transformed into department with the same name. This article reflects the activity of new department over forty years.

Подготовка инженеров по специальности «Теплогазоснабжение и вентиляция» в Казанском инженерно-строительном институте (КИСИ) началась в 1963 году. Становление специальности происходило под руководством профессора В.А. Бахарева, видного ученого в области гидроаэромеханики. Организационно специальность входила в состав строительного технологического факультета.

В 1966 году был создан санитарно-технический факультет, в рамках которого в октябре 1967 года была организована кафедра теплогазоснабжения и вентиляции (ТГВ). Первым заведующим кафедрой был избран кандидат технических наук В.Н. Посохин.

Основные профилирующие дисциплины кафедры развивались под руководством зав. кафедрой В.Н. Посохина (вентиляция и кондиционирование воздуха) и доцента К.В. Тихомирова (отопление).

В период становления к работе на кафедре были привлечены проектировщики и специалисты-практики (М.В. Подольская, Л.В. Федорова, В.П. Смолькова, Т.М. Валишев, А.Н. Денисенко, А.В. Брайловский, Б.М. Павлов, В.И. Сухов, Т.А. Дудина, Ю.А. Ногтев и др.), а также молодые ученые, прошедшие подготовку в Казанском химико-технологическом институте (КХТИ) и защитившие диссертации в области теоретических основ теплотехники (Э.М. Нафиков, А.И. Нарбеков, Э.С. Сергеев и др.).

Помещения кафедры, достаточно скромные, располагались в лабораторном корпусе по адресу: ул. Ершова, 31 (ЛК-8), на территории, удаленной от

основного учебного корпуса, что составляло определенные проблемы для перемещения студентов и преподавателей в ходе учебного процесса. Оснащение лаборатории кафедры создавалось практически заново, этим активно занимались заведующий кафедрой В.Н. Посохин и работавший тогда учебным мастером Д.Г. Гилязов.

Первый выпуск по специальности «Теплогазоснабжение и вентиляция» состоялся в 1969 году, его основу составили студенты вечернего отделения. В следующем, 1970 году, защитили свои дипломные проекты студенты двух групп дневного отделения.

Дальнейшее укрепление научно-педагогического состава кафедры происходило в основном за счет собственных выпускников. Несколько молодых специалистов были направлены на учебу в целевую аспирантуру. После завершения обучения в аспирантуре они успешно защитили кандидатские диссертации и до настоящего времени продолжают работать на кафедре «Теплогазоснабжение и вентиляция» и других кафедрах факультета, который теперь называется факультетом инженерных систем и экологии (ФИСиЭ). К этой группе сотрудников кафедры относятся выпускники 1970-1972 годов – кандидаты технических наук, доценты Д.Г. Гилязов, З.Х. Замалеев, В.А. Бройда; кандидат технических наук, и.о. профессора М.Г. Зиганшин, доцент А.П. Давыдов.

В 1975 году кафедра переехала в новый лабораторный корпус, находящийся на основной территории вуза. Были оборудованы новые лаборатории, продолжено совершенствование методического оснащения учебного процесса, увеличен объем научно-исследовательских



работ. Сотрудники кафедры публиковали научные статьи, методические разработки, активно участвовали в изобретательской деятельности. Профессор К.В. Тихомиров, в эти годы декан факультета, выпустил учебник «Общая теплотехника и ТГВ», который выдержал 3 переиздания, последнее – с участием доцента Э.С. Сергеевского.

С 1980 года кафедра ежегодно издавала межвузовский сборник научных трудов под редакцией В.Н. Посохина. Всего было издано 12 выпусков, значительную долю публикаций в них составляли работы сотрудников кафедры.

Преподаватели кафедры принимали активное участие в жизни вуза. В различные годы заместителями декана факультета успешно работали А.М. Мусаев, В.А. Бройда, З.Х. Замалеев, М.А. Валиуллин. Доцент М.А. Валиуллин в настоящее время является деканом заочного инженерного факультета.

За свою 40-летнюю историю, в ходе структурных преобразований, кафедра несколько раз меняла название, набор читаемых дисциплин, впрочем, базовые курсы, такие как: «Отопление» (доц. З.Х. Замалеев), «Вентиляция» (проф. В.Н. Посохин), «Кондиционирование воздуха и холодоснабжение» (доц. В.А. Бройда), «Газоснабжение» (доц. А.М. Мусаев) – сохранялись и составляют неизменную основу профессиональной подготовки студентов специальности ТГВ.

В период с 1977 по 1987 гг. кафедрой руководил доцент А.И. Нарбеков, много сделавший для дальнейшего развития кафедры. С 1987 года по настоящее время кафедру вновь возглавляет доктор технических наук, профессор В.Н. Посохин.

Ежегодный выпуск молодых специалистов достиг максимума в 1980 году – 173 человека. В 90-е годы произошло некоторое уменьшение числа выпускаемых специалистов: так, в 1995 году выпуск составил всего 67 человек. Но в последующие годы интерес к специальности вновь значительно возрос. В настоящее время по специальности «Теплогазоснабжение и вентиляция» обучаются до 5 групп на курсе по дневной форме обучения (раньше набирались по 2-3 группы) и 2 группы студентов заочного отделения. В 2007 году свои дипломные проекты защитили 117 выпускников по специальности «Теплогазоснабжение и вентиляция», из них 80 человек были подготовлены на кафедре ТГВ.

С 1993 года в течение 5 лет по поручению Минвуза РФ кафедра являлась базой для проведения регионального и всероссийского туров студенческой олимпиады по специальности, с 1999 года кафедра проводит региональные туры олимпиады. Студенты, подготовленные кафедрой, многократно занимали призовые места на всероссийских и региональных турах олимпиады.

Ассоциация строительных вузов СНГ в 1999 году назначила кафедру головной по подготовке программ по специальности.

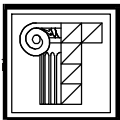
Сотрудники кафедры активно публикуют свои методические и научно-исследовательские работы. Наиболее заметным является участие профессора В.Н. Посохина в издании справочника ASHRAE 1995 и 1999 годов (Американское общество инженеров по отоплению, вентиляции и охлаждению), международного справочника по промышленной вентиляции (Industrial Ventilation, USA, 2000 г.), справочника проектировщика «Вентиляция и кондиционирование воздуха», монографии «Расчет местных отсосов от теплогазовыделяющего оборудования». Публикуются статьи в Польше, Германии, Чехословакии, Канаде, Швейцарии, а также в российских журналах: «Известия вузов» (серии «Строительство», «Проблемы энергетики», «Авиационная техника», «Технология текстильной промышленности», «Химия и химическая технология»), «Теоретические основы химической технологии». Изданы учебные пособия «Проектирование аппаратов пылегазоочистки» (М.Г. Зиганшин, А.А. Колесник, В.Н. Посохин), «Теоретические основы пылегазоочистки» (М.Г. Зиганшин), «Местная вентиляция» (В.Н. Посохин). Готовятся к изданию новые научные и методические разработки.

В последние годы значительно расширилась и укрепилась лабораторная база кафедры, модернизированы старые и созданы новые лабораторные стенды и установки, приобретаются современные измерительные приборы. В составе кафедры появилась лаборатория гидравлики, оснащенная мощными оптическими приборами, которые широко используются в научно-исследовательской работе. В учебный процесс успешно внедряется современная компьютерная техника, создается методическая база для дистанционного обучения студентов.

На кафедре работает аспирантура. Под руководством профессора В.Н. Посохина выполнены и защищены 5 кандидатских диссертаций и в настоящее время обучаются 2 аспиранта. Кандидаты технических наук Р.Г. Сафиуллин и А.М. Зиганшин работают над докторскими диссертациями.

Показателем качества работы кафедры являются профессиональные достижения ее выпускников, которые в различные периоды занимали ответственные посты. Среди них: А.А. Колесник (выпускник 1970 г.) – депутат Госсовета РТ, начальник департамента Минприроды РФ; У.Г. Хусаинов (1971) – 1-й секретарь горкома партии Набережных Челнов, генеральный директор МУП «Челныводоканал»; И.Б. Шайдуллин (1972) – министр строительства РТ; О.Д. Антосенко (1979) – вице-мэр Казани; М.А. Пузырев (1979) – начальник УКСа Казани, руководитель «Казметростроя» и др.

В настоящее время кафедра теплогазоснабжения и вентиляции КГАСУ является одной из наиболее заметных и успешных среди родственных кафедр строительных и политехнических вузов России.



УДК-72.036

Р.С. Айдаров – заслуженный архитектор РТ, доцент

Кафедра изобразительных искусств

Казанский государственный архитектурно-строительный университет (КазГАСУ)

ДЕРЕВЯННАЯ ЗАСТРОЙКА КАЗАНСКИХ УЛИЦ ВТОРОЙ ПОЛОВИНЫ XIX – НАЧАЛА XX ВЕКОВ

АННОТАЦИЯ

Статья посвящается проблеме исследования деревянной архитектуры Казани. Рассматриваются вопросы размещения деревянной жилой застройки в структуре города и его ландшафта. Застройка различалась плотностью, типологией, стилистикой. Структура пейзажа волжского города включала масштаб и композицию архитектурной среды, характер озеленения, городской транспорт, элементы благоустройства. Ансамбль улицы Попова гора являлся характерным примером профессиональной городской деревянной архитектуры Казани. В статье предлагаются авторские графические реконструкции облика деревянных казанских улиц.

R.S. Aydarov – honorable architect of RT, associate professor

Department of Graphic Arts

Kazan State University of Architecture and Engineering (KSUA)

WOODEN ARCHITECTURE OF THE KAZAN STREETS OF THE SECOND HALF XIX – BEGINING XX CENTURIES

ABSTRACT

The article is devoted to a problem of research of wooden architecture of Kazan. The questions of wooden architecture's allocation in structure of the city and its landscape are considered. The buildings varied on density, typology and stylistics. The structure of scenery of the Volga city included scale and composition of architectural space, planting of greenery, city transportation, elements of accomplishment. The former ensemble of the Popova Gora Street is a typical example of professional urban wooden architecture of Kazan. The author's graphic reconstructions of appearance of wooden Kazan streets are offered.

Деревянная застройка Казани прошлых веков – уходящий слой истории. До семидесятых годов XX века существовали улицы со сплошной деревянной жилой застройкой, деревянная садово-парковая архитектура, отдельные общественные здания. Сегодня лишь небольшие фрагменты деревянной жилой архитектуры сохраняются в центральной части города. Это: район южнее Татарского кладбища в Татарской слободе, ул. Волкова, Ульянова, Шмидта, Чехова, Гоголя, Бутлерова, Тельмана, Нариманова, Гривки и др., а также в районах овражной застройки центра города, на юго-западной и северо-западной окраинах, фрагментарно на прибрежных территориях Кабана, Казанки, Волги.

Уходит в прошлое огромный пласт накопленного веками опыта, традиций профессиональной деревянной архитектуры, в связи с чем возникает проблема преемственного развития деревянной архитектуры в современной Казани. В настоящий момент можно пересчитать по пальцам несколько

вновь возведенных деревянных построек общественного назначения. Их возникновение связано с попыткой компенсации утраты снесенных деревянных домов. Первым был деревянный дом, в котором теперь находится музей Е. А. Баратынского по ул. Горького, второй по улице Ульяновых – офис, третий по ул. Тельмана – офис. Крупный общественно-развлекательный комплекс по улице Петербургской (Свердлова) «Родная деревня» появился к тысячелетию Казани как туристическая экзотика.

В Москве примеры современного строительства жилых и общественных зданий из деревянных конструкций гораздо многочисленнее казанских. Это общественно-торговый комплекс (Рублево-Успенское шоссе), Спортивный комплекс «Лисья нора» в Подмоскowie, школа в Тропарево-Никулино. Еще более многочисленны примеры зарубежной практики: многоэтажные жилые дома (Германия), общественные здания из картона (Япония), учебные и спортивные здания (Швейцария), концертные залы, рынки, детские



учреждения (Англия). Как известно, дерево в противопожарном отношении при соответствующей обработке уже не уступает другим материалам, а в некоторых отношениях оказывается безопаснее. Будущее современных деревянных конструкций связано с экологичностью, долговечностью. Это возобновляемый ресурсосберегающий материал.

В предлагаемой статье на основе натурных исследований, архивных, литературных и картографических материалов предпринят анализ застройки деревянных кварталов Казани. При этом был использован генеральный план Казани 1884 года, а также топографические съемки кварталов 70-х – 80-х годов из архива Глав АПУ.

Деревянная архитектура – древнейшая региональная традиция, уходящая корнями в глубь тысячелетий. В XIX веке деревянные жилые и общественные сооружения занимали собой огромные городские территории. Среди них – пристани, садово-парковая архитектура, цирк, выставочные здания, больницы, бани, инженерные сооружения, заборы, мосты, мостовые, амбары, несколько деревянных церквей, три деревянных мечети – одна в районе Порохового завода и две на улице Большая в Адмиралтейской слободе.

В середине XIX века 60% городов России были деревянными. Даже губернские города имели преобладающую деревянную застройку. Большинство малых и средних городов оставались почти сплошь деревянными [1]. В Казани, по данным Памятной книги Казанской губернии на 1860 год, всех зданий, каменных и деревянных, вместе взятых, было – 7221. Из них основную часть составляли обывательские деревянные жилые дома – 4613; обывательские деревянные лавки – 723; деревянные магазины – 80 [2]. Таким образом, деревянная застройка составляла 75% от всей застройки города и только 25 % приходилось на каменные здания. Бревна, брусья, доски, жерди, «половинки» – вот основные элементы, из которых ставились дома.

Судя по данным государственного архива РТ, наибольший бум деревянного строительства приходится на вторую половину XIX – начало XX веков [3, 4]. Генеральным планом 1884 года предусматривалось заполнение неосвоенных территорий в Суконной слободе, Новотатарской слободе, Заречье, Академической слободе. Часть улиц и кварталов возникают вопреки генеральным планам как стихийный самострой. Застраиваются не только овраги, но болота и свалки, топкие берега дальнего Кабана, которые становились местом для строительства деревянных лачуг. Отвод участков и отношения с застройщиками были регламентированы правилами. В архивных проектных материалах и материалах служебной переписки прослеживается неукоснительное соблюдение генерального плана, благодаря чему город застраивался с соблюдением красных линий,

требуемых расстояний, размеров тротуаров и дорог.

План города был поделен на шесть полицейских частей. В каждой части города, в соответствии с имущественным и социальным статусом жителей, дома строились только по утвержденным архитектурным проектам. На окраине города, в овражных местах, они делались без проектов, по старинке.

На плане Казани 1884 года обозначены кварталы с деревянной застройкой, составляющие абсолютное большинство по сравнению с кварталами с каменными и полукраменными строениями.

Рассматривая деревянную застройку Казани по комплексу источников: натурных, картографических, архивных, литературных – можно судить о том, что разные зоны деревянного строительства различались приемами застройки улиц и кварталов, их обликом, городским пейзажем. Система застройки зависела от рельефа, размера участка, пропорций и структуры участка, постановки домов относительно улицы, плотности застройки, оформления входных узлов, декора, благоустройства, количества и разновидности общественных зданий.

Можно выделить различные улицы, кварталы, усадьбы по месту их расположения, топографии: на территориях верхней и нижней террас города; на гористой местности; в оврагах; прибрежных и болотистых участках города.

Всего в городской черте было 380 кварталов. Из них: с каменной застройкой – 117 кварталов; с преобладающей деревянной – 94; с исключительно деревянной – 169.

То есть основную часть города составляли кварталы со сплошь деревянными строениями или деревянными в сочетании с каменными. Из 380 городских кварталов 263 были деревянными. К 1884 году с учетом планируемых кварталов соотношения деревянной и каменной застройки были различны для разных частей города.

В верхней части города (первая часть), заключенной между кремлем, Рыбноярским оврагом (ул. Пушкина), берегом Казанки и правым берегом Булака, деревянная застройка в основном была сосредоточена в гористой-овражистой и нижней береговой части улиц: Попова гора, Касаткина, Нагорная, Казанская, Засыпкина, Нижне-Федоровская.

В районе улицы Проломной не было ни одного квартала со сплошной деревянной застройкой. Деревянные жилые дома во второй половине XIX века здесь были уже редкостью, они еще сохранялись только внутри кварталов.

В районе Арского поля, на верхней террасе, между берегом Казанки и Суконной слободой деревянная застройка занимала улицы Малая Красная, Поперечно-Грузинская, Поперечно-Лядская, набережную реки Казанки, гористые улочки, спускающиеся в нижнюю часть города. Это Первая



гора, Вторая гора, Третья гора, а также Новогоршечная, Старогоршечная, Профессорский переулок, Кочетов переулок, Собачий проулок. Здесь же на окраине города среди соснового леса строились дачи для состоятельных казанцев.

Вблизи улиц с респектабельной деревянной застройкой – Первая гора (Ульяновых), Вторая гора (Волкова) – стихийно складывалась мелкая застройка. Мизерные участки, маленькие домики, мелкое подсобное хозяйство характерны для овражных улиц, расположенных здесь в режиме самовольного строительства. В них селилась городская беднота. Размеры домиков – 4х6(м), 5х6(м). Размеры участков 10х10(м); 10х15(м).

В Забулачье деревянная застройка в основном была сосредоточена на улицах: Мокрая, Вторая Ямская, Третья Ямская, Заводская. Основу населения составляло купечество средних слоев. Деревянные одноэтажные, чаще двухэтажные многоквартирные доходные дома составляли основную массу застройки.

В районе Суконной слободы застройка была в основном деревянная, только по улице Георгиевской стояли каменные дома с лавками. В Суконной зоне преобладало мещанское сословие. Дома, большей частью одноэтажные усадебные и двухэтажные доходные, сильно отличались скромностью отделки от домов верхней части города. В них не было таких больших огородов и такого большого приусадебного хозяйства, как на окраинах, но сады были обязательной принадлежностью.

В Закабанье (пятой полицейской и пожарной части города, расположенной между левым берегом Кабана и Волгой) деревянная застройка была преобладающей. Только улицы Екатерининская и Захарьевская включали каменные особняки, учебные и промышленные здания, мечети. Застройка была очень плотной, усадебные участки большей частью небольшие. Самый большой усадебный участок был примерно 15х55(м). Жилые дома были как одно-двухэтажные на одну семью, так и двухэтажные на две-четыре семьи. На топких берегах дальнего Кабана жила городская беднота в дощатых сарайчиках, построенных из подручных материалов.

В Заречье облик улиц приближался к сельскому пейзажу. Мелкие одноэтажные домики, заборы, обширное подсобное хозяйство с огородами. Здесь самый крупный усадебный участок имел размеры 24х55(м). На топографической съемке 70-х годов XIX века можно увидеть почти полностью сохранившуюся застройку этой части города. Здесь было расположено много городских заводов, деревянных строений общественного назначения. В районе пристани располагались деревянные гостиницы, склады, трактиры, построенные по проектам архитекторов. Деревянная жилая застройка приближалась по масштабу и объемно-планировочным типам к сельской деревянной

застройке с чертами влияния городской деревянной архитектуры.

В Адмиралтейской слободе деревянные дома строились издавна для артелей корабельщиков еще в XVIII веке. В Гривке и Козьей слободе жили когда-то отставные солдаты. По направлению к Кизицам строились деревянные дачи по проектам профессиональных архитекторов. Они долгое время сохранялись и еще стояли в 70-х годах прошлого века по улице Декабристов.

Рассматривая деревянную застройку Казани рубежа XIX-начала XX веков, можно сказать, что в той или иной части города складывались свои традиции строения деревянных жилых домов. Они зависели от социально-национального заказа, образа жизни населения той или иной части города. В каждой части города были общие черты и различия: характерные улицы, кварталы, типы деревянных общественных сооружений, жилых домов, а также своя стилистика, архитектурные детали, внутреннее убранство.

Можно разделить кварталы с деревянной застройкой на две разновидности: кварталы с сельской и полусельской застройкой, характерной для городских окраин. Вдоль улиц тянутся заборы. Одноэтажные дома поставлены редко, но регулярно в ряд по красной линии. Внутренняя часть кварталов сплошь занята огородами, часть квартала ближе к дому занята двором, участок перед домом занят палисадом или садом. Усадьбы и жилые дома в них имеют свои разновидности в отношении деталей планировки и застройки, декоративного оформления фасадов в зависимости от той или иной части города, того или иного социально-национального слоя населения.

К началу XX века происходит распродажа крупных земельных участков, измельчение и изменение структуры квартала. По периметру, по красным линиям деревянные дома заменялись на каменные, а внутри кварталов все надворные постройки и жилые флигели оставались деревянными. Затем процесс пошел внутрь кварталов. Из соображений пожарной безопасности часть внутриквартальных построек делалась кирпичной. И только изредка уже к началу XX века были домовладения, где все строения были кирпичными без применения деревянных конструкций. Даже очень богатые купцы чаще всего в надворных постройках – складах и флигелях – все еще использовали деревянные двухэтажные склады с открытыми галереями.

Размеры частных владений непрерывно сокращаются, пропорции 1:1 становятся редкостью, участок сокращается по фронту улицы и удлиняется вглубь квартала. Характерны пропорции 1:2, 1:3, изредка 1:4. В таких размерах и пропорциях становится затруднительно размещать надворные постройки. Флигели перемещаются с периметра кварталов в



глубину дворов, где уже нет садов и огородов, лишь группы деревьев и кустарников. По одной длинной стороне узкого участка размещались и жилые флигели с односторонним световым фронтом, и деревянные сараи, и другие ремесленные или хозяйственные постройки. Если дом принадлежал одному владельцу, то участок его был побольше. Был небольшой сад, небольшой огород. В обширном дворе – каретник, кухня, деревянные и продовольственные сараи.

Облик Казани на протяжении многих столетий складывался из множества отдельных видов, в которых были черты столичной и провинциальной архитектуры, переплетение разнообразных историко-культурных и национальных традиций. Деревянная архитектура представляла характерную часть городского пейзажа.

Автор провел анализ городского пейзажа Казани по старинным открыткам, видам, гравюрам, художественным полотнам, фотографиям, а также по сохранившимся уголкам деревянной застройки, не затронутым современностью, сохранявшимся до конца XX века и зафиксированным автором при натурных обследованиях. Часть ныне сохраняющихся улиц и кварталов была подвержена натурному исследованию.

Анализ источников позволяет полагать, что разность пейзажа была характерна для разных типов городских пространств: в центре и на окраинах, в русской и татарской частях города, в дворянской и купеческой, мещанской и пролетарской. Городской пейзаж включал новое и старое, руины и новостройки, официальные пространства с парадными ансамблями и частные пространства жилых улиц, кварталов, дворов. Деревянная застройка проникала в переулки, дворы, набережные, овраги [5].

На городской пейзаж оказывало влияние время года. Так, весенняя и зимняя Казань – это разные впечатления от архитектуры. Частью городского пейзажа были весенние разливы Булака и Кабана. Ледоходы на Волге, ярмарки на Булаке, кулачные бои на Кабанае, торговые караваны верблюдов, летний зной и зимний холод, снег, грязь, дождь – все это вмещало в себя архитектурное пространство Казани, неотъемлемую часть ее облика. Характерными явлениями были пожары, пепелища, заброшенные участки города, казанские руины и трущобы.

На облик города значительно повлияло введение газового освещения (1870), электрического освещения (1900), водопровода и канализации (1870), появление конки (1875). Трамвай и автомобиль на фоне деревянной застройки внесли новые черты в пейзаж города.

Таким образом, сочетание разнообразных по своему расположению в системе города городских пространств, отличающихся ландшафтом, масштабом, художественным образом, вместе образуют характерный облик города. Можно выделить основные элементы городского пейзажа: топографические особенности городских улиц, пропорции городских

пространств, этажность зданий, материал строений, цветовые сочетания, атмосферное состояние, типы благоустройства и озеленения, экипажи, трамваи и автомобили, этнические типы и городской костюм. В процессе исторического развития подвижные элементы городского пейзажа меняются быстрее (социально-национальный костюм, транспорт, благоустройство и др.), статичные элементы изменяются медленнее (архитектура, масштаб среды, панорамы и др.) и представляют непреходящую культурную ценность.

Примером архитектурного ансамбля деревянной Казани может служить улица Тельмана, еще недавно представлявшая собой уголок старой Казани. В XIX веке она называлась Попова гора. Некоторые деревянные дома простояли здесь без капитального ремонта со дня их возникновения до наших дней. Сегодня здесь осталось три целых деревянных дома, один каменный и два полуразрушенных. Исчезли ключевые знаковые дома этого ансамбля, например, дом № 10 с резным запоминающимся эркером. Вся застройка сложилась здесь к середине XIX-началу XX веков. Эта улица наилучшим образом отражала специфику архитектуры волжского города, характер городского пейзажа. Как и другие овражные улицы, трассировка Поповой горы максимально отвечает естественным изгибам ландшафта. Ее масштаб складывался в подчинении к природным условиям. Застройка не превышала двух этажей. Островок деревянной архитектуры представлял собой впечатляющую картину в окружении монументальных ансамблей Богородицкого монастыря, Тюремного замка, Федоровской церкви, других каменных и кирпичных зданий. В отличие от каменных кварталов здесь была другая среда с другим образом жизни. Улица длиной 700 метров плавно спускается к берегу Казанки, делая три небольших поворота. На правой ее стороне было 23 дома. Из них один – каменный, один полукаменный, остальные деревянные. Двухэтажных домов было 22, один трехэтажный полукаменный. С левой стороны домов было 21. Из них каменных – 3, одноэтажных – 4, трехэтажных – 2 (каменный и деревянный). Ширина улицы составляет от 20 до 23 м. Высота домов в среднем не превышает 8 метров. Все они стояли вплотную к красной линии, в основном торцевой стороной к улице. Соотношение высоты домов к ширине улицы примерно составляет один к трем. Все элементы застройки завязаны в художественное целое, которое состоит из многообразия художественных приемов, декоративных деталей.

Застройка отражала новейшие для того времени веяния. Дома выходили окнами на тротуар без палисадов. Конструкции, планировка, стиль, декор – все отражало новейшие тенденции в архитектуре. Дома строились из бревен, соединявшихся в обло (с остатком) или в чашу (без остатка), ставились на кирпичном или



каменном цоколе, обшивались тесом, крылись железом; ставились близко друг к другу, в отличие от домов на городских окраинах. Между домами ставились кирпичные стены-брандмауэры, которые снижали опасность распространения пожара.

В отличие от других улиц Казани, здесь долго сохранялась внутриквартальная зелень – сады и огороды. Вместе с тем, домовладения со временем мельчали, распродавались по частям, застраивались доходными домами. Усадебная индивидуальная застройка с большими огородами и развитым подсобным хозяйством постепенно превращалась в застроенные дворовые участки с небольшими садами и огородами.

Домовладения с их земельными участками были разными по пропорциям и размерам: длинные узкие (38 домовладений), прямоугольные (5 домовладений), близкие к квадрату (одно домовладение). На дворовых участках сложились разные приемы застройки и организации внутриквартального пространства. Несколько домовладений имели и дом и флигель по красной линии. Если участок был слишком узким, флигели ставили внутри квартала, в глубине двора. В домовладении №18 по красной линии стоял большой двухэтажный деревянный дом, рядом одноэтажный флигель, в глубине участка еще один флигель и хозяйственные службы. По такому же принципу была решена планировка домовладения, расположенного на противоположной стороне под литером № 17. Жилищ для рабочих или бедных домов здесь не было, но внутри кварталов сдавались недорогие квартиры и отдельные комнаты.

Характерной чертой городских усадеб была ремесленная или производственная деятельность горожан, которой они занимались в своих усадьбах. Считают, что именно ремесленное производство способствовало расположению домов в один ряд вдоль улицы (6). Такие усадьбы называют промышленными. Дом ставился торцевой частью к улице, рядом располагалась торговая лавка. Можно предполагать, что здесь были швейные усадьбы, часовые мастерские, торговые лавки в первых этажах домов. Здесь в большинстве проживал слой горожан – духовенство, чиновники, служащие, у которых кроме жилого дома и флигелей, сдаваемых внаем, были хозяйственные строения – дровяной сарай, хлев, сад, огород.

Особняков на одну семью было мало. Один из них под №31 сохранял явные признаки классицизма (находится в руинах): высокий фриз, за которым обычно прятался антресольный этаж, на фризе скромный декор из изящных цветочных гирлянд, нашитых поверх тесовой обшивки, пять крупных окон в строгом убранстве. Одновременно с этими чертами есть новые приемы композиции, характерные для эпохи эклектики и модерна. Это – расположенный с левой стороны фасада вход, над которым нависает балкон,

объединенный с уходящей в глубь двора террасой.

Некоторые особняки строились из расчета на две семьи. Они имели четное число окон из-за внутренней стены, делившей дом на две половины, двоянный вход – поэтажно, или два входа на каждые полдома (дом №10). Входные крыльца устраивались в виде навесов, опиравшихся на железные, художественно проработанные кронштейны. Особенностью зажиточных деревянных домов было устройство террас, балконов, лоджий. Террасы размещались над входным узлом, они располагались с одной или с двух сторон фасада, образуя композиционные акценты. Они покрывались крышей, которую поддерживали резные столбы колонн, объединявшиеся перилами, балюстрадой. Разнообразные по форме террасы являлись знаковым элементом улицы. Нигде больше в Казани не было их так много и такой изысканной формы (дома №№ 10, 12, 14 и др.). Нередко террасы выходили и на улицу и во двор. Более распространенными были дома на две, четыре и больше квартир. Количество окон в домах по фасадной стороне было чаще от 3 до 6, иногда более. Окна делались разнообразными по величине и по форме: прямоугольные, арочные. Характерно использование в отдельных случаях цветного стекла.

Во второй половине XIX века декоративные элементы классицизма: портики с колоннами, пилястры, рустовка стен, балясины, оштукатуривание стен, их маскировка под каменные, а также барельефная резьба, или модульоны – выпускные бруски под крышей – применялись редко. На рубеже XIX-XX веков резной архитектурный декор покрывал основные элементы фасада. Трудоемкая глухая, выемчатая или выпуклая резьба, требующая высокого качества ремесла, в это время уже не использовалась. Вместо нее в массовой застройке широко распространилась пропильная резьба, накладной декор. Плоская пропильная (сквозная) резьба становится преобладающей при украшении деревянных домов. Она выполнялась по шаблонам и была легче для исполнения, чем рельефная резьба, которая делалась по образцам. Украшались фризы, углы домов, фронтоны, причелины – доски, идущие вдоль скатов крыш со стороны фасада, крыльца, балконы, террасы, лоджии, слуховые окна, карнизы, наличники. Наличники делались разнообразными по форме: пропильная-плоская резьба со створками, без створок, зубчатый, ступенчатый орнамент, городковый орнамент. Мотивы орнамента – солярные, веерные, зооморфные, геометрические и др. При обшивке домов тесом появлялась дополнительная возможность для покрытия плоскостей фасада резьбой, декором. Украшались другие части дома: заборы, ворота.

Мотивы резьбы включали: геометрический и растительный орнаменты – зубцы, городки, плетенки, решетки, аркатурные пояски, нашивные розетки и гирлянды. Тесовая обшивка, которая применялась к



Рис. 1. Ансамбль улицы Козмодемьянской. Акварель, автор Р.С. Айдаров



Рис. 2. Дом по улице Попова Гора (Тельмана). Акварель, автор Р.С. Айдаров



концу XIX века, становится более разнообразной: в елочку или с сочетанием вертикальной и горизонтальной обшивок. Характерным и единственным в своем роде для города Казани был дом №10 по ул. Тельмана с импозантным эркером, элегантно акцентировавшим плавный поворот улицы. Эркер сплошь был покрыт резным пропильным декором. Орнаментальные мотивы покрывали подоконные ниши, междуоконные плоскости, наличники четырех окон. Пропильная накладная резьба в виде зубчиков, городков украшала наличники окон, оборочки украшали нижние края эркера, геометрические розетки, цветочно-растительный орнамент покрывал стены.

Особенностью деревянных домов второй половины XIX - начала XX веков было то, что они строились не по образцовым фасадам, что давало возможность для гибкого использования различных типов деревянных домов в различных условиях города. В массовой застройке Казани на основе срубной конструкции возникали разнообразные архитектурно-художественные решения.

Литература

1. Рабинович М.Г. Очерки материальной культуры русского феодального города. – М., 1988. – 84 с.
2. Памятная книжка Казанской губернии на 1861-1862 год. – Казань, 1862. – 35 с.
3. Госархив РТ, ф. 409, опись 23, док. №13, 1832.
4. Калинин Н.Ф. Как строилась и росла Казань. – Рукопись: Архив КИЯЛИ, Ф.8, оп.1, № 359.
5. Айдаров Р.С. Деревянная архитектура в городском пейзаже Казани // Развитие региональных архитектурно-художественных школ в контексте историко-культурных традиций. Материалы международной научно-методической конференции, Т. 2. – Казань, 2006. – С. 59-63.
6. Будина О.Р., Шмелева М.Н. Город и народные традиции русских. – М.: Наука, 1989. – 253 с.



УДК 711.111

А.А. Дембич – кандидат архитектуры, профессор, заведующий кафедрой градостроительства и планировки сельских населённых мест

О.В. Афонина, А.С. Бутузова, З.Н. Мухамедзянова – студентки гр. 01-602, архитектурного факультета, слушатели школы-студии “УРБИС”

Казанский государственный архитектурно-строительный университет (КазГАСУ)

ГРАДОСТРОИТЕЛЬНАЯ КОНЦЕПЦИЯ КАК ОСНОВА ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОГРАММ РАЗВИТИЯ ЛОКАЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

АННОТАЦИЯ

На сегодняшний момент документация, предусмотренная к разработке Градостроительным кодексом РФ, в условиях рыночной экономики оказывается недостаточно мощным инструментом для привлечения инвестиций. Авторы статьи рассматривают возможность использования в российском градостроительстве дополнительной стадии – стадии градостроительной концепции развития территорий. Ее необходимость вызвана и появившейся в ГК статьей 46*, где впервые введено понятие «территория развития» для реконструкции сложившихся участков жилой застройки. Разработка данной методики, а также ее практическое применение, с 2006 года проводится авторами статьи совместно с рядом градостроительных организаций РТ.

A.A. Dembich – candidate of architecture, professor, head of the department

Department of Urban Planning

O.V. Afonina, A.S. Butuzova, Z.N. Mukhamedzyanova – students, group 01-602 of Architecture Faculty, School-studio “URBIS”

Kazan State University of Architecture and Engineering (KSUE)

THE URBAN PLANNING CONCEPT AS A BASIS OF THE INVESTMENT PROGRAMS OF DEVELOPMENT OF LOCAL TERRITORIES

ABSTRACT

Existing documentation that has to be elaborated in accordance with Urban Planning Code (UPC) of Russian Federation seems is not enough powerful tool for investments in conditions of market economy. The authors consider possibility to use an additional stage in Russian urban planning – that is the stage of urban planning concept of territory development. Its necessity is also caused by new article 46* in UPC, which establishes the idea of “territory of development” for the reconstruction of existed housing areas for the first time. Elaboration of these methods and its practical application is carried out by the authors since 2006 year in cooperation with the number of urban planning organizations of Republic of Tatarstan.

Стремясь заполучить для своего развития постоянные инвестиционные потоки, города неизбежно вступают в бескомпромиссную конкурентную борьбу за их приток на обширном геоэкономическом пространстве страны и даже зарубежья. Успех этой конкурентной борьбы во многом зависит от того, насколько грамотно определены конкурентные преимущества того или иного города в отношении к городам-соперникам и насколько точно способ реализовать эти преимущества заложен в градостроительную документацию по развитию городской территории. Становление рыночной экономики в современной России только усилило и обострило эти процессы.

Современная методология градостроительства в нашей стране в целом уже нащупала, в этом плане,

правильное направление движения градостроительной практики.

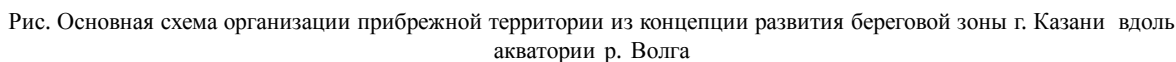
Зарубежный и отечественный опыт последнего десятилетия доказывают, что реальных результатов в современном градостроительстве можно достигнуть только при наличии следующей последовательности действий:

- разработка стратегии социально-экономического развития города;
- разработка проектной градостроительной документации;
- разработка градостроительных регламентов как инструмента реализации двух первых обязательных шагов на пути городского развития.

Однако не следует забывать, что социально-экономическая стратегия города и его генеральный

Сегодня Градостроительным кодексом РФ и соответствующими инструкциями по разработке градостроительной документации после разработки

Следует отметить, что в ряде экономических и технологически ведущих стран мира давно практикуется в системе городского планирования (townplaning) выделение депрессивных территорий и на основании их ресурсного анализа определение так





называемых “территорий развития” – т.е. территорий, предназначенных для приоритетного, первоочередного обустройства путем ускоренного вложения инвестиций и обеспечения государственными и муниципальными властями различных преференций для инвесторов.

Зачастую специально для территорий развития формируются территориальные компании или корпорации, как правило, со смешанным капиталом, базирующиеся на частно-муниципальном или частно-государственном партнерстве.

В конце 2006 г. в России, под влиянием принятых национальных проектов, был сделан первый шаг в этом направлении: в Градостроительный кодекс РФ внесены изменения – появилась новая статья 46* “Развитие застроенных территорий”. Несмотря на бесспорно положительную роль этих законодательных изменений, в данной статье ГК РФ проблема обеспечения устойчивых инвестиций для участков городской территории решена довольно ограниченно, поскольку вплотную увязана только с проблемой модернизации существующих многоквартирных жилых домов и реконструкции сложившихся жилых территорий. Использование этой статьи закона для территорий, имеющих другое преобладающее функциональное назначение, является довольно затруднительным, а значит, степень ее полезности для города в целом будет ограничена.

Таким образом, в современной отечественной теории и практике градостроительства, а именно в частях законодательной и инструктивно-нормативной базы, обеспечивающих ускоренное развитие локальных городских территорий, существует серьезный методологический и содержательный “пробел”, требующий срочного восполнения соответствующими научно-методологическими проработками.

Выход из этого положения сегодня представляется либо через изменение законодательно и нормативно утвержденного содержания проекта планировки (ПП), или “появления” перед разработкой ПП новой “неофициальной” стадии градостроительных разработок – стадии градостроительной концепции развития территории.

В 2006-2007 гг. авторами статьи, при участии ряда других слушателей школы-студии “Урбис” (студия градостроительных исследований и экспериментального проектирования при кафедре градостроительства КазГАСУ), совместно с ГУП “Татинвестгражданпроект”, ЗАО “Агентство градостроительного развития”, ООО “ВЕЛП”, администрацией Кировского района г. Казани был выполнен целый ряд научно-практических разработок, в ходе которых сформировался и апробировался вариант специальной методики подготовки подобных градостроительных концепций. Среди этих разработок можно выделить концепцию градостроительного развития территории Кировского района МО г. Казань, концепцию развития береговой зоны г. Казани вдоль акватории р. Волга, концепцию

развития пригородной зоны (агломерационного пояса) г. Казани. Востребованность подобных работ сегодня, наличие реального заказчика на эти работы, готового их финансировать, только подтверждает необходимость разработки специальной методики для их выполнения. В качестве своих основных составляющих методика включает систему процедур векторного градостроительного и экономического анализа ресурсов территории, систему оценки ее конкурентных преимуществ с выдвижением предпочтительной гипотезы градостроительного развития, градостроительное обоснование принимаемых решений. В настоящее время, ввиду ожидаемой высокой актуальности подобных работ, продолжается дальнейшая проработка и детализация данной методики, уточняется форма, структура и содержание проектной документации, входящей в состав градостроительной концепции развития территории, определяется место работ такого рода в общей системе документации по территориальному планированию и планировке территорий.

Литература

1. Градостроительный кодекс РФ (по состоянию на 01.07.2007 г.).
2. Градостроительный Устав г. Казани. Ч. 4 “Правила разработки, согласования и утверждения проектной градостроительной и архитектурно-строительной документации” (утвержд. решением сессии КСНД от 26.06.98).
3. Генеральный план г. Казани. Раздел “Научно-методическое обеспечение разработки генерального плана г. Казани” (2003-2007 гг.).
4. Стратегия развития Казани на период до 2015 г. (утвержд. решением сессии КСНД от 24.04.03).
5. Мерфи Р. Американский город. – М.: Прогресс, 1972.
6. Крашенинников А.В. Градостроительное развитие жилой застройки (исследование опыта западных стран). – М.: Архитектура-С, 2005.
7. Сборщиков С.Б. Механизм государственного регулирования и стимулирования инвестиционно-строительной деятельности. – М.: Ассоциация строительных вузов, 2004.



УДК 712.25

Ю.А. Закирова – аспирант

Кафедра градостроительства и планировки сельских населённых мест

Казанский государственный архитектурно-строительный университет (КазГАСУ)

СОЗДАНИЕ КОМФОРТНОЙ ПЕШЕХОДНОЙ СИСТЕМЫ В ЦЕНТРЕ СОВРЕМЕННОГО КРУПНОГО ГОРОДА

АННОТАЦИЯ

Организация городских пешеходных пространств – одно из приоритетных направлений градостроительства и реконструкции среды, которое может объединить социальную и коммерческую эффективность среды, помочь решить транспортные, экологические проблемы центров городов, сохранить и восстановить целостность ансамблей и градостроительной ткани, приспособить сложившиеся структуры к современным функциям, создать эстетически привлекательную, яркую, образную среду. Только в совокупном сочетании эти методы позволят решить задачу формирования комфортной среды городских пространств для пешеходного прогулочного движения. Весь комплекс разработанных методических предложений должен быть включен в образовательный процесс подготовки архитекторов.

J.A. Zakirova – post-graduate student

Department of Urban Planning

Kazan State University of Architecture and Engineering (KSUAE)

CREATION OF COMFORTABLE PEDESTRIAN SYSTEM IN THE CENTRE OF MODERN LARGE CITY

ABSTRACT

The organization of urban pedestrian spaces is one of the priority directions in urban planning and reconstruction of urban space, which can unite social and commercial efficiency of the environment, help to solve transport, ecological problems of the city centers, promote conservation and reconstruction of integrity of the ensembles and urban structures, adapt the established structures to contemporary function, create an aesthetically attractive, bright, figurative environment. Only a cumulative combination of these methods will allow to solve the problem of creating of comfortable urban spaces for pedestrian promenade. The whole complex of the developed methodical proposals should be included into educational process of preparation of architects.

В настоящее время в реальной жизни «практическое градостроительство» – это комплексная административно-правовая, социально-экономическая, экологическая деятельность, направленная на развитие городов. Но наряду с вышеперечисленными направлениями значительную роль в градостроительной деятельности и градостроительном образовании должен иметь такой аспект, как формирование архитектурно-художественных качеств городской среды. Поскольку узкое разделение градостроительной деятельности на градорегулирование, инвестиционное и структурно-функциональное планирование, благоустройство территорий (которое сегодня заменило ландшафтное и средовое проектирование) никогда не даст желаемых результатов в создании комфортных условий в городе. Подобное разграничение сфер влияния, практической

деятельности и методики образования приводит к появлению «нейтральных смежных полос отчуждения» – аспектов предметно-пространственной среды города, оказавшихся не затронутыми специальными градостроительными проработками.

Градостроительство (теоретическая база, практическая деятельность и методика образования) – это та сфера архитектурной деятельности, в которой взаимосвязь между правовым, экономическим, социальным, экологическим и историческим, архитектурно - художественным, эстетическим, эргономическим аспектами является обязательным условием достижения искомого результата – высоких эстетических и функциональных качеств городской среды.

Конкретным примером может служить организация городских пешеходных пространств. Это





одно из приоритетных направлений градостроительства и реконструкции городской среды, которое может объединить социальную и коммерческую эффективность городской среды, помочь решить транспортные, экологические проблемы центров городов, способствовать сохранению и восстановлению целостности ансамблей и градостроительной ткани, приспособлению сложившихся структур к современным функциям, создание эстетически привлекательной, яркой, образной среды.

Создание методологии формирования непрерывной системы общественных пешеходных пространств для безопасного и комфортного прогулочного движения горожан и туристов, внедрение в образовательный процесс и градостроительную практику разработанных методов и приемов – актуальная задача градостроительства.

Формирование территорий комфортного движения для пешеходов предполагает системный и комплексный подход. Любое архитектурно - художественное решение в организации городской среды невозможно без градостроительного и функционально-планировочного обоснования, инвестиционной поддержки, учета исторического опыта, экологической составляющей проекта.

Процесс проектного формирования системы пешеходных пространств и их функциональной и композиционной организации должен осуществляться следующими методами.

Архитектурно-художественными:

- разграничение пешеходных пространств с различным характером движения разнообразным оформлением поверхности земли, визуальным, звуковым, информативным фоном;
- комплексное решение городской ориентирующей информации (исторические сведения о местах, улицах, зданиях);
- индивидуальность фрагментов пешеходных зон, корректное отношение к историческому окружению;
- недопустимость размещения крупноформатной рекламы;
- регламентация цветовых и иных характеристик компонентов среды;
- продуманный световой дизайн.

Градостроительными:

- организация подземных и надземных пешеходных переходов во избежание прямого пересечения с транспортными потоками;

- универсальность и превращение всей пешеходной системы в непрерывное многофункциональное пространство.

Экологическими:

- расширение и повышение качества пешеходных пространств путем «экологической реконструкции» среды.

Согласно **социально-экономическим** методам организации комфортной среды, пешеходные городские пространства должны:

- отвечать моделям поведения, характеру движения в городской среде;
- быть одной из форм проявления культуры города, формируя туристическую и инвестиционную привлекательность города;
- быть ориентированы на жителей прилегающих районов и города в целом, обеспечивая ее жизнедеятельность в вечернее время суток;
- формироваться при организационной и финансовой поддержке местной администрации и частных инвесторов.

Только в совокупном сочетании эти методы позволяют решить задачу формирования комфортной среды городских пространств для пешеходного прогулочного движения жителей города и туристов. Весь комплекс разработанных методических предложений должен быть включен в образовательный процесс подготовки архитекторов-градостроителей.

Литература

1. Нефёдов В.А. Ландшафтный дизайн и устойчивость среды. – СПб., 2002.
2. Marie-Ange Brayer and Beatrice Simonot. Archilab's Earth Buildings Radical Experiments in Land Architecture. – London, 2003.
3. Степанова С.К. Системы общественных пешеходных пространств. Возникновение и развитие. // Вести, 2006, №2 (28). – С. 26-31.



УДК 72.03

М.М. Искандаров – старший преподаватель

Кафедра теории и истории архитектуры

Казанский государственный архитектурно-строительный университет (КазГАСУ)

К ВОПРОСАМ СОХРАНЕНИЯ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ Г. КАЗАНИ СТАЛИНСКОГО ПЕРИОДА

АННОТАЦИЯ

Место архитектуры 30-50 гг. XX века в истории российской архитектуры. Роль сталинской застройки в градостроительном процессе г. Казани. Актуализация научного исследования. Причины и констатация нынешнего состояния архитектурного наследия. Подход к путям сохранения.

M.M. Iskandarov – Senior lecturer

Theory and History of the Architecture department

Kazan State University of Architecture and Engineering (KSUAE)

TO QUESTIONS OF PRESERVATION OF A HOUSING ESTATE OF KAZAN OF THE “STALIN PERIOD”

ABSTRACT

Place of architecture of 30 – 50s of the 20-th century in a history of the Russian architecture. A role of “Stalin” buildings in urban planning process of Kazan. The importance of a scientific research. The reasons and ascertaining of a current condition of an architectural heritage. The approaches to architectural conservation.

В истории российской архитектуры 30-50 гг. XX века, или так называемый сталинский период, были ознаменованы господством классицистического стиля в рамках идеологии централизованного, авторитарного государства. В застройке же городов этот период оставил богатое материальное наследие. Облик многих районов и целых городов был определен так называемой сталинской архитектурой.

В Казани объем сталинской застройки не так велик, как в других крупных городах, но облик Московского, Кировского, Авиастроительного, части Приволжского районов, а также пос. Дербышки в значительной мере сформирован в те годы. Яркие примеры сталинской застройки расположены и в центральной части города.

В наши дни в очередной раз происходит переоценка ценности искусства 30-50 гг. Заметен интерес к сталинскому стилю в столичной архитектурной среде, но интерес этот направлен в большей степени к столичным же постройкам и трактуется сталинский стиль, как тоталитарную версию Арт-Деко. Заметны попытки воссоздать эстетику ушедшей эпохи в реальном строительстве. Признается и тот факт, что сталинская архитектура, наряду с древнерусской, стала ассоциироваться с образом России. В искусствоведческой науке период «сталинского ампира» вызывает живой интерес и признается одним из наиболее ярких в истории русской материальной культуры. Даже предметы материальной культуры тех

лет уже признаются антиквариатом и достойными научного интереса.





Существуют различные оценки сталинской архитектуры, но нельзя отрицать, что она является материальным отражением яркого периода отечественной истории. Начавшаяся с «рекомендаций» Сталина, она завершилась хрущевским постановлением об отмене архитектурных излишеств. На своем протяжении архитектура трансформировалась от индивидуальных и формальных стилистических поисков («красная дорика», академизм и т.д.), пережила эмоциональный подъем, связанный с Великой Отечественной войной и выработала своеобразный монументальный стиль послевоенной застройки. Все эти процессы ярко отразились в архитектуре и Казани тоже.



Сталинская градостроительная политика была нацелена на создание целостной среды – идеального социалистического города. Пафос идеологии и необходимость послевоенной массовой застройки способствовали созданию крупных градостроительных ансамблей. Впервые в классицистической традиции были разработаны и практически применены типологические вариации жилой застройки. Городские ансамбли разнообразны по масштабу, образно-эмоциональному строю и месту в градостроительной иерархии. Необходимо отметить удачное попадание построек и ансамблей нового строительства в образно-



пространственную структуру исторических городов и Казани в частности. Комплексно и стилистически однородно решалась среда уличного и внутриквартального пространств. Интересно и изобретательно решались элементы благоустройства. Малые архитектурные формы играли важную роль в объемно-пространственной композиции застройки и демонстрировали оригинальную транскрипцию классицистических подходов в комплексном проектировании городской среды.

Господствовавшая единая стилистика не мешала проявлению в облике построек творческой индивидуальности архитектора. Послевоенная типовая застройка демонстрирует разнообразие и вариативность в применении декоративной отделки и привязки стандартных решений. Жилые дома, построенные по индивидуальным проектам, имеют яркий образ и зачастую берут на себя роль образных доминант. Многие архитекторы тех лет старались отразить в облике зданий региональное своеобразие, демонстрируя изобретательность подходов к трактовке классицистических канонов и привнесения «чужеродных», несвойственных орнаментальных мотивов и элементов декора.



Виртуозное владение языком ордерных форм позволило зданиям не только масштабно вписываться в сложившуюся среду, но и точно соответствовать роли в градостроительном ансамбле.

Сталинская архитектура демонстрирует удивительную адекватность не только образным и ментальным обстоятельствам, но и природно-



климатическим и строительно-технологическим условиям. Универсальность языка и разнообразие образных решений органично находило свое материальное воплощение. Преемственность в развитии характера жилой архитектуры дореволюционными традициями и критическое применение новаций обусловили успешное соответствие бытовому укладу нескольких поколений жителей. Эстетика адаптированной классической архитектурной традиции, пожалуй, наиболее успешно соответствует и нашим климатическим реалиям.

Несмотря на свое высокое качество и роль в формировании лица города, жилая архитектура Казани 30-50-х не вызывает серьезного научного интереса. Архитектура сталинского периода Казани не изучена и не систематизирована. Отсутствует аспект восприятия местной сталинской архитектуры как исторической и культурно ценной. Отсутствует подход к определению критериев оценки ценности построек того периода. Жилые постройки не рассматриваются в качестве претендентов на включение в реестр памятников архитектуры и культуры.



Сегодняшнее состояние наследия сталинской архитектуры внушает опасение. Мы уже начинаем утрачивать не только отдельные здания, но и целые фрагменты городской среды, сформированной в те

годы. В значительной степени изменен облик фасадов в целом, деталей и первоначального колористического решения. Утрачены элементы благоустройства и первоначальная визуальная среда. Утилитарное отношение к зданиям без учета исторической и архитектурной ценности и стихийные попытки модернизации приводят к разрушению фасадов, интерьеров, фрагментов декора, что влечет утрату стилистической цельности и ценности. Страдает и типологическое лицо застройки. Изменение функционального назначения зданий (устройство коммерческих заведений на месте жилья) влечет за собой изменение не просто фрагмента, но в целом структуры фасада, не говоря уже об интерьерах. Стихийно и самодельно меняют облик фасадов домовладельцы. Детально решенные и стилистически цельные здания страдают от произвольно меняемых конфигурации переплета, материала и цвета оконных рам, остекленных балконов, блоков кондиционеров и т.д.

Многие жилые постройки 30-50-х годов находятся в полуаварийном состоянии. Построенные более 50 лет назад здания были изначально неоднородные по качеству строительства - централизованная политика строительства регламентировала капитальность зданий. Наиболее массовая и демократичная застройка 2-этажными жилыми зданиями (особенно деревянными) на сегодняшний день практически полностью утеряна. Хаотически перестраиваются и сносятся индивидуальные жилые дома. Лучше обстоят дела с физическим состоянием 3-5-этажной застройки. Но и здесь износ значителен. Ветхость инженерных коммуникаций таит в себе опасность повлиять на прочность конструктивного остова здания (например, обрушение стены здания общежития по ул. Абжалилова).

Сталинская жилая застройка в массовом восприятии всегда признавалась ценной в практическом плане. Типологически выверенная среда и удобство квартир обуславливали престиж и, как следствие, аккуратное отношение к эксплуатации домов. Изменившиеся реалии жилищного строительства последнего десятилетия и появление нового массового крупногабаритного жилья в Казани во многом обусловили снижение привлекательности экономической ценности сталинской застройки. Массовый характер приобрела перепланировка и объединение квартир, что влечет за собой исчезновение аутентичности и стилистической цельности зданий. Исчезает предметная интерьерная среда внутреннего пространства, авторское решение элементов декоративного оформления интерьеров.

Построенные в престижных локациях некрупные постройки в будущем могут быть снесены в угоду новому строительству. Безвозвратно утеряны значительные массивы 2-этажной застройки в районе улицы Газовая и Беломорская, Островского, происходит снос отдельных зданий и комплексов в



Авиастроительном районе и Дербышках. Снесена оригинальная жилая застройка в пригородных поселках Аракчино, Юдино. Грубы и непрофессиональны немногочисленные примеры реконструкции. Результатом этих экспериментов являются здания не только не ценные в архитектурном смысле, но и полностью утратившие облик и черты доноров.

Неблагоприятен и социальный аспект существования сталинской жилой застройки. Стремительно стареют коренные жители, переезжают состоятельные. Население же коммунальных квартир неоднородно, и часто большинство составляют социально неблагополучные и люмпенизированные представители. Дegradiруют общие и внутренние пространства застройки, новым строительством вытесняются рекреационные пространства, детские площадки и т.п. Камерная среда, изначально созданная для уюта и удобства, становится обезличенной, лишенной образа, а также криминогенной и крайне социально агрессивной. Место рождения и адекватной социализации целых поколений горожан постепенно теряет эту функцию в силу вышеуказанных процессов. Исчезает роль архитектурной среды в формировании микросоциумов городских жителей и воспитании подрастающего поколения.

Очевидно, что продолжение текущей практики отношения и эксплуатации сталинской застройки приведет к постепенной деградации исторической городской застройки и грозит исчезновением оной. Можно предположить несколько подходов к решению проблемы сохранения архитектурного наследия сталинского периода. Многие постройки достойны включения в реестр памятников архитектуры и культуры. Необходимо диссертационное изучение данной темы, фиксация и систематизация сохранившейся и утраченной застройки. На основе

научного подхода могут быть выработаны практические подходы к реставрации, реконструкции и проектированию новой застройки в стилистике, близкой к рассматриваемой. Также необходимо выработать архитектурно-научные подходы к ревалоризации сталинской архитектуры в рамках реконструкционно-девелоперских проектов. Все это позволит не только сохранить отдельные здания, но и учесть опыт одного из наиболее успешных периодов развития российской архитектуры.

Литература

1. Бархин М.Г. Архитектура и человек. – М.: Наука, 1979.
2. Щусев П. Против аскетической архитектуры. // Журнал «Строительство Москвы», 1933, № 2-3.
3. Юзепчук А. В. Новые жилые дома строительство. // Журнал «Строительство Москвы», 1933, № 3.
4. Ржехина О. И., Буров А. К. – М.: Стройиздат, 1984.
5. Бархина А. Г., Бархин Г. Б. – М.: Стройиздат, 1981.
6. Из истории Советской Архитектуры 1941-1945 гг. / Сборник. – М.: Наука, 1978.
7. Рябушкин А. В. Вчера или завтра? Размышления по поводу советской архитектуры 30-х годов и послевоенного десятилетия. / Сборник «Зодчество», №3 (22). – М.: Стройиздат, 1989.
8. www.NTV.ru Сталинская архитектура. – НТВ, Архив программы Гордона от 31 октября 2005 г., 00:25.
9. Зитте К. Художественные основы градостроительства. – М.: Стройиздат, 1993.
10. Посохин М.В. Архитектура окружающей среды. – М.: Стройиздат, 1989.
11. Хлебников И. Становление советской архитектуры. / Сборник «Архитектурное творчество СССР», № 2. – М.: Стройиздат, 1974.



УДК 711.58+711.585

Е.С. Пономарёв – аспирант

Кафедра архитектурного проектирования

Казанский государственный архитектурно-строительный университет (КазГАСУ)

СОЦИАЛЬНАЯ ЗНАЧИМОСТЬ ЗОН СОЦИАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ В ЖИЛЫХ РАЙОНАХ

АННОТАЦИЯ

Проблемой пространственных условий обитания в «спальных районах» является отсутствие дифференциации по их социально-психологической значимости. С точки зрения психологии среды мы можем выделить в жилом районе зоны коллективного пользования и публичные зоны. Обладая значительными территориальными ресурсами, внутрирайонные публичные пространства стали активно осваиваться. В целом такие пространства освоения мы назовём зонами социальной активности. Путём целенаправленного развития и формирования зон социальной активности можно создать комфортные условия обитания для горожан.

E.S. Ponomarev - post-graduate student

Department of Architectural Designing

Kazan State University of Architecture and Engineering (KSUAE)

THE SOCIAL IMPORTANCE OF ZONES OF SOCIAL ACTIVITY IN RESIDENTIAL AREAS

ABSTRACT

The problem of spatial conditions of dwelling in «sleeping areas» is the absence of differentiation on their social-psychological importance. From the point of view of psychology of the environment, in residential area we can allocate of the shared zones and public zones. Possessing significant territorial resources the intra-district public spaces are begun to reclaim actively. As a whole such spaces of development we title as zones of social activity. By purposeful development and formation of zones of social activity it is possible to create the comfortable dwelling conditions for the townspeople.

Постановка проблемы. В последнее время проблемы организации городских территорий (двор, улица, центральная площадь и т.д.) привлекают интерес различных областей знаний – архитектуры и градостроительства, психологии среды и социальной экологии и т.д. Таким образом, изучение пространственных условий обитания человека носит интердисциплинарный подход. Из этих исследований можно выделить некоторые, направленные на критику условий обитания горожан, которые подчёркивают неблагоприятное состояние архитектурной среды «спальных районов» в городах. Это исследования: Глазычева В.Л. в области культурного потенциала городской среды [1]; Филлина В.А. в области видеоэкологии [2], Беляевой Е.Л. в области зрительного восприятия пространственной среды города [3] и др. В конечном итоге наиболее важные результаты исследований находят практическое применение в виде проектов городских пространств, фрагментов городского интерьера. Однако целенаправленное формирование комфортной среды обитания горожан внутри жилых

районов сложившейся массовой застройки до сих пор не предпринимается.

Проблемой пространственных условий обитания в «спальных районах» является отсутствие дифференциации по их социально-психологической значимости для горожан. Несмотря на объективное существование различных типов городских пространств, условия обитания в них являются некомфортными. Особо важно при формировании различных типов городских пространств учитывать социально-психологическую значимость их территорий как основной критерий оценки для формирования оптимальных и комфортных условий среды обитания горожан.

Классификация территорий в городской среде. Для выявления типов территорий по социально-психологической значимости для человека, непосредственно пользующегося этой территорией, обратимся к психологии среды. Одним из ключевых понятий, описывающих социально-психологическую зависимость человека с пространственными условиями обитания, является персонализация пространства



(по М. Хейдметсу [4]). Описать этот термин можно как некоторую степень пространственной и социальной отделённости данной территории, физический и социальный контроль над ней и степень идентификации с ней человека, пользующегося этой территорией. Как аналог персонального пространства можно рассматривать фиксированную территорию (по I. Altman [5]). Основой для классификации территорий является, во-первых, важность, значимость данной территории для индивида (группы) и, во-вторых, постоянство её использования.

1. Первичная территория. Это крайне персонализированное пространство. Им владеет определённый индивид или группа. Территория имеет первостепенное значение для владельца, он использует её постоянно. Всё происходящее в большей степени контролируется владельцем.

2. Вторичные территории для индивида или группы менее значимы, контроль над ними не столь строгий.

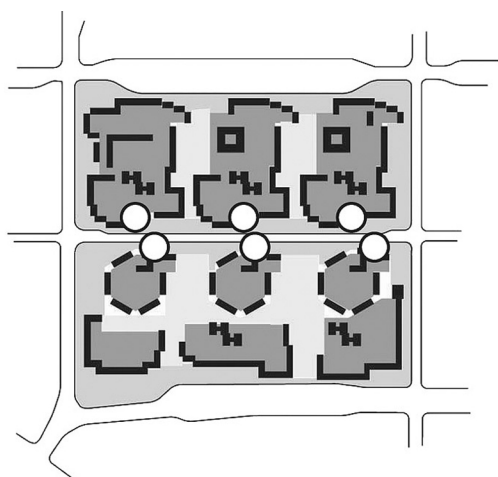
3. Публичная территория характерна существующими общими для всех правилами поведения.

Условимся, что первичная территория – это квартира, т.е. пространство внутри здания. Для нас же важно дифференцировать пространственные ситуации внутри жилых районов по социально-психологической значимости. Для этого рассмотрим особенности планировочной структуры жилых районов. Территории зон различного назначения в них не имеют чётких границ по сравнению с исторической застройкой, где явно выражены зоны дворов и улиц, которые можно идентифицировать как вторичные и публичные пространства. Однако даже массовая застройка типовыми блок-секциями предполагает наличие для каждой блок-секции своей территории, на которой размещаются

детские площадки, гостевые автостоянки, хозяйственные площадки. Для микрорайона в целом обязательно также наличие спорт-ядра. Таким образом, мы можем выделить в новом жилом районе зоны дворов – вторичные пространства (коллективного пользования, назовём их коллективными) и публичные зоны (предполагающие общедоступность). В свою очередь, дифференцируя публичные зоны по степени близости к главным магистралям, можем выделить публичные магистральные зоны и публичные внутрирайонные зоны (рис. 1).

Социально-психологические свойства зон различного назначения. Оставив во внимании общую проблему необустроенности среды «спальных районов», попытаемся описать социально-психологические свойства коллективных, магистральных публичных и внутрирайонных публичных пространств. Основным параметром, характеризующим социально-психологические свойства пространства, является интенсивность межличностных отношений* (пространственного и социального контактов), регуляция этих контактов и степень контроля над территорией.

Рассматривая магистральные публичные зоны, можно сказать, что они в общем: снабжены остановками общественного транспорта, в них больше сосредоточены функции обслуживания, больше внимания уделено созданию благоустройства. Таким образом, локализация деятельности и, соответственно, наибольшая интенсивность пространственных и социальных контактов населения жилых районов находится в магистральных публичных пространствах (рис. 2).



- объекты обслуживания
- магистральные публичные пространства
- внутрирайонные публичные пространства
- коллективные пространства

Рис. 1



Рис. 2

*Межличностные отношения – осознанное присутствие другого, создаёт ситуацию внешнего контроля. «Пространственный контакт – это непосредственно осознанная близость другого человека» (стр. 7) [1].



Рис. 3

Внутридворовые публичные пространства, заложенные в проектах как «рекреационные» зоны, воспринимаются как территории «преодоления» расстояний: обширность свободных территорий внутри жилых районов, общая необустроенность. В них степень интенсивности пространственных и социальных контактов минимальная, такие территории можно охарактеризовать как «ничейные» с соответствующим отношением к ним – в лучшем случае это запущенность (рис. 3). Человек стремится как можно быстрее покинуть такие места.

Коллективные зоны более других воспринимаются персонализировано, здесь соседи, дети общаются, поэтому интенсивность межличностных контактов здесь выше, чем во внутрирайонных публичных пространствах, но меньше, чем на магистральных публичных пространствах (рис. 4). Здесь можно говорить о некоем уровне контроля и идентификации коллективных территорий со стороны жителей.

Таким образом, мы видим одну из сторон проблемы сложившейся среды обитания горожан внутри жилых районов – это архитектурная среда внутрирайонных публичных пространств.

Зоны социальной активности. Архитектурная среда внутрирайонных публичных пространств не способствует оптимальной форме взаимоотношения людей из-за отсутствия попыток целенаправленного её формирования как целостно-воспринимаемой среды. Однако, изучая процессы, происходящие в последние десятилетия (начиная с 90-х гг.), можно проанализировать ряд интересных особенностей. Обладающие значительными территориальными ресурсами внутрирайонные публичные пространства стали активно

осваиваться предпринимателями. В основном здесь строятся объекты обслуживания торгового назначения повседневной необходимости. Ввиду отсутствия градорегулирующего контроля над освоением территорий внутри жилых районов развитие архитектурной среды представляется стихийным, хаотичным. Возникает множество проблем в автотранспортной сфере функционирования территорий внутри жилого района. Однако наблюдаются положительные тенденции социально-психологического характера:

- возникает эффект присутствия – в местах освоения участки частных владельцев торговых объектов благоустраиваются, что нельзя сказать об остальной территории, таким образом осуществляется контроль над территорией;
- возникают зоны, способствующие пространственным контактам – увеличивается количество пешеходных связей к «объекту притяжения», происходит концентрация пешеходов вблизи объектов обслуживания;
- возникновение «объектов притяжения» способствует дифференциации территорий по уровню контроля, что определяет разное социально-психологическое отношение к ней.

В целом, такие пространства освоения мы назовём *зонами социальной активности* (рис. 5). Однако освоение территорий ведётся локально в отдельных местах. Поэтому наблюдается ситуация стихийного развития архитектурной среды внутрирайонных публичных пространств в целом. Большую часть территорий внутри жилых районов вообще трудно назвать средой.



Рис. 4



Рис. 5

Сравнение с традиционной средой исторических городов. В городах с высокой интенсивностью межличностных контактов (пространственных и социальных) среда улиц более привлекательна и полноценна для пешеходного движения (рис.6).

Здесь приятно прогуливаться и т.д. То есть пребывание в ней для человека носит полезный для психики и физиологии характер (визуального, кинестетического восприятия). Не рассматривая крайний случай высокой интенсивности пространственных контактов – эффект



Рис. 6

перенаселённости, можно вывести ряд положительных признаков среды публичного пространства, в которой наблюдается высокая интенсивность межличностных контактов:

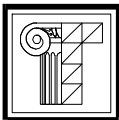
1. Создаются условия для вынужденного обустройства и освоения этой среды в условиях интенсивного пешеходного движения. Это делает архитектурную среду привлекательной для посещения. Благоустроенность пешеходных пространств формирует феномен городской культуры и создаёт определённые традиции для различных мест, пространственных ситуаций.

2. Пешеходные потоки относительно равномерно распределяются по территории, что создаёт условия для более эффективного её использования. Более равномерная «нагрузка» на благоустройство создаёт условия для социально-психологического комфортного пребывания в среде, так как интенсивные пространственные контакты способствуют контролю над всей территорией в целом.

В жилых районах массовой застройки наблюдается низкий уровень пространственных контактов. Здесь концентрируются пешеходные скопления в определённых местах (центрах обслуживания, автостоянках и т.д.) только в определённое время. Неравномерность плотности использования открытых пространств в зонах социальной активности и остальной части внутрирайонных публичных пространств отрицательно сказывается на среде обитания горожан. Несмотря на повышение плотности населения в жилье, плотность пешеходных потоков в среде жилых районов остаётся низкой. В таких условиях необходимо наращивание интенсивности пространственных контактов между людьми путём развития из зон социальной активности некоего «русла» идентичного торгово-пешеходной улице в исторических городах. Такое решение положительно повлияет на становление приоритета пешеходного движения, формирование сети обслуживания, общего контроля на всей территории жилого района.

Литература

1. Глазычев В.Л., Егоров М.М., Ильина Т.В. Городская среда. Технология развития. – М.: Лада, 1995. – С. 69.
2. Филлин В.А. Видеоэкология. – М.: ТАСС-Реклама, 1997. – 317 с.
3. Беляева Е.Л. Архитектурно-пространственная среда города как объект зрительного восприятия. – М.: Стройиздат, 1977. – 125 с.
4. Человек среда пространство. Исследования по психологическим проблемам пространственно-предметной среды. – ТАРТУ, 1979. – 162 с.
5. Altman I. The Environment and Social Behavior. Calif., 1975. – С. 112-120.



УДК 691.33

А.А. Абдюшев – старший научный сотрудник лаборатории нелинейной механики оболочек Института механики и машиностроения Казанского научного центра Российской академии наук (ЛНМО ИММ КНЦ РАН), старший преподаватель кафедры мостов и транспортных тоннелей Казанского государственного архитектурно-строительного университета (КазГАСУ)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОДКРЕПЛЕННОЙ ОБОЛОЧКИ В APC ЭРА-ПК2000

АННОТАЦИЯ

Применение метода конечных элементов к расчету подкрепленных оболочек при анализе общей прочности летательных аппаратов предъявляет определенные требования к моделированию поведения отдельных её элементов и корректного учета их взаимодействия. Эта проблема, в определенной степени, была решена в Автоматизированной расчетной системе (АРС) ЭРА-ПК2000. Работа посвящена математическому выводу матриц жесткости конечных элементов, моделирующих изгибаемые подкрепления и обшивку оболочки, реализованных в АРС. Предложен простой алгоритм учета влияния обшивки на напряженное состояние подкрепляющих элементов.

A.A. Abdiushev – senior scientific researcher of the Nonlinear Mechanical Engineers of Shells of Institute Mechanical Engineers and Machine Building Laboratory of Kazan Scientific Centre of Russia Academy of Sciences (LNMS IMM KSC RAS), senior lecturer of the Department of Bridge and Transport Subways of Kazan State University of Architecture and Engineering (KSUAE)

MODELING OF SUPPORTED SHELL IN ESA-PC2000

ABSTRACT

The application of a method of finite elements to the calculation of the supported shells in the analysis of general durability of flying devices determines the certain requirements to modeling behaviour of its separate elements and the correct account of their interaction. This problem, in the certain degree, has been solved in the Automatic Settlement System (ASS) ESA-PC2000. The article is devoted to a mathematical conclusion of matrixes of rigidity of final elements. These matrixes are simulating the bent reinforcements and the shell cover, realized in ASS. The simple algorithm of the account of influence of a cover on the intense condition of supporting elements is described.

Расчет подкрепленных оболочек является неотъемлемой частью анализа общей прочности летательных аппаратов. В середине XX века практически одновременно, за рубежом (Эбнер) и в отечественной практике (Беляев), была предложена расчетная модель работы тонкостенной подкрепленной оболочки типа монокок, суть которой заключалась в “предписывании” разным элементам оболочки определенного характера работы. А именно: поперечные подкрепляющие элементы (шпангоуты) работают на изгиб в своей плоскости (плоскость перпендикулярная оси оболочки), продольные подкрепляющие элементы (стрингеры или эффективные пояса) воспринимают растяжение-сжатие, а обшивка подкрепленной оболочки воспринимает “чистый” сдвиг. С появлением вычислительной техники и развитием численных методов расчета, усилиями Аргириса подобная модель, при расчете фюзеляжа летательного аппарата (ЛТА), была реализована Методом конечных элементов (МКЭ) в форме метода сил, на основе стационарности функционала Кастильяно [1]. Реализованная по МКЭ модель позволяла проводить анализ общей прочности элементов фюзеляжа с учетом их взаимного влияния. При этом поперечное сечение фюзеляжа было представлено в форме полигона. Расчеты Аргириса и его последователей [2] показывали хорошие соответствия с экспериментальными данными. Тем не менее, формулировка МКЭ в форме метода перемещений, основанная на минимизации функционала Лагранжа, оказалась, в силу своей алгоритмичности, более привлекательной. Поскольку модель, предложенная Аргирисом, зарекомендовала себя хорошо, возникла потребность “переноса” всех положительных качеств модели на МКЭ в форме метода перемещений. Эту работу можно условно разбить на две части, определяемые подходом к проблеме: формальный – создание конечноэлементной базы, позволяющей реализовать модель и неформальный – создание методики анализа результатов, позволяющей правильно оценить поведение конструкции. Ниже приводятся материалы, позволившие, в определенной степени, решить эти задачи в рамках Автоматизированной расчетной системы



ЭРА-ПК2000, созданной в отраслевой научно-исследовательской лаборатории САПР фюзеляжа вертолета при кафедре строительной механики КазГАСУ (КИСИ) [3].

Для рассмотрения более широкого класса задач при переходе к МКЭ в форме метода перемещений было принято решение рассматривать шесть естественных степеней свободы конструкции в узле при расчете подкрепленных оболочек. Это позволило, в частности, безболезненно включать в конструкцию поперечные и продольные изгибаемые элементы, ориентированные произвольно относительно глобальной системы координат. Поэтому в качестве базового изгибаемого элемента был принят прямолинейный двухузловой конечный элемент (КЭ) пространственного бруса с шестью степенями свободы в узле [5].

Изгибаемые подкрепляющие элементы

Особенностью рассматриваемых оболочек является наличие эксцентриситета положения нейтральной оси изгибаемых элементов и узлов расчетной схемы (рис. 1). Как правило, узлы расчетной схемы обозначают нейтральную ось тонкой безмоментной обшивки. Математическая процедура приведения элементов обшивки к нейтральной оси подкрепляющих изгибаемых элементов не сложнее, чем приведение изгибающих элементов к обшивке. Однако, второй вариант предпочтительнее, поскольку позволяет строить более точные модели. При формировании глобальной матрицы жесткости (МЖ) проблема несовпадения узлов нейтральной оси и узлов расчетной схемы решается статически эквивалентным “переносом” элементной МЖ из одних узлов в другие.

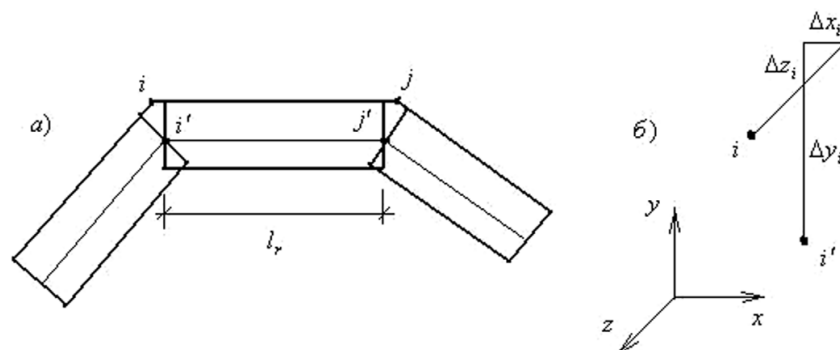


Рис.1. Схема эксцентриситетов

Для малых перемещений имеем:

$$P_{re} = C_e \cdot P_r; \quad U_{re} = C_e \cdot U_r \quad (1)$$

где P_r, U_r – векторы узловых сил и перемещений в глобальной системе координат, соответствующие точкам на нейтральной оси элемента;

P_{re}, U_{re} – векторы узловых сил и перемещений в глобальной системе координат, соответствующие узлам расчетной схемы;

C_e – матрица “эксцентриситетов” – трансформирующая матрица.

$$C_e = \begin{bmatrix} 1 & & & & & & & & & & & \\ 0 & 1 & & & & & & & & & & \\ 0 & 0 & 1 & & & & & & & & & \\ 0 & \Delta z_i & -\Delta y_i & 1 & & & & & & & & \\ -\Delta z_i & 0 & \Delta x_i & 0 & 1 & & & & & & & \\ \Delta y_i & -\Delta x_i & 0 & 0 & 0 & 1 & & & & & & \\ & & & & & & 1 & & & & & \\ & & & & & & 0 & 1 & & & & \\ & & & & & & 0 & 0 & 1 & & & \\ & & & & & & 0 & \Delta z_j & -\Delta y_j & 1 & & \\ & & & & & & -\Delta z_j & 0 & \Delta x_j & 0 & 1 & \\ & & & & & & \Delta y_j & -\Delta x_j & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$



Где $\Delta x = x_l - x_{l'}; \Delta y = y_l - y_{l'}; \Delta z = z_l - z_{l'}$.

Поскольку

$$C_e^t \cdot C_e = E \quad (3)$$

тогда

$$K_{re} \cdot U_{re} = P_{re} \Rightarrow K_{re} \cdot (C_e \cdot U_r) = C_e \cdot P_r \Rightarrow C_e^t \cdot K_{re} \cdot (C_e \cdot U_r) = C_e^t \cdot C_e \cdot P_r \quad (4)$$

откуда

$$K_{re} = C_e \cdot K_r \cdot C_e^t \quad (5)$$

В ЭРА-ПК2000 вычисление эксцентриситетов производится при помощи сервисной программы, исходными данными для которой являются расстояния от наружной полки сечения элемента до нейтральной оси и угол наклона узлового сечения относительно вертикальной оси.

В конструкции фюзеляжа имеются изгибаемые элементы, к которым обшивка примыкает как по “нижней”, так и “верхней” полкам. В этом случае в ЭРА-ПК2000 предлагается применять составной элемент (макроэлемент) балка-стенка. Этот элемент образуется двумя изгибаемыми поясами и стенкой. В качестве поясов выступают рассмотренные выше балочные элементы с эксцентриситетом. Стенка составляется из трехузловых КЭ оболочки, полученных суперпозицией тонкой изгибаемой треугольной плиты по гипотезе Кирхгофа и мембранного трехугольного элемента Бергана-Фелиппа [3]. Элемент Бергана имеет три степени свободы в узле и был отобран в результате тестирования при моделировании продольного изгиба. Геометрические характеристики компонент составного сечения определяются из соотношений, записанных для заданного и эквивалентного сечений (по рис. 2).

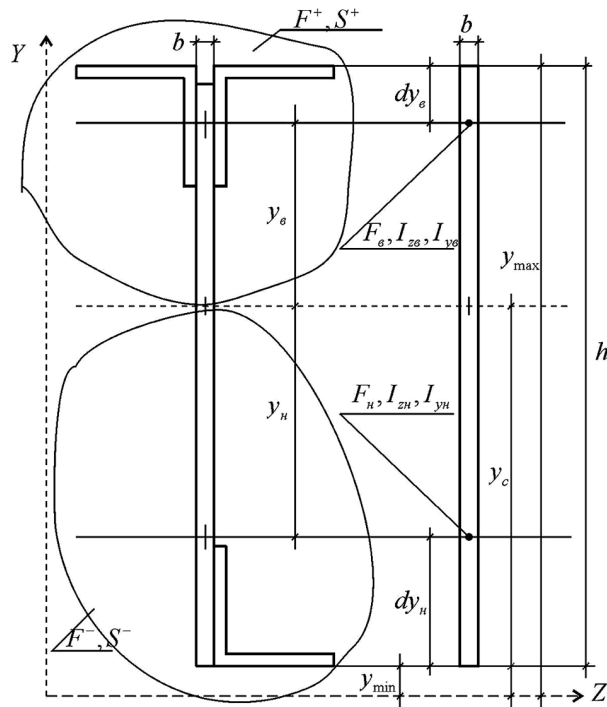


Рис. 2. Тестовое сечение изгибаемого элемента и эквивалентного ему сечения макроэлемента балка-стенка

$$\begin{aligned} F_e &= F^+ - (y_{\max} - y_c)b; F_n = F^- - (y_c - y_{\min})b; \\ S_e &= S^+ - (y_{\max} - y_c)^2 b / 2; S_n = S^- + (y_c - y_{\min})^2 b / 2; \\ y_e &= S_e / F_e, y_n = S_n / F_n, I_{ye} = I_{yn} = I_y / 2, I_{kre} = I_{kpn} = (I_{kp} - bh^3 / 3) / 2, \\ I_{ze} &= I_{zn} = (I_z - F_e \cdot y_e^2 - F_n \cdot y_n^2 - b \cdot h^3 / 12 - bh(y_c - h/2)^2) / 2. \end{aligned} \quad (6)$$



Здесь: F – общая площадь сечения; I_z – момент инерции сечения относительно оси z ; I_y – момент инерции сечения относительно оси y ; $I_{кр}$ – момент инерции сечения при кручении; X_y, X_z – коэффициенты работы сечения на сдвиг по оси y и z ; F^+ и S^+ – площади и статические моменты инерции относительно нейтральной оси части сечения выше этой оси; F^- и S^- – площади и статические моменты инерции относительно нейтральной оси части сечения ниже этой оси; F_n, F_e – площади поясов; S_n, S_e – статические моменты поясов эквивалентного сечения относительно нейтральной оси; $I_{yn}, I_{ye}, I_{ze}, I_{zn}, I_{крn}, I_{крe}$ – геометрические характеристики поясов.

Для уточнения модели изгибаемых подкреплений в АРС ЭРА-ПК2000 предлагается КЭ пространственного бруса переменного сечения. Вывод жесткости элемента переменного по длине сечения также использует допущение о том, что вертикальная ось сечения является главной центральной. Для начального (с индексом 1) и конечного (с индексом 2) сечений элемента составляются соотношения (6). Исходя из эквивалентного представления сечений, можно положить основные характеристики линейно изменяющимися по длине, например:

$$F_e(h) = F_{e1} + (F_{e2} - F_{e1})h, F_n(h) = F_{n1} + (F_{n2} - F_{n1})h, \\ h(h) = h_1 + (h_2 - h_1)h, b(h) = b_1 + (b_2 - b_1)h \quad (7)$$

и так далее для $I_{ze}(h), I_{zn}(h), I_{ye}(h), I_{yn}(h), y_e(h), y_n(h), I_{крe}(h), I_{крn}(h)$.

Здесь $h = \frac{x}{l}$ – безразмерная координата $h \in [0,1]$. Далее, для консольного элемента переменного сечения

длиной l (рис. 3) по формуле Мора строится матрица податливости d размерностью 6×6 с ненулевыми элементами:

$$d_{11} = l \cdot \int_0^1 \frac{1}{E \cdot F(h)} dh, d_{22} = \frac{l^3}{3} \cdot \int_0^1 \frac{1}{EI_z(h)} dh + l \cdot \int_0^1 \frac{1}{X_y(h) \cdot EF(h)} dh, \\ d_{26} = d_{62} = \frac{l^2}{2} \cdot \int_0^1 \frac{1}{EI_z(h)} dh, d_{33} = \frac{l^3}{3} \cdot \int_0^1 \frac{1}{EI_y(h)} dh + l \cdot \int_0^1 \frac{1}{X_z(h) \cdot EF(h)} dh, \\ d_{44} = l \cdot \int_0^1 \frac{1}{EI_x(h)} dh, d_{35} = d_{53} = \frac{l^2}{2} \cdot \int_0^1 \frac{1}{EI_y(h)} dh, d_{55} = l \cdot \int_0^1 \frac{1}{EI_y(h)} dh, \\ d_{66} = l \cdot \int_0^1 \frac{1}{EI_z(h)} dh. \quad (8)$$

После обращения матрицы податливости, получаем жесткость узла 2:

$$K_{22} = [d]^{-1}. \quad (9)$$

Для получения полной матрицы жесткости элемента переменного сечения формируем матрицу, уравнивающую узловые силы первого узла относительно 2-го. Эта матрица образуется из матрицы равновесия относительно 2-го узла изменением знака на противоположный у блока, относящегося к 1-му узлу.

Окончательно получаем:

$$K = B^t \cdot K_{22} \cdot B. \quad (10)$$



$$B = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -l & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & l & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

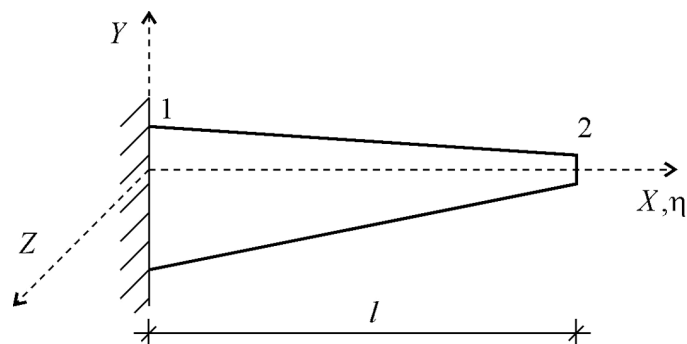


Рис. 3. Элемент переменного сечения

Элементы, моделирующие обшивку

В качестве базовых элементов в АРС ЭРА-ПК2000 применяются плоские трех- и четырехузловые мембранные, реализующие плоско-напряженное состояние [5], и сдвиговые, реализующие чистый сдвиг в некоторой прямоугольной системе координат, конечные элементы.

Для вывода матрицы жесткости семейства сдвиговых элементов была принята гибридная формулировка на базе обобщенного функционала Кастильяно [4]. Матрица жесткости для произвольного выпуклого n -узлового многоугольника (рис. 4), реализующего чистый сдвиг в плоской декартовой системе координат, выражается следующим образом:

$$K = T^t \cdot H^{-1} \cdot T \quad (11)$$

здесь H – матрица податливости выпуклого n -угольника, T – трансформирующая матрица.

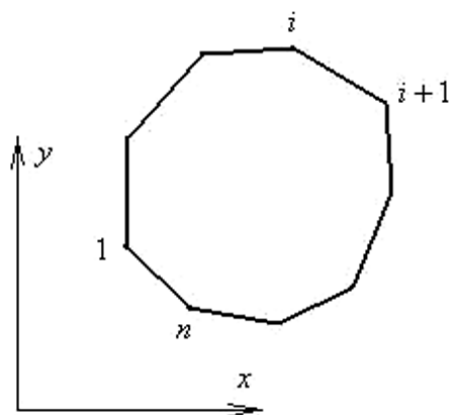


Рис. 4. Плоский выпуклый n -узлового многоугольник

$$H^{-1} = \frac{E}{2S_n \cdot (1+n) \cdot t} \quad (11)$$



Здесь E – модуль упругости материала, n – коэффициент Пуассона, t – толщина элемента, $2S_n$ – удвоенная площадь выпуклого плоского n -угольника.

$$2S_n = -x_n \cdot y_1 - x_1 \cdot y_n + \sum_{i=1}^{n-1} (-x_i \cdot y_{i+1} + x_{i+1} \cdot y_i) \quad (12)$$

$$T = \frac{t}{2} \cdot [x_{2n}; y_{n2}; x_{31}; y_{13}; \dots; x_{(i+1)(i-1)}; y_{(i-1)(i+1)}; \dots; x_{1(n-1)}; y_{(n-1)1}] \quad (13)$$

где x_i, y_i – координаты i -ого узла, $x_{ij} = x_i - x_j; y_{ij} = y_i - y_j$.

Величина сдвига в элементе определяется по вычисленным перемещениям:

$$t = H^{-1} \cdot T \cdot u \quad (14)$$

Здесь u – вектор перемещений узлов в плоскости.

В реальных задачах узлы четырехугольных элементов обшивки часто не являются компланарными. Игнорировать этот факт нельзя, так как после получения матрицы жесткости плоского элемента, образованного проекциями узлов модели на некоторую плоскость и формального добавления этой жесткости к жесткости расчетных узлов, нарушаются соотношения равновесия в глобальной матрице. Для того чтобы не нарушать равновесия, в ЭРА-ПК2000 предлагается два варианта трансформирования матрицы жесткости плоского четырехузловый элемент, оба основанные на принципе наименьших квадратов. Укажем один из них, более простой в реализации, тем более, что оба приводят к одинаковому результату.

На рис. 5 показаны четырехузловые элементы: а) – плоский четырехузловый элемент в пространстве, б) – его прототип. Для обоих элементов рассмотрено некоторое одинаковое единичное состояние и показаны реакции этого состояния. Фактически это некоторый столбец (строка) матрицы жесткости.

Запишем функционал метода наименьших квадратов в виде:

$$F = \sum_{i=1}^4 (P_{xi} - P'_{xi})^2 + \sum_{i=1}^4 (P_{yi} - P'_{yi})^2 + \sum_{i=1}^4 (P_{zi} - P'_{zi})^2 \quad (15)$$

С помощью неопределенных множителей Лагранжа добавим в функционал (15) шесть уравнений равновесия для реакций закрученного элемента и получим:

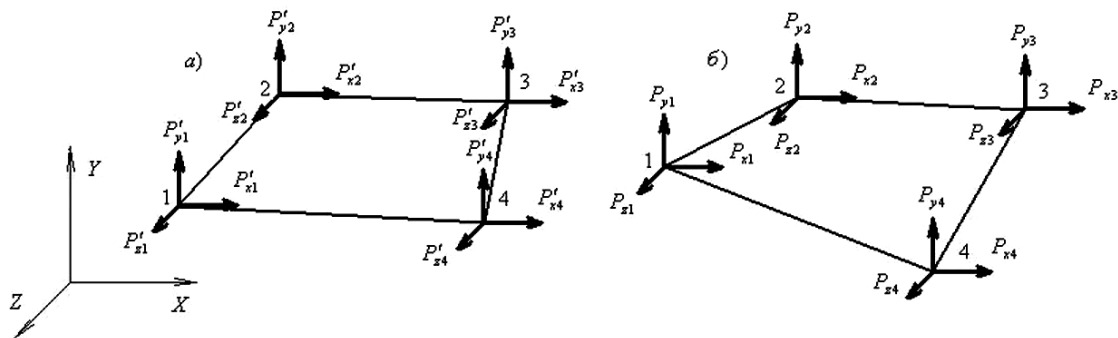


Рис. 5. Исходный а) и закрученный б) четырехузловые элементы в пространстве

$$F^{**} = \sum_{i=1}^4 (P_{xi} - P'_{xi})^2 + \sum_{i=1}^4 (P_{yi} - P'_{yi})^2 + \sum_{i=1}^4 (P_{zi} - P'_{zi})^2 + l_1 \sum_{i=1}^4 P_{xi} + l_2 \sum_{i=1}^4 P_{yi} + l_3 \sum_{i=1}^4 P_{zi} +$$

$$l_4 \left(\sum_{i=1}^4 P_{zi} \cdot y_i - \sum_{i=1}^4 P_{yi} \cdot z_i \right) + l_5 \left(\sum_{i=1}^4 P_{xi} \cdot z_i - \sum_{i=1}^4 P_{zi} \cdot x_i \right) + l_6 \left(\sum_{i=1}^4 P_{yi} \cdot x_i - \sum_{i=1}^4 P_{xi} \cdot y_i \right) \quad (16)$$

Здесь x_i, y_i, z_i – координаты узлов закрученного элемента.

Вариации (16) по $P_{xi}, P_{yi}, P_{zi}, l_i$ приводят к системе линейных уравнений в матричном виде:



$$S_0 \cdot R = R' \quad (17)$$

$$R = \begin{bmatrix} P \\ l \end{bmatrix}; R' = \begin{bmatrix} P' \\ 0 \end{bmatrix}; l = \{l_1 \quad l_2 \quad l_3 \quad l_4 \quad l_5 \quad l_6\};$$

$$P = \{P_{x1} \quad P_{y1} \quad P_{z1} \quad P_{x2} \quad P_{y2} \quad P_{z2} \quad P_{x3} \quad P_{y3} \quad P_{z3} \quad P_{x4} \quad P_{y4} \quad P_{z4}\};$$

$$P' = \{P'_{x1} \quad P'_{y1} \quad P'_{z1} \quad P'_{x2} \quad P'_{y2} \quad P'_{z2} \quad P'_{x3} \quad P'_{y3} \quad P'_{z3} \quad P'_{x4} \quad P'_{y4} \quad P'_{z4}\};$$

$$S_0 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} E_2 & 0 & 0 & 0 & E & S_1 \\ 0 & E_2 & 0 & 0 & E & S_2 \\ 0 & 0 & E_2 & 0 & E & S_3 \\ 0 & 0 & 0 & E_2 & E & S_4 \\ E & E & E & E & 0 & 0 \\ S_1^t & S_2^t & S_3^t & S_4^t & 0 & 0 \end{bmatrix}; \quad (18)$$

E – единичная матрица 3×3 , $E_2 = E \cdot 2$;

$$S_i = \begin{bmatrix} y_i & 0 & -z_i \\ -x_i & z_i & 0 \\ 0 & -y_i & x_i \end{bmatrix}$$

Алгоритм “закрутки” будет выглядеть следующим образом:

- 1) формируется K' – матрица жесткости плоского элемента в глобальной системе координат,
- 2) вычисляется S_0^{-1} и из нее выбирается подматрица S $[12 \times 12]$

$$S_0^{-1} = \begin{bmatrix} S & S_l \\ S_l^t & S_{ll} \end{bmatrix} \quad (19)$$

- 3) окончательно вычисляется

$$K = S^t \cdot K' \cdot S \quad (20)$$

В продольном направлении в качестве подкрепления используются те же изгибаемые элементы и двухузловые ферменные КЭ.

Анализ взаимодействия подкрепляющих элементов и обшивки

Для более корректного анализа, при получении усилий в двухузловых подкрепляющих элементах, предлагается определять эти усилия по вычисленным перемещениям, используя совокупную жесткость двухузловых элементов и КЭ обшивки. В этом случае предполагается, что дополнительные узловые усилия от элементов обшивки в узлах подкрепляющих элементов будут уравновешены некоторым сдвиговым потоком от панелей обшивки (рис. 6). Такой подход позволяет максимально приблизиться к модели Аргириса [1]. При использовании вместо сдвиговых элементов КЭ мембраны необходимо пересчитывать геометрические характеристики сечений, а для изгибаемых и положение нейтральной оси сечения.

В АРС ЭРА-ПК2000 эта процедура производится автоматически.

Такой подход позволяет получить гладкую и достоверную картину напряженного состояния в любой цепочке подкрепляющих элементов.

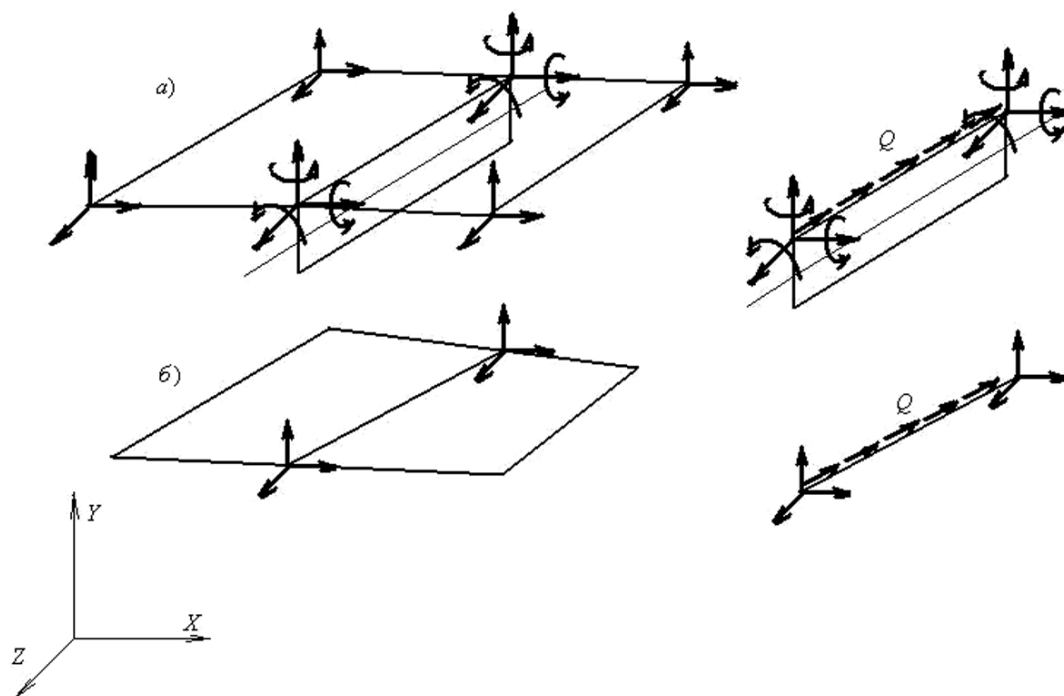


Рис. 6. Представление действия обшивки как локальной нагрузки на двухузловой элемент

Литература

1. Аргирис Дж. Современные достижения в методах расчета конструкций с применением матриц. – М.: Изд-во лит-ры по стр-ву, 1968. – 241 с.
2. Бурман З.И., Лукашенко В.И., Тимофеев М.Т. Расчет тонкостенных подкрепленных оболочек методом конечных элементов с применением ЭЦВМ. – Казань: Изд-во Казанского ун-та, 1973. – 569 с.
3. Лукашенко В.И., Абдюшев А.А., Доронин М.М., Нуриева Д.М., Сладков А.В. Экспертиза, расчет, анализ пространственных конструкций. АРС ЭРА-ПК2000. – Казань: Изд-во КГАСУ, 2006. – 320 с.
4. Пиан Т. Вывод соотношений для матриц жесткости элемента, основанный на выборе закона распределения напряжений. // Ракетная техника и космонавтика, 1964, № 7. – С. 219-222.
5. Przemieniecki J.S. Theory of Matrix Structural Analysis. – N.Y.: Mc. Graw-Hill Book Company, 1968. – 246 p.



УДК 639

Ф.Х. Ахметзянов – кандидат технических наук, доцент

Кафедра железобетонных и каменных конструкций

Казанский государственный архитектурно-строительный университет (КазГАСУ)

**АНАЛОГИЯ НЕКОТОРЫХ СВОЙСТВ БЕТОНА С ПОВРЕЖДЕНИЯМИ
(В БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТАХ) СО СВОЙСТВАМИ ТЕЛ,
ОПИСЫВАЕМЫМИ В ТЕОРИИ ПЛАСТИЧНОСТИ**

АННОТАЦИЯ

В статье на основе экспериментальных данных исследователей указывается наличие микропластичности в микроструктуре бетона. На основе предложенного постулата о реализации повреждаемости бетона по траекториям наименьшей прочности утверждается справедливость принципа Мизеса. Считая, что псевдодеформации – это предельное состояние пластичности, делается вывод о возможности использования модели пластичности и получения соотношений состояния для повреждаемого бетона.

F.K. Akhmetsjanov – candidate of technical sciences, associate professor

Department of Reinforced Concrete and Stone

Kazan State University of Architecture and Engineering (KSUA)

**ANALOGY OF SOME PROPERTIES OF CONCRETE WITH DAMAGES
(IN THE CONCRETE AND REINFORCED CONCRETE ELEMENTS) WITH PROPERTIES
OF SOLIDS DESCRIBED IN THE THEORY OF PLASTICITY**

ABSTRACT

The author's experimental data indicated the presence of microplasticity in microstructure of concrete. On the basis of offered postulate regarding realization of concrete damages on trajectories of the least durability the validity of Mises's principle is established. Considering, that pseudo-deformations are final conditions of plasticity, an opportunity of plasticity model usage and obtaining of ratio of damaged concrete conditions is concluded.

Цель статьи – приведение данных по результатам анализа свойств бетона, идентичных с пластичностью упруго-пластических тел, позволяющих приблизиться к использованию некоторых методов теории пластичности для описания деформативности повреждаемого бетона в строительных конструктивных элементах.

1. Отдельные известные постулаты и принципы теории пластичности механики сплошного деформируемого твердого тела приложимы для повреждаемых бетонных и железобетонных элементов вследствие общности процесса деформирования при механическом нагружении. Появлению и последующему развитию трещин предшествует микропластичность в кристаллах цементного камня [1], [2], [3], несмотря на то, что в макрообъемах бетон – квазихрупкое тело [4]. Наличие микропластичности обуславливается в кристаллах цементного камня существенной плотностью дислокаций до $10^{11} \dots 10^{12} \text{ см}^{-2}$ [5]. Как показывают расчеты [3], напряжения в кристаллах при наблюдаемой плотности дислокаций достигают $3,2 \cdot 10^{-2} \dots 2,7 \cdot 10^{-3} \text{ МПа}$ и достаточны для субмикротрещинообразования (в пределах кристалла). То есть микроповреждаемость реализуется в предельном состоянии пластичности кристаллов.

Поскольку повреждаемость – свойство материала приобретать при нагрузках и воздействиях «псевдодеформации», из-за возникающих и развивающихся несплошностей в виде трещин (иногда пар), то следствием является нарушение взаимодействия (кулонового) между элементарными структурными частицами материала.

Можно принять постулат, что повреждаемость в бетоне реализуется по траекториям наименьшей прочности (в однородном потоке напряжений). Поэтому, как и в теории пластичности, для повреждаемого бетона можно считать справедливым принцип максимума Мизеса: при фиксированных параметрах e_{ij}^{pcrc} , q_i для любого данного значения компонент приращения псевдопластической деформации de_{ij} имеет место неравенство

$$s_{ij} de_{ij}^{pcrc} \geq s_{ij}^* \cdot de_{ij}^p \quad (1)$$

где s_{ij} – действительные компоненты напряжения,

а s_{ij}^* – компоненты любого возможного напряженного состояния, допускаемого данной функцией



нагружения [6]

$$f(s_{ij}^*, e_{ij}^p, q_i) \leq 0 \quad (2)$$

Считаем, что полная деформация при деформировании повреждаемого бетона складывается из трех частей: упругой, пластической и псевдо:

$$e_{bij} = e_{ij}^e + e_{ij}^p + e_{ij}^{crc} \quad (3)$$

При кратковременных разгрузках остаточные деформации, измеряемые датчиками, складываются из неупругой части деформаций:

$$e_{ij}^{pcrc} = e_{ij}^p + e_{ij}^{crc} \quad (4)$$

Из принципа максимума применительно к повреждаемому бетону следует закон направленности приращения неупругой деформации (выражение (4)) по градиенту к поверхности нагружения. Отсюда, как в теории пластичности, можем записать:

$$de_{ij}^{pcrc} = dl \frac{df}{ds_{ij}} e_{ij}^{pcrc} = n \frac{df}{ds_{ij}} \quad (5)$$

По аналогии с соотношениями теории упругопластического состояния материала [6] можно записать для повреждаемого бетона:

$$de_x^{pcrc} = \frac{1}{E} [ds_x - m(ds_y + ds_z)] + dl \frac{df}{ds_x}$$

$$de_{xy}^{pcrc} = \frac{1}{j} dt_{xy} + \frac{1}{2} dl \frac{\partial f}{\partial t_{xy}}(x, y, z) \quad (6)$$

$$f(s_{ij}, e_{ij}^{pcrc}, q_i) = 0$$

здесь q_i – параметр, характеризующий зависимость изменения функции нагружения от пути нагружения.

Условия нагружения (что неупругие деформации по выражению (4) не возникают при нейтральном нагружении и разгрузке) определяются соотношением:

$$\frac{df}{ds_{ij}} ds_{ij} \leq 0 \quad (7)$$

Так, используя модель пластического тела, вводимую через определение функции нагружения f и аналогично с принципом максимума работы деформирования при повреждаемости бетона, можно получить соотношения состояния при деградации (возникновении повреждений) бетона.

Литература

1. Зайцев Ю.В. Моделирование деформаций и прочности бетона методами механики разрушения. – М.: Стройиздат, 1982. – 196 с.
2. Баженов Ю.М. Технология бетона. – М.: Высшая школа, 1978. – 455 с.
3. Ахметзянов Ф.Х. Особенности физической структуры цементного камня и микроструктурная повреждаемость. Сообщения 1 и 2. / Сборник статей международной научной конференции “Эффективные строительные конструкции. – РААСН, Пенза, 2004.
4. Ахметзянов Ф.Х. К особенностям деформирования, повреждаемости, изменения физико-механических характеристик бетона в конструкциях. // Известия вузов. Строительство, 1993, № 2.
5. Макридин Н.И., Максимова И.Н., Прошин А.П., Соломатов В.Н., Соколова Ю.А. Структура, деформативность, прочность и критерии разрушения цементных бетонов. – Саратов: Изд-во Саратовского ун-та, 2001. – 280 с.
6. Ивлев Д.Д., Ершов Л.В. Метод возмущений в теории упругопластического тела. – М.: Наука, 1978. – 208 с.



УДК 624.23

А.У. Богданович – кандидат физико-математических наук, доцент

Кафедра сопротивления материалов

Казанский государственный архитектурно-строительный университет (КазГАСУ)

О ЦЕНТРЕ ИЗГИБА СЕЧЕНИЙ СЛАБОКОНИЧНЫХ СТЕРЖНЕЙ

АННОТАЦИЯ

Из сравнения цилиндрических и слабоконических тонкостенных стержней следует, что дополнительные поля касательных напряжений, связанные с коничностью, самоуравновешены и не влияют на положение центра изгиба какого-либо сечения.

A.U. Bogdanovich – candidate of physical and mathematical sciences, associate professor

Department of Strength of Materials

Kazan State University of Architecture and Engineering (KSUAE)

ON THE CENTRE OF A BEND SECTIONS OF THE WEAK-CONIC BARS

ABSTRACT

From comparison of cylindrical and weak-conic thin-walled bars follows that additional fields of the tangent voltages, connected with cones, are self balanced and do not influence upon position of the centre of the bend of any section.

Известно [1], что положение центра изгиба сечений стержней конической конфигурации зависит, в общем случае, от действующих в сечении поперечных сил и изгибающих моментов. Можно ожидать, однако, что для слабоконических стержней координаты центра изгиба сечений от внешней нагрузки практически не зависят. Задачи подобного рода однотипны как для стержней замкнутого профиля, так и для стержней профиля открытого – поэтому мы, фактически, не различаем далее эти два варианта сечений, хотя при конкретных расчётах с деталями надо считаться.

Для получения приближённых числовых оценок НДС слабоконических стержней рассмотрим конический стержень замкнутого и, в общем случае,

некольцевого сечения. Ось конуса – линия, на которой лежат центры тяжести поперечных сечений стержня – предполагается прямой.

Пусть на тонком торце $Z = Z_0$ усечённой оболочки действуют продольная центральная сила P , крутящий момент $M_{кр}$, поперечная сила Q_y , изгибающий момент M_x . Рассмотрим действие каждого из этих *внешних* факторов, в отдельности.

1. Осевое растяжение-сжатие. Рассмотрим прямой конический стержень кольцевого сечения. Обозначим: q – угол полураствора конической оболочки; r – радиус сечения; t – толщина оболочки; Z – ось конуса. Вдоль оси конуса действует продольная центральная сила P .

Нормальные напряжения $S_{сф}$, направленные вдоль меридиана оболочки, в сферических сечениях с центром в вершине конуса есть [1]:

$$S_{сф} = \frac{P}{2prt \cdot \cos q};$$

напряжения в сечениях, нормальных к оси Z :

$$S_z = S_{сф} \cdot \cos q = \frac{P}{2prt};$$

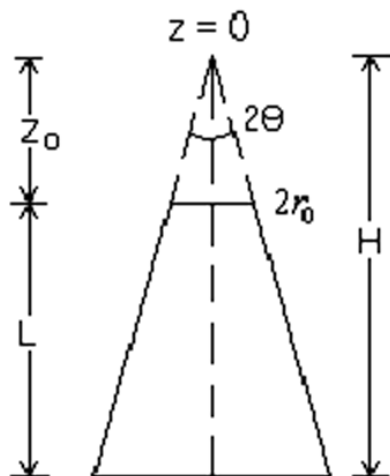


Рис. 1



$$t_{zr} = s_{сф} \cdot \sin q = s_z \cdot \operatorname{tg} q .$$

При $q \leq 7^\circ$ получаем $t_{zr} \leq 12,3\%$ от s_z .

Как показано в [2], напряжения t_{zr} в этом случае вносят малый вклад в условия прочности для изотропных оболочек, и далее мы ими пренебрегаем. Этот вывод вполне приложим и к коничным стержням несимметричного сечения с максимальным углом раствора $2q = 14^\circ$.

2. Свободное кручение. Формула касательных напряжений в нормальных (к оси Z) сечениях конической оболочки ничем не отличается [1], [3] от формулы для напряжений в цилиндрических оболочках произвольной формы сечения:

$$t_{кр} \cdot \tilde{t} = \frac{M_{кр}}{\Omega} ,$$

где Ω – удвоенная площадь фигуры, заключённой внутри контурной линии сечения. То есть, в этом случае можно использовать формулы, соответствующие свободному кручению цилиндрических оболочек произвольной формы сечения. Разницей между толщинами t и $\tilde{t}$ для сферического и нормального сечений можно пренебречь, но в случае необходимости можно без труда внести соответствующую поправку: для нормальных сечений $\tilde{t} = t / \cos q$, где t – толщина листа.

Однако, надо иметь в виду, что при кручении коничных стержней с сечением сложной формы касательные напряжения в общем случае состоят из напряжений свободного кручения и самоуравновешенных касательных напряжений от стеснённой деформации сечений.

3. Нормальные напряжения от изгиба. При действии в сферическом сечении изгибающего момента M_x нормальные напряжения вычисляются [1] по формуле

$$s_{сф} = \frac{M_x}{p \cdot r^2 \cdot t \cdot \cos q} \cdot \cos j ,$$

где угол j отсчитывается в сечении от вертикальной оси Y .

Здесь мы ограничимся замечанием С.Н. Кана [1]: “Для слабоконической конструкции с малым углом

коничности $2q \leq 30^\circ$ расчётные формулы для определения напряжений $s_{сф} \approx s_z$ при действии

как осевой силы, так и изгибающего момента, полностью переходят в обычные формулы для цилиндрических систем”.

4. Касательные напряжения от изгиба поперечной силой Q_y .

Задача осложняется тем, что в общем случае поперечная нагрузка создаёт в стержне крутящий момент, и довольно трудно разделить касательные напряжения в сечении на “изгибные” и крутильные. Чтобы выделить “изгибные” касательные напряжения, будем считать, что линия действия силы Q_y проходит через центр изгиба сечения и относительный угол закручивания сечения равен нулю. Соответственно, равен нулю суммарный крутящий момент от действия касательных напряжений и от внешней нагрузки:

$$\oint t_{изг} \cdot t \cdot r \cdot ds - M_{кр} = 0 ;$$

r – расстояние от моментной точки до касательной к контуру, проведённой в точке, где действует $t_{изг}$; момент $M_{кр}$ от внешней нагрузки вычисляется в той же моментной точке, что и момент от касательных напряжений.

Дальнейшие рассуждения будут более понятными, если предварительно рассмотреть рисунок, относящийся к стержню открытого сечения, не обладающему коничностью (рис.2).

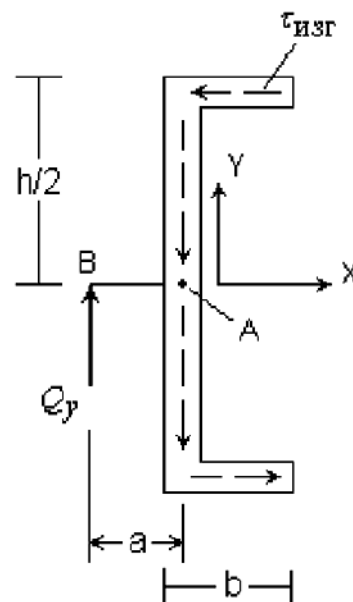


Рис. 2. Центр изгиба и касательные напряжения в швеллере. Толщина листа - t

Точка B – центр изгиба; “ a ” – расстояние от B до контурной линии стенки; касательные напряжения от изгиба постоянны по толщине листа, но переменны



вдоль контурной линии; сила Q_y трактуется как внешняя сила, действие которой уравнивается действием касательных напряжений в сечении. Касательные напряжения можно считать известными: в данном случае они подсчитываются по известной формуле

$$t_{изг}(s) = \frac{Q_y \cdot S'_x(s)}{J_x \cdot t}, \quad S'_x(s) = \int_0^s y \cdot t \cdot ds;$$

$s = 0$ – на правой верхней кромке сечения. Хотя мы называем касательные напряжения изгибными, они создают крутящий момент, который уравновешен внешним моментом от силы Q_y . При этом сечение перемещается лишь по вертикали.

Для системы сил, показанной на рис. 2, должны быть выполнены три независимых уравнения равновесия:

$$\sum X = 0, \quad \sum Y = 0, \quad \sum M_* = 0 \quad (1)$$

или, что то же,

$$\int_0^l \text{Пр}_x[t_{изг}(s)] \cdot t \cdot ds = 0,$$

$$\int_0^l \text{Пр}_y[t_{изг}(s)] \cdot t \cdot ds = Q_y, \quad (2)$$

$$\int_0^l t_{изг}(s) \cdot t \cdot r(s) \cdot ds - M_{кр} = 0; \quad (3)$$

l – длина контура.

Первое уравнение (2) выполняется автоматически в силу симметрии сечения (рис.2), из второго следует, что в стенке швеллера действует внутренняя сила, равная Q_y . Уравнение (3), записанное для любой точки системы (например, для центра изгиба или для точки А), даёт возможность определить положение центра изгиба:

$$2 \cdot \frac{h}{2} \cdot \int_0^b t_{изг}(s) \cdot t \cdot ds - a \cdot Q_y = 0 \quad \mathbf{a} \quad (4)$$

$$a = \frac{h}{Q_y} \cdot \frac{Q_y}{J_x \cdot t} \cdot \int_0^b S'_x(s) \cdot t \cdot ds = \frac{h}{J_x} \cdot \int_0^b S'_x(s) \cdot ds.$$

Примечание. Полученные результаты не изменятся, если вместо трёх уравнений (1) записать три уравнения равновесия моментов в трёх различных точках плоскости, образующих треугольник.

Зададимся вопросом: что изменится в сечении, если стержень в малой окрестности данного сечения “вдруг” стал слабokonичным, но положение оси стержня в пространстве не изменилось или изменилось несущественно? Нормальные напряжения в сечении практически не изменятся ([2] и пункты 1 и 3 данной статьи). Касательные напряжения свободного кручения (пункт-2) не появляются, так как не изменилась внешняя нагрузка и не изменилась геометрия сечения.

В общем случае, к напряжениям $t_{изг}$ добавятся приращения $\tilde{t}_{изг}$, которые в силу очень малого изменения нормальных напряжений также будут весьма малы.

Для суммарных напряжений $t_{изг} + \tilde{t}_{изг}$ должны выполняться те же уравнения равновесия (1).

Из силовых уравнений

$$\int_0^l \text{Пр}_x(t_{изг} + \tilde{t}_{изг}) \cdot t \cdot ds = 0,$$

$$\int_0^l \text{Пр}_y(t_{изг} + \tilde{t}_{изг}) \cdot t \cdot ds = Q_y$$

с учётом (2) получаем

$$\int_0^l \text{Пр}_x(\tilde{t}_{изг}) \cdot t \cdot ds = 0,$$

$$\int_0^l \text{Пр}_y(\tilde{t}_{изг}) \cdot t \cdot ds = 0; \quad (5)$$

то есть дополнительные касательные напряжения образуют самоуравновешенную систему сил в направлениях ГЦО сечения (главные центральные оси). При этом самоуравновешенные напряжения в стенке не дают дополнительного крутящего момента, а о напряжениях в полках мы пока этого сказать не можем: суммарная дополнительная сила от двух полок равна нулю, но в отдельной полке дополнительная сила может быть ненулевой.

Запишем третье (крутильное) уравнение (1); за моментную точку по-прежнему принимаем центр изгиба или точку А, хотя это не существенно:

$$2 \cdot \frac{h}{2} \cdot \int_0^b [t_{изг}(s) + \tilde{t}_{изг}(s)] \cdot t \cdot ds = Q_y \cdot a. \quad (6)$$

Примечание. При переходе к коничной конструкции нормальные напряжения в сферических сечениях могут давать проекции на ГЦО [1]. Чтобы избежать их учёта, в [1] рекомендуется записывать уравнение моментов относительно точки, соответствующей оси



конуса. Такая запись уравнений (4) и (6) усложняет их вид, но приводит нас к тем же выводам. Это тем более верно, что нормальные напряжения в сечении практически не изменились (п.3).

Из уравнений (4) и (6) следует, что

$$2 \cdot \frac{h}{2} \cdot \int_0^b \tilde{t}_{\text{изг}}(s) \cdot t \cdot ds = 0. \quad (7)$$

Следовательно, в каждой отдельной полке касательные напряжения самоуравновешены, суммарная дополнительная сила в полке равна нулю и не даёт дополнительного крутящего момента относительно любой точки на рис. 2. Тот факт, что сечение “распадается” на отдельные фрагменты с самоуравновешенными дополнительными касательными напряжениями, не дающими дополнительных крутящих моментов, весьма важен и даёт основание ожидать аналогичных эффектов при рассмотрении замкнутых сечений.

Из полученных результатов следует, что при данной модели слабой коничности системы координаты центра изгиба сечения не должны зависеть от внешней нагрузки, что не так в общем случае перехода к коничным оболочкам [1].

Могут ли возникать в сечении при переходе к слабоконичной системе дополнительные касательные напряжения чистого кручения (рис. 3)?

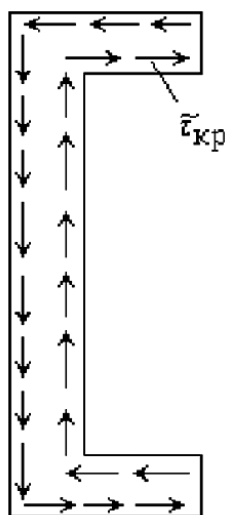


Рис. 3. Касательные напряжения чистого кручения

Форма и размеры *данного* сечения (рис. 2) не изменились, силовая схема внешних нагрузок в сечении также не меняется, остаются справедливыми уравнения равновесия (1). Если допустить, что в сечении появляется дополнительный внутренний крутящий момент $\tilde{M}_{кр}$, то по схеме, приведённой выше, получаем, что дополнительные касательные напряжения чистого кручения равны нулю:

$$\left(\int_0^l t_{\text{изг}}(s) \cdot t \cdot r \cdot ds - M_{кр} \right) + \tilde{M}_{кр} = 0 \quad \text{а}$$

$$\tilde{M}_{кр} = 0 \quad \text{а} \quad \tilde{t}_{кр} = 0.$$

Аналогичные результаты были получены нами тем же методом в отношении слабоконичных стержней, имеющих *несимметричное* замкнутое или незамкнутое сечение. Более подробное изложение данного вопроса читатель сможет найти в нашей монографии “Тонкостенные стержни переменного сечения”, которую планируется выпустить в свет в конце 2007-начале 2008 гг. Там же приводятся эпюры самоуравновешенных полей касательных напряжений.

Что касается сечения на рис. 2, не составляет труда доказать общее утверждение: если сечение коничного стержня имеет ось симметрии, то центр изгиба лежит на этой оси. Центр изгиба дважды симметричного коничного сечения всегда совпадает с его центром тяжести.

Литература

1. Кан С.Н. Строительная механика оболочек. – М.: Машиностроение, 1966. – 504 с.
2. Богданович А.У. Особенности деформирования тонкостенных стержней переменного сечения. // Сб. научных трудов “Материалы 56-й Республиканской научной конференции”. – Казань: КГАСА, 2004. – С. 274-286.
3. Прочность, устойчивость, колебания. – Т.1: Справочное пособие для научных работников. / Под ред. Биргера И.А. и Пановко Я.Г. – М.: Машиностроение, 1968. – С. 720.



УДК 624.131.22

А.Н. Драновский – кандидат технических наук, профессор

Г.Н. Тимуршина – аспирант

Р.А. Сайдашев – аспирант

Кафедра мостов и транспортных тоннелей

Казанский государственный архитектурно-строительный университет (КазГАСУ)

ПОВЕДЕНИЕ ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ ПРИ СЖАТИИ В УПРУГОЙ ОБОЙМЕ

АННОТАЦИЯ

Рассмотрена проблема экспериментального исследования механического поведения грунтов в зонах пластических деформаций. Описано новое устройство для испытаний грунтов и других нетвёрдых материалов, позволяющее проводить исследования при конечных деформациях. Установлены ранее неизвестные закономерности процесса уплотнения песков.

A.N. Dranovsky – candidate of technical sciences, professor

G.N. Timurshina – post-graduate student

R.A. Saidashev – post-graduate student

Department of Bridge and Transport Subways

Kazan State University of Architecture and Engineering (KSUAE)

SANDY GROUND BEHAVIOUR DURING COMPRESSION IN AN ELASTIC HOLDER

ABSTRACT

The problem of experimental investigation of soil's mechanical behaviour in the zones of plastic deformations is examined. A new device for soil and other unsteady materials testing is described; that allows to conducts investigations under the final deformations. The earlier unknown regularity of sand consolidation process is established.

Современные средства вычислительной математики и мощные ЭВМ позволяют прогнозировать напряженно-деформированное состояние (НДС) грунтовых оснований, земляных сооружений и массивов грунта на основе применения сложных математических моделей грунтов, имеющих значительное количество параметров. Однако усложнение моделей, приводя к большим трудностям при численных расчетах и экспериментальных исследованиях, еще не гарантирует совпадение результатов расчета с натурными исследованиями. Для обеспечения адекватности результатов расчета натуре необходимо, во-первых, учитывать реальные траектории нагружения, характерные для разных элементов грунтового основания или сооружения. Для этого следует использовать в расчетах либо параметры грунтов, соответствующие реальным траекториям, либо теории пластического течения, учитывающие влияние траектории на деформации и прочность грунтов. В случае применения деформационной теории пластичности следует исходить из экспериментов, моделирующих реальные траектории нагружения [1, 2].

Во-вторых, необходимо учитывать, что элементы грунтовых сооружений могут работать как в условиях

свободного деформирования, так и при ограниченных объемных деформациях, как бы в «обойме». Поведение грунтов при ограниченных объемных деформациях может коренным образом отличаться от поведения при свободном деформировании [3]. Поэтому необходимо производить испытания грунтов на приборах, моделирующих реальные процессы формирования НДС элементов грунтовых сооружений. Процесс формирования НДС определяется не только траекторией стабилизированных значений напряжений, но и соотношением реологических свойств образца и обоймы, находящихся в разных стадиях деформирования. Идеальная лабораторная обойма должна моделировать запаздывание и изменение во время реакции грунтовой обоймы по отношению к прилагаемым нагрузкам.

Схемы испытаний, моделирующие процессы формирования НДС, будем называть схемами ФНДС.

Можно выделить две основные схемы ФНДС: свободного и стесненного деформирования.

Предлагаемое понятие «схема ФНДС» основано на следующих положениях механики твердого тела, применяемых прежде всего для описания поведения упругих сред.



НДС в точке тела можно представить в виде четырех тензоров: двух шаровых – напряжений и деформаций и двух девиаторов – напряжений и деформаций. Основные зависимости, описывающие деформирование упругого тела, построены на положении о попарной взаимозависимости шаровых тензоров и девиаторов, причем отсутствуют взаимозависимости между девиаторами и шаровыми тензорами. Из этого следует, например, что изменение объема элемента может произойти только вследствие изменения шарового тензора напряжений, то есть изменения среднего давления. Однако изменение объема не может возникнуть из-за изменения девиатора напряжений или деформаций, то есть вследствие чистого сдвига.

Для грунтов и других зернистых материалов, обладающих дилатансионными свойствами, положения теории упругости применимы ограниченно. В дилатансионных средах воздействие девиатора напряжений или деформаций приводит к изменению шарового тензора деформаций, то есть к изменению объема тела. Степень влияния сдвиговых деформаций на объемную деформацию зависит от соотношения девиаторной и шаровой части напряжений.

При работе грунта по свободной схеме ФНДС изменение девиатора деформаций или напряжений не влияет на значения компонент шарового тензора напряжений. Иными словами, дилатансия не может влиять на уровень средних – гидростатических напряжений. Траектория нагружения может быть задана и реализована.

При работе по стесненной схеме ФНДС дилатансия влияет на значение среднего давления. Траектория нагружения образца непредсказуема, так как отклик системы «образец – обойма» на внешнее воздействие зависит не только от свойств грунта и обоймы, но и от уровня напряженного состояния.

Типичным примером реализации работы грунта по свободной схеме ФНДС являются консолидированно-дренированные испытания в обычном стабилометре, проводимые в соответствии с требованиями [4].

Испытания производят по траекториям, состоящим из двух этапов. Вначале создают гидростатическое обжатие до заданного значения S_{cp} , равного давлению в камере $S_2 = S_3$. На втором этапе производят нагружение по траектории «раздавливания», увеличивая вертикальное напряжение S_1 , либо по траектории девиаторного нагружения, увеличивая S_1 и уменьшая $S_2 = S_3$ так, чтобы S_{cp} оставалось постоянным. В обоих случаях траектория нагружения соответствует заданной, поскольку не зависит от

дилатансионных свойств грунта.

Деформации объема развиваются свободно и не влияют на величину среднего напряжения.

Очень важным типичным примером реализации работы грунта по схеме стесненного деформирования являются испытания в стабилометре водонасыщенных грунтов в условиях отсутствия дренажа, проводимые в соответствии с требованиями [4]. Вначале создают всестороннее давление на образец, равное давлению в камере, а затем производят нагружение по траектории «раздавливания», увеличивая напряжение S_1 . На втором этапе нагружения вследствие отсутствия дренажа «раздавливание» происходит при практически нулевых изменениях объема образца, то есть при чисто девиаторной деформации. Из-за скрыто протекающей дилатансии в грунтах возникают изменения порового давления и соответствующие изменения эффективных напряжений. Следовательно, девиаторная деформация влияет на шаровой тензор эффективных напряжений. Траектория эффективного нагружения непредсказуема.

Теория эффективных напряжений К. Терцаги [5] учитывает влияние порового давления на напряженное состояние скелета грунтов, однако не принимает во внимание, что при ограничении объемных деформаций скелета изменяется механизм деформирования и разрушения грунтов [3].

Для математического описания поведения грунтов в замкнутых зонах пластических деформаций, возникающих в грунтовых основаниях и сооружениях, необходимо производить экспериментальное моделирование по схеме стесненного деформирования. При незамкнутых границах зон пластических деформаций грунты следует испытывать по схеме свободного ФНДС.

Устройство для испытания грунтов по схеме стесненного ФНДС представляет собой стандартный стабилометр, в котором испытываемый образец заключен в обойму (рис. 1).

На данном этапе исследований используется упругая обойма, выполненная из отрезка резиновой трубы. Обойма имеет на внутренней поверхности антифрикционное покрытие и возможность свободного вертикального перемещения относительно верхнего и нижнего штампов. На внешнюю поверхность обоймы надевается тонкая резиновая оболочка, герметично закрепляемая на боковой поверхности штампов. Набор обойм разной жесткости обеспечивает возможность испытаний при различной степени ограничения боковых деформаций образца.

Испытания производятся в соответствии с требованиями [4] при нагружении, состоящем из двух этапов. Вначале создается заданное гидростатическое обжатие, а затем производится «раздавливание» путем увеличения значения S_1 . Боковые напряжения

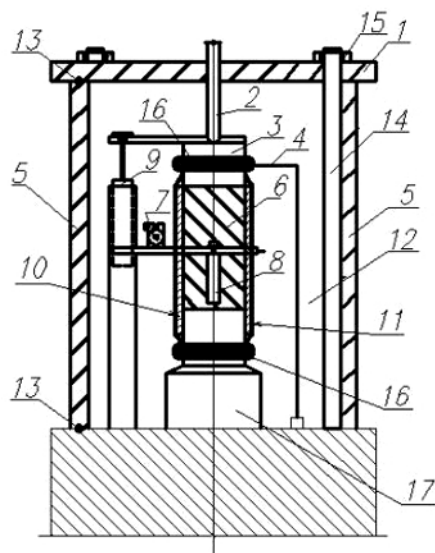


Рис. 1. Схема прибора трехосного сжатия (стабилометра) с резиновой обоймой:

1 - верхняя плита; 2 - шток передачи вертикального давления; 3 - нагрузочный штамп; 4 - верхний дренаж (отводная магистраль); 5 - прозрачный цилиндр; 6 - образец грунта; 7 - датчик горизонтальных перемещений; 8 - кулачки; 9 - датчик вертикальных перемещений; 10 - резиновая обойма; 11 - тонкая резиновая оболочка; 12 - рабочая камера; 13 - резиновое кольцо; 14 - стойка крепления; 15 - гайка; 16 - резиновое кольцо для обжатия тонкой резиновой оболочки; 17 - неподвижный штамп

$S_2 = S_3$, возникающие на контакте образца с обоймой, являются реактивными и не могут быть заранее заданы. Траектория нагружения образца зависит от свойств грунта, начального гидростатического давления и жесткости обоймы.

Произведено более 200 испытаний среднезернистого песка, который был до установки в прибор уплотнен до максимальной «стандартной» плотности $\rho = 1,956 \text{ г/см}^3$ при оптимальной влажности $W=11\%$ в соответствии с требованиями [6].

Предварительные консолидированно-дренированные испытания по схеме свободного ФНДС, проведенные в соответствии с требованиями [4], показали, что образцы разрушаются квазихрупко при значениях вертикальных деформаций не более 0,05-0,1. Пластические деформации были малы и локализованы в наклонных плоскостях скольжения.

При испытаниях в обойме по схеме стесненного ФНДС, образцы деформировались пластически, приобретая бочкообразную форму. «Раздавливание» производилось до значения вертикальной деформации, равной 0,3. Деформации более 0,3 не допускались конструкцией датчиков базового стабилометра.

Некоторые типичные диаграммы показаны на рис. 2.

При испытаниях песков максимальной «стандартной» плотности вне зависимости от

жесткости обоймы и начального значения S_{cp} наблюдалось уплотнение образцов, обусловленное положительной дилатансией – контракцией и возрастанием значения S_{cp} . При запредельном деформировании вследствие больших пластических деформаций сдвига плотность песков достигала значений 2,40 – 2,45 г/см³, соответствующих плотности бетона и железобетона. Очень высокая плотность песков достигалась при средних давлениях, пропорциональных жесткости обойм и давлению в камере.

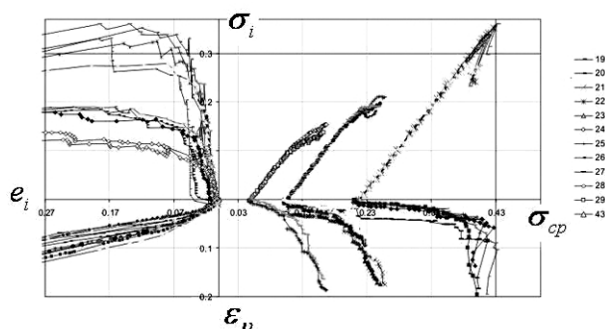


Рис. 2. Паспорт грунта, испытанного в резиновой обойме толщиной 4 мм; модуль упругости резины $E_p=1,21 \text{ МПа}$

e_i – интенсивность деформации сдвига; e_v – относительная объемная деформация; S_i – интенсивность касательных напряжений; S_{cp} – среднее эффективное напряжение

На рис. 3 показаны типичные диаграммы зависимости плотности песка от интенсивности сдвиговых деформаций. Диаграмма состоит из двух участков. Первый соответствует допредельному деформированию, второй – запредельному. Анализ подобных диаграмм и зависимостей деформаций от времени позволил установить, что запредельное деформирование развивается скачкообразно, дискретно-неустойчиво. Наблюдаются два сменяющих друг друга этапа деформирования: упруго-пластический, который развивается медленно – статический, и пластический – более быстрый – динамический. На втором этапе равновесие неустойчиво. На статическом этапе происходит упругое либо упруго-пластическое сжатие, а на динамическом – пластическое формоизменение, контракция и возникает новая более плотная структура грунта. Второй этап сопровождается скачкообразным увеличением боковых деформаций и значений S_2, S_3 ,

S_{cp} . На статическом этапе упругая потенциальная энергия медленно накапливается, а на динамическом – частично преобразуется в кинетическую, формирующую новую структуру грунта.

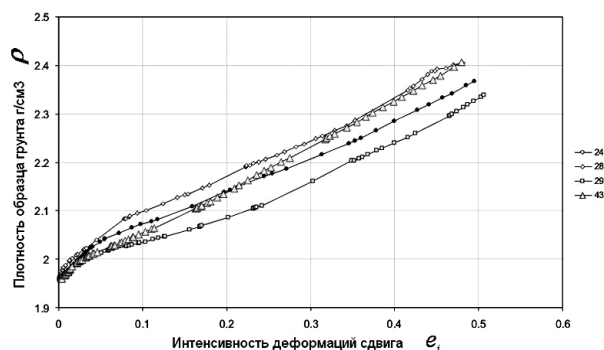


Рис. 3. Зависимость плотности образца от интенсивности деформаций сдвига при давлении в камере 0.05 МПа (№28, 29, 43); 0.1 МПа (№24)

Анализ зависимостей, показанных на рис. 2 и 3, показал, что грунт в резиновой обойме достигает предельного состояния при достижении им плотности $\rho = 2,05 - 2,1 \text{ г/см}^3$, вертикальной деформации $e_1 = 0,05 - 0,1$ и интенсивности деформации сдвига $e_i = 0,05 - 0,18$, при различном боковом давлении в камере.

На рис. 4 показаны зависимости $S_i - S_{cp}$, изображенные в более крупном масштабе, чем на рис. 2. Из них видно, что траектории запредельного деформирования линейны и их можно рассматривать как линии предельного состояния по критерию прочности Треска - Хилла [2]. Причем линии предельного состояния при разных траекториях нагружения принадлежат единой линии предельного равновесия. Следовательно, прочностные параметры грунта при запредельном деформировании, несмотря на возрастающую плотность, остаются неизменными.

Параметры прочности Кулона - Мора связаны с параметрами прочности Треска - Хилла зависимостями, приведенными в [2]

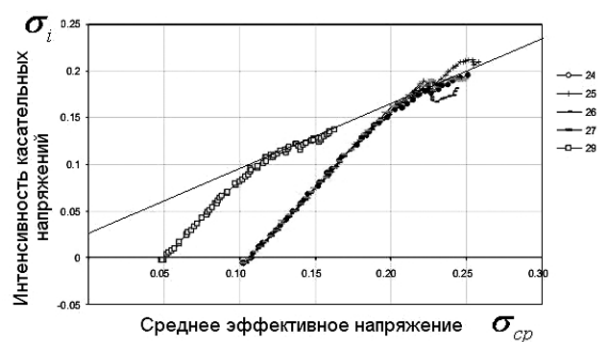


Рис. 4. Зависимость интенсивности касательных напряжений от среднего эффективного напряжения

$$\sin j_M = tg j_T ; j_M = \arcsin tg j_T ;$$

$$c_M = c_T \frac{1}{\sqrt{1 - tg^2 j_T}},$$

где индексом «М» обозначены параметры прочности Кулона - Мора, индексом «Т» – Треска - Хилла.

Как видно по зависимостям, показанным на рис. 4, очертание линии предельного состояния Треска - Хилла может быть построено по результатам испытания одного образца.

На рис. 2 показаны траектории нагружения при трех значениях давления в камере 0.05; 0.1 и 0.2 МПа. Из графиков видно, что при давлении в камере 0.2 МПа грунт в запредельном состоянии уплотняется и как бы разупрочняется. Однако снижения истинных значений S_1 , S_i и S_{cp} возникают только в средней части образца из-за его бочкообразной формы, а у торцов образца S_1 , S_i и S_{cp} продолжают

возрастать. При вычислении истинных значений S_1 , а следовательно S_i и S_{cp} , показанных на всех приведенных диаграммах, учитывалась реальная площадь сечения по середине высоты деформированного образца.

Ограниченный объем статьи не позволяет привести более полный анализ полученных результатов.

В заключение следует отметить, что резиновая обойма из трубы предохраняет от проколов тонкую резиновую оболочку, обеспечивающую герметичность и возможность проведения испытаний. Обойма позволяет проводить испытания материалов, состоящих из остроугольных частиц.

Выводы

1. Поведение и механизм разрушения песчаных грунтов зависят от схемы формирования напряженно-деформированного состояния.

2. Испытания по схеме стесненного деформирования моделируют поведение грунтов в замкнутых зонах пластических деформаций.

3. Испытания по схеме стесненного деформирования позволяют на основании одного опыта получить данные о деформативности и прочности грунта при широком диапазоне изменения его плотности.

4. Испытания грунтов в обойме позволили выявить и исследовать закономерности уплотнения грунтов в запредельной стадии деформирования. Процесс деформирования происходит скачкообразно, причем упруго-пластические и чисто пластические деформации развиваются последовательно, сменяя друг друга.



Литература

1. Зарецкий Ю.К. Вязко-пластичность грунтов и расчеты сооружений. – М.: Стройиздат, 1988. – 380 с.
2. Зарецкий Ю.К. Лекции по современной механике грунтов. – Изд-во Ростовского университета, 1989. – 607 с.
3. Драновский А.Н. О прочности и несущей способности песчаных грунтов при ограниченных объемных деформациях. // Известия КГАСА, 2003, №1. – С. 37-38.
4. ГОСТ 12248-96. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости. – Минстрой России, ГУП ЦПП, 1997.
5. Терцаги К. Теория механики грунтов. Пер. с нем. – М.: Госстройиздат, 1961. – 507 с.
6. ГОСТ 22733-2002. Грунты. Метод определения максимальной плотности.



УДК 658.5:624.014.:539.4

В.И. Лукашенко – кандидат технических наук, доцент

Кафедра строительной механики

Казанский государственный архитектурно-строительный университет (КазГАСУ)

ОБОБЩЕНИЕ ОПЫТА РАЗРАБОТКИ АРС ДЛЯ ПРОЧНОСТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

АННОТАЦИЯ

Проведен обзор результатов предыдущих исследований и разработок методов, алгоритмов расчета и программ. Предварительный анализ позволил дать обоснование выбора направлений дальнейших разработок.

V.V.I. Lukashenko – candidate of technical sciences, associate professor

Department of Building Mechanical Engineers

Kazan State University of Architecture and Engineering (KSUAE)

THE GENERALIZATION OF ACS DEVELOPMENT EXPERIENCE FOR TOUGHNESS STUDIES OF SPATIAL DESIGNS

ABSTRACT

The review of results of the previous studies, methods' developments, algorithms of calculation, and programs is presented. The preliminary analysis allows giving the explanation of the intended directions of the further developments.

Целью данной работы является обобщение результатов предварительных исследований для обоснования дальнейших работ, постановки новых задач и разработки алгоритмов их решения.

Проведено обобщение результатов работ, выполненных ранее. Разработаны предложения в направлении совершенствования методик, алгоритмов и программ расчета сооружений и отдельных элементов с целью дальнейшего включения их в АРС на ПЭВМ.

При решении прикладных задач прочностных исследований пространственных конструкций разработка и использование как ППП (Пакетов Прикладных Программ), так и АРС (Автоматизированных Рабочих Систем), созданных на базе ППП, были и остаются наиболее актуальными проблемами. Несмотря на наличие мощных универсальных программных комплексов и систем типа ANSYS, NASTRAN, NISA, ASKA, существует множество специализированных проблемно-ориентированных пакетов прикладных программ и специализированных программных комплексов и систем для решения задач в конкретных областях исследований. Это такие комплексы и программы, как: «ЛИРА», «ПУСК», «МИРАЖ», «РАСК-ПК», «ЛИРА-WINDOWS», «STARK», «COMET», «SKAD», «MICRO FE», «STAR», «NELF» и другие.

Программное обеспечение общего назначения, разработанное и разрабатываемое для широкого круга пользователей, являясь универсальным, зачастую

значительно уступает проблемно-ориентированным пакетам прикладных программ и специализированным программным комплексам как в эффективности, так и в удобстве применения.

На протяжении многих лет ведущие фирмы всего мира, занимающиеся проектированием новой техники, ведут или поддерживают работы по созданию специализированного программного обеспечения (ПО) для автоматизации исследований прочности. Стремление согласовать это ПО со все более широко внедряемыми системами автоматизированного проектирования и подготовки производства (CAD-CAM-системами) накладывает дополнительные требования на его организацию и структуру.

С 1967 года кафедра строительной механики КИСИ и ОНИЛН9 МАП СССР, созданная при ней, занимаются решением задач автоматизации расчетных исследований прочности, разрабатывая методы, алгоритмы и средства их реализации. Эти разработки успешно использовались для расчетов прочности модификаций вертолета МИ-8 от МИ-14 до МТВ-5, а также при создании новых вертолетов МИ-24, МИ-26, МИ-34 ОКБ М.Л. Миля и вертолета «АНСАТ» ОАО КВЗ. На всех стадиях проектирования они позволяют успешно решать вопросы выработки рекомендаций конструкторам, оценки конструкторских решений и определения характеристик прочности и жесткости конструкций при действии статических и динамических нагрузок.

При наличии большого выбора систем, решающих аналогичные задачи с практически одинаковой достоверностью, при выборе пользователем той или иной системы на первое место выходят критерии максимального удобства применения и привязки системы к технологии проектирования, принятой в конкретной проектной организации. Поэтому часто при выборе между системой с хорошим пользовательским интерфейсом и системой, структурно привязанной к процессу проектирования, уступающей по качеству интерфейса, предпочтение отдается второй. Другими, весьма важными при выборе той или иной системы, критериями являются открытость системы к изменениям и обеспечение преемственности предыдущих и последующих версий. Обладая вторым свойством системы, “сдаваемые под ключ”, запрещают вмешательство пользователя в систему, ограничивая возможности углубления исследований. Использование модульного принципа построения систем, усложняя технологию работы с системой, позволяет пользователю привязать ее к особенностям процесса исследований в каждом конкретном случае, делая систему открытой. Создание программных средств (драйверов) для обмена данными между различными системами позволяет на разных стадиях проектирования эффективно использовать их достоинства.

В работах, выполненных сотрудниками ОНИЛ, заложены принципы, изложенные в [1], [2], организации вычислительных комплексов, базирующихся на матричных формулировках задач и нашедших воплощение в разработках пакетов прикладных программ, вычислительных комплексов и автоматизированных расчетных систем [3], [4], [5], [6], ППП СУМРАК-ЕС и АРС СУМРАК-ПК, ФРАК, ЭРА-ПК2000.

Предлагаемые в АРС ЭРА-ПК2000 программные средства созданы в процессе разработок и совершенствования многочисленных версий математического обеспечения. В работе [6] используется версия стандартного матричного программного обеспечения СМПО-32, которая существенно расширяет возможности АРС ЭРА-ПК2000. В работе показаны её новые возможные приложения для решения задач анализа НДС в условиях различных нагрузений при использовании способов моделирования поведения объектов расчета, позволяющих получать достоверные результаты.

Достоверность результатов решения подтверждается многочисленными расчетными исследованиями и решениями тестовых задач, позволившими установить границы доверительного использования применяемых моделей поведения как отдельных конечных элементов, так и расчетных

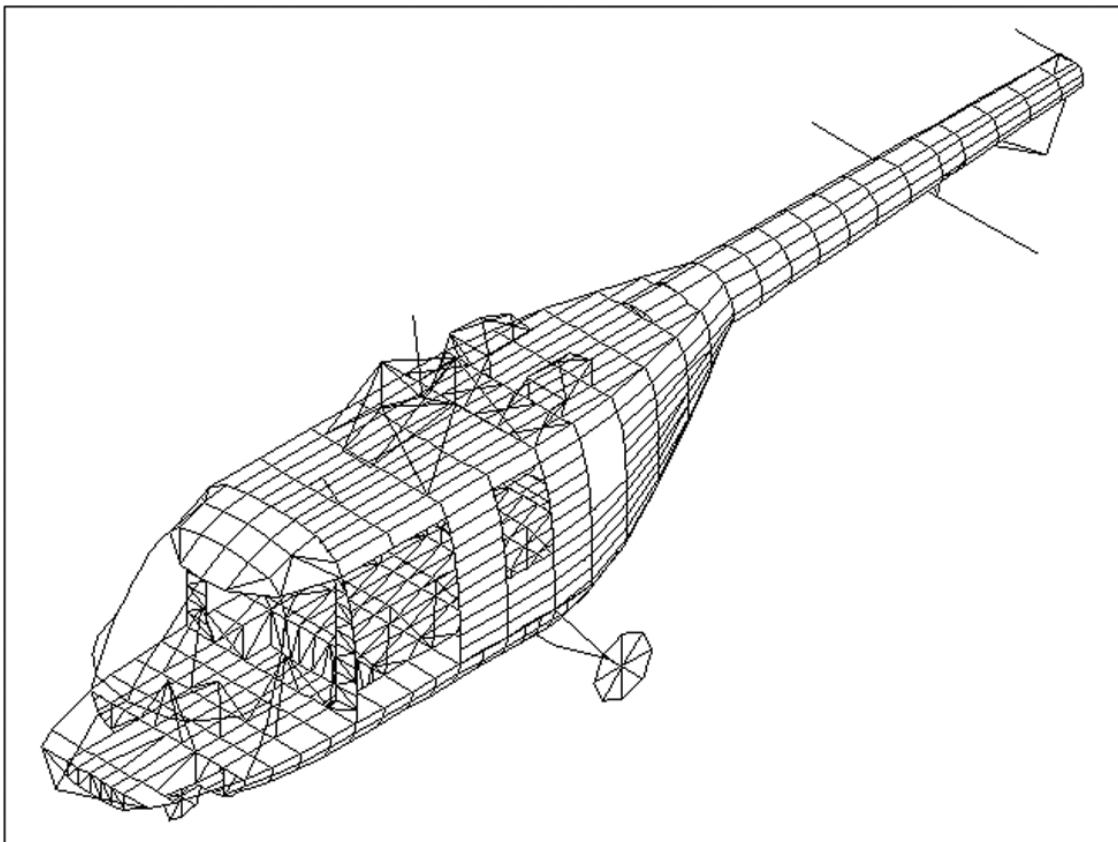


Рис.1. Вариант расчетной модели фюзеляжа вертолета “АНСАТ”-УТВ



Таблица 1

Номер формы в APC ЭРА- ПК2000	Частота, Гц	Номер формы в NASTRANe	Абсолютная погрешность в Гц	Относи- тельная погрешность в %
1	0	1	0	0
2	0	2	0	0
3	2.66E-06	3	0	0
4	5.10E-06	4	0	0
5	7.84E-06	5	0	0
6	1.19E-05	6	0	0
7	8.23	8	-1.58	19
8	9.05	9	-1.54	18
9	11.16	11	0.88	3
10	12.12	12	-0.22	2
11	13.18	15	-0.31	2
12	15.61	17	-1.1	7
13	15.69	18	0.32	2
14	16.15	19	0.8	5
15	16.75	20	0.75	4
16	17.74	21	0.44	4
17	19.24	23	0	0

моделей, реализованных пространственных комбинированных систем. В ряде сравнений решения тестовых задач с решениями других авторов и решениями аналогичных задач с применением MSC NASTRAN получены результаты, требующие проведения дополнительных исследований для объяснения некоторых расхождений. Такими являются отличия, приводящие в ряде случаев к погрешностям количественного характера в расчетах на действие статических нагрузок и появлению пилонных форм колебаний сосредоточенных масс в расчетах с применением MSC NASTRAN, не проявляющихся в расчетах с применением APC ЭРА ПК2000.

Для примера ниже приводится часть результатов расчета на собственные колебания вертолета "АНСАТ" – УТВ (рис. 1), взятых из работы [6].

В APC ЭРА-ПК2000 получены частоты собственных колебаний (Расчет с мембранной обшивкой в APC ЭРА-ПК2000) (табл. 1).

Этот же вариант был рассчитан в NASTRANe.

При расчете в NASTRANe получены дополнительные пилонные формы колебаний сосредоточенных масс (7, 10, 13, 14, 16, 22) (табл. 2).

Сравнение частот совпадающих собственных показано в таблице 1.

Наибольшее отличие на низких частотах проявляется в балочных формах вертикальных и горизонтальных колебаний, что указывает на завышенную изгибную жесткость фюзеляжа при

моделировании обшивки мембранными КЭ.

Шесть нулевых частот соответствуют колебаниям фюзеляжа как незакрепленного жесткого тела.

Пилонная форма (7) колебаний массы приборной доски в носовой части, полученная в NASTRANe (табл. 2), не проявляется в расчете APC ЭРА ПК2000. Это объясняется некорректным переводом в NASTRAN точек ориентации в описаниях балочных элементов крепления массы приборной доски к шпангоуту 2. В связи с этим остальные формы смещены в нумерации на 1 по сравнению с APC ЭРА ПК2000. Далее в интервале до 20 гц появляется ещё пять пилонных форм (табл. 2).

Для сравнения отличий спектра частот при различном моделировании обшивки в таблице 3 приводятся частоты собственных колебаний (Расчет с мембранно-сдвиговой обшивкой в APC ЭРА-ПК2000 с редуцированием сдвиговой к стрингерам и шпангоутам). Сравнивая результаты по формам 7,8 в таблицах 1 и 3 с аналогичными 8,9 в таблице 2, можно легко убедиться, что уточненная модель (табл. 3) дает улучшение сходимости результатов с расчетом в NASTRANe (табл. 2).

В итоге проведен обзор результатов предыдущих исследований и разработок методов, алгоритмов расчета и программ. Предварительный анализ позволил дать обоснование выбора направлений дальнейших разработок по следующим направлениям:

1. Возможности расширения круга решаемых задач



EIGENVALUE ANALYSIS SUMMARY (READ MODULE)

BLOCK SIZE USED 7
 NUMBER OF DECOMPOSITIONS 2
 NUMBER OF ROOTS FOUND 40
 NUMBER OF SOLVES REQUIRED 18

Таблица 2

NO.	ORDER	EIGENVALUE	RADIANS	CYCLES	MASS	STIFFNESS
1	1	-1.958E-09	4.425E-05	7.04E-06	1.0E+00	-1.958E-09
2	2	-1.837E-09	4.286E-05	6.82E-06	1.0E+00	-1.837E-09
3	3	-1.026E-09	3.203E-05	5.09E-06	1.0E+00	-1.026E-09
4	4	-4.495E-10	2.125E-05	3.37E-06	1.0E+00	-4.495E-10
5	5	3.972E-10	1.993E-05	3.17E-06	1.0E+00	3.972E-10
6	6	1.134E-09	3.368E-05	5.36E-06	1.0E+00	1.134E-09
7	7	1.397E+03	3.738E+01	5.95E+00	1.0E+00	1.397E+03
8	8	1.731E+03	4.161E+01	6.62E+00	1.0E+00	1.731E+03
9	9	2.226E+03	4.718E+01	7.51E+00	1.0E+00	2.226E+03
10	10	3.171E+03	5.638E+01	8.96E+00	1.0E+00	3.171E+03
11	11	5.260E+03	7.253E+01	1.15E+01	1.0E+00	5.260E+03
12	12	5.672E+03	7.531E+01	1.19E+01	1.0E+00	5.672E+03
13	13	5.887E+03	7.670E+01	1.22E+01	1.0E+00	5.882E+03
14	14	6.244E+03	7.902E+01	1.25E+01	1.0E+00	6.244E+03
15	15	6.542E+03	8.090E+01	1.28E+01	1.0E+00	6.546E+03
16	16	7.823E+03	8.845E+01	1.40E+01	1.0E+00	7.823E+03
17	17	8.543E+03	9.243E+01	1.47E+01	1.0E+00	8.543E+03
18	18	1.071E+04	1.035E+02	1.64E+01	1.0E+00	1.071E+04
19	19	1.134E+04	1.065E+02	1.69E+01	1.0E+00	1.134E+04
20	20	1.210E+04	1.100E+02	1.75E+01	1.0E+00	1.210E+04
21	21	1.305E+04	1.142E+02	1.81E+01	1.0E+00	1.305E+04
22	22	1.421E+04	1.192E+02	1.89E+01	1.0E+00	1.421E+04
23	23	1.462E+04	1.209E+02	1.92E+01	1.0E+00	1.462E+04

Частоты собственных колебаний (Расчет с мембранно-сдвиговой обшивкой в APC ЭРА-ПК2000 с редуцированием сдвиговой к стрингерам и шпангоутам).

Таблица 3

Номер формы в APC ЭРА- ПК2000	Частота в Гц	Номер формы в NASTRANe	Абсолютная погрешность в Гц	Относи- тельная погрешность в %
1	0	1	0	0
2	0	2	0	0
3	3.60E-06	3	0	0
4	4.77E-06	4	0	0
5	7.72E-06	5	0	0
6	2.12E-05	6	0	0
7	6.61	8	0.01	0.15
8	8.18	9	0.87	10.6
9	11.46	11	0.08	0.7
10	12.5	12	-0.52	4
11(12)	14.42	17	0.05	0.33
12(14)	16.89	19	0.06	0.35
13(16)	17.95	21	0.23	1.2
14(17)	21.51	23	-2.27	10.5

* Собственные формы (11), (13), (15), полученные при моделировании обшивки мембранными КЭ (табл. 1), в рассматриваемом интервале частот до 20 Гц не проявились в расчете с редуцированием сдвиговой обшивки к стрингерам и шпангоутам.



и использования разработок АРС в исследованиях различных моделей поведения пространственных конструкций.

2. Решение вопросов разработки пользовательского интерфейса при разработках АРС и привязки их к технологии и условиям реального проектирования.

3. Вопросы параллельного использования различных АРС при расчетных исследованиях прочности конструкций на ПЭВМ.

Литература

1. Аргирис Дж., Келси С. Расчет фюзеляжей произвольного поперечного сечения и произвольного закона изменения, сечений вдоль оси. //Современные методы расчета сложных статически неопределимых систем / Пер. с англ. под ред. Филина А.П. – Л.: Судпромгиз, 1961. – С. 421-653.
2. Бурман З.И., Лукашенко В.И., Тимофеев М.Т. Расчет тонкостенных подкрепленных оболочек методом конечных элементов с применением ЭЦВМ. – Казань: Изд-во КГУ, 1973. – 569 с.
3. Артюхин Г.А. Методы и алгоритмы генерации данных для подсистемы автоматизированного проектирования подкрепленных оболочек. – Дисс... канд. техн. наук. – Киев, 1985. – 158 с.
4. Бурман З.И., Аксенов О.М., Лукашенко В.И., Тимофеев М.Т. Суперэлементный расчет подкрепленных оболочек. – М.: Машиностроение, 1982. – 256 с.
5. Бурман З.И., Артюхин Г.А., Зархин Б.Я. Программное обеспечение матричных алгоритмов и метода конечных элементов в инженерных расчетах. – М.: Машиностроение, 1988. – 256 с.
6. Лукашенко В.И., Абдюшев А.А., Доронин М.М., Нуриева Д.М., Сладков А.В. Экспертиза, расчет, анализ пространственных конструкций: Монография. – Казань: КГАСУ, 2006. – 321 с.



УДК 621-192.3+69.059.4

А.З. Манапов – кандидат технических наук, доцент

Кафедра металлических конструкций и испытаний сооружений

Казанский государственный архитектурно-строительный университет (КазГАСУ)

СТАТИСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАЗРУШЕНИЯ СТАЛЬНОГО КОНСТРУКТИВНОГО ЭЛЕМЕНТА С УПРУГО-ПЛАСТИЧЕСКОЙ РАБОТОЙ МАТЕРИАЛА

АННОТАЦИЯ

Определены основные приемы расчета вероятности разрушения элементов строительных конструкций с упруго-пластической работой материала использованием методов статистического моделирования при известных функциях распределения напряжения и прочности.

A.Z. Manapov – candidate of technical sciences, associate professor

Department of Metallic Design and Building Testing

Kazan State University of Architecture and Engineering (KSUAE)

STATISTICAL MODEL OF DESTRUCTION OF A STEEL CONSTRUCTIVE ELEMENT WITH AN ELASTIC-PLASTIC WORK OF A MATERIAL

ABSTRACT

The basic algorithms of probability calculation of destruction of building elements with elastic-plastic work of a material by using the methods of statistical modeling under conditional functions of pressure and durability distribution.

Предельные состояния элементов стальных конструкций зданий и сооружений определяются с учетом ограничений пластических деформаций [1]. Возможность допущения пластических деформаций при детерминированном расчете позволяет корректировать несущую способность элемента конструкции в сторону увеличения. В настоящей статье предлагается методика расчета надежности элементов конструкции с применением элементов статистического моделирования при допущении пластической работы стали.

Для статистического расчета с учетом характера деформирования стали предварительно расчленим конструктивный элемент на первичные конечные элементы и составим схему их соединения.

Статистические данные о работе стали под нагрузкой формируются по результатам испытаний стандартных образцов на растяжение, использованием этих данных определяются расчетные сопротивления сталей по пределу текучести и временному сопротивлению. То есть образец для механических испытаний сталей является первичным элементом, участвующим в формировании влиятельной статистической выборки, используемой в дальнейшем при статистической обработке. Натурные строительные конструктивные элементы обычно имеют размеры больше, чем стандартные образцы для испытаний, поэтому последние могут быть

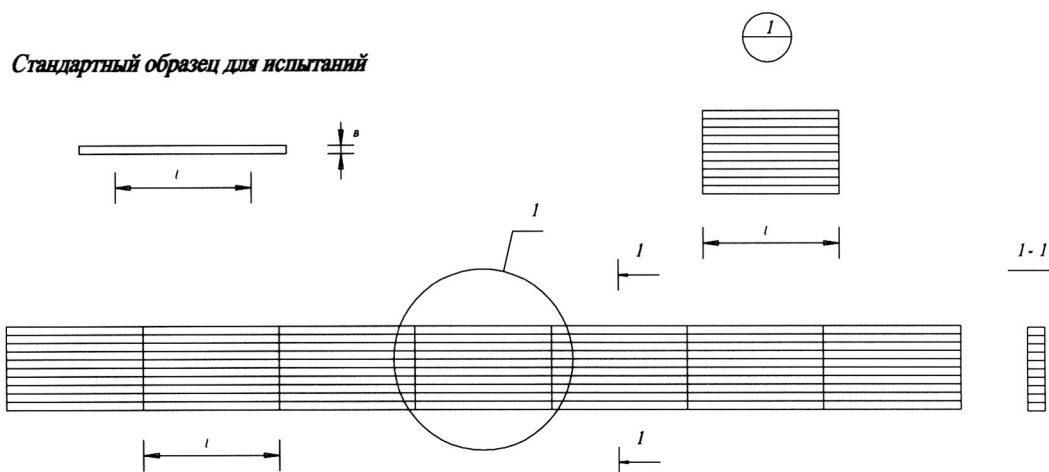
представлены как композиции из первичных элементов, а статистические характеристики прочности натурального конструктивного элемента могут быть представлены как композиции статистических характеристик первичных элементов, в данном случае стандартных образцов на растяжение.

Рассмотрим стержень постоянного сечения, работающий на осевое растяжение.

Принцип разбиения конструктивного элемента, работающего на растяжение, представлен на рис. 1. В таком конструктивном элементе содержится i продольных участков разбиения, каждый из которых разбит в свою очередь на j элементов, или всего

$n = i * j$ первичных элементов. Для конкретного примера разбиения, представленного на рис. 1, число участков разбиения равно 84. Если пластические деформации считаются не приемлемыми, за предельное принимается состояние, при котором в одном из первичных элементов напряжение становится равным пределу текучести. При таком ограничении материал конструкции работает упруго до разрушения, что характерно, например, для хрупких разрушений.

Надежность конструктивного элемента, подверженного хрупкому разрушению, будет определяться как произведение значений надежности



Продольных разбиений 7, каждое продольное разбиение имеет 10 поперечных разбиений. Всего конечных элементов 70

Рис. 1. Учёт масштабного фактора при осевом растяжении элемента

всех первичных элементов, на которые выполнено его разбиение:

$$H_n = \prod_{i=1}^n H_{ij} \quad (1)$$

где H_{ij} – надежность ij -первичного элемента.

$$H_{ij} = \int_{-\infty}^{\infty} j(s) \left(\int_{-\infty}^{\infty} j(R) dR \right) ds \quad (2)$$

В формуле (2) $j(s)$ и $j(R)$ – соответственно плотности распределения напряжения и предела текучести материала элемента конструкции.

В дальнейшем для решения численных примеров примем распределение предела текучести стали $j(R)$ и распределение напряжения $j(s)$ по нормальному распределению с параметрами $m_R = 298,0$ (МПа) $\Delta_R = 19,2$ (МПа) [1] для предела

текучести и $m_s = 180,0$ (МПа) $\Delta_s = 9,4$ (МПа) для напряжения.

Для наглядности методом статистического моделирования выполним анализ распределений предела текучести и напряжения для образца, представленного на рис.1. Для этого, используя генератор случайных чисел и распределение $j_y(R)$ и

$j_y(s)$, получим выборку из 84 случайных чисел для предела текучести и напряжения.

В таблице 2 приведены результаты расчета надежности одного первичного высоконадежного элемента конструкции и конструктивного элемента в целом с числом участков разбиения 84 (рис. 1). В последнем случае надежность элемента рассчитана аналитически по формуле (1) и методом статистического моделирования. Для наглядности результаты представлены как расчетное значение вероятности отказа $(1-H)$.

Таблица 1

Номер выборки	Минимальное значение удельной прочности при объеме выборки 84 и нормальном распределении с параметрами $m = 298,0$ (МПа) $\Delta = 19,2$ (МПа)	Максимальное значение напряжения при объеме выборки 84 и нормальном распределении с параметрами $m = 220,0$ (МПа) $\Delta = 9,4$ (МПа)	Минимальная разность между удельной прочностью и напряжением при объеме выборки 84
1	248,51	241,04	22,02
2	241,46	240,11	16,93
3	250,75	241,94	41,88



Таблица 2

Распределение прочности и напряжения, характер работы материала, схема разбиения на первичные элементы	Расчетное значение вероятности отказа $(1-H)$
Один первичный элемент разбиения. Нормальное асимптотическое распределение удельной прочности R Математическое ожидание $m_R = 298,0$ (МПа) Стандарт распределения $\Delta_R = 19,2$ (МПа) Нормальное асимптотическое распределение напряжения s $m_s = 220,0$ (МПа) $\Delta_s = 9,4$ (МПа) Упругое разрушение, расчет по формуле (2)	131 на 10^6 элементов
Один первичный элемент разбиения. Нормальное асимптотическое распределение удельной прочности R Математическое ожидание $m_R = 298,0$ (МПа), стандарт распределения $\Delta_R = 19,2$ (МПа) Нормальное асимптотическое распределение напряжения s $m_s = 220,0$ (МПа) $\Delta_s = 9,4$ (МПа). Упругое разрушение, расчет методом статистического моделирования при объеме выборки $2 \cdot 10^6$	139 на 10^6 элементов
Конструктивный элемент разбит 7 продольных участков по 12 первичных элементов в каждом. Упругое разрушение, расчет по формуле (2)	$1 - (1 - 131 \cdot 10^{-6})^{84} = 10944$ на 10^6 конструктивных элементов. Возрастание в 84 раз
Конструктивный элемент разбит 7 продольных участков по 12 первичных элементов в каждом. Упругое разрушение, расчет методом статистического моделирования при объеме выборки $2 \cdot 10^6$	11052 на 10^6 конструктивных элементов

Если сталь до разрушения может работать как упруго-пластический материал, разрушение будет происходить другим образом. В слабейшем первичном элементе напряжение достигнет предела текучести S_t и далее не будет возрастать вследствие пластической работы стали за пределом текучести. Рост напряжения продолжится на других участках с упругой работой материала. При появлении текучести на одном из участков рост напряжений приостановится.

Таким образом, пластическая работа стали за пределом текучести приведет к выравниванию напряжения в конечных элементах, расположенных в одном поперечном сечении. Несущая способность поперечного сечения в этом случае будет определяться как сумма несущих способностей параллельных первичных элементов, а удельная прочность этого сечения как среднее арифметическое значение удельных прочностей. В таком случае для расчета надежности растянутого элемента в предположении упруго-пластической работы материала необходимо рассматривать статистическое распределение среднего арифметического значения удельных прочностей

первичных элементов, составляющих это сечение.

В соответствии с теоремой Линдберга-Леви

случайная величина $R^m = \frac{1}{n}(R_1 + R_2 + \dots + R_n)$ имеет

асимптотически нормальное распределение

вероятностей с центром m_R дисперсией $\frac{\Delta^2}{n}$ при

условии, что существует общая дисперсия Δ^2 и общий

центр m_R величин $R_1, R_2, \dots, R_n$ (теорема Линдберга-Леви) [1]. Статистическая выборка пределов текучести для образцов, безусловно, удовлетворяет условиям теоремы Линдберга-Леви, так как основой является одна генеральная совокупность. Теорема Линдберга-Леви является предельной, то есть предполагает полную достоверность при $n = \infty$.

Фактически число разбиений конструктивного элемента ограничено с одной стороны размерами конструктивного элемента, с другой стороны – ограниченностью зоны пластической работы



Таблица 3

Статистические параметры распределения предела текучести	Случайные выборки, среднее арифметическое значение и среднее квадратическое значение удельной прочности при числе разбиений поперечного сечения на $j = 3, 6, 9$ конечных элементов		
	1 выборка $j = 3$	2 выборка $j = 6$	3 выборка $j = 9$
Нормальное асимптотическое распределение удельной прочности R Математическое ожидание $m = 298,0$ (МПа) Стандарт распределения $\Delta = 19,2$ (МПа)	292.2355 273.4685 302.6897 Среднее арифметическое 289.4646	292.2355 273.4685 302.6897 335.0491 292.9629 272.5785 Среднее арифметическое 294.8307	292.2355 273.4685 302.6897 335.0491 292.9629 272.5785 314.4952 315.8064 280.9018 Среднее арифметическое 296.0099

материала. Учитывая, что при пластическом разрыве стальной значительное влияние на пластические деформации оказывают касательные напряжения, выравнивание нормальных напряжений при пластическом деформировании следует ожидать на секторе, охватывающем не более 45° от оси действия растягивающих усилий.

Влияние размера выборки, то есть числа разбиений j одного поперечного сечения стержня, на точность назначения удельной прочности сечения в целом удобно оценить методом статистического моделирования. Результаты такого анализа представлены в таблице 3, статистические параметры распределения предела текучести при этом приняты по [2].

Результаты, содержащиеся в таблице 3, показывают, что при числе разбиений одного поперечного сечения на три конечных элемента смещение центра распределения по сравнению с предельным случаем составило 2,86%, при разбиении поперечного сечения на 6 элементов – 1,06% и при разбиении на 9 элементов – 0,65%.

Пусть число первичных элементов, участвующих в выравнивании напряжений при упруго-пластической работе, будет равно n_p , тогда надежность конструктивного элемента при упруго-пластическом разрушении будет определяться как произведение значений надежности k объединенных групп из n_p первичных элементов каждая:

$$H_k = \prod_{i=1}^k H_{n_p}$$

При этом надежность объединенной группы из n_p первичных элементов определяется с учетом распределения удельной прочности с математическим

ожиданием m_R и дисперсией $\frac{\Delta^2}{n}$.

В таблице 4 приведены результаты расчета надежности конструктивного элемента с учетом выравнивания пределов текучести в одном поперечном сечении при допущении пластической работы стали. Результаты представлены как расчетное значение вероятности отказа $(1 - H)$.

Рассмотрим стержень постоянного сечения, работающий на осевое сжатие. В таком стержне наиболее нагруженными являются поперечные сечения, имеющие наибольшие стрелки выгиба от продольного изгиба, обычно это сечения, близко расположенные к середине длины стержня. Поперечные сечения нагружены также неравномерно, наиболее нагруженными являются конечные элементы, расположенные на крайних фибрах.

Разбиение конструктивного элемента, работающего на сжатие, на i продольных участков, каждый из которых содержит j элементов, представлено на рис 2. Если потеря устойчивости происходит на упругой стадии работы материала, надежность конструктивного

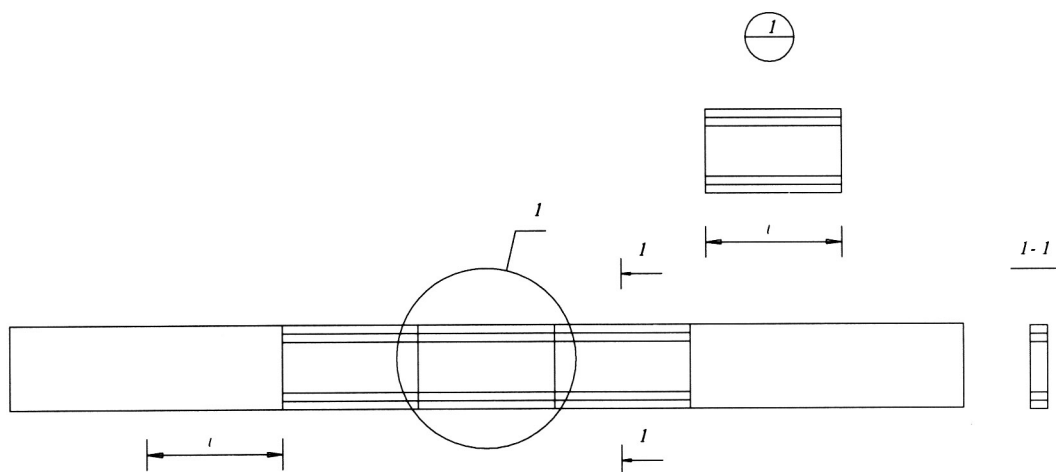


Таблица 4

Распределение прочности и напряжения, характер работы материала, схема разбиения на первичные элементы	Расчетное значение вероятности отказа ($1-H$)
Конструктивный элемент разбит 7 продольных участков по 12 первичных элементов в каждом. Упруго-пластическая работа стали, усреднение напряжений по 3 первичным элементам в одном сечении, стандарт распределения $\Delta_R = \frac{19,2}{3} = 6,4 (\text{МПа})$	11 случаев на 10^{10} Уменьшение вероятности отказа по сравнению с конструктивным элементом без разбиения в 10^5 раз

Таблица 5

Распределение прочности и напряжения, характер работы материала, схема разбиения на первичные элементы	Расчетное значение вероятности отказа ($1-H$)
Конструктивный элемент разбит 7 продольных участков по 12 первичных элементов в каждом. Упруго-пластическая работа стали, усреднение напряжений по 3 первичным элементам в одном сечении, стандарт распределения $\Delta_R = \frac{19,2}{3} = 6,4 (\text{МПа})$	Уменьшение вероятности отказа по сравнению с конструктивным элементом без разбиения в 10^8 раз



Продольных разбиений 3, каждое продольное разбиение имеет 2 поперечных разбиений. Всего конечных элементов 6

Рис. 2. Учет масштабного фактора при сжатии элемента



элемента определяется в предположении, что выравнивание напряжений в расчетном сечении происходить не будет, но учитывается эпюра нормальных напряжений вдоль продольной оси элемента от продольного изгиба

$$H_n = \prod_1^n H_{ij}$$

Если потеря устойчивости ожидается при упруго-пластической работе материала, надежность конструктивного элемента определяется с учетом выравнивания напряжений в расчетном сечении, аналогично стержню, работающему на растяжение.

В таблице 5 приведены результаты расчета надежности конструктивного элемента работающего на осевое сжатие при упругой работе стали и с учетом выравнивания пределов текучести в одном поперечном сечении при допущении пластической работы стали.

Выводы

1. Предложена методика расчета надежности элемента стальной конструкции при упруго-пластической работе материала.

2. Расчеты надежности и анализ статистических выборок выполнены по аналитическим формулам и методом статистического моделирования.

3. Численные результаты расчетов надежности элемента стальной конструкции при упругой и упруго-пластической работе материала показали, что при допущении возможности пластических деформаций значение надежности значительно возрастает.

Литература

1. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. – М., 1970. – 542 с.
2. Яковлева В.С. Малоуглеродистая полуспокойная сталь для металлических конструкций. / Сб. трудов ЦНИИСК “Полуспокойные стали для строительных конструкций”, вып.29. – М.: Стройиздат, 1976. – С.42-70.



УДК 69.024

Э.Е. Пекерман – ассистент

Е.М. Удлер – кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой

Кафедра САПР

Казанский государственный архитектурно-строительный университет (КазГАСУ)

ЧИСЛЕННЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФОРМЫ ТКАНЕВЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБОЛОЧЕК

АННОТАЦИЯ

Сплошная гибкая оболочка отрицательной гауссовой кривизны моделируется дискретной системой гибких нитей в виде сети. Дифференциальные уравнения осей нитей сети записываются в конечных разностях. Из условия равновесия в узлах пересечения нитей двух направлений составляется система линейных уравнений, связывающих ординаты смежных узлов. Система легко решается на ЭВМ при известной геометрии контура и позволяет определить форму оболочки как совокупность численных значений ординат узлов сети.

A.E. Pekerman – assistant professor

E.M. Udler – candidate of technical sciences, professor, head of department

Department of CAD System

Kazan State University of Architecture and Engineering (KSUA)

NUMERICAL METHOD OF DETERMINATION OF SURFACE SHAPE OF SOFT CONSTRUCTION SHELL

ABSTRACT

The continuous soft shell of the negative Gaussian curve is simulated by discrete system of flexible lines as a net. The differential equations of axes of net lines are written down in final differences. Given a condition of a balance in crossing knots of net lines in two directions the authors propose the system of the linear equations connecting the ordinates of adjacent knots. This system easily can be calculated on PC under known geometry of the surface. The model determines the shape of a shell as a combination of numerical values of ordinates of crossing net knots.

Под тканевыми оболочками авторы подразумевают пологие безызгибные (мягкие) ортотропные оболочки отрицательной гауссовой кривизны. Ввиду малого собственного веса материалов таких оболочек, они могут быть смоделированы в виде сетчатых оболочек из двух систем пологих невесомых нитей.

На рисунке приведен пример такой модели и схемы нитей обоих направлений, образующих указанную поверхность. Считая эти нити невесомыми и нерастяжимыми, запишем известные (например, по

работе [1] стр.64) дифференциальные уравнения их осей (1):

$$H_x \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} = -p_x \quad H_y \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} = p_y \quad (1)$$

Из условия равновесия нитей в узлах

$p_y - p_x = 0$, получим уравнение (2).

$$H_x \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} + H_y \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} = 0 \quad (2)$$

H_x и H_y суть усилия натяжения нитей. В случае равнонапряженного состояния нитей уравнение (2) преобразуется в вид (3):

$$\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} = 0 \quad (3)$$

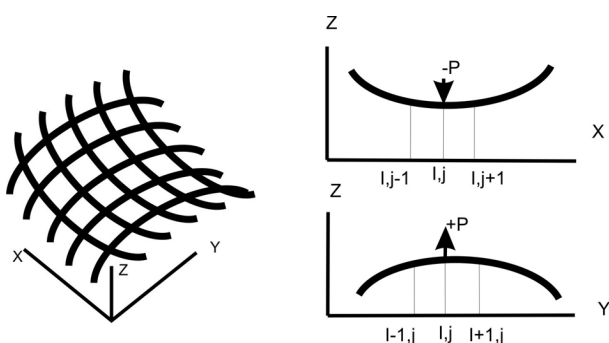


Рис.



Заменим дифференциалы второго порядка конечными разностями (см. работу [2] стр.205), как это приведено в соотношениях (4), (5):

$$\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} = \frac{z_{i,j-1} - 2z_{i,j} + z_{i,j+1}}{\Delta x^2} \quad (4)$$

$$\frac{\partial^2 z}{\partial y^2} = \frac{z_{i-1,j} - 2z_{i,j} + z_{i+1,j}}{\Delta y^2} \quad (5)$$

При равенстве ячеек сети, т.е. справедливости соотношения $\Delta x = \Delta y$, после подстановки (4) и (5) в (3) и преобразований получим искомое соотношение (6):

$$z_{i,j} = \frac{z_{i-1,j} + z_{i+1,j} + z_{i,j-1} + z_{i,j+1}}{4} \quad (6)$$

Оно связывает значения ординат смежных узлов сети.

При несоблюдении условий равенства усилий натяжения и расстояний между нитями соотношение (6) принимает вид, представленный формулой (7):

$$z_{i,j} = \frac{knz_{i,j-1} + knz_{i,j+1} + z_{i-1,j} + z_{i+1,j}}{2(kn+1)} \quad (7)$$

Где:

$$k = \frac{H_x}{H_y} - \text{отношение усилий натяжения}$$

оболочки;

$$n = \frac{\Delta y}{\Delta x} - \text{соотношение расстояний между}$$

нитями сети; этот параметр может использоваться для моделирования соотношений жесткостей на растяжение оболочки в двух направлениях.

Формулы (6) и (7) позволяют составить системы уравнений, описывающих форму сетчатой оболочки через значения ординат ее узлов. Зная численные значения этих величин на контуре, можно вычислить ординаты всех промежуточных узлов сети, то есть численным методом определить форму оболочки.

Литература

1. Дмитриев Л.Г., Касилов А.В. Вантовые покрытия. – Киев: Изд-во «Будивельник», 1974. – 270 с.
2. Вержбицкий В.М. Численные методы. Математический анализ и обыкновенные дифференциальные уравнения. 2-е издание, исправленное. Учебное пособие. – М.: ОНИКС 21 век, 2005. – 398 с.



УДК 624.04

С.В. Прохоров – кандидат технических наук, доцент

Кафедра железобетонных и каменных конструкций

Казанский государственный архитектурно-строительный университет (КазГАСУ)**ДВУСКАТНАЯ БАЛКА****АННОТАЦИЯ**

Несмотря на распространенность указанного типа конструкций (преимущественно в сфере промышленного строительства), практические пособия по их расчету в настоящее время отсутствуют. Автору данной статьи удалось построить удобный алгоритм для их расчета на прочность и деформацию. В частности, получено удобное выражение для определения растягивающего усилия в нижнем поясе. Предлагается также формула для максимизации величины последнего. Получены соответствующие эпюры с локализацией «нулевых» точек. Сформулирована также методика построения фиктивных балок, располагаемых на контуре фактической двускатной балки, дающая наглядное изображение областей запаса прочности, т.е. решена проблема совмещения размерности величин разной физической природы. Дано строгое математическое обоснование поставленной инженерной задачи.

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

Department of Reinforced Concrete and Stone

Kazan State University of Architecture and Engineering (KSUA)**THE DOUBLESLOPE BEAM****ABSTRACT**

Despite the prevalence of the specified type of designs (mainly in industrial building) practical manuals on their calculation are currently absent. The author has constructed the convenient algorithm on the calculation of durability and deformation. In particular, the convenient expression for the definition of stretching effort in the bottom belt is received. The formula for maximization of size of the last is offered also. Corresponding schedules with localization of “zero” points are received. The technique of construction of the fictitious beams located on the surface of an actual of the Doubleslope Beam, gives the evident image of safety factor areas, i.e. the problem of adjusting of dimension of sizes of the different physical nature is solved. The strict mathematical substantiation of the given engineering task is considered.

Битрапедиевидные (двускатные) балки весьма часто применяются в современном строительстве в качестве несущих покрытий в промышленных и гражданских зданиях. Чаще всего они изготавливаются из железобетона, но возможно применение других материалов (металл, древесина и др.). Уклон скатов зависит от принятых кровельных материалов (он колеблется от 1% до 5%). Автору известен только один литературный источник [1], и то, привязанный к частному случаю. Но, на его взгляд, рассмотрение общей задачи представляет известный интерес как в теоретической, так и в практической постановке.

Рассмотрим двускатную балку, свободно опертую и несущую нагрузку постоянной интенсивности по всему пролету.

Материал балки и профиль поперечного сечения – произвольные, начало координат в пролете. Закон изменения высоты двускатной балки

$$h(g) = h(1 - ag), \quad (1)$$

где h – высота балки в коньке,

$$g = y/l, a = \frac{il}{h}, i - \text{уклон скатов, } y - \text{осевая}$$

(продольная) координата. Растягивающее усилие в нижнем поясе

$$N(g) = \frac{ql^2}{8bh} \frac{1 - 4g^2}{1 - ag}, \quad (2)$$

где q – интенсивность нагрузки, $b = \text{const}$ – коэффициент, зависящий от материала балки и ее конструктивного оформления. Уравнение для локализации экстремума

$$4ag^2 - 8g_d + a = 0 \quad (3)$$



Безразмерная абсцисса, соответствующая парным симметричным точкам экстремума

$$g_d = \frac{1}{a} \sqrt{1 - (1 - 0,5a)^2} \quad (4)$$

Вторая производная функции

$$y''(g) = \frac{1 - 4g^2}{1 - ag}, \quad (5)$$

после двойного дифференцирования, при $g = g_d$

$$y''(g) = -(4 - a^2)(1 - ag_d). \quad (6)$$

Оба сомножителя в правой части (6) существенно положительны; следовательно, (4) дает максимум $N(g)$.

Закон изменения высот фиктивной балки с параболическим очертанием верхнего пояса

$$h_f(g) = 0,25l^2(1 - 4g^2)s, \quad (7)$$

где $s = \text{const}$ – параметр, подлежащий определению. Абсциссы точек соприкосновения реальной (двускатной) и фиктивной балок:

$$h_d = h_{fd}, h_d = h(1 - ag_d), \quad (8)$$

$$h_{fd} = 0,25sl^2(1 - 4g_d^2).$$

Исключение параметра s из уравнения (7) дает

$$h_f(g) = h(1 - 4g^2) \frac{1 - ag_d}{1 - 4g_d^2}. \quad (9)$$

Интеграл Максвелла-Мора для вычисления прогиба балки переменной жесткости

$$f = 2 \int_0^{l/2} \frac{\bar{M}(y)M(y)}{EJ(y)} dy, \quad (10)$$

$$\text{где } \bar{M}(y) = 0,25l(l - y) \quad (11)$$

– момент от единичной нагрузки,

$M(y)$ – изгибающий момент от фактической нагрузки,

$$J(y) = J(l - ay)^3 \quad (12)$$

J – момент инерции в середине пролета, при $y=0$.

После преобразований

$$f = \frac{ql^4}{32EJ} \int_0^{0,5} \frac{(1-g)(1-g^2)}{(1-ag)^3} dg = \frac{ql^4}{32EJ} \Theta(g) \quad (13)$$

Замена переменной

$$g = \frac{1-w}{a}. \quad (14)$$

После вычисления квадратуры

$$\Theta(g) = \frac{1}{a} \left\{ \frac{1}{2} \left(1 - \frac{1}{a} - \frac{1}{a^2} + \frac{1}{a^3} \right) \times \right. \\ \times \left(1 + \frac{1}{a} \right) - \frac{1}{a} \left(\frac{3}{a^2} - \frac{2}{a} - 1 \right) \times \\ \left. \times \left(\frac{1}{1-a} - 1 \right) - \frac{1}{a^2} \left[1 + \left(\frac{3}{a} - 1 \right) \ln(1-a) \right] \right\}. \quad (15)$$

Для балок постоянной жесткости $\alpha = 0$

$$f = \frac{5}{384} \frac{ql^4}{EJ}.$$

Примечание: равенство $\alpha = 0$ вводится в знаменатель подынтегрального выражения равенства (13).

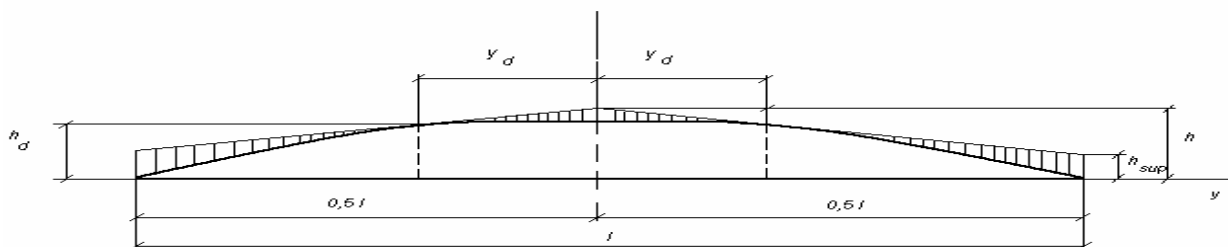


Рис. 1

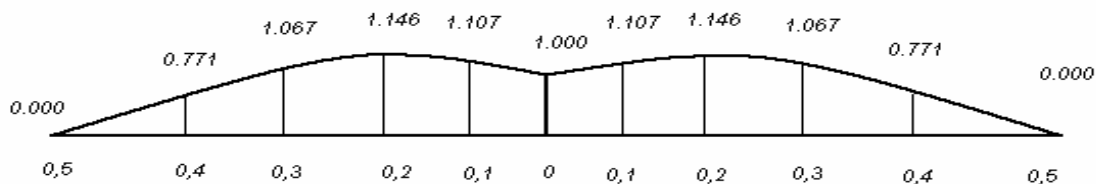


Рис. 2

Двускатная балка, материал и профиль поперечного сечения – произвольные.

Фиктивная балка $h_f(g) = h l_{fd}$, где

$l_{fd} = (1 - ay_f)/(1 - 4g^2)$, $g = y/l$. Эпюра

функции $y(g) = (1 - ay_f)/(1 - 4g^2)$, где

$g_{fd} = g_d$, l – расчетный пролет, $y_d = g_d l$ – абсцисса опасного сечения, y – осевая (продольная) координата (рис.1).

$$a = \frac{il}{h}, i = 2(h - h_{\text{sup}})/l_0.$$

Литература

1. Байков В.Н., Сигалов Э.Е. Железобетонные конструкции: Общий курс. Учебник для вузов. – 4-е изд., перераб. – М.: Стройиздат, 1985. – 728 с.



УДК 539.3

Н.М. Якупов – доктор технических наук, заведующий лабораторией нелинейной механики оболочек Института механики и машиностроения Казанского научного центра Российской академии наук (ЛНМО ИММ КНЦ РАН)

А.А. Абдюшев – старший научный сотрудник ЛНМО ИММ КНЦ РАН, старший преподаватель кафедры мостов и транспортных тоннелей Казанского государственного архитектурно-строительного университета (КазГАСУ)

ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЛЕЧАЩИХ НАКЛАДОК СРЕДСТВАМИ РАСЧЕТНОГО КОМПЛЕКСА ЭРА-ПК2000

АННОТАЦИЯ

Одной из существенных причин разрушения конструкций и сооружений является наличие концентраторов напряжений, наиболее опасным из которых является трещина. Однако появление трещины еще не означает “гибель” конструкций. Разрушение произойдет в том случае, если длина трещины превысит критическую длину. Используя накладки в районе трещины, можно создать поле сжатия и предотвратить разрушение конструкции, или хотя бы приостановить развитие трещины. В работе приводятся некоторые результаты анализа напряженно-деформированного состояния системы «пластина с трещиной – накладка», полученные на базе комплекса ЭРА-ПК2000. Показано влияние накладок на напряженно деформированное состояние пластины с трещиной. Исследовано влияние геометрии накладки и ее расположение. Отмечается эффективность использования «лечащих» накладок, а также возможность выбора наиболее рационального варианта расположения этих накладок.

N.M. Yakupov – doctor of technical sciences, head of Nonlinear Mechanical Engineers of Shells Laboratory of Institute Mechanical Engineers and Machine Building of Kazan Scientific Centre of Russia Academy of Sciences (LNMS IMM KSC RAS)

A.A. Abdiushev – senior scientific researcher of LNMS IMM KSC RAS, senior lecturer of the bridge and transport subways department

PARAMETRIC CURING BRACKET STUDY BY ACCOUNTING COMPLEX FACILITIES ESA-PC2000

ABSTRACT

One of the essential reasons of destroying the constructions and buildings is presence of concoctions of stresses, the most dangerous from which is a rift. However appearance of rift does not yet mean “ruin” constructions. Destruction will occur in that event, if length of rift will overpass a critical length. Using brackets in the region of rift possible to create a field a compression and prevent a destruction of constructions, or at least suspend a development of rift. In work happen to some results of the analysis tense-deformed condition of system “plate with the rift - a bracket”, tinned on the base of complex ESA-PC2000. There shown influence of brackets on tense deformed condition of plate with the rift and explored influence of geometry of bracket and its location. Efficiency of use “curing” brackets noted, as well as possibility of choice of the most rational variant of location of these brackets.

Конструкции и сооружения предназначены для выполнения определенных функций в течение заданного срока. Обычно перед конструкторами ставится задача – создать конструкции, которые должны удовлетворять функциональному назначению, быть простыми в эксплуатации, дешевыми и конкурентоспособными. Если природные конструкции восхищают нас своим изяществом и уникальным совершенством, то рукотворные – весьма далеки от этого. Знание механизмов разрушения позволяет

разрабатывать эффективные способы защиты конструкций от разрушения.

Одной из существенных причин разрушения является наличие концентраторов. Концентраторами напряжений могут быть отверстия и углубления, раковины и т.д. Наиболее опасным концентратором является трещина.

Появление трещины еще не означает “гибель” конструкций. Разрушение произойдет в том случае, если длина трещины превышает критическую длину,

являющуюся функцией отношения работы разрушения к упругой энергии, запасенной в материале.

Эффективен способ создания поля сжатия. Этого можно достичь, например, сжатием определенной зоны конструкции, используя накладки. В лаборатории нелинейной механики оболочек ИММ КазНЦ РАН предложен способ ремонта трещин в тонкостенных оболочечных конструкциях (получено решение о выдаче патента на изобретение по заявке № 2005130624/06 [1]). Иллюстрация к изобретению приведена на рис 1.

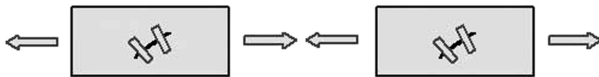


Рис. 1. Применение лечащих накладок

В работе приводятся некоторые результаты численного исследования влияния накладок на напряженно-деформированное состояние пластины с трещиной. Используется МКЭ в форме метода перемещений [2].

Для анализа применяется квадратный изопараметрический конечный элемент (КЭ) плоской задачи теории упругости (плоско-напряженное состояние) с билинейной аппроксимацией полей перемещений. Сетка выбирается автоматически, исходя из геометрических размеров решаемой плоской задачи. При этом изображение вписывается в экран при разрешении 640 на 480 пикселей: одному квадратному элементу соответствует один пиксель экрана. Значение напряжения в центре КЭ отображается закрашиванием пикселя цветом, соответствующим определенному диапазону.

Для каждой компоненты напряжений S_{xx} , S_{yy}

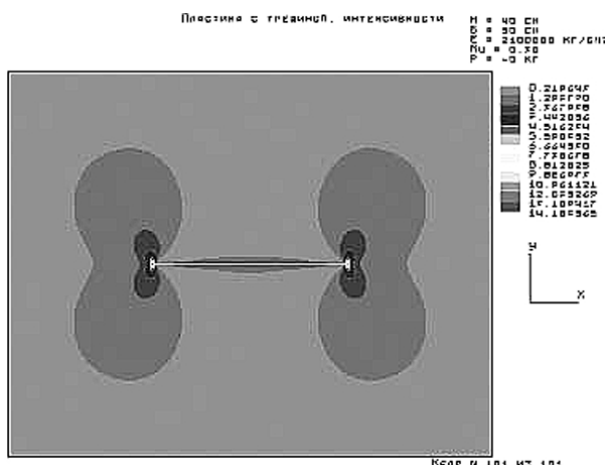


Рис. 2. Тестовая задача

и S_{xy} строится своя картина. Дополнительно строится четвертая картина для интенсивностей напряжений, определяемых (как инварианта) по формуле Мизеса.

На рис. 2, в качестве примера, показано распределение интенсивностей напряжений для прямоугольного объекта с трещиной. Параметры объекта: ширина 50 см, высота 40 см, толщина 0.1 см, максимальная ширина трещины 20 см. Материал – сталь, нагрузка – равномерно распределенная по торцам.

Для исследования влияния геометрии накладки на ее НДС был реализован тест следующего содержания.

Из условий симметрий была выбрана четвертая часть накладки. Накладка функционально разбита на три фрагмента. Первый фрагмент, область приклеиваемая к объекту, имеет, при всех вариантах, фиксированную площадь S (мм²) и форму

прямоугольника со сторонами h_0 и b_0 (мм),

размеры которого вычисляются в результате масштабирования. Второй фрагмент – переходная к шейке область, заданного радиуса R , третий фрагмент

– шейка заданной длины h_1 и высоты b_1 (мм). Также

задается модуль упругости материала E (кг/см²), коэффициент Пуассона материала m , t – толщина накладки (мм), G – удельная жесткость клеевого слоя (кг/мм³), суммарная растягивающая сила P (кг).

Результаты расчетов интенсивностей напряжений для трех соотношений b_0 и h_0 приводятся на рис 3-5.

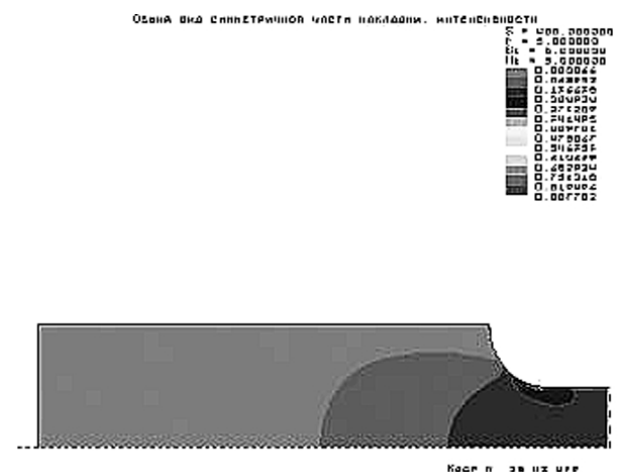


Рис. 3. Инварианты напряжений по Мизесу в накладке

при $b_0 \gg h_0$

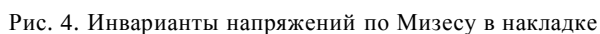
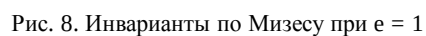
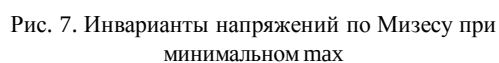


Рис. 5. Инварианты напряжений по Мизесу в накладке

Рис. 6. Инварианты напряжений по Мизесу при $e = 0$





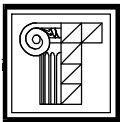
Для исследования влияния положения накладок поставлен тест с параметрами первой задачи, при наличии симметрично расположенных накладок, абсолютно жестко связанных с объектом.

На рис. 6-8 продемонстрированы картины распределения напряжений по дефектной пластине и численно приводятся соотношения интенсивностей напряжений к исходным напряжениям в процентах ($\max$) и относительная координата оси одной накладки при отсчете от края трещины к центру.

Проведенные исследования показывают эффективность использования «лечащих» накладок, а также возможность выбора наиболее рационального варианта расположения этих накладок.

Литература

1. Якупов Н.М., Якупов С.Н., Мифтахутдинов И.Х., Мифтахутдинов А.И. Способ ремонта трещин в тонкостенных оболочечных конструкциях. Заявка на изобретение № 2005130624/06.
2. Лукашенко В.И., Абдюшев А.А. и др. Экспертиза, расчет, анализ пространственных конструкций, АРС ЭРА-ПК2000: Монография. – Казань: КГАСУ, 2006. – 321 с.



УДК 691(035.5):622.337.2

Р.Г. Газизуллин – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой начертательной геометрии и графики

Е.В. Газизуллина – студент 5-го курса Института экономики и управления в строительстве
Казанский государственный архитектурно-строительный университет (КазГАСУ)

ДОБЫЧА И ПЕРЕРАБОТКА ПЕСЧАНО-ГРАВИЙНОЙ СМЕСИ ПРИБРЕЖНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

АННОТАЦИЯ

В статье обосновывается целесообразность добычи и переработки песчано-гравийных смесей прибрежных месторождений р. Камы, Вятки и Белой. На основе экспериментальных работ даются принципиальные технологические схемы добычи и переработки песчано-гравийной смеси.

N.M. Gazizullin – doctor of technical sciences, professor, head of the Coordinate Geometry and Graphic department

E.V. Gazizullina – student of the 5-th course of the Institute of the Economy and Enterprise
Kazan State University of Architecture and Engineering (KSUA)

MINING AND PROCESSING OF SAND AND GRAVEL MIXTURE OF THE COASTAL DEPOSITS

ABSTRACT

This article proves the expedience of mining and processing of sand and gravel mixture, deposited on the riverside of the Kama River, the Vyatka River and the Belaya River. On the basis of the experimental works the main technological schemes of mining and processing of sand and gravel mixture are given.

Песчано-гравийная смесь (ПГС) в Республике Татарстан является очень распространенным строительным материалом. Волжско-Камская гидропровинция, в состав которой входят Волжская, Камская, Бельская, Вятская подпровинции, обладает огромными запасами ПГС.

Камская подпровинция представляет собой редчайший случай: на протяжении 2000 км долина реки складывается гравийно-песчаными образованиями (источник – предгорья западного склона Урала), а в верхней части – преимущественно гравийно-галечным материалом. Ресурсный потенциал ПГС Камской подпровинции весьма велик и превышает более 20 млрд. м³ [1].

Объем добычи ПГС в отдельные годы, особенно при строительстве Куйбышевской, Нижнекамской, Чебоксарской ГЭС и др., достигал до 100 млн.м³. После строительства этих ГЭС добыча ПГС стала затруднительной из-за увеличения глубины рек. Во-первых, рабочий орган землесосной установки не достигает до дна реки, во-вторых, нарушаются режим стока и экология рек.

Для обеспечения сырьем строительных организаций возникает необходимость разработки

прибрежных месторождений ПГС. Добыча ПГС сопряжена со значительными трудностями: ПГС очень загрязнена; залежи ПГС находятся под вскрывной породой; добытая ПГС по крупности, зерновому составу, количеству примесей непосредственно использована быть не может. Возникает необходимость дробления, фракционирования и очистки загрязненной ПГС, а это в свою очередь приводит к увеличению стоимости ПГС. Однако каждый процент загрязненных ПГС повышает расход цемента на 1-1,5%, а при использовании очищенных фракционированных заполнителей для бетона уменьшается расход цемента на 13-15% и повышается его качество.

Для очистки и фракционирования загрязненных ПГС нами была изготовлена лабораторная установка, состоящая из специального гидроциклона 1, смесителя 2, насоса 3, ёмкости 4, 5, 12 и 13, крана 6, напорного шланга 7 и 8, сливного шланга 9, обводного шланга 10, манометра 11 (рис.1). Принцип работы следующий: в смеситель 2 засыпают загрязненную ПГС и в ёмкость 4 заливают чистую воду. После включения насоса 3 напорная вода попадает в нижнюю конусную часть смесителя 2, где в результате инъекции вода,

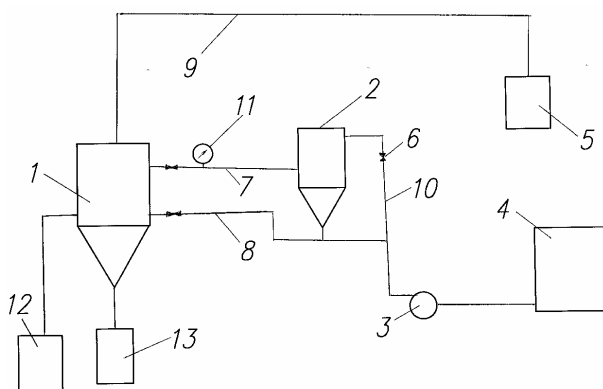


Рис. 1. Принципиальная схема лабораторной установки
1 – специальный гидроциклон; 2 – смеситель; 3 – насос;
4, 5, 12 и 13 – емкости; 6 – кран; 7 и 8 – напорные шланги;
9 – сливной шланг; 10 – обводный шланг, 11 – манометр

перемешиваясь с песчано-гравийной смесью по шлангу 7, направляется в гидроциклон 1. Напорная вода по шлангу 8 направляется в нижнюю часть гидроциклона 1 для дополнительной промывки и фракционирования ПГС. В гидроциклоне 1 происходит очистка и фракционирование ПГС. Внутренний корпус гидроциклона снабжен регулируемыми щелями (0,14; 0,315; 0,63; 1,25 мм).

Смесь или глина через сливной шланг 9 направляется в емкость 5, соответствующие фракции, проходя через щели, попадают в емкость 12, а крупные фракции, которые не прошли через щели, в емкость 13. Для предотвращения нависания песков открывается кран 6 и подается напорная вода. Напор воды и пульпы регулируется с помощью кранов. Результаты опытов приведены в таблице.

Результаты опытов также приведены на рис. 2. Как видно из графика, при увеличении отношения d/b (где d – диаметр частицы, b – расстояние щели) выход отдельных классов частиц уменьшается. Если батарею каждого гидроциклона соединить отдельно и использовать для каждой фракции, то выход фракции с увеличением щели увеличивается. Как видно из рис. 2,

очистка ПГС до фракции 0,63 почти удовлетворяет нормативу (менее 3%), а остальные фракции необходимо повторно промывать. Поэтому в батарее гидроциклоны целесообразно соединять последовательно по мере уменьшения фракции, тогда последующие фракции ПГС будут промываться несколько раз и полностью очистятся от загрязнения.

На основании опытов построен график зависимости выхода фракции от относительной величины частиц (рис. 2).

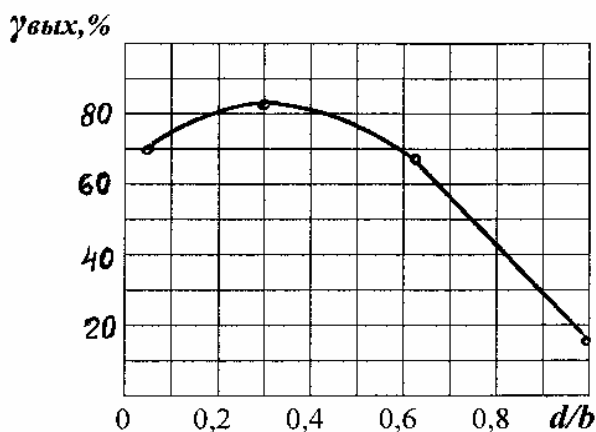


Рис. 2. График зависимости выхода фракции от отношения d/b .

Из графика (рис. 2) видно, что с увеличением отношения d/b (d – диаметр частицы, b – толщина щели) отдельные классы частиц уменьшаются.

На основании этих исследований предлагается технологическая схема разработки прибрежных месторождений ПГС (рис. 3).

Вскрытие месторождения начинается проведением нарезной траншеи 1 с берега реки. Драглайн 5 проходит нарезную траншею до глубины залежи ПГС, разместив вскрышные породы на обе стороны траншеи. Для регулирования поступления воды в горные выработки нарезная траншея снабжается шлюзом 2. После обеспечения необходимого фронта работ,

Таблица

Расстояние щели, мм	0,14	0,32	0,63	1,25	Иль
Фракция, мм	0 - 0,14	0,14-0,315	0,315-0,63	0,63 – 1,25	
Масса, проходящая через щели, г	315	1575	221	482	30
Общая масса, г	455	1750	230	490	35
Выход, %	69,2	90,0	96,1	98,4	85,7
Очистка, %	4,4	3,8	3,2	2,2	

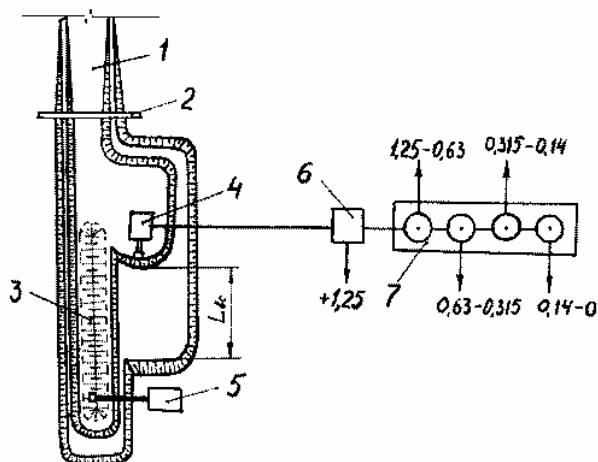


Рис. 3. Технологическая схема добычи и переработки ПГС

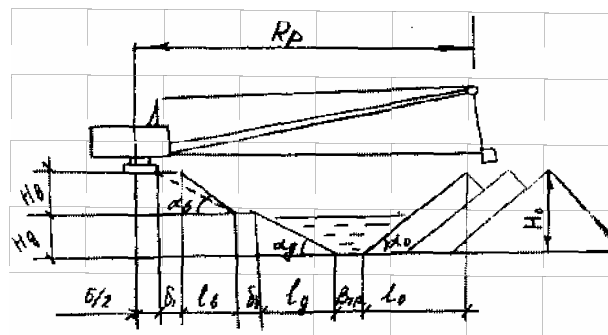


Рис. 4. Схема для определения параметров драглайна

устанавливают землесосную установку 4 и начинаются добычные работы. В дальнейшем драглайн, подготавливая фронт добычных работ для землесоса 4, вскрышные породы транспортирует в выработанное пространство 3. Добытая песчано-гравийная смесь по трубопроводу поступает в классификатор 6, где крупные частицы более 1,25 мм направляются на склад, менее 1,25 мм в батарею последовательно соединенных гидроциклонов 7, где фракционированные и очищенные классы транспортируются на соответственные склады готовой продукции. В этом случае мелкие последующие фракции песка промываются несколько раз, в результате полностью очищаются от грязи.

Расстояние драглайна 5 от землесоса 4 должно обеспечить необходимый запас ПГС. В этом случае запасы подготовленных ПГС должны обеспечить работу комплекса, учитывая сезонность работы, от 0,5 месяца, но не более одного месяца. Это расстояние определяется из выражения:

$$L_{вс} = Q_d T / (A_d H_v) \quad (1)$$

где: Q_d – суточная производительность драглайна, м³/сут; T – время подготовки запаса ПГС, (15-30 суток); A_d – ширина вскрышного уступа, м; H_v – высота добычного уступа, м.

Выбор типа драглайна зависит от горно-геологических условий месторождения ПГС. Основным параметром является толщина вскрышных и добычных пород, по этому параметру находят радиус разгрузки ковша драглайна, который определяется из выражения:

$$R = B/2 + \delta_1 + l_v + \delta_6 + l_d + B_{тр} + l_o \quad (2)$$

где: B – база драглайна, м;
 δ_1 – берма безопасности, м;
 $l_v = H_v \operatorname{ctg} \alpha_v$;

l_v – заложение откоса уступа, м;
 α_v – угол откоса уступа, град.;
 δ_6 – транспортная берма, м;
 $l_d = H_d \operatorname{ctg} \alpha_d$;
 H_d – высота добычного уступа, м;
 α_d – угол откоса добычного уступа, град.;
 $B_{тр}$ – расстояние между подошвами добычного и отвального откосов, м;
 $l_o = H_o \operatorname{ctg} \alpha_o$;
 H_o – высота отвала, м;
 α_o – угол откоса отвала, град.

Кроме того, скорости подвигания драглайна и землесоса должны быть равны, т.е.

$$Q_d / (A_d H_v) = Q_z / (B_{тр} H_d) \quad (3)$$

где: Q_z – производительность землесоса, м³/сут.

По данной технологической схеме все производственные процессы непрерывные, что позволяет полностью механизировать, автоматизировать и обеспечить строительные организации качественной песчано-гравийной смесью.

Литература

1. Бирюлев Г.Н., Изотов В.Г. Минерально-сырьевая база песчано-гравийного сырья Волжско-Камской гидропровинции /Юбилейная конференция "Геология и современность". – Казань: КГУ, 1999. – С. 20-21.
2. Багазеев В.К. Промывка песков россыпей: Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГГТА, 2004. – 177 с.
3. Нурок Г.А. Процессы и технология гидромеханизации открытых горных работ. – М.: Недра, 1985. – 549 с.



УДК 678.652.41.21:62.

Л.Ф. Мубаракшина – аспирант

Л.А. Абдрахманова – доктор технических наук, профессор

В.Г. Хозин – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой

Кафедра технологии строительных материалов, изделий и конструкций

Казанский государственный архитектурно-строительный университет (КазГАСУ)

МОДИФИКАЦИЯ КАРБАМИДНЫХ ПЕНОПЛАСТОВ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ОТХОДАМИ

АННОТАЦИЯ

Рассмотрена возможность наполнения карбамидных пенопластов промышленными отходами с целью улучшения физико-механических характеристик. Исследовано влияние промышленных отходов на свойства карбамидных пенопластов.

L.F. Mubarakshina – post-graduate student

L.A. Abdrachmanova – doctor of technical sciences, professor

V.G. Khozin – doctor of technical sciences, professor, head of the department

Department of Technologies of the Building Materials, Product and Designs

Kazan State University of Architecture and Engineering (KSUAE)

THE MODIFICATION OF CARBAMIDE FOAMS BY INDUSTRIAL WASTE

ABSTRACT

The modification of carbamide foams by industrial waste aiming to improve their physical-mechanical characteristics is analyzed. The industrial waste influence on the carbamide foams' properties is studied.

Важной составляющей частью практически всех национальных программ перспективного экономического и социального развития в условиях энергетического кризиса во всем мире и в России является экономия топливно-энергетических и материальных ресурсов.

Основной задачей энергосбережения во вновь строящихся и реконструируемых жилых зданиях является снижение затрат тепла на отопление, что объясняет устойчивую тенденцию роста потребления теплоизоляционных материалов за последние годы. Кроме того, большую роль сыграло ужесточение требований к теплозащитным характеристикам ограждающих конструкций зданий и сооружений, т.е. доведение приведенного сопротивления теплопередаче до нормативных величин, согласно ТСН 23-340-2003 СПб «Энергетическая эффективность жилых и общественных зданий. Нормативы по энергопотреблению и теплозащите».

С точки зрения решения проблемы внедрения ресурсо- и энергосберегающих технологий производства строительных материалов наиболее перспективным теплоизоляционным материалом является карбамидный пенопласт. Существенным моментом, повышающим конкурентоспособность

карбамидных пенопластов с другими видами пенопластов, является сравнительно низкий показатель его энергетического эквивалента, который был предложен для сравнения энергоемкости производства отдельных пенопластов на базе суммарной оценки затрат энергии на изготовление исходных материалов и полупродуктов, входящих в состав композиций конечного продукта. Показатель конечного эквивалента для карбамидного пенопласта равняется 480 МДж/кг против 2950 МДж/кг для пенополиуретана и 1360 МДж/кг для пенополистирола [1].

Современный карбамидный пенопласт на рынке России представлен под торговой маркой – пеноизол, к достоинствам которого можно отнести хорошие теплоизоляционные свойства, низкую стоимость и высокую технологичность. Отсутствие способности к развитию стабильного процесса горения и к образованию расплава свидетельствует о пониженной пожарной опасности пеноизола по сравнению с распространенными пенополиуретанами и пенополистиролами.

Однако пеноизол, как и все карбамидные пенопласты, не находит широкого применения в строительстве из-за низкой механической прочности и значительной усадки, которые обуславливаются



особенностью воздушно-механического способа изготовления карбамидных пенопластов, характеризующегося применением сильноразбавленных водой карбамидных смол. Удаление в процессе сушки воды, содержащейся в карбамидной смоле, а также выделяющейся в результате реакции поликонденсации, приводит к развитию внутренних напряжений и усадочных деформаций [2].

В связи с этим, улучшение физико-механических свойств карбамидных пенопластов является актуальной задачей, решение которой способствует продвижению карбамидного пенопласта на рынок теплоизоляционных материалов.

Возможные способы улучшения прочностных характеристик карбамидных пенопластов представлены на рис. 1.

Одним из способов усиления карбамидных пенопластов является подбор оптимального режима сушки. Недостаток данного способа заключается в выборе длительных режимов сушки, так как процесс испарения влаги идет весьма интенсивно из-за открытопористой структуры, характерной для карбамидных пенопластов.

Уменьшение усадочной деформации путем увеличения объемной доли полимерной основы за счет снижения пористости карбамидного пенопласта, т.е. увеличение плотности, приводит к повышению полимероемкости, что отрицательно сказывается на теплозащитных характеристиках карбамидного пенопласта и не всегда экономически целесообразно.

Другой способ улучшения прочностных свойств карбамидных пенопластов – химическая модификация карбамидных смол на стадии синтеза, с целью



Рис. 1. Блок-схема возможных способов усиления карбамидных пенопластов



увеличения прочности отвержденной смолы. Однако применение известных, специально синтезированных для производства пеноизола карбамидных смол приводит к незначительному увеличению прочности пеноизола (0,03 МПа).

На наш взгляд, наиболее рациональным путем улучшения механических свойств карбамидных пенопластов является применение принципов физической модификации полимерной основы, в частности, за счет введения наполнителя [3].

В данной работе рассмотрена возможность применения промышленных отходов в качестве наполнителей карбамидных пенопластов с целью улучшения их физико-механических свойств.

Был использован как классический способ наполнения (введение химически инертного наполнителя), так и метод «самонаполнения», когда наполнитель создается в ходе образования самого пенопласта.

В качестве химически инертных наполнителей использованы легкие высокопористые наполнители и тонкодисперсные наполнители с размерами, близкими к наночастицам.

Легкие наполнители низкой плотности целесообразны для применения, учитывая сложности, возникающие при наполнении карбамидных пенопластов ввиду резкого снижения кратности вспенивания и стабильности пены. В качестве легкого наполнителя низкой плотности был выбран вспученный перлитовый песок (насыпная плотность 38 кг/м³), который является отработанной тепловой засыпкой криогенных установок «Нижнекамскнефтехима». Вспученный перлитовый песок состоит, в основном, из пористого бесцветного прозрачного алюмосиликатного стекла и характеризуется открытопористой структурой. Было исследовано

влияние гранулометрического состава вспученного перлитового песка на свойства карбамидного пенопласта и установлены оптимальные фракции – от 250 до 63 мкм.

Отличительной особенностью наполнения карбамидного пенопласта другим химически инертным наполнителем – шлаком Тульского металлургического завода, состоящим на 80% из оксида железа, размер которого близок к наночастицам (удельная поверхность 135000 см²/гр), является возможность введения большого количества наполнителя (до 40 масс.ч.) без существенного снижения кратности вспенивания и ухудшения стабильности пены.

При реализации способа «самонаполнения», наполнитель создается в ходе реакции взаимодействия реакционноспособных компонентов с катализатором отверждения карбамидоформальдегидной смолы – ортофосфорной кислотой.

В качестве реакционноспособных компонентов были выбраны шлам гальванического производства КАПО им. С.П. Горбунова – алюмонатриевый отход, состоящий на 96% из гидроксида алюминия, и отход водоочистки ТЭЦ, состоящий примерно на 87% из карбонатов кальция и магния, а роль наполнителей играют фосфаты алюминия, кальция и магния, образующиеся в результате реакции взаимодействия наполнителей с катализатором отверждения карбамидной смолы. В случае использования отхода водоочистки ТЭЦ использовалось сочетание механического вспенивания и газообразования, за счет выделяющегося углекислого газа в результате реакции взаимодействия ортофосфорной кислоты с карбонатами кальция и магния.

Однако недостатком использования отхода водоочистки ТЭЦ является необходимость введения

Зависимость кратности вспенивания пеномассы от содержания наполнителя

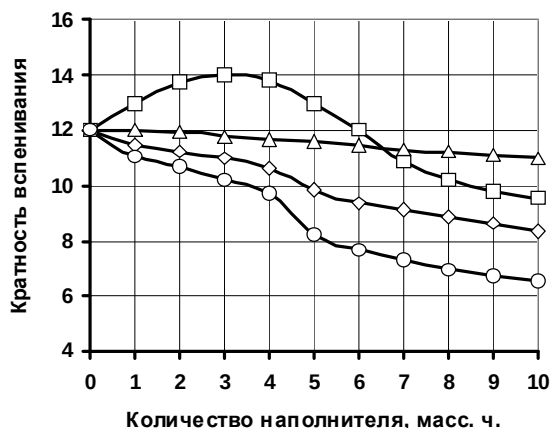


Рис. 2. 1 – вспученный перлитовый песок, 2 – металлургический шлак, 3 – алюмонатриевый отход, 4 – ЦСП: отход водоочистки ТЭЦ = 1:6

Зависимость времени гелеобразования пеномассы от содержания наполнителя

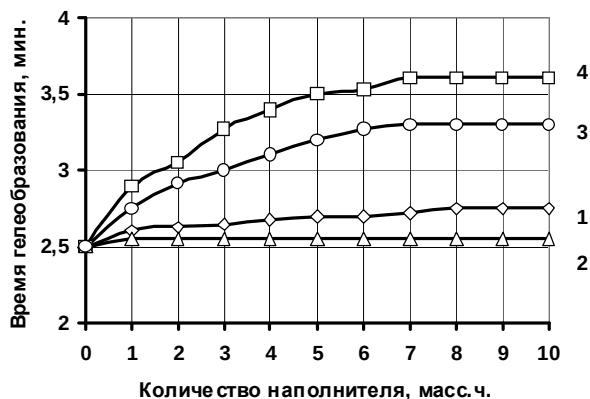


Рис. 3. 1 – вспученный перлитовый песок, 2 – металлургический шлак, 3 – алюмонатриевый отход, 4 – ЦСП: отход водоочистки ТЭЦ = 1:6



Зависимость плотности карбамидного пенопласта от содержания наполнителя

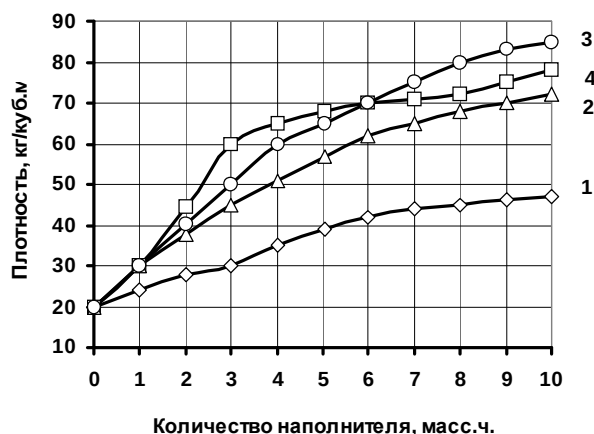


Рис. 4. 1 – вспученный перлитовый песок, 2 – металлургический шлак, 3 – алюмонатриевый отход, 4 – ЦСП: отход водоочистки ТЭЦ = 1:6

Зависимость прочности карбамидного пенопласта от содержания наполнителя

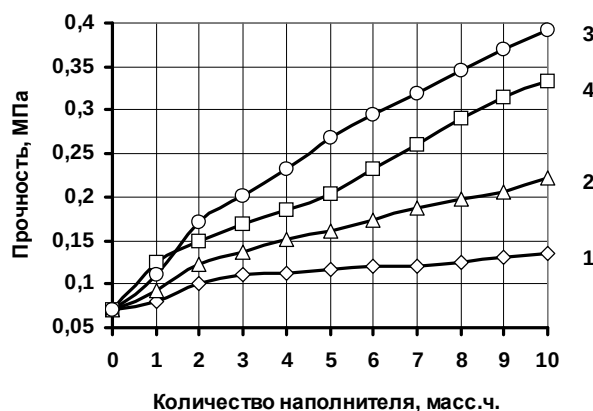


Рис. 5. 1 – вспученный перлитовый песок, 2 – металлургический шлак, 3 – алюмонатриевый отход, 4 – ЦСП: отход водоочистки ТЭЦ = 1:6

большого количества кислоты, а за счет интенсивной химической реакции появляются остаточные усадочные напряжения, которые приводят к трещинообразованию пенопласта.

В связи с этим, проведена частичная замена отхода водоочистки ТЭЦ менее активным наполнителем – цеолитсодержащей породой (ЦСП), и установлено оптимальное соотношение ЦСП : отход водоочистки ТЭЦ, равное 1:6 [4].

Изменения основных технологических показателей – времени гелеобразования и кратности вспенивания

пеномассы – показаны, соответственно, на рис. 2 и 3. Увеличение времени гелеобразования при использовании алюмонатриевого отхода и смеси отхода водоочистки ТЭЦ с ЦСП обусловлено тем, что значительная часть ортофосфорной кислоты взаимодействует с ними, что приводит к ослаблению каталитического влияния ортофосфорной кислоты на процесс отверждения карбамидоформальдегидной смолы. Увеличение кратности вспенивания при наполнении смесью отхода водоочистки ТЭЦ с ЦСП объясняется выделением углекислого газа в результате

Таблица

Свойства карбамидных пенопластов

№	Составы, масс. ч.	Плотность, кг/м³	Прочность на сжатие, МПа	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)	Сорбционное увлажнение за 24 часа, %	Линейная усадка, %
1	Пеноизол	20-30	0,007-0,05	0,035-0,047	15-20	8
2	Карбамидный пенопласт, наполненный смесью отхода водоочистки ТЭЦ и цеолитсодержащей породой	65	0,2	0,037	8	3
3	Карбамидный пенопласт, наполненный вспученным перлитовым песком	40	0,11	0,038	10	1
4	Карбамидный пенопласт, наполненный алюмонатриевым отходом	50	0,22	0,032	15	2,5
5	Карбамидный пенопласт, наполненный металлургическим шлаком	60	0,16	0,035	18	2



реакции взаимодействия ортофосфорной кислоты с карбонатами кальция и магния.

Из анализа представленных на рис. 4 и 5 изменений плотности и прочности пенопласта следует, что введение наполнителя закономерно увеличивает плотность, а наибольшая упрочняющая способность характерна для алюмонатриевого отхода. Вспученный перлитовый песок, являясь объемным наполнителем, в силу своего размера является межструктурным, что объясняет незначительное увеличение прочности карбамидного пенопласта. Однако, наполнение карбамидного пенопласта вспученным перлитовым песком позволяет снизить линейную усадку на 70-80%.

В таблице представлены разработанные составы наполненных промышленными отходами карбамидных пенопластов, характеризующиеся высоким комплексом физико-механических показателей, а именно: повышенной прочностью на сжатие, низким сорбционным увлажнением, высокими теплозащитными свойствами и низкими значениями усадочных деформаций.

Литература

1. Герасименя В.П., Гумаргалиева К.З., Соловьев А.Г., Соболев Л.А., Мальков И.Н. Новое поколение карбамидных теплоизоляционных пенопластов. // Строительные материалы, 1996, №6. – С. 17-19.
2. Панкрушин А.А. Технологическая и экономическая целесообразность применения карбамидных пенопластов. // Строительные материалы, 2004, № 5. – С. 10-12.
3. Тараканов О.Г., Шамов И.В., Альперн В.Д. Наполненные пластмассы. – М.: Химия, 1988. – 216 с.
4. Мубаракшина Л.Ф., Ушакова Г.Г., Абдрахманова Л.А. Химическое наполнение карбамидных пенопластов. // Строительные материалы, 2006, № 5. – С. 17-19.



УДК 665.775.5

М.А. Нуриев – аспирант

А.В. Мурафа – кандидат технических наук, доцент

Д.Б. Макаров – кандидат технических наук, старший преподаватель

В.Г. Хозин – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой

Кафедра технологии строительных материалов, изделий и конструкций

Казанский государственный архитектурно-строительный университет (КазГАСУ)

БИТУМНЫЕ ЭМУЛЬСИИ ДЛЯ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

АННОТАЦИЯ

Разработаны битумные эмульсии на новых анионактивных эмульгаторах, являющихся отходами химической промышленности. Установлены оптимальные концентрации эмульгаторов в битумных эмульсиях. По технологическим и эксплуатационным показателям разработанные битумные эмульсии не уступают известным отечественным и зарубежным аналогам. Полученные битумные эмульсии могут быть рекомендованы к использованию в качестве гидроизоляционных и антикоррозионных покрытий.

M.A. Nuriev – post-graduate student

A.V. Murafa – candidate of technical sciences, associate professor

D.B. Makarov – candidate of technical sciences, senior lecturer

V.G. Khozin – doctor of technical sciences, professor, head of the department

Department of the Technologies of the Building Materials, Product and Designs

Kazan State University of Architecture and Engineering (KSUAE)

THE BITUMEN EMULSIONS FOR DEFENSE COVERING OF BUILDING DESIGNS

ABSTRACT

This article describes the development of bitumen emulsions based on the new anionic emulsifiers from the waste of chemical industry. The optimal emulsifier's concentration in bitumen emulsions is defined. According to technological and operational parameters the developed bitumen emulsions do not concede to the known Russian and foreign analogues. The derived bitumen emulsions can be recommended to use as waterproofing and anticorrosive coatings.

Битум давно известен как гидроизоляционный и антикоррозионный материал, однако технология нанесения его существенно упрощается при создании на его основе покрытий из битумных эмульсий (БЭ), так как покрытие формируется при комнатной температуре, а сама эмульсия и поверхность покрытия не требуют разогрева (т.е. применяется «холодная» технология).

Однако, применение БЭ в строительстве пока ограничено, что объясняется дефицитом и дороговизной эмульгаторов (главным образом, катионактивных импортных). Кроме того, существующие БЭ не всегда отвечают технологическим и эксплуатационным требованиям.

Исходя из экологических и экономических соображений, для получения БЭ эффективнее использовать анионактивные эмульгаторы. Для этой цели мы использовали побочные продукты и отходы местной химической промышленности, в частности, отход переработки хлопкового масла (ОПХМ) и отход

переработки сельскохозяйственных продуктов (ОПС).

Методом ИК-спектроскопии определен химический состав, а по энергии поверхностного натяжения оценены эмульгирующие свойства выбранных отходов. Установлено, что основой данных продуктов являются высшие жирные кислоты, способные снижать поверхностное натяжение на границе «вода-битум». Так, например, значения величины поверхностного натяжения для ОПХМ и ОПС составляют 0,034 Н/м – 0,045 Н/м соответственно, которые по абсолютной величине сопоставимы с величиной поверхностного натяжения у известных эмульгаторов на основе олеиновой кислоты.

В данной работе для получения БЭ используется комбинированный метод. Комбинированная технология получения битумных эмульсий заключается в следующем:

готовится водный раствор эмульгатора, т.е. в воду, нагретую до 80°C, при перемешивании со скоростью 150 об/мин. вводится щелочь (NaOH или KOH) в



количестве, необходимом для прохождения реакции омыления и создания pH среды не менее 9. В полученный щелочной раствор добавляется половина от всего количества ПАВ (1; 1,5; 2; 2,5 % от массы эмульсии).

Определяем оптимальный режим приготовления водного раствора ОПС – в течение 1, 2, 3 часов перемешивания раствора при 80°C. Установлено, что в отличие от анионактивного эмульгатора ОПХМ, реакция омыления которого проходит в течение трех часов, для ОПС достаточно одного часа. Последнее свидетельствует о значительном сокращении времени получения битумной эмульсии в целом.

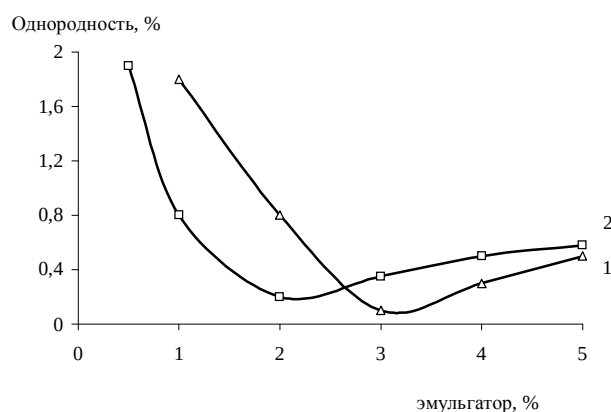
Для определения оптимального содержания ПАВ в битумной эмульсии изучались ее основные технологические и эксплуатационно-технические характеристики в сравнении с эмульсиями на индивидуальном ОПХМ в зависимости от концентрации эмульгатора от 1% до 5%. Однако, попытка получить битумные эмульсии на ОПС показала, что устойчивость этих эмульсий невелика. Это связано, вероятно, с тем, что, как было установлено, ОПС обладает меньшими эмульгирующими свойствами. Поэтому в дальнейшем при изучении технологических и эксплуатационно-технических свойств битумных эмульсий использовался смесевой эмульгатор. Определялось оптимальное соотношение ОПС и ОПХМ в смесевом эмульгаторе. При этом в процессе приготовления БЭ по комбинированной технологии в битум вводилось 2% ОПХМ, а концентрация ОПС в водном растворе NaOH варьировалась от 1% до 5%.

На рис. 1 представлена зависимость условной вязкости битумных эмульсий от концентрации ОПС. Как видно, условная вязкость БЭ на индивидуальном ОПХМ (кривая 2) выше, чем на смесевом эмульгаторе с небольшим повышением вязкости при 2%. Условная вязкость эмульсий на смесевом эмульгаторе с ростом

содержания ОПС (кривая 1) изменяется с максимумом при соотношении ОПС:ОПХМ (3:2).

Кривые изменения однородности БЭ на рис. 2 носят экстремальный характер в обоих случаях: с минимумами при соотношении ОПС:ОПХМ (3:2) (кривая 1) и при 2% с ОПХМ (кривая 2). При этом абсолютная величина однородности БЭ на смесевом эмульгаторе в 2 раза меньше, чем на индивидуальном ОПХМ, что свидетельствует о большей дисперсности эмульсии на смесевом эмульгаторе.

Зависимость однородности битумных эмульсий через 1 сутки от концентрации и типа эмульгатора

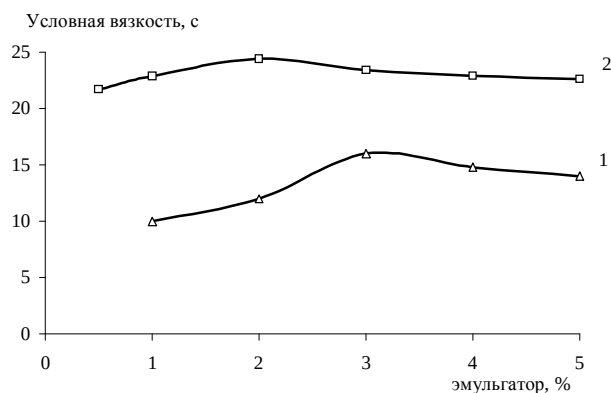


Кривая 1 – БЭ на ОПС:ОПХМ;
Кривая 2 – БЭ на ОПХМ

Рис. 2

На рисунках 3 и 4 представлено изменение устойчивости эмульсий от концентрации ПАВ по истечении 7 и 30 суток. Кривые имеют также экстремальный характер с минимумами при тех же концентрациях эмульгаторов, что и в случае изучения однородности (рис. 2). Необходимо отметить, что битумная эмульсия на смесевом эмульгаторе в соотношении ОПС:ОПХМ 1:2 оказалась неустойчивой уже после 7 суток.

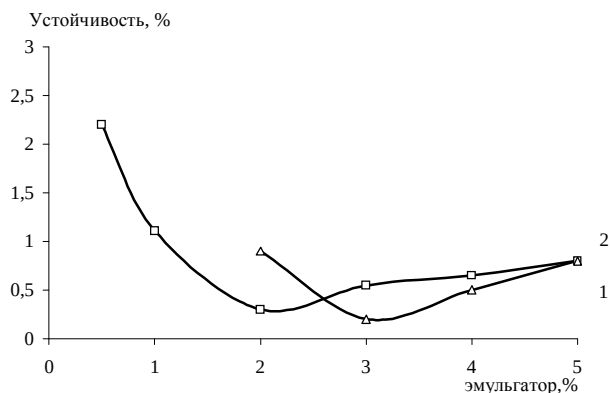
Зависимость условной вязкости битумных эмульсий от концентрации и типа эмульгатора



Кривая 1 – БЭ на ОПС:ОПХМ;
Кривая 2 – БЭ на ОПХМ

Рис. 1

Зависимость устойчивости при хранении битумных эмульсий через 7 суток от концентрации и типа эмульгатора



Кривая 1 – БЭ на ОПС:ОПХМ;
Кривая 2 – БЭ на ОПХМ

Рис. 3

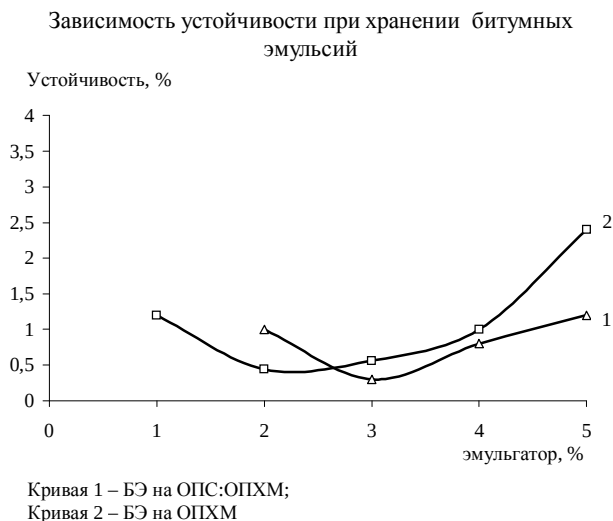


Рис. 4

Таким образом, выявлено оптимальное соотношение ОПС и ОПХМ в смесевом эмульгаторе, равное 3:2 соответственно, при котором появляется эффект синергизма и наблюдается более высокая однородность и устойчивость эмульсии, чем на индивидуальном ОПХМ.

Одним из основных методов изучения структуры и свойств БЭ является оптическая микроскопия. Для более полной и точной обработки результатов была использована программа автоматического анализа структуры материалов «Система компьютерной обработки изображений (КОИ)», разработанная в Томском политехническом университете. Программа позволяет максимально быстро и точно произвести расчет плоскостных и пространственных характеристик структуры для темной или светлой фаз материала по следующим параметрам:

- средний размер частиц;
- коэффициент вариации;
- дисперсия;
- количество частиц на 10 равных интервалах с определением их размеров.

Для изучения названных параметров нами предлагается использовать разбавленную битумную эмульсию пятикратным водным раствором эмульгатора, поскольку он не оказывает существенного влияния на размеры частиц битумной эмульсии. В заранее приготовленную битумную эмульсию вводится водный раствор эмульгатора, после чего дисперсная фаза эмульсии составила 10%. Это позволяет получить четкое изображение битумных частиц без наложения их друг на друга и произвести их анализ.

Для исследования выбрана эмульсия с 2%-ным содержанием ОПХМ в битуме и концентрацией ОПС в водном растворе NaOH 3% (рис. 5).

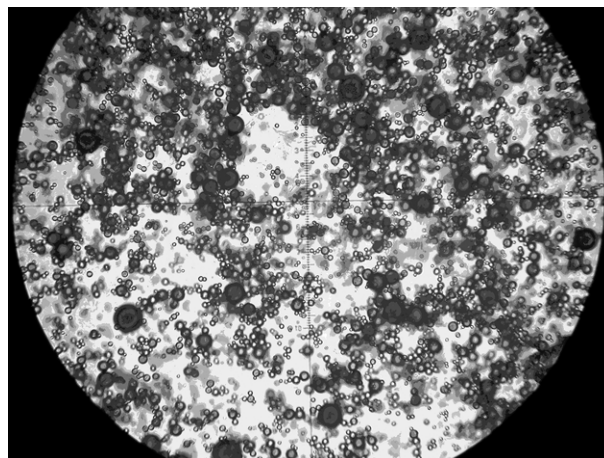
Как видно, исследуемая эмульсия является монодисперсной системой, то есть состоит из

капелек практически одинакового размера. Установлено, что при найденной нами оптимальной концентрации эмульгатора (ОПС 3%), наблюдается более высокая степень структурированности изучаемой эмульсии, выраженная в равномерном распределении частиц по всему объему, в меньшем размере частиц от 0,1 до 1,7 мкм, что свидетельствует о седиментационной и агрегативной устойчивости эмульсии.

Поскольку разрабатываемые эмульсии будут использоваться в качестве защитных противокоррозионных и гидроизоляционных покрытий строительных конструкций и изделий, то были проведены исследования по изучению процесса формирования покрытий из эмульсий на металлических и бетонных поверхностях.

Существуют различные теории о механизме и движущих силах процессов при пленкообразовании из водных дисперсий [1-3], в которых особое внимание уделяется выявлению природы сил на

Битумная эмульсия с 3% ОПС



Характеристики структуры для темной фазы

Плоскостные характеристики		
Средний размер частиц:		
1,817287475		
Коэффициент вариации:		
0,452728948		
Дисперсия:		
0,676898882		
Коэффициент увеличения:		
0,018691588		
Интервал (мкм)	Количество частиц в интервале	Процентное содержание частиц
0 - 0,872 (1)	9666	79
0,872 - 1,745 (2)	1555	12,7
1,745 - 2,618 (3)	723	5,9
2,618 - 3,491 (4)	179	1,5
3,491 - 4,364 (5)	58	0,47
4,364 - 5,237 (6)	17	0,14
5,237 - 6,11 (7)	28	0,23
6,11 - 6,983 (8)	1	0,008
6,983 - 7,856 (9)	1	0,008
7,856 - 8,728 (10)	2	0,016

Рис. 5



границе раздела фаз, ответственных за слияние частиц дисперсий с образованием однофазной непрерывной пленки. В общем виде процесс пленкообразования трактуется как скоростью удаления воды из эмульсии, так и флокуляцией и коалесценцией частиц дисперсий под действием сил различной природы.

Итак, пленкообразование из битумных эмульсий – процесс сложный, зависящий от многих факторов: дисперсной структуры исходной эмульсии, кинетики удаления воды, природы ПАВ и температуры окружающей среды.

Наиболее важной технологической характеристикой, определяющей возможность использования разработанных битумных эмульсий для антикоррозионных покрытий, является кинетика удаления из них воды. С этой целью использовалась битумная эмульсия (3% ОПС), которая наносилась кистью на предварительно очищенные и обезжиренные поверхности бетона и металла. Скорость удаления воды определялась путем взвешивания образцов до постоянного веса при температурах 22 °C и 50 °C.

Необходимо отметить, что одного слоя битумной эмульсии, нанесенной на бетонную поверхность, недостаточно, поскольку примерно через один час формирования покрытия наблюдаются оголенные места поверхности по причине проникновения эмульсии в поры бетона. Поэтому нами был нанесен второй слой БЭ, после чего образовалось ровное сплошное покрытие.

Как видно из рис. 6, после 5 часов формирования покрытия при 22 °C из БЭ на металлической поверхности (кривая 1) масса образца не изменяется и количество удаленной из него воды при этом практически равно первоначальному содержанию воды в БЭ (45%).

Кинетика удаления воды из покрытий на металле и бетоне (22 °C)

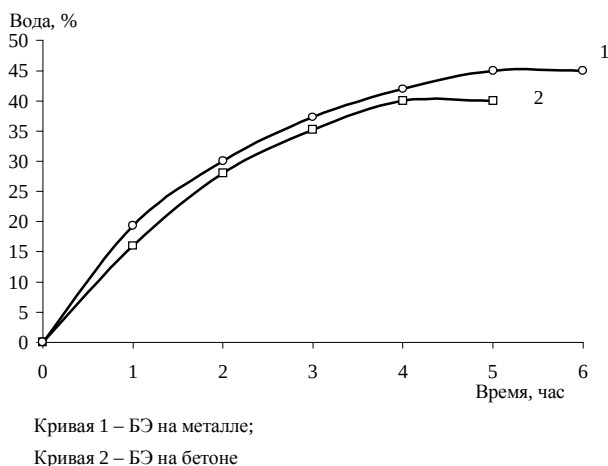


Рис. 6

Несколько иная картина наблюдается при формировании покрытия на бетонной поверхности (кривая 2), когда образец достигает своего постоянного веса через 4 часа, т.е. время удаления воды в этом случае на один час меньше, чем из покрытия на металлической поверхности. Вероятно, это можно объяснить частичным проникновением эмульсии в открытые поры бетона.

Поскольку в летнее время года черное покрытие из БЭ может нагреваться до 50 °C и выше, что непременно должно сказаться на скорости удаления воды из эмульсии, то нами проведены исследования по определению этого показателя, т.е. кинетики удаления воды, при 50 °C. Из рис. 7 видно, что скорость удаления воды из покрытий как на металле, так и на бетоне значительно, почти в два раза, увеличивается и составляет 3 часа и 2,5 часа соответственно. Судя по характеру кривых, наибольшее количество удаленной воды из покрытий (до 35%) наблюдается в начальный период времени, т.е. через один час, когда наблюдается степень высыхания покрытия до отлипа.

Таким образом, показано, что кинетика удаления воды из битумной эмульсии и скорость процесса формирования покрытия из нее в большей степени зависят как от природы подложки, так и температуры окружающей среды.

Покрытия из разработанных битумных эмульсий были испытаны на водо- и химстойкость в различных агрессивных средах: 10%-ные водные растворы H_2SO_4 , HCl , $NaOH$, $NaCl$. Химстойкость оценивалась по изменению массы образцов, внешнего вида (отслоение, растрескивание, вздутие, потеря блеска покрытия), наличие подпленочной коррозии.

Было установлено, что после выдержки образцов в этих средах в течение 30 суток покрытия испытания выдержали, за исключением потери блеска. Подпленочная коррозия на металлической

Кинетика удаления воды из покрытий на металле и бетоне (50 °C)

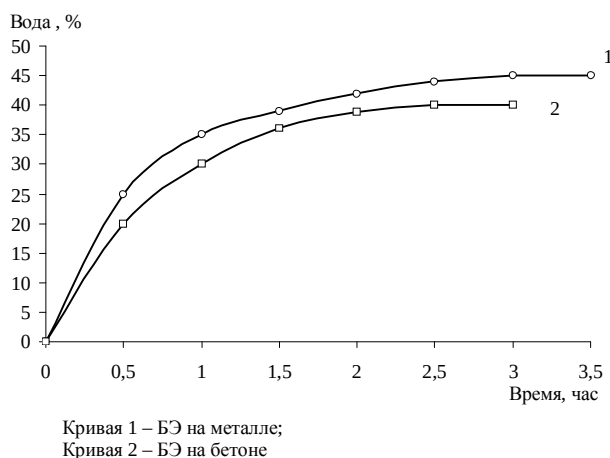


Рис. 7



поверхности отсутствовала.

Таким образом, разработанная эмульсия наиболее тонкодисперсная, т.е. обладает наименьшим средним размером частиц, вследствие чего значительно превышает гостированные требования к однородности и устойчивости при хранении и транспортировке. Результаты исследований битумных эмульсий в покрытиях на металлических и бетонных подложках в различных агрессивных средах на водо- и химстойкость показали их высокую надежность как защитных покрытий для строительных конструкций.

Литература

1. Воюцкий С.С. Курс коллоидной химии. – М.: Химия, 1976. – 512 с.
2. Верховланцев В.В. Физико-химия пленкообразующих систем. – Л.: Изд-во ЛТИ им. Ленсовета, 1973. – 127 с.
3. Френкель Я.И. Кинетическая теория жидкости. – Л.: Наука, 1975. – 592 с.



УДК 691.51/55

М.М. Рахимов – соискатель, начальник МУП «Казметрострой»

Кафедра строительных материалов

Казанский государственный архитектурно-строительный университет (КазГАСУ)

ВЛИЯНИЕ ЦЕОЛИТСОДЕРЖАЩИХ ДОБАВОК НА СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ ШЛАКОЩЕЛОЧНЫХ ВЯЖУЩИХ С СУЛЬФАТНАТРИЕВЫМ ЗАТВОРИТЕЛЕМ

АННОТАЦИЯ

В настоящей работе приведены результаты исследований влияния цеолитсодержащих добавок на свойства композиционных шлакощелочных вяжущих (КШЩВ) с затворителем – водным раствором сульфата натрия. Изучено влияние вида и содержания цеолитсодержащих добавок на удельную поверхность вяжущего и прочность шлакощелочного камня (при твердении в нормально-влажностных условиях и после тепловлажностной обработки).

M.M. Rakhimov – researcher, chief of MC «Kazmetrostroy»

Department of Building Materials

Kazan State University of Architecture and Engineering (KSUAE)

THE INFLUENCE OF ZEOLITE CONTAINING ADDITIVES ON THE PROPERTIES OF COMPOSITIONAL SLAG-ALKALINE BINDINGS WITH SULPHATE SODIUM SOLUTION

ABSTRACT

In this work, the influence of the zeolite containing additives on the properties of compositional slag-alkaline binding with sulphate sodium solution is described. The influence of the type and content of zeolite containing additives on a specific surface knitting and durability of slag-alkaline stone is studied (under conditions of normal temperature and humidity and after processing in higher temperature and humidity conditions).

Минеральный и химический состав, особенности структуры цеолитсодержащих материалов определили эффективность их использования в качестве добавок при получении композиционных вяжущих на основе портландцемента [1], гипсовых [2], доломитовых [3], золопудцолановых [4], шлакощелочных (ШЩВ) [5]. Установлена возможность использования в качестве затворителя ШЩВ сульфата натрия, которое ранее считалось невозможным из-за низкого $pH=7-8$ среды, за счет повышения pH до 10-11 модифицированного цеолитсодержащими материалами ШЩВ.

Известными исследованиями [5] установлено, что значительное увеличение прочности и снижение высокообразования материалов на основе композиционных шлакощелочных вяжущих (КШЩВ) достигается при введении в них добавок цеолитовых пород с содержанием цеолитовых минералов свыше 50% и клиноптилолита не менее 40%. В настоящей работе приведены результаты исследований влияния вида и содержания различных цеолитсодержащих добавок на свойства КШЩВ с затворителем – водным раствором сульфата натрия.

Исследования проводились с получением КШЩВ на основе доменного шлака Орско-Халиловского металлургического комбината (табл.1).

В качестве цеолитсодержащих добавок (ЦСД) использовались: цеолитсодержащая порода (ЦСП) Татарско-Шатранского месторождения, отход варки жидкого стекла (ОВС) из ЦСП (после прямого растворения ЦСП в щелочи $NaOH$), крошка синтетического цеолита (СЦ) NaX состава $Na_2O_x Al_2O_3 \cdot x \cdot 2,5 SiO_2$ – отход Стерлитамакского АО «Каустик». Химический состав ЦСП и СЦ приведен в табл.2. Фазовый состав ЦСП, масс. %: цеолит (клиноптилолит) – 16 ± 3 ; кальцит – 22 ± 4 ; опал-кристобалит-тридимитовая (ОКТ) фаза – 44 ± 6 ; глинистые минералы – 12 ± 2 ; кварц – 6 ± 1 . Отход варки жидкого стекла из ЦСП отличается от нее меньшим содержанием кристаллических фаз, отсутствием ОКТ-фазы и пониженным содержанием клиноптилолита.

Раздельный помол шлака до $250-300 \text{ м}^2/\text{кг}$ и ЦСД в диапазоне от 100 до $800 \text{ м}^2/\text{кг}$ и их последующее смешение с содержанием ЦСД от 0 до 20% позволяют получать камень вяжущего с прочностью на 30-40% меньше, чем у образцов камня вяжущего совместного помола компонентов. В связи с этим помол шлаков и ЦСД производился совместно в лабораторной планетарной мельнице в течение времени, необходимого для помола шлака до удельной поверхности $300-350 \text{ м}^2/\text{кг}$.



Таблица 1

Химический состав шлака ОХМК

	Содержание в % на абсолютно сухую навеску												Mo	Ma
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃	П.п.п.		
Шлак ОХМК	39,3-	8,22-	0,25-	<0,1	0,36-	40,00-	6,26-	0,44-	0,39-	0,01-	1,27-	0,80-	0,978-	0,205-
	40,02	10,40	0,36		0,47	42,02	7,60	0,58	0,66	0,04	1,45	1,05	1,011	0,265

Таблица 2

Химический состав ЦС/Д

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅	SO ₃
ЦСП	59,5	4,7	1,4	0,04	15,3	0,8	0,06	1,0	0,2	0,01	0,06	0,05
ОВС	54,09	5,85	1,63	0,27	12,54	0,79	9,84	0,95	0,31	0,01	0,08	<0,05

Таблица 3

Удельная поверхность и гранулометрический состав КШЩВ

Состав КШЩВ	Время помола, с	S _{уд} , м ² /кг	Средний размер частиц d, мкм	Содержание фракций, %					
				0-5 мкм	5-10 мкм	10-20 мкм	20-50 мкм	50-100 мкм	100-250 мкм
ОХМК	96	300-320	6,5	17,9	14,43	25,51	34,71	7,45	-
ОХМК+ 10% ЦСП	96	635-650	3,3	28,91	15,57	24,38	27,37	3,77	-
ОХМК+ 10% ОВС	96	400-410	5,0	21,19	13,3	22,31	30,86	11,26	1,08
ОХМК+ 10% Ц	96	500-510	4,0	21,17	15,36	26,15	30,54	6,65	0,04



Затворение КШЩВ производилось водным раствором сульфата натрия плотностью при 20°C 1,15 г/см³.

На рисунке приведены результаты исследований влияния вида и содержания выбранных ЦСД на прочность камня КШЩВ после 28-суточного нормально-влажностного твердения (а) и после тепловлажностной обработки (б) по режиму 4+3+6+3 при температуре изотермического прогрева 95±5°C.

Приведенные данные показывают, что из рассматриваемых цеолитсодержащих материалов заметно влияют на прочность образцов шлакощелочного камня при сжатии после ТВО только добавки ЦСП. Оптимальное содержание добавок ЦСП составляет 5-10%, что согласуется с данными, полученными в работах Киевской школы при разработке КШЩВ с добавками цеолитовых пород. Эффект роста прочности при введении добавок в условиях твердения при ТВО уменьшается в ряду:

$$\text{КШЩВ с ЦСП} > \text{КШЩВ с ОВС} > \text{КШЩВ с СЦ} > \text{ШЩВ} \\ 4,7-4,8 > 1,54-1,85 > 1,17-1,28 > 1.$$

Причем активность ЦСП в условиях рассматриваемых вяжущих систем проявляется только в условиях твердения при повышенной температуре и влажности - ТВО. В нормально-влажностных условиях твердения прочность модифицированных вяжущих практически несущественно отличается от аналогичного показателя контрольных систем:

$$\text{КШЩВ с ЦСП} > \text{КШЩВ с ОВС} > \text{КШЩВ с СЦ} > \text{ШЩВ} \\ 1,04 - 1,10 > 1,02 > 0,96 - 0,99 > 1.$$

Согласно известным представлениям [6], механизм действия цеолитовых добавок заключается в том, что они повышают щелочность среды за счет ионообменных реакций, что ускоряет процессы диспергации шлака и формирования новообразований, и служат «затравками» для кристаллизации цеолитоподобных структур. Однако, эти выводы были сделаны при изучении КШЩВ с модификаторами, характеризующимися значительным содержанием порообразующих минералов (клиноптилолита и(или) анальцима) – 42-70%.

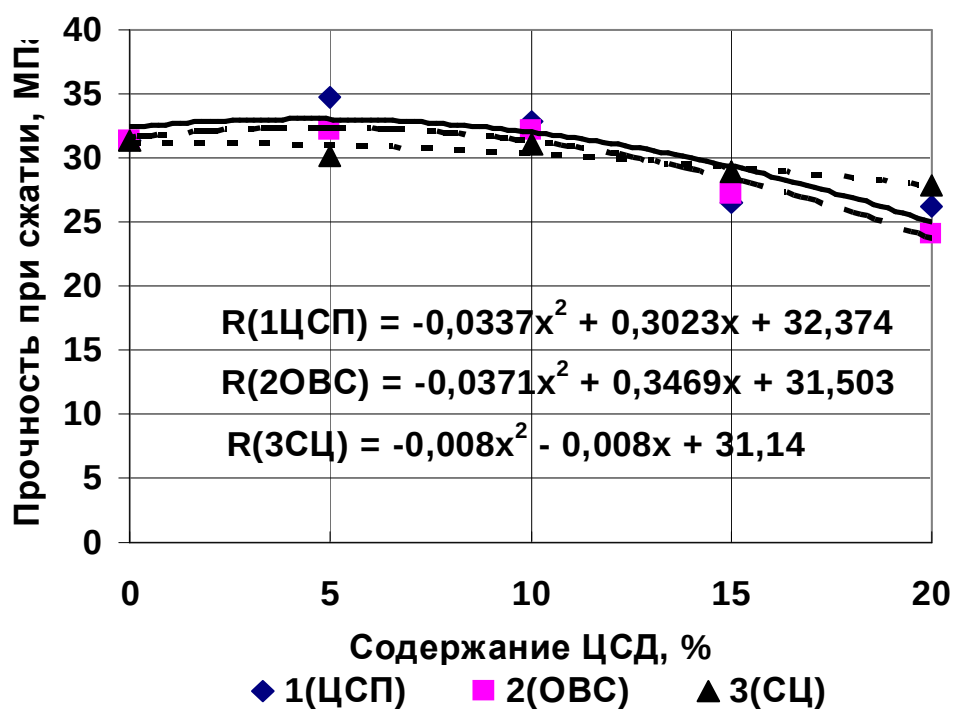
Полученные нами данные позволяют предполагать, что наряду с этим в формирование структуры КШЩВ с добавками из кремнистых ЦСП с низким содержанием клиноптилолита – 16±3% значительный вклад вносит ОКТ-фаза. Это подтверждается незначительным повышением прочности с добавкой ОВС и СЦ, не содержащих ОКТ-фазы, несмотря на большее по сравнению с ЦСП содержание подвижных ионов натрия. Следовательно, присутствие значительного содержания (44±6%) ОКТ-фазы делает возможным использование для получения ШЩВ на основе сульфата натрия и ЦСП с низким содержанием клиноптилолита. Вероятно, в условиях рассматриваемых вяжущих систем водный аморфный

кремнезем является важным структурообразующим элементом, инициирующим возникновение дополнительных структур, в числе других формирующих прочностные характеристики искусственного шлакощелочного камня. Причем повышение температуры (при ТВО) многократно повышает скорость протекания этих процессов.

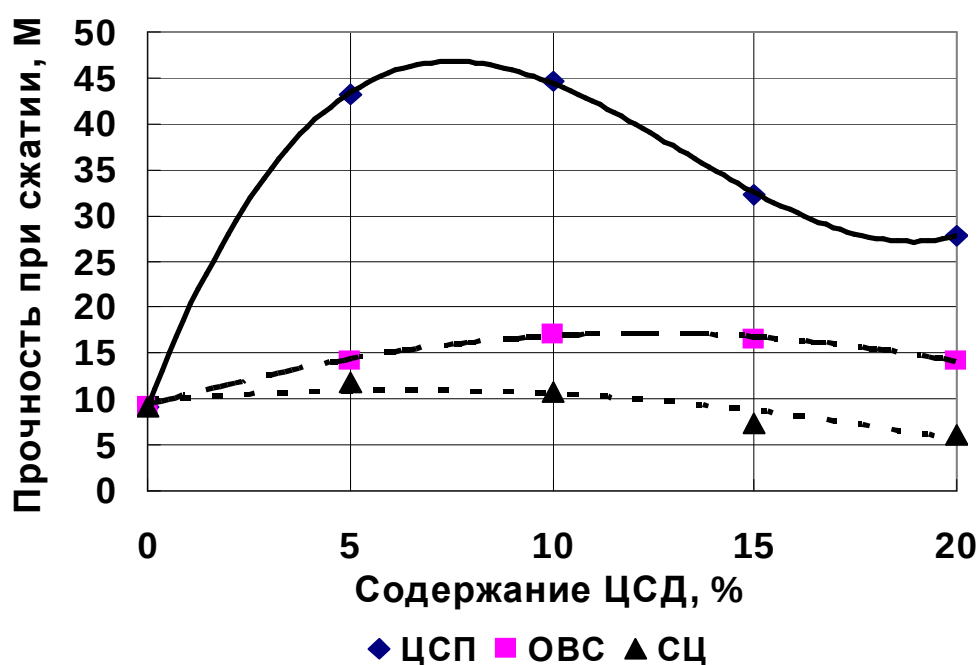
Важную роль в формировании структуры и свойств минеральных вяжущих играют их $S_{уд}$ и гранулометрический состав. Для ШЩВ, в соответствии с [7, 8], $S_{уд}$ шлака должна составлять не менее 250-300 м²/кг (по ост. на сите №008 не более 9-10%). Минеральные добавки, вводимые при помоле шлака, могут изменять параметры его диспергирования (в зависимости от содержания, твердости добавок и т.д.). Добавки, превышающие шлак по твердости, улучшают его размалываемость. Присутствие менее твердых высокодисперсных добавок, таких, к примеру, как морденит, хлорит и клиноптилолит [9], ведет к росту $S_{уд}$ вяжущего на 70-100 м²/кг, в основном за счет увеличения содержания тонкой фракции от 0 до 10 мкм.

Вместе с тем, при использовании АМД необходимо принимать во внимание, что активность добавок этой группы значительно возрастает с повышением тонкости их помола и зависит также от размера частиц аморфного кремнезема. Результаты определения характера и степени изменения $S_{уд}$ и гранулометрического состава КШЩВ с введением модификаторов позволяют более полно оценить вклад, вносимый добавками. Поэтому нами исследовано влияние выбранных ЦСД на указанные параметры в зависимости от их химико-минералогического состава.

Результаты изучения влияния оптимального содержания ЦСД на $S_{уд}$ и гранулометрический состав КШЩВ с ЦСД, полученных при постоянном времени помола, необходимом для измельчения шлака до $S_{уд}=250-300$ м²/кг, приведены в табл.3. Представленные данные показывают, что за это же время помола проба с добавкой ЦСП имеет $S_{уд}=630-650$ м²/кг, с ОВС $S_{уд}=400-410$ м²/кг, а с СЦ $S_{уд}=500-510$ м²/кг. Вероятно, это обусловлено различиями в минеральном составе добавок, а именно отсутствием в СЦ и ОВС легко диспергируемой ОКТ-фазы. По гранулометрическому составу пробы с добавками отличаются большим содержанием фракций от 0 до 10 мкм и меньшим содержанием фракций 10-100 мкм. Причем наибольшие изменения в содержании указанных фракций происходят при использовании ЦСП. В КШЩВ с ее использованием фракции 0-10 мкм содержится на 12,15% больше, а 10-250 на 15,15% меньше по сравнению с контрольным. Большим значениям удельной поверхности и содержанию мелких фракций в составе с ЦСП, вероятно, способствует не только содержание в ней тонкодисперсной ОКТ-фазы, но и ее дальнейшее измельчение при совместном помоле со шлаком. Уменьшение размера частиц опал-кristобалита влечет



а)



б)

Рис. Зависимости прочности шлакощелочного камня после твердения в нормально-влажностных условиях (а) и после ТВО (б) на основе шлака ОХМК с затворителем из раствора сульфата натрия от вида и содержания ЦСД



за собой и повышение ее активности. Этот фактор вносит свой вклад в повышение реакционной способности КШЩВ. Вероятно, этим же, в том числе, объясняется и более высокая прочность образцов, изготовленных из составов, полученных путем совместного помола.

Таким образом, проведенные исследования показали, что из рассмотренных ЦСД только ЦСП оказывает существенное влияние на прочность искусственного шлакощелочного камня на основе шлака ОХМК при твердении в условиях ТВО. При твердении в нормально-влажностных условиях прочность камня КШЩВ с ЦСД несущественно отличается от бездобавочных.

Литература

1. Кузнецова Т.В., Потапова Е.Н., Горелик А.С., Сидорова М.В. Получение и свойства цеолитсодержащих цементов // Цемент, 1989, №7. – С. 22.
2. Алтыкис М.Г., Халиуллин М.И., Рахимов Р.З., Морозов В.П., Бахтин А.И. Влияние добавок цеолитсодержащих пород на свойства гипсовых вяжущих // Изв. вузов. Строительство, 1996, №3. – С. 56-59.
3. Бирюлева Д.К., Шелихов Н.С., Рахимов Р.З. Влияние добавок цеолитсодержащих пород на свойства доломитового цемента // Современные проблемы строительного материаловедения: Материалы пятых академических чтений РААСН/ВГАСА, 1999. – С. 38-41.
4. Овчаренко Г.И., Францен В.Б., Овчаренко Е.Г., Хижинкова Е.Ю., Щукина Ю.В. Золо-пуццолановые вяжущие и материалы // Современное состояние и перспективы развития строительного материаловедения. – Самара, 2004. – С.382-384.
5. Сидоренко Ю.А. Повышение стойкости шлакощелочных вяжущих и бетонов против высолообразования // Автореф. дисс. на соиск. степ. канд.техн.наук. – Киев, 1991. – 23 с.
6. Кривенко П.В., Скурчинская Ж.В. Эффективные пути совершенствования свойств шлакощелочных вяжущих // Цемент, 1990, №6. – С. 17-21.
7. Рекомендации по изготовлению шлакощелочных бетонов и изделий на их основе. – М.: НИИЖБ Госстроя СССР, 1986. – 55 с.
8. ТУ 67-1020-89. «Вяжущее шлакощелочное».
9. Вертопрахова Л.А., Иванова Р.Г., Гальперина Т.Я. и др. Вяжущее. А.С. 1616868, С04 В 7/153. Бюлл. №48. 30.12.90.



УДК 691.51/55

Н.Р. Рахимова – кандидат технических наук, доцент

Кафедра строительных материалов

Казанский государственный архитектурно-строительный университет (КазГАСУ)

ШЛАКОЩЕЛОЧНЫЕ ВЯЖУЩИЕ С ДОБАВКАМИ МОЛОТОГО БОЯ КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА

АННОТАЦИЯ

В статье приведены результаты разработок шлакощелочных вяжущих с добавками молотого боя керамического кирпича. Исследовано влияние содержания добавок и тонкости помола вяжущего (на основе различных шлаков и затворителей) на нормальную густоту, сроки схватывания, прочность в нормально-влажностных условиях твердения и после тепловлажностной обработки.

N.R. Rakhimova – candidate of technical sciences, associate professor

Department of Building Materials

Kazan State University of Architecture and Engineering (KSUAE)

ALKALI-ACTIVATED BINDINGS WITH ADDITIVES OF CERAMIC BRICKS BREAKAGE

ABSTRACT

In this work, the influence of the content of additives of ceramic bricks breakage and of the fineness of binding (on the basis of different slags and solutions) on normal consistence, terms of stiffening and strength (the hardening is at standard conditions and in at moist curing), is studied.

В последнее десятилетие мировое сообщество пересмотрело стратегию дальнейшего развития земной цивилизации, выдвинув взамен доминировавшего направления безграничного «научно-технического прогресса» стратегию «устойчивого развития», основные критерии которой ограничение потребления природных ресурсов, энергосбережение, защита окружающей среды. Эти же критерии являются базовыми и в стратегии развития строительного комплекса [1-3]. Эти условия диктуют необходимость разработки вяжущих, производство которых по сравнению с производством портландцементов характеризуется меньшими потреблением энергетических и природных сырьевых ресурсов и объемами вредных выбросов в атмосферу. Одной из разновидностей таковых являются шлакощелочные вяжущие (ШЩВ), при производстве которых используются самые многотоннажные отходы промышленности, засоряющие и отравляющие окружающую среду. Их эффективность была доказана отечественными исследователями в период 60-80-х годов прошлого столетия школами Глуховского В.Д. [4], НИИЖБ и другими. Осваивалось производство ШЩВ и бетонов (ШЩБ) на их основе в различных городах бывшего СССР. К середине 80-х годов по ряду причин – отсутствие дефицита цемента, дефицит щелочных затворителей, повышенное высолообразование ШЩБ –

их производство снизилось, а затем прекратилось. Резко снизились и объемы разработок и исследований ШЩВ и бетонов на их основе. Повышающиеся в последнее время требования по ресурсо- и энергосбережению, охране окружающей среды в строительной отрасли, в том числе в производстве вяжущих веществ и бетонов, делают актуальными наращивание исследований по разработке ШЩВ и ШЩБ и развитие их производства. В последние 20 лет в нашей стране и за рубежом получили развитие разработки и производство композиционных минеральных вяжущих веществ – цементных, гипсовых, известковых и магнезиальных. Очевидно, что дальнейшее развитие науки и практики ШЩВ также должно идти в направлении разработок композиционных шлакощелочных вяжущих (КШЩВ).

На кафедре строительных материалов Казанского государственного архитектурно-строительного университета в последние годы ведутся систематические исследования по разработке КШЩВ с местными минеральными добавками из природного и техногенного сырья и с различными щелочными затворителями. В настоящей статье представлены отдельные результаты разработок КШЩВ с добавками молотого боя керамического кирпича (БКК). При исследованиях использовались: нейтральный и кислый доменные шлаки соответственно Орско-Халиловского (ОХМК) и Челябинского (ЧМК) металлургических



комбинатов; жидкое стекло и сода, соответствующие требованиям ГОСТ 13078-81 и ГОСТ 5100-85; бой керамического кирпича АО «Казанский КСМ», ОАО «Арский кирпичный завод» и кирпичей, полученных при разборке кирпичных стен двух различных снесенных зданий. Принятые при исследованиях керамические кирпичи отличались по содержанию оксидов и минералов. Известными исследованиями ранее была показана эффективность добавки в ШЩВ необожженной глины до 15% и дегидратированной глины до 20%. В известной литературе не выявлены исследования влияния на свойства ШЩВ добавок частично или полностью спеченного глинистого сырья. Вместе с тем, рациональное использование кирпичного боя представляет одну из проблем утилизации отходов строительной отрасли.

В начале исследований было изучено влияние способа введения добавки молотого БКК – при совместном и раздельном помоле со шлаком. Как и ожидалось, более эффективным является совместный помол. При этом при тонкости помола вяжущего 300 м²/кг прочность при сжатии камня полученных вяжущих на основе шлака ОХМК по сравнению с бездобавочным (при затворении тех и других жидким стеклом плотностью 1,3 г/см³) оказалась при

содержании молотого БКК: 30% – более чем на 20% со 108 у бездобавочного до 135 МПа, 60% – на уровне бездобавочного, 80% – равной 70 МПа.

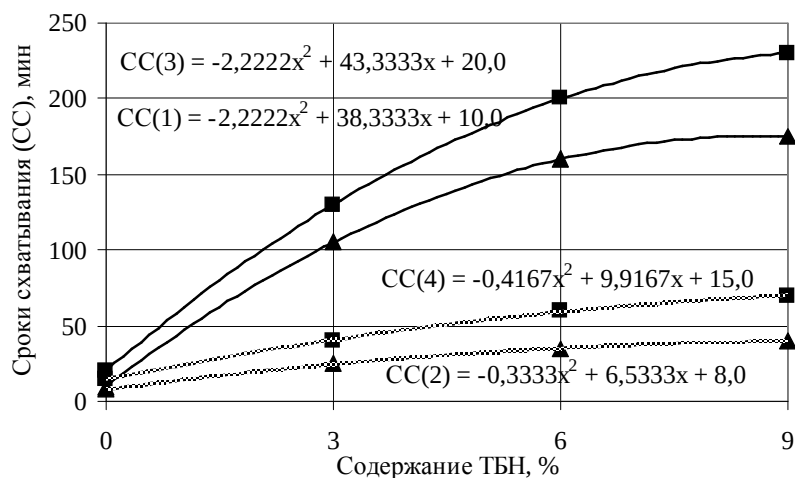
В работе приняты известные и новые обозначения разработанных ШЩВ: известные – ШЩВ0 – вяжущее без добавок, ШЩВ2 – вяжущее с добавкой молотого портландцементного клинкера; новые – ШЩВ030, ШЩВ060, ШЩВ080 – композиционные вяжущие без добавок клинкера с добавками молотого БКК соответственно 30, 60 и 80%, ШЩВ4Д30 – композиционное вяжущее с содержанием молотой минеральной добавки 30% и клинкера 4%.

Для установления оптимального соотношения между количеством добавки молотого БКК в КШЩВ и удельной поверхностью вяжущего, обеспечивающих максимальную прочность, проведен эксперимент по методу рототабельного центрального композиционного планирования с двумя факторами – содержание молотого БКК и удельная поверхность вяжущего. По результатам этого эксперимента установлено, что наибольшие прочностные показатели достигаются при введении молотого БКК в количестве 20–40% в интервале тонкости помола вяжущего 300–900 м²/кг. В связи с этим основные исследования свойств КШЩВ проведены при содержании добавки БКК – 30%.

Таблица 1

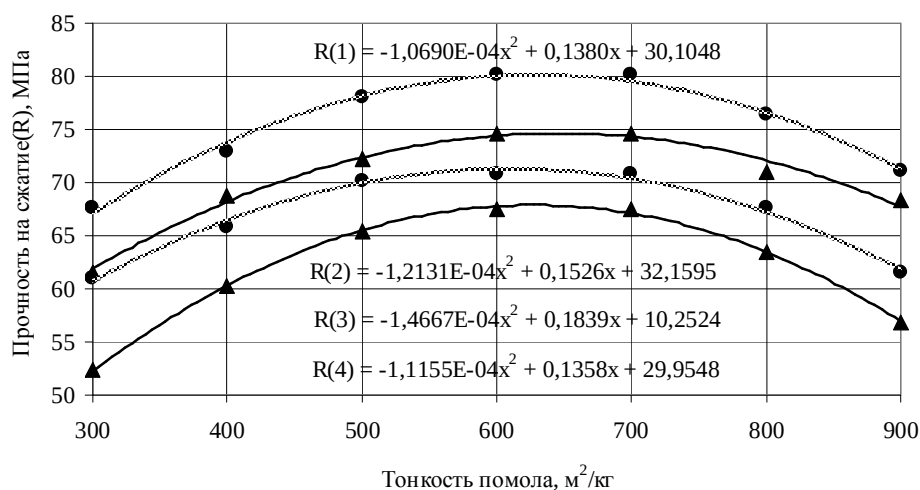
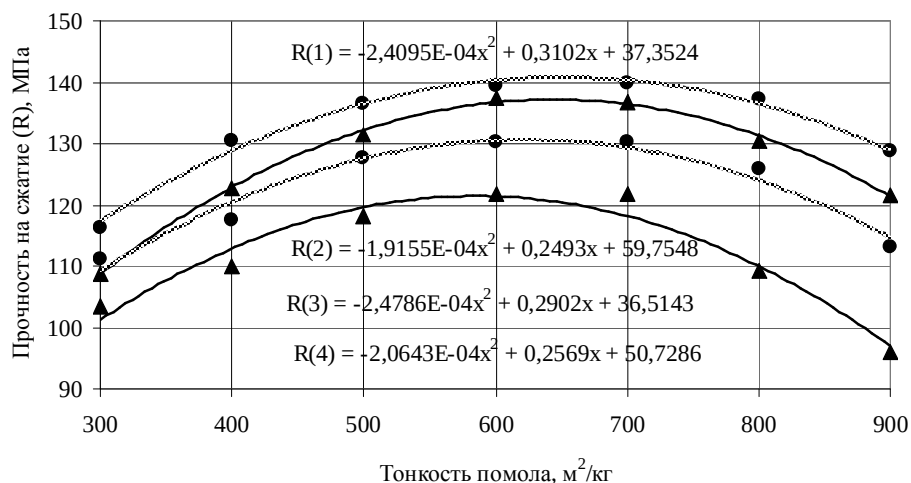
Влияние удельной поверхности молотых шлаков и вида щелочных компонентов на сроки схватывания ШЩВ0 и ШЩВ0Д30

Состав		Затворитель	Сроки схватывания шлакощелочного теста (начало/конец), в зависимости от удельной поверхности шлака; (м ² /кг)						
вяжущее	шлак		300	400	500	600	700	800	900
ШЩВ0	ОХМК	жидкое стекло ρ=1,3 г/см ³ Мс=1,5	<u>0-12</u> 0-22	<u>0-11</u> 0-20	<u>0-10</u> 0-18	<u>0-08</u> 0-15	<u>0-06</u> 0-15	<u>0-05</u> 0-11	<u>0-04</u> 0-10
ШЩВ0Д30			<u>0-10</u> 0-18	<u>0-09</u> 0-17	<u>0-08</u> 0-15	<u>0-06</u> 0-15	<u>0-06</u> 0-13	<u>0-05</u> 0-11	<u>0-04</u> 0-08
ШЩВ0	ЧМК		<u>0-12</u> 0-25	<u>0-10</u> 0-23	<u>0-10</u> 0-20	<u>0-09</u> 0-18	<u>0-08</u> 0-16	<u>0-07</u> 0-15	<u>0-06</u> 0-13
ШЩВ0Д30			<u>0-10</u> 0-22	<u>0-09</u> 0-20	<u>0-08</u> 0-18	<u>0-08</u> 0-14	<u>0-07</u> 0-13	<u>0-06</u> 0-10	<u>0-05</u> 0-08
ШЩВ0	ОХМК	сода ρ=1,15 г/см ³	<u>1-20</u> 3-50	<u>1-10</u> 3-20	<u>0-55</u> 2-40	<u>0-45</u> 2-10	<u>0-40</u> 1-50	<u>0-40</u> 1-10	<u>0-30</u> 1-00
ШЩВ0Д30			<u>1-00</u> 2-10	<u>0-50</u> 1-50	<u>0-40</u> 1-40	<u>0-40</u> 1-20	<u>0-35</u> 1-10	<u>0-30</u> 0-50	<u>0-20</u> 0-40
ШЩВ0	ЧМК		<u>0-50</u> 3-00	<u>0-45</u> 2-50	<u>0-40</u> 2-20	<u>0-35</u> 2-10	<u>0-30</u> 1-30	<u>0-25</u> 1-10	<u>0-20</u> 1-00
ШЩВ0Д30			<u>0-40</u> 1-50	<u>0-35</u> 1-30	<u>0-30</u> 1-20	<u>0-30</u> 1-00	<u>0-20</u> 0-50	<u>0-15</u> 0-40	<u>0-10</u> 0-30



1 – начало схватывания ШЩВ0; 2 – начало схватывания ШЩВ0Д30;
3 – конец схватывания ШЩВ0; 4 – конец схватывания ШЩВ0Д30

Рис. 1. Влияние содержания добавок тетрабората натрия на сроки схватывания бездобавочного и композиционного шлакощелочных вяжущих



1 – ШЩВ0 после ТВО; 2 – ШЩВ0Д30 после ТВО; 3 – ШЩВ0 после 28 суток нормально-влажностного твердения;
4 – ШЩВ0Д30 после 28 суток нормально-влажностного твердения

Рис. 2. Влияние удельной поверхности шлака ОХМК на прочность ШЩК, изготовленного на водном растворе:
а) жидкого стекла $\rho=1,3$ г/см³, $M_c=1,5$; б) соды $\rho=1,15$ г/см³

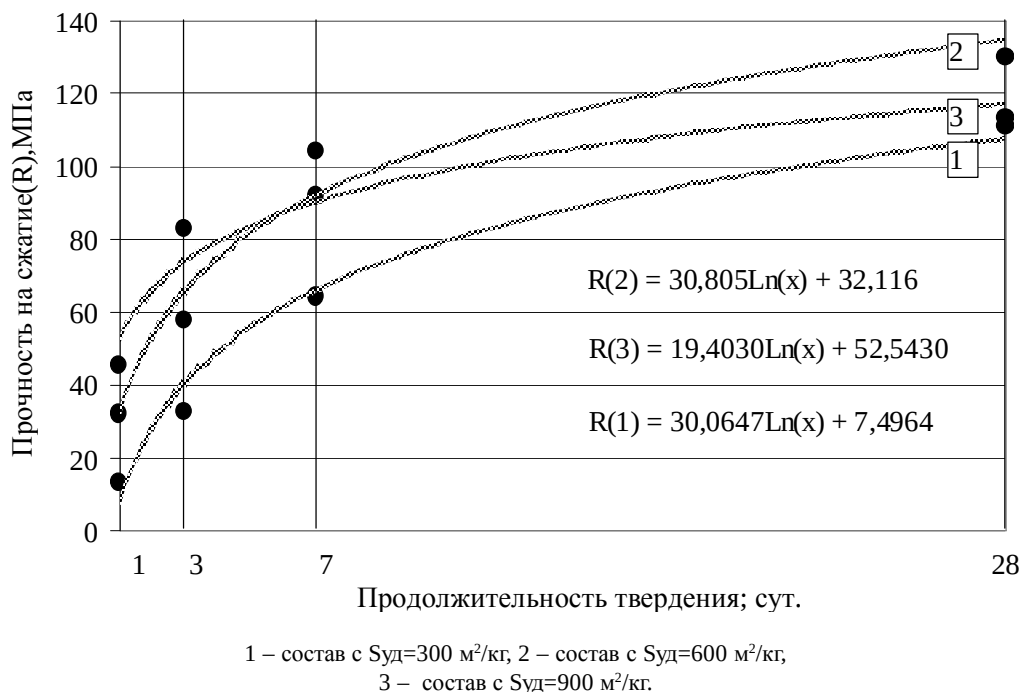


Рис. 3. Зависимость изменения прочности на сжатие ШЩК вяжущего ШЩВ0Д30 на основе шлака ОХМК жидкого стекла от тонкости помола и продолжительности твердения

Исследования влияния добавок молотого боя принятых при исследованиях кирпичей на свойства КШЩВ показали, что отличия их по химическому и минеральному составу несущественно влияют на уровень и закономерность изменения свойств КШЩВ от содержания молотого БКК независимо от вида щелочного затворителя. В известных работах различными исследованиями оптимальной устанавливалась тонкость помола ШЩВ от 350 до 600 $\text{м}^2/\text{кг}$. Нами проведены исследования влияния на свойства КШЩВ тонкости их помола от 300 до 900 $\text{м}^2/\text{кг}$.

Нормальная густота ШЩВ0Д0 при изменении тонкости помола от 300 до 900 $\text{м}^2/\text{кг}$ прямо пропорционально изменялась в пределах от 26 до 33 и 34,4% при затворении соответственно растворами жидкого стекла плотностью 1,3 $\text{г}/\text{см}^3$ и соды плотностью 1,15 $\text{г}/\text{см}^3$. В таблице 1 приведены данные исследований влияния тонкости помола на сроки схватывания ШЩВ0 и КШЩВ0Д0.

Сроки схватывания теста ШЩВ0 и КШЩВ0Д30 сокращаются по прямопропорциональной зависимости от тонкости помола вяжущего. При этом, если сроки схватывания вяжущих, затворенных растворами соды, показывают возможности использования отдельных составов без замедлителя, то для применения вяжущих, затворенных растворами жидкого стекла, необходимо вводить замедлители сроков схватывания. Наиболее эффективным замедлителем сроков схватывания ШЩВ является тетраборат натрия [5]. На рис. 1 приведены зависимости изменения сроков схватывания ШЩВ0 на основе шлака ОХМК от содержания этого замедлителя, которые показывают возможности изменения сроков

схватывания этих вяжущих в широких пределах.

На рис. 2 приведены зависимости изменения прочности при сжатии шлакощелочного камня (ШЩК) вяжущих ШЩВ0 и ШЩВ0Д30 в зависимости от тонкости помола.

Зависимости изменения сроков схватывания ШЩВ0Д30 на основе кислого шлака ЧМК от тонкости помола подобны приведенным на рис. 2 для вяжущих на основе нейтрального шлака ОХМК.

Добавки в ШЩВ указанного выше замедлителя твердения не оказывают заметного влияния на их прочность.

На рис.3 приведены зависимости набора прочности при сжатии ШЩК вяжущего ШЩВ0Д30 на основе шлака ОХМК и жидкого стекла от тонкости помола и продолжительности твердения.

Приведенные на рис. 3 зависимости и результаты исследований закономерностей набора прочности ШЩВ0Д0 и ШЩВ0Д30 на основе нейтрального и кислого шлаков и различных затворителей показали, что они могут быть получены в зависимости от тонкости помола и содержания молотого БКК нормально-, быстро- и особобыстротвердеющие, рядовые и высокопрочные. В таблице 2 приведены отдельные рекомендуемые составы разработанных вяжущих и характеристики их свойств.

На основе разработанных бездобавочных и с добавками молотого боя керамического кирпича ШЩВ получены быстро- и особобыстротвердеющие, рядовые и высокопрочные бетоны классов по прочности до В80, марок по морозостойкости до F800 и по водонепроницаемости до W25.



Таблица 2

Составы ШЩВ0 и ШЩВ0Д30

№	Суд.	Содержание молотого БКК	Вид затворителя	ТБН	НГ	Сроки схватывания		Прочность на сжатие; (МПа)			
	м ² /кг	%, от массы шлака		%	%	начало	конец	1 сут	3 сут	28 сут	ТВО
Шлак ОХМК											
*	300	—	Водный р-р соды ρ = 1,15 г/см ³	-	26,3	1-20	3-50	-	15,0	52,3	61,5
1	700			-	28,3	0-40	1-50	22,9	37,5	67,6	74,6
2	900			-	30,2	0-30	1-00	40,4	63,5	56,8	68,3
3	300	30		-	30,7	1-00	2-10	-	-	61,0	67,6
4	700			-	32,7	0-40	1-10	12,2	29,9	70,8	80,2
5	900			-	34,0	0-20	0-40	32,5	56,6	61,5	71,1
**	300	—	Водный р-р жидкого стекла ρ = 1,3 г/см ³ ; Мс = 1,5	9	26,6	2-50	3-50	27,2	52,0	103,5	108,9
6	700			9	28,8	1-40	3-20	43,2	70,9	121,7	137,2
7	900			9	30,7	1-10	2-50	68,4	90,5	96,1	121,6
8	300	30		9	31,3	0-40	1-10	13,5	32,5	111,2	116,3
9	700			9	33,2	0-30	1-00	32,4	58,0	130,3	139,7
10	900			9	34,4	0-20	0-50	45,6	83,1	113,1	128,9
Шлак ЧМК											
***	300	—	Водный р-р соды ρ = 1,15 г/см ³	-	26,7	0-50	3-00	-	3,0	50,8	56,3
12	700			-	28,5	0-30	1-30	8,2	32,3	60,7	68,0
13	900			-	30,6	0-20	1-00	28,2	38,4	56,5	63,4
14	300	30		-	31,2	0-50	2-10	-	-	57,3	63,6
15	700			-	33,1	0-30	1-10	6,1	28,3	66,0	74,0
16	900			-	34,2	0-20	0-40	14,2	34,4	62,0	69,7
****	300	—	Водный р-р жидкого стекла ρ = 1,3 г/см ³ ; Мс=1,5	9	27,0	2-40	2-30	17,1	41,5	95,5	102,4
18	700			9	29,2	1-30	2-00	38,9	64,5	114,5	124,5
19	900			9	31,6	1-00	1-40	52,6	71,2	90,9	107,3
20	300	30		9	31,6	0-40	1-20	10,1	28,5	99,3	110,2
21	700			9	33,5	0-30	1-10	26,9	48,1	115,4	129,6
22	900			9	34,8	0-20	0-40	38,3	64,4	99,2	116,1



Литература

1. Баринова Л.С., Волков Ю.С. Строительство – определяющий фактор устойчивого развития // Строительный эксперт, 2002, №4. – С. 2-5.
2. Рахимов Р.З. Ресурсо- и энергосбережение – определяющие факторы устойчивого развития строительства и жилищно-коммунального хозяйства// Труды годовичного собрания РААСН «Ресурсы и энергосбережение как мотивация творчества в архитектурно-строительном процессе». – Казань: КГАСА, 2003. – С. 29-36.
3. Стратегия развития строительного комплекса Российской Федерации на период до 2010 года. – М.: Госстрой РФ, 2003. – 25 с.
4. Глуховский В.Д., Ростовская Г.С. Исследование и внедрение в производство шлакощелочных вяжущих, бетонов и конструкций на их основе. – К.: «Знание», 1979.
5. Алексеенко А.Е., Зыскин В.А., Меняйленко А.И. Регулирование сроков схватывания шлакощелочного вяжущего // Тезисы докладов Всесоюзной научной конференции. – Киев, 1979. – С. 281.



УДК 691.175-405.8

И.А. Старовойтова – аспирант

Кафедра технологии строительных материалов, изделий и конструкций

Казанский государственный архитектурно-строительный университет (КазГАСУ)

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ СВЯЗУЮЩИХ НА ОСНОВЕ ПОЛИИЗОЦИАНАТОВ И ВОДНЫХ РАСТВОРОВ СИЛИКАТОВ НАТРИЯ

АННОТАЦИЯ

В работе изучены гибридные связующие на основе полиизоцианатов и водных растворов силикатов натрия. Структура связующих исследована методами ИК-спектроскопии и сканирующей электронной микроскопии. Совместимость органического и неорганического компонентов исследована методом оптической интерферометрии. Наиболее равномерная фазовая структура установлена для связующих на жидких стёклах с силикатным модулем 3,7-4,5. Высокие физико-механические характеристики, водостойкость и максимальная теплостойкость характерны для связующих на жидких стёклах с силикатным модулем 3,7-4,0.

I.A. Starovojtova – post-graduate student

Technologies of the Building Materials, Product and Designs department

Kazan State University of Architecture and Engineering (KSUAE)

THE RESEARCH OF STRUCTURE OF BINDERS ON THE BASIS OF POLYISOCYANATES AND WATER SOLUTIONS OF SODIUM SILICATES

ABSTRACT

In the work hybrid binders on the basis of polyisocyanates and water solutions of sodium silicates are studied. The structure of binders is investigated by methods of the IR-spectroscopy and scanning electronic microscopy. The compatibility of organic and inorganic components is investigated by the optical interferometry. The most uniform phase structure is established for binders on liquid glasses with the silicate module of 3,7-4,5. The high durability, water resistance and the maximum temperature are characteristic for the binders on liquid glasses with the silicate module of 3,7-4,0.

Целью нашей работы является создание гибридных связующих на основе органических и неорганических олигомеров для полимерных композиционных материалов. Ранее [1] были исследованы зависимости технологических (время жизнеспособности, вязкость, смачивающая способность) и физико-механических (твёрдость, прочность при сжатии и изгибе, модуль упругости) свойств связующих от компонентного состава и температурно-временных условий получения.

Комплекс свойств полимерных композиционных материалов во многом определяется формирующейся в процессе отверждения химической и фазовой структурой, на которую, в свою очередь, оказывает влияние компонентный состав. В связи с этим в данной работе исследована молекулярная и фазовая структура связующих. Кроме того, изучено изменение вязкости связующих во времени, а также теплостойкость и водостойкость отверждённых композитов.

Связующие представляли собой бинарные системы, одним компонентом в которых являлся полиизоцианат, а другим – жидкое стекло или полисиликат натрия. Полиизоцианат (ПИЦ) – вязкая

жидкость тёмно-коричневого цвета с молекулярной массой около 1000 и содержанием NCO-групп порядка 30-32%. В качестве жидкого стекла применялся водный раствор силиката натрия с плотностью 1,3-1,5 г/см³, силикатным модулем ($CM=SiO_2/Na_2O$) 2,8-3,8 и содержанием воды 55-65%. Полисиликат натрия представлял собой водный раствор силиката натрия с плотностью 1,2-1,3 г/см³, силикатным модулем 4,0-4,5 и содержанием воды более 65%.

Связующие получали смешением ПИЦ и неорганического компонента при соотношении реакционноспособных групп NCO:ОН от 1:1 до 1:3 на лабораторной мешалке в течение 2-3 мин.

Отверждение связующих после предварительной выдержки при нормальных условиях в течение 16-20 часов осуществлялось путём ступенчатого нагрева до 100° с выдержкой при максимальной температуре от 2 до 7 часов (в зависимости от состава).

Совместимость компонентов связующего была изучена методом оптической интерферометрии [3]. Для исследования молекулярной структуры связующих был использован метод ИК-спектроскопии. Спектры регистрировали на двухлучевом ИК-спектрофотометре



Specord M80 в области частот от 4000 до 400 см^{-1} . Фазовая структура связующих изучалась методом электронной микроскопии с помощью сканирующего электронного микроскопа Philips SEM-500 с разрешающей способностью 20 нм. Для более полной и точной обработки данных электронной микроскопии была использована программа автоматического анализа структуры материалов «Система компьютерной обработки изображений» (КОИ), разработанная в Томском политехническом университете. Для исследования теплофизических свойств связующих применялся метод определения теплостойкости по Вика. Водопоглощение связующих определяли путём кипячения образцов в воде с последующим

определением изменения массы. Необходимость исследования водопоглощения связана с ограниченной водостойкостью материалов, полученных с использованием в качестве связующих жидких стёкол [2].

В области исследуемых составов гетерогенность возникает уже на стадии смешения компонентов. Для выявления совместимости компонентов был использован метод оптической интерферометрии. В процессе диффузии одного компонента в среду другого, в последнем возникает градиент показателя преломления, что, в свою очередь, вызывает искажение интерференционной картины. Отсутствие искажения интерференционной картины (рис.1а и 1б) свидетельствует о полной

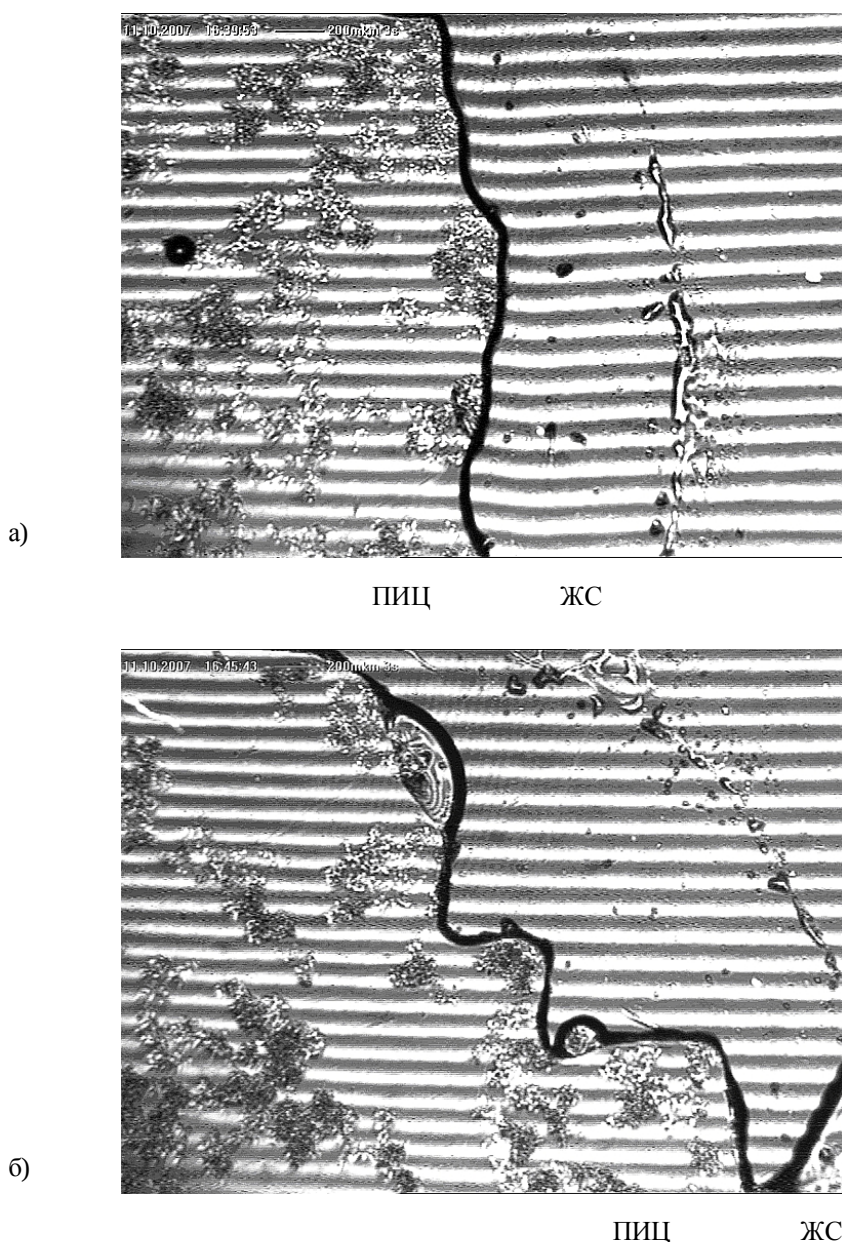


Рис.1. Интерферограммы сопряжённых фаз ПИЦ-ЖС через:
а) 2-3 мин после совмещения, б) 8-10 мин после совмещения



несовместимости полиизоцианата и жидкого стекла.

При совмещении ПИЦ с водными растворами силикатов и полисиликатов натрия достаточно быстро начинает протекать реакция взаимодействия NCO-групп с водой с образованием мочевины и выделением углекислого газа. По данным ИК-спектроскопии, через 12-15 часов после смешения количество свободных NCO-групп составляет менее 50%. Расходование воды жидкого стекла или полисиликата на реакцию с ПИЦ приводит к уменьшению числа молекул воды, приходящихся на один кремнийкислородный анион. Выделившийся при образовании мочевины углекислый газ взаимодействует с ионами натрия, образуя соду. Уменьшение щёлочности раствора и количества молекул воды, приходящихся на один кремнийкислородный анион, ведёт к полимеризации последних. В результате образуются поликремниевая кислота и полисиликаты натрия.

В ходе реакций увеличивается вязкость композиций. Высокая вязкость технологически затрудняет применение композиций в качестве связующих. Для определения возможного времени использования композиций в качестве связующих (время до гелеобразования) исследовалось изменение вязкости с течением времени. На рис.2 представлены полученные данные для связующих на ЖС с силикатным модулем 2,8.

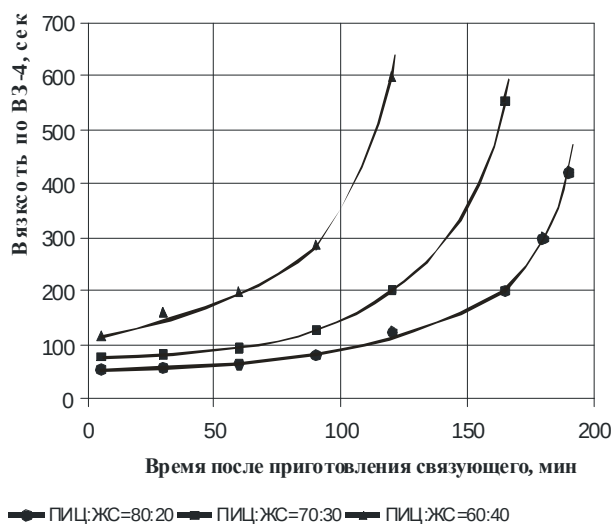


Рис.2. Изменение вязкости связующих в течение времени в зависимости от соотношения ПИЦ:ЖС (СМ=2,8)

При изменении содержания ЖС от 20 до 40% исходная вязкость композиций по ВЗ-4 увеличивается с 55 до 110 сек. Рекомендуемое время использования композиций в качестве связующих с увеличением доли ЖС в составе сокращается. При 20, 30 и 40%-ном содержании ЖС время гелеобразования составляет 170 мин, 130 мин и 75

мин соответственно. Высокая вязкость и меньшее время гелеобразования композиций с 40%-ным содержанием ЖС связаны с большей концентрацией ионов натрия, взаимодействие которых с углекислым газом приводит к быстрой желатинизации системы. Исследования связующих на жидком стекле с СМ=3-3,8, а также на полисиликатах натрия с СМ=4 и 4,5 выявили тот же характер увеличения вязкости и сокращения времени гелеобразования с увеличением доли неорганического компонента. При одном и том же содержании неорганического компонента с увеличением СМ наблюдается незначительное снижение вязкости и увеличение времени гелеобразования. Это связано с уменьшением количества ионов натрия в композиции ($СМ = SiO_2/Na_2O$) и увеличением содержания воды.

Наиболее интенсивно процессы отверждения связующих протекают в первые 10-12 часов после приготовления, затем общий ход процессов замедляется. Методом ИК-спектроскопии установлено, что при нормальных условиях отверждения расходование NCO-групп продолжается в течение 18-25 суток, а отверждённая композиция содержит около 20% свободного изоцианата. Для интенсификации отверждения связующих применена тепловая обработка. Применение тепловой обработки ступенчатого режима позволило сократить время отверждения связующих до 3-8 часов, увеличить степень конверсии NCO-групп до 90-99% (в зависимости от состава). Кроме того, тепловая обработка позволила повысить прочностные характеристики в 2-3 раза и теплостойкость на 50-70°[4].

Анализ ИК-спектров продуктов реакции показал [4], что в их состав входят мочевина, изоцианурат, амины и непрореагировавший изоцианат, о чём свидетельствует наличие в спектрах характеристических полос поглощения (1640 $см^{-1}$, 1420 и 1710 $см^{-1}$, 3340 $см^{-1}$ и 2272 $см^{-1}$ соответственно). Согласно литературным данным [5,6], возможно также образование уретаноподобных соединений. Особый интерес представляет изучение соотношения образующихся полимерных компонент (полимочевина : изоцианурат : уретаноподобное соединение : изоцианат) в зависимости от соотношения компонентов и СМ раствора силиката. Работа в этом направлении ещё продолжается.

Изучение фазовой структуры методом сканирующей электронной микроскопии показало, что связующие в отверждённом состоянии представляют собой гетерофазные системы, состоящие из непрерывной полимерной матрицы и дисперсной фазы (рис.3).

С увеличением содержания ЖС в композиции увеличивается доля дисперсной фазы в виде частиц сферической формы. Увеличение содержания ЖС в

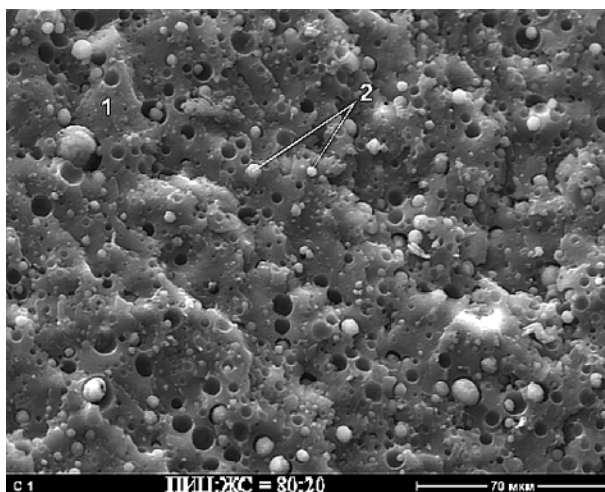


Рис. 3. Микрофотография отверждённого связующего на ЖС с силикатным модулем 3,7:

- 1 – дисперсионная среда (органические продукты);
2 – дисперсная фаза (продукты поликонденсации ЖС)

композите приводит к увеличению размера сферических частиц. Очевидно, что дисперсная фаза в исследуемом композите образуется продуктами поликонденсации ЖС.

С помощью программы автоматического анализа структуры материалов «КОИ» были определены такие параметры её, как: процентное

содержание фаз, средний размер частиц, коэффициент вариации, дисперсия и распределение частиц по размерам. В таблице 1 представлены полученные данные для связующих на ЖС с силикатным модулем 2,8 и 3,7.

Из представленных данных следует, что с увеличением содержания ЖС в композиции растёт доля дисперсионной фазы и увеличивается её средний размер (с 6,5 мкм – для 20%-ного содержания ЖС в связующем до 7,7 мкм – для 40%-ного содержания ЖС). Для связующего с 20%-ным содержанием ЖС размер 50% частиц дисперсионной фазы составляет 0-4 мкм, с 30% содержанием ЖС – около 60% частиц имеет размер 2-8 мкм, с 40%-ным содержанием ЖС – 65% частиц имеет размер от 2 до 10 мкм.

Для состава на ЖС с $CM=3,7$ отклонение содержания дисперсионной фазы, полученное в результате обработки данных электронной микроскопии, от расчётного объёмного содержания наиболее значительно. Так, содержание дисперсионной фазы, по данным электронной микроскопии, составляет 17,09%, а расчётное объёмное содержание жидкого стекла – 22,3%. Очевидно, что часть жидкого стекла в процессе химического взаимодействия между компонентами переходит в дисперсионную среду и оказывает влияние на свойства отверждённого композита. Следует отметить и более равномерную фазовую структуру связующего данного состава с дисперсионной фазой строго

Таблица 1

Результаты компьютерной обработки данных электронной микроскопии

Интервал (мкм)	Количество частиц дисперсионной фазы (%) в указанном интервале для состава ПЦ:ЖС (СМ):			
	80:20 (2,8)	70:30 (2,8)	60:40 (2,8)	80:20 (3,7)
0-2	21,6	15,8	11	38
2-4	24,9	16,95	15,6	41,3
4-6	17,5	21,4	19,5	14,7
6-8	16,3	18,7	15,4	5,6
8-10	8,2	13,5	15,7	0,4
10-12	4,7	7,95	14	-
12-14	3,3	2,8	5,7	-
14-16	1,1	1,7	1,3	-
16-18	0,4	0,21	0,23	-
18-20	1,95	0,24	1,5	-
Содержание дисперсионной фазы в связующем (%)	15,23	22,89	36,34	17,09
Средний размер частиц дисперсионной фазы, мкм	6,5	6,4	7,7	3,1
Коэффициент вариации	0,57	0,47	0,47	0,54
Дисперсия	13,77	9,19	12,84	2,85



Таблица 2

Теплостойкость и водопоглощение связующих на основе ПИЦ и водных растворов силикатов натрия

СМ раствора силиката натрия	ПИЦ:ЖС (масс.%)	Теплостойкость по Вика, °С	Водопоглощение после кипячения в воде, масс.%
2,8	80:20	242	0,43
2,8	70:30	224	0,27
2,8	60:40	207	0,1
2,8	55:45	190	0,1
3,1	80:20	265	0,7
3,1	70:30	260	0,5
3,1	65:35	242	0,5
3,1	60:40	235	0,44
3,5	80:20	265	0,75
3,5	75:25	260	0,67
3,5	70:30	242	0,5
3,7	80:20	267	0,77
3,7	75:25	258	0,7
3,7	70:30	234	0,8
4	85:15	280	1,57
4	80:20	272	1,03
4	75:25	255	1,65
4,5	85:15	265	1,59
4,5	82,5:17,5	260	1,53
4,5	80:20	254	1,45

сферической формы. Средний размер дисперсной фазы значительно меньше, чем для составов на ЖС с СМ=2,8 – около 3 мкм. С увеличением СМ раствора силиката дальнейшего уменьшения размеров дисперсной фазы не наблюдается. При использовании полисиликатов натрия (СМ=4-4,5) средний размер дисперсной фазы также составляет 3 мкм. Формирование равномерной фазовой структуры обеспечивает высокие физико-механические характеристики отверждённых связующих.

Значительное содержание в составе связующих неорганического компонента позволяет предположить их более высокую теплостойкость по сравнению с традиционными органическими смолами (эпоксидными, полиэфирными и др.). В табл.2 представлена теплостойкость по Вика для всего ряда исследованных связующих.

Из анализа полученных данных следует, что наибольшей теплостойкостью обладают композиции, содержащие наименьшее количество неорганического компонента, но с высоким силикатным модулем. В рамках одного СМ максимальной теплостойкостью обладают композиции с минимальным содержанием раствора силиката натрия. Это связано с большей степенью

конверсии NCO-групп в процессе отверждения связующих, т.е. с большей глубиной протекания реакций в органической фазе.

При одном и том же соотношении компонентов (ПИЦ:ЖС=80:20) с увеличением СМ с 2,8 до 4 наблюдается рост теплостойкости. Очевидно, это связано с изменением состава органических продуктов реакций при изменении СМ.

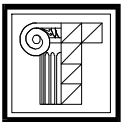
Все исследуемые составы являются водостойкими. Водопоглощение после кипячения в течение 1 часа для большинства исследуемых составов связующих не превышает 1 масс.% (табл.2). Малое водопоглощение композиций на ЖС с СМ=2,8 при его содержании 40-45% объясняется вымыванием водорастворимых соединений (в первую очередь, Na_2CO_3). Наибольшим водопоглощением обладают композиции на растворах полисиликатов натрия – около 1,5%.

Таким образом, для получения полимерных композиционных материалов, обладающих тепло- и водостойкостью, а также высокими физико-механическими характеристиками следует применять связующие на водных растворах силикатов натрия с СМ=3,7-4,0 и содержанием неорганического компонента 15-20%.



Литература

1. Старовойтова И.А., Абдрахманова Л.А., Хозин В.Г., Солдатов Д.А. Гибридные связующие нового поколения для полимерных композиционных материалов // Сборник статей X Академических чтений РААСН «Достижения, проблемы и направления развития теории и практики строительного материаловедения». – Пенза-Казань, 2006. – С. 371-374.
2. Бодо Мюллер, Ульрих Пот. Лакокрасочные материалы и покрытия. Принципы составления рецептур. / Перевод с немецкого С.А.Яковлева, под ред. проф. А.Д. Яковлева. – М.: ООО «Пэйнт-Медиа», 2007. – 237 с.
3. Чалых А.Е., Загайтов А.И., Громов В.В., Коротченко Д.П. Оптический диффузиометр «ОДА-2» // Методическое пособие. – М.: ИФХ РАН, 1996. – 34 с.
4. Абдрахманова Л.А., Старовойтова И.А., Хозин В.Г. Перспективы использования органоминеральных связующих в строительных материалах // Строительные материалы, 2007, №9. – С. 2-4.
5. Веселовский Р.А., Ищенко С.С., Новикова Т.И., Файнерман А.А. Изучение взаимодействий в системе 2,4-толуилендиизоцианат – жидкое стекло методом ИК-спектроскопии // Композиционные полимерные материалы, 1987, №33. – С. 56-61.
6. Ищенко С.С., Придатко А.Б., Новикова Т.И., Лебедев Е.В. Взаимодействие изоцианатов с водными растворами силикатов щелочных металлов // Высокомолек. соедин. Т.38А, 1996, №5. – С. 786-791.



УДК 658.012.12

И.И. Юнусов - кандидат экономических наук, начальник отдела формирования инвестиционного замысла ООО «Базовые инвестиции» (г. Казань)

А.В. Черво - аспирант кафедры экономики и предпринимательства в строительстве Казанского государственного архитектурно-строительного университета (КазГАСУ)

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

АННОТАЦИЯ

На основе многолетних исследований авторов предложена трактовка «экономического потенциала» строительного предприятия как важнейшего научного понятия. Сделана попытка рассмотрения того, способен ли рыночный механизм создать условия для экономического роста инвестиционно-строительного комплекса, полного использования всех имеющихся у него производственных, финансовых и трудовых ресурсов при удовлетворении основных потребностей потребителя.

I.I. Yunusov – candidate of economic sciences, the chief of department of investments plan formation of Open Company «Base investments» (Kazan)

A.V. Chervo – post-graduate student of the Economy and Business in Building department of the Kazan State University of Architecture and Engineering (KSUAE)

ECONOMIC POTENTIAL OF THE BUILDING ENTERPRISE

ABSTRACT

On the basis of long-term research the authors offer the term of “economic potential» of the building enterprise as a major scientific concept. The question of whether the market mechanism is capable to create conditions for the economic growth of the investments-building complex, for full usage of all available industrial, financial and manpower at the satisfied level of basic needs of a consumer is considered.

«Экономический потенциал» представляет собой сложную, многогранную и динамичную категорию, что породило в научных кругах многообразие толкований, порой противоречащих друг другу, и послужило одной из основных причин отсутствия единства в выделении основных направлений исследования.

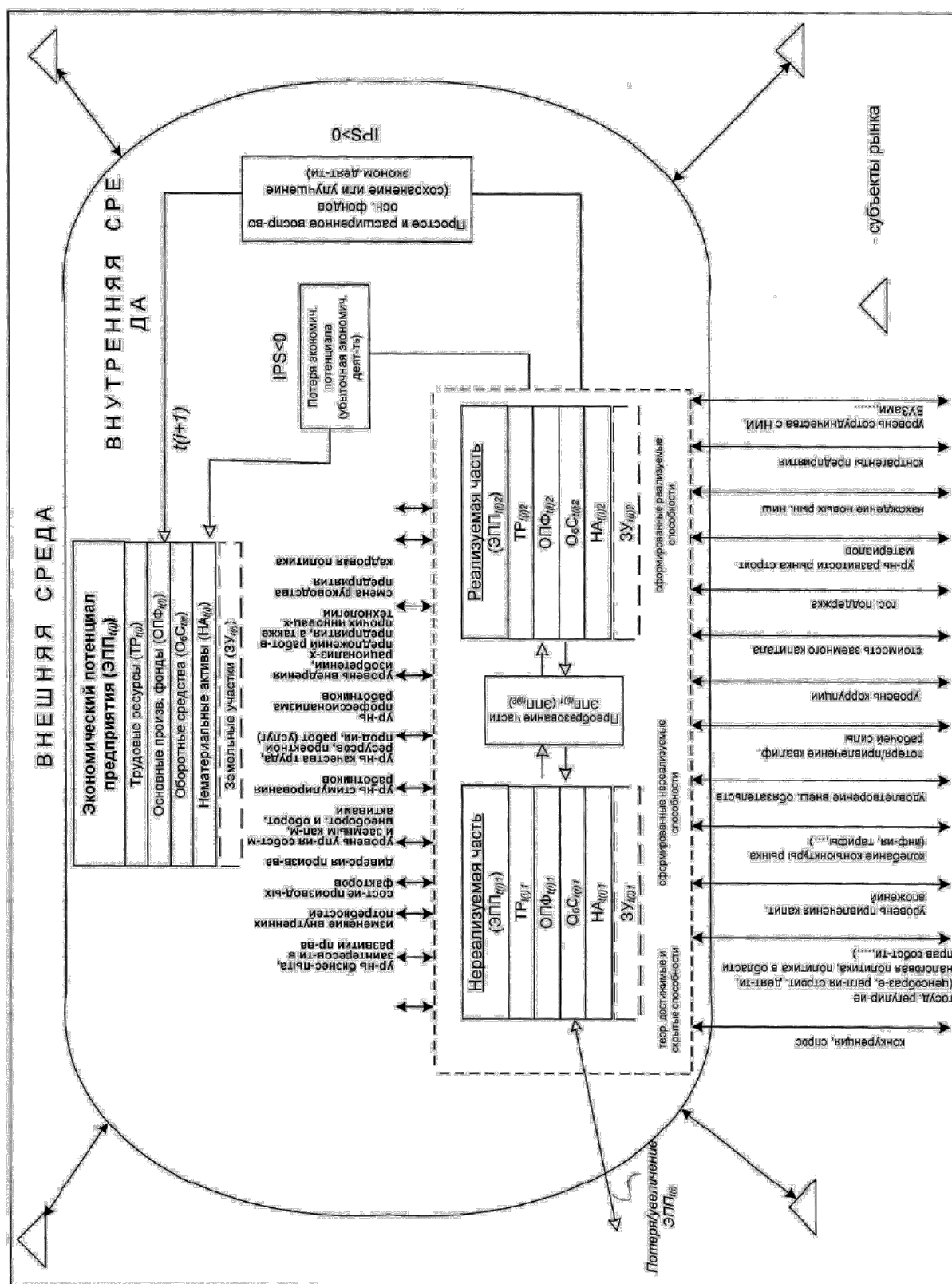
Мы считаем необходимым учитывать как пути становления и развития категории «экономический потенциал», так и специфику этой системы, её развитость на момент проведения исследований. Под экономическим потенциалом строительного предприятия мы предлагаем понимать способность предприятия удовлетворять потребности строительного рынка и обеспечивать свое устойчивое долговременное развитие на основе использования системы внутренних и внешних ресурсов.

В ближайшем будущем строительные предприятия будут в той или иной степени обладать способностью не только удовлетворять, но и в полной мере определять, а со временем и формировать потребности отечественного отраслевого рынка. Это объективный путь развития, который подтвержден зарубежной практикой развития отрасли.

По нашему мнению, экономический потенциал предприятия (ЭПП) представляет собой меру его способностей, которые формируются в результате взаимодействия трудовых активов, основных производственных фондов, оборотных средств, нематериальных активов и земельных ресурсов предприятия.

Ресурсы являются источником формирования экономического потенциала, в то же самое время трудовая составляющая выступает тем системообразующим фактором, которая позволяет трансформировать экономический потенциал для практического использования. При этом особое место в современных условиях хозяйствования занимает задача учета стоимости земельных ресурсов в проблеме нахождения значений экономического потенциала строительного предприятия, которая представляется несколько двойственной. Эта двойственность обнаруживается в той мере, в какой ее стоимость оказывает существенное влияние на конечную стоимость строительной продукции.

Как мы считаем, развитие любой способности предприятия совершается по спирали: реализация





возможностей, которые представляет способность данного уровня, открывает новые возможности для развития способностей более высокого уровня, то есть каждая начинающаяся складывается способность является неким предопределяющим фактором для дальнейшего развития способностей. Каждая способность предприятия, практически реализуясь, переходит на более высокую ступень. Этот переход открывает возможности для новых, более высоких ее проявлений.

Строительные предприятия РТ существенно разнятся по своим величинам экономического потенциала. Эти различия есть продукт всего хода развития предприятий. Экономический потенциал предприятия – сложное синтетическое образование, включающее ряд свойств, которые вырабатываются в процессе деятельности и определяют пригодность предприятия к деятельности. Экономический потенциал – неотъемлемая часть организации, которая исходит из требований деятельности хозяйствующего субъекта и, будучи способностью к деятельности, в деятельности и формируется.

Мы присоединяемся к мнению некоторых ученых и считаем необходимым рассматривать экономический потенциал ($ЭПП_{(i)}$) как сумму нереализованного ($ЭПП_{(i)1}$) и реализованного ($ЭПП_{(i)2}$) экономических потенциалов (рис.1). Для предприятия $ЭПП_{(i)2}$ представляет собой способности, которые вовлекаются в производство планируемого объема материальных благ (сформированные реализуемые способности).

В составе $ЭПП_{(i)1}$ также следует выделять два взаимосвязанных блока: блок «Сформированные нереализуемые способности» и блок «Теоретически достижимые и скрытые способности». Наличие теоретически достижимых и скрытых способностей предприятия объясняется ресурсами, процесс формирования которых с позиции использования в процессе производства работ и услуг является не начатым или не завершенным. Поэтому они обладают лишь теоретической возможностью участвовать в производственном процессе, для подготовки которых к реальному участию должен быть затрачен дополнительный труд.

Между теоретически достижимыми способностями и скрытыми способностями существует тонкая, но различимая грань. Теоретически достижимые способности являются предпосылками развития способностей. В то время, как скрытые способности представляют собой функцию развития, прошедшую определенный этап становления. По мере влияния внутренних и внешних сил между рассматриваемыми блоками происходит взаимодействие.

По нашему мнению, вектор внутренних сил, воздействующий на процесс преобразования $ЭПП_{(i)2}$ в $ЭПП_{(i)1}$, в течение процесса преобразования в большей степени стабилен. Однако вектор внутренних

сил, возникающий при обратном процессе: процессе преобразования $ЭПП_{(i)1}$ в $ЭПП_{(i)2}$, – может принимать не только нестабильную, но и знакопеременную величину.

Безусловно, руководство любого предприятия стремится к минимизации $ЭПП_{(i)1}$ и максимизации $ЭПП_{(i)2}$:

$$ЭПП_{(i)1} \rightarrow \min; \quad (1)$$

$$ЭПП_{(i)2} \rightarrow \max. \quad (2)$$

Соблюдение этих условий можно считать наиболее приемлемым вариантом развития. При этом варианте развития событий величина $ЭПП_{(i)2}$ не достигает максимально возможной величины, в то же самое время предприятие несет минимальные издержки, связанные с поддержанием неработающей части способностей предприятия, при одновременном сохранении резерва роста. Однако ориентация субъекта экономической деятельности на сохранение оптимального баланса может стать барьером для дальнейшего развития его способностей, перехода их на более качественный уровень.

Действительно, способности предприятия в своем проявлении развиваются и переходят на более высокую степень развития. Такого рода переход обуславливается исчерпанием возможностей развития на предыдущем этапе. Стремление субъекта экономической деятельности сохранять некий резерв сформированных способностей (не скрытых способностей) может служить барьером для перехода способностей на качественно новый виток развития, который открывает возможности для новых, более высоких ее проявлений.

В соответствии с нашим мнением, на практике это условие выполняется в отношении узловых точек перехода, то есть точек, где происходит качественный скачок в развитии, переход которых характеризуется максимальным использованием своих возможностей (сформированных способностей).

Безусловно, уровень экономического потенциала у предприятий не одинаков. Возникает вопрос: может ли априори резерв роста экономического потенциала предприятия стать резервом достижения оптимального (рационального) уровня? Теоретически при благоприятном стечении обстоятельств на момент $t(i)$ резерв роста может стать источником достижения величины $ЭПП_{(i)}$ рационального значения (ф. 3). Но, с другой стороны, по мере своего качественного развития способности становятся источником задатков способностей более высокого уровня. В силу этого резерв роста изменчив во времени и не всегда может гарантировать достижение рационального значения экономического потенциала.

$$ЭПП_{\text{рац}} = \text{Резерв роста экономического потенциала} + ЭПП_{(i)} \quad (3)$$

$ЭПП_{\text{рац}}$ – рациональное значение экономического потенциала предприятия;



ЭПП_{и(г)} – величина экономического потенциала предприятия.

Одновременно наиболее убедительным доказательством значительности способностей субъекта экономической деятельности является значительность достижений предприятия как по уровню, так и по качеству. Если задаться целью сравнить их абсолютные значения, то корректный результат будет обеспечен только для предприятий, принадлежащих к однородной группе. С целью нивелирования межгрупповых различий мы предлагаем пользоваться не абсолютными, а относительными значениями.

В результате математического моделирования с использованием относительных показателей мы получили IPS-модель (IPS – identification of plant situation), которая дает возможность провести корректную диагностику эффективности использования экономического потенциала (реализуемый экономический потенциал), диагностировать узловые точки перехода. В соответствии с нашим мнением, чем выше отношение уровня реализуемого экономического потенциала к нереализуемой его величине, тем выше эффективность использования экономического потенциала.

По нашему мнению, диагностика эффективности использования экономического потенциала предприятия должна проводиться с использованием минимального количества наиболее информативных, не дублирующих друг друга относительных показателей экономической деятельности, с возможностью получения интегрального показателя, дающего возможность проводить как внутригрупповые, так и межгрупповые сравнения.

В качестве первичных входных параметров модели были взяты показатели финансового состояния, финансовой устойчивости, деловой активности и рентабельности.

Для расчета модели диагностики эффективности использования экономического потенциала мы воспользовались инструментарием дискриминантного и графического анализа. Был проведен анализ деятельности 139 строительных предприятий, где в рамках отбора показателей модели было предложено не пользоваться пошаговой методикой, используемой большинством авторов дискриминантных моделей, в силу её сложности, большой трудоемкости и ненаглядности, а использовать методику графической интерпретации, которая при небольших объемах информации (в нашем случае) позволяет в наглядном виде выявить искомые показатели, достаточно убедительно интерпретирующие различие классов. По результатам расчетов модель приняла следующий вид:

$$\begin{aligned} \text{IPS} = & -1,733 + 0,443 \cdot X_1 + 2,671 \cdot X_2 + 0,064 \cdot X_3 + \\ & + 0,089 \cdot X_4 + 0,018 \cdot X_5 \end{aligned} \quad (4)$$

X_1 – коэффициент покрытия;

X_2 – коэффициент автономии;

X_3 – рентабельность продукции;

X_4 – коэффициент фондотдачи;

X_5 – отношения средней заработной платы работников предприятия к МРОТ.

В соответствии с моделью, в области $\text{IPS} > 0$ расположены предприятия-небанкроты с относительно высоким уровнем эффективности использования экономического потенциала или, в иной нашей интерпретации, высоким уровнем ЭПП_{и(г)2}, в области $\text{IPS} < 0$ расположены предприятия-банкроты (предприятия, в отношении которых была открыта процедура конкурсного производства в период с 1998 по 2004 гг.) с относительно низким уровнем.

Удельный вес влияния групп показателей распределен следующим образом:

- 1) показатели платежеспособности – 0,128 (8,4%);
- 2) показатели финансовой устойчивости – 0,571 (37,2%);
- 3) показатели деловой активности – 0,407 (26,5%);
- 4) показатели рентабельности – 0,428 (27,9%).

По результатам расчета модели была построена координатная плоскость IPS (ЭПП, рис. 2) и выдвинута идея о наличии узловых точек перехода, в которых происходит качественный скачок в развитии и которые должны соответствовать максимальному использованию своих возможностей (сформированных способностей). В данных точках происходит некое сосредоточение (скопление) значений IPS, кроме некоторых исключений.

Итак, рассуждать об эффективности использования экономического потенциала, используя только расчетные значения IPS, можно только в том случае, когда сумма величин ЭПП_{и(г)1} и ЭПП_{и(г)2} равна ЭПП_{расч}. Однако это условие выполнимо лишь при идеальном варианте развития событий, не требующем корректировки ЭПП_{и(г)1}.

Идеальный вариант развития события может быть обеспечен только в случае надлежащей организации труда административно-управленческого и прочего персонала, мотивации персонала и прочих сопутствующих факторов, связанных со структурой ОПФ, оборотных средств и т.д., что предполагает возможность увеличения эффективности их использования при минимальных затратах ресурсов и времени. С этой целью мы предлагаем модель корректировки величины уровня ЭПП_{и(г)1} (относительная, не абсолютная величина) в зависимости от уровня использования и качественных характеристик основных производственных и оборотных фондов, трудовых и прочих ресурсов. После проведения корректировки IPS-значения уже выступают в роли оценочных величин эффективности использования экономического потенциала и резервов роста.

Мы предлагаем корректировку ЭПП_{и(г)1} проводить путем использования механизма балльной оценки качественных характеристик каждого вида ресурса, уровня управления им (таблица). Чем выше итоговая сумма баллов, тем выше резерв повышения ЭПП_{и(г)2}. По



1.2.3 - области, ограничиваемые узловыми точками перехода;

[korr] = скорректированный уровень;

IPS_{рац} - рациональное значение IPS;

IPS_{пост крит} - посткритическое значение IPS;

IPS_{св} - значение IPS в узловых точках перехода;

- значение IPS в узловых точках перехода,
- условное значение IPS анализируемого предприятия

- условное значение И-С анализируемого предприятия
- относит. значение экономического потенциала предприятия

99



Таблица поправок к величине ЭПП_{цп}
(нереализуемый экономический потенциал)

Индикаторы	Баллы			балл эксперта (n _{эксп})	max балл (n _{max})
	низкий	средний	высокий		
<u>Трудовые ресурсы (ТР)</u>					
уровень квалификации топ-менеджмента	1,5	3	5		5
уровень квалификации менеджмента среднего и нижнего звена, ИТР	1	2	3		3
уровень квалификации рабочих	1	2	3		3
уровень мотивации топ-менеджмента	1,5	3	5		5
уровень мотивации прочего персонала	1	2	3		3
уровень инициативности, креативности топ-менеджмента, менеджмента среднего и нижнего звена, ИТР, рабочих	2	4	6		6
уровень реакции топ-менеджмента на изменения (технологий производства работ, рынков строительных материалов, методов организации труда (новинки в области бухгалтерского и управленческого учета, календарного планирования, сметного дела и т.д.)	1	2	4		4
уровень поддержки руководством своих работников в начинаниях, связанных с разработкой рационализаторских предположений, изобретений и прочих нововведений, ведущих к увеличению производительности и безопасности труда; улучшению гигиены труда; снижению накладных расходов, а также затрат в целом по предприятию	1	2	4		4
уровень кадровой политики	1,5	3	5		5
частота прохождения персоналом предприятия курсов повышения квалификации	0,5	1	2		2
Сумма баллов					
Максимально возможная сумма баллов					40
<u>Основные производственные фонды (ОПФ), земельные участки (ЗУ)</u>					
уровень износа ОПФ, месторасположение земельных участков	2	4,5	9		9
уровень организации управления недвижимым и движимым имуществом	1,5	3	6		6
уровень оптимизации затрат на содержание ОПФ (складские затраты, содержание машин, механизмов и оборудования, производственных помещений и т.д.)	1	3	5		5
Сумма баллов					
Максимально возможная сумма баллов					20



Таблица (продолжение)

Оборотные средства (О_бС)					
уровень качества материальных запасов	1	2	4		4
уровень управления материальными запасами	1	2	4		4
уровень управления финансовыми ресурсами предприятия	2	4	7		7
<i>Сумма баллов</i>					
<i>Максимально возможная сумма баллов</i>					15
Нематериальные активы (НА)					
качественные характеристики нематериальных активов	1,5	3	5		5
уровень организации управления нематериальными активами	3	5	7		7
уровень использования современных технологий в области производства работ, управления производством, бухгалтерского и управленческого учета, сметного дела	1	2	4		4
уровень использования инновационных технологий (новые технологии производства работ, управления производством (информационные системы календарного планирования; информационные системы, объединяющие в себе системы бухгалтерского и управленческого учета), сметного дела)	1,5	3	5		5
уровень организации научно-исследовательских, опытно-конструкторских работ	1	2	4		4
<i>Сумма баллов</i>					
<i>Максимально возможная сумма баллов</i>					25
<i>Итоговая сумма баллов (n_{итог.эксп.})</i>					
<i>Итоговая максимально возможная сумма баллов (n_{итог.мах.})</i>					100

результатам оценки предлагается провести расчет скорректированной величины ЭПП_{ц(г)} по формуле:

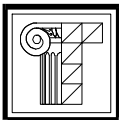
$$\text{ЭПП}_{\text{ц(г)1[корр]}} = \text{ЭПП}_{\text{ц(г)1}} * (n_{\text{итог.эксп.}} / n_{\text{итог.мах.}}) \quad (5)$$

$n_{\text{итог.мах.}}$ – итоговая максимально возможная сумма баллов;

$n_{\text{итог.эксп.}}$ – итоговая экспертная сумма баллов.

Литература

- Адамов В.Е. Исследование экономического потенциала в отраслях промышленности и строительства. / Сб. науч. тр. Моск. экон.-стат. ин-т [Редкол.: Адамов В.Е. (гл. ред.) и др.]. – М.: МЭСИ, 1988. – 91 с.
- Ансофф И. Стратегическое управление. – М.: Экономика, 1989. – 519 с.
- Белоусов Р.А. Рост экономического потенциала. – М.: Экономика, 1971. – 300 с.
- Енюков И.С. Методы, алгоритмы, программы многомерного статистического анализа. – М.: Финансы и статистика, 1986. – 232 с.
- Загидуллина Г.М., Сафиуллова Л.Ш., Романова А.И. Техничко-экономический анализ деятельности строительных предприятий. – Казань, КГАСА, 2002. – 177 с.
- Игнатовский П. Экономический потенциал и условия действственности хозяйственного механизма // Плановое хозяйство, 1980, №2. – С. 76.
- Ким Дж.-О., Мьюллер Ч.У., Клекка У.Р. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 215 с.
- Фонотов А.Г. Ресурсный потенциал. – М.: Экономика, 1985. – 151 с.



УДК 628.3.622.5

А.А. Адельшин – аспирант, инженер

А.Б. Адельшин – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой

Кафедра водоснабжения и водоотведения

Р.И. Ибяттов – доктор технических наук, профессор

Кафедра прикладной математики

Казанский государственный архитектурно-строительный университет (КазГАСУ)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ КОАЛЕСЦЕНЦИИ В ЗАКРУЧЕННЫХ ПОТОКАХ УСТАНОВКИ БГКО

АННОТАЦИЯ

В исследовании разработана установка типа БГКО (блок гидроциклон-цилиндрические камеры нижнего и верхнего сливов гидроциклона – отстойник) для очистки нефтепромысловых сточных вод. Получены дифференциальные функции распределения капель нефти по крупности на выходах из камер нижнего и верхнего сливов, а также на выходе из отстойника БГКО.

A.A. Adelshin – post-graduate student, engineer

A.B. Adelshin – doctor of technical sciences, professor, head of the department

Water Supply and Water-Drainage department

R.I. Ibjatov – doctor of technical sciences, professor

Applied Mathematic department

Kazan State University of Architecture and Engineering (KSUAE)

THE MODELING OF COALESCENCE PROCESSES IN INVOLUTES STREAMS OF BGKO PLANT

ABSTRACT

The BGKO-type plant (hydrocyclone-cylindrical chambers of lower and upper discharges hydrocyclone-sedimentation tank) for oil-field wastewater purification is developed. The differential functions of oil drops distribution by size at exits of the lower and upper discharges as well as at the sedimentation tank output are obtained.

Анализ процессов очистки нефтепромысловых сточных вод (НСВ), осуществляемых на установках типа БГКО (блок гидроциклон-цилиндрические камеры нижнего и верхнего слива гидроциклона-отстойник), показывает, что в основе их лежит явление коалесценции капель нефти в турбулентном потоке [1, 2]. В теоретическом плане и в экспериментальных исследованиях не имеется конкретных, законченных решений и выводов, позволяющих расчетным путем получить количественные характеристики распределения капель нефти по крупности на выходе из каплеобразователей, в которых для интенсификации процессов коалесценции используется энергия закрученных потоков с учетом их гидродинамических свойств. Это объясняется сложностью и не изученностью всего многообразия гидродинамических явлений, происходящих в каплеобразователях такого плана. Вместе с тем имеющиеся данные по этим

вопросам могут быть использованы как основополагающие при составлении математических моделей процессов межкапельной коалесценции в условиях турбулентного течения эмульсии с учетом некоторых упрощений и допущений, не искажающих физической сущности рассматриваемых явлений [3-10].

На основе проведенных исследований нами разработаны различные конструктивные решения устройств (установок) типа БГКО для очистки НСВ, защищенные патентами РФ: №№ 2189360 от 20.09.2002 г., 2227791 от 23.04.2004 г., 2248327 от 20.03.2005 г., 2253623 от 10.06.2005 г., 2255903 от 10.07.2005 г., 2257352 от 27.07.2005 г., 2303002 от 20.07.2007 г.

Принципиальная схема конструкции БГКО представлена на рисунке.

Установка работает следующим образом. Исходная НСВ по трубопроводу 1 поступает в высокотурбулентном

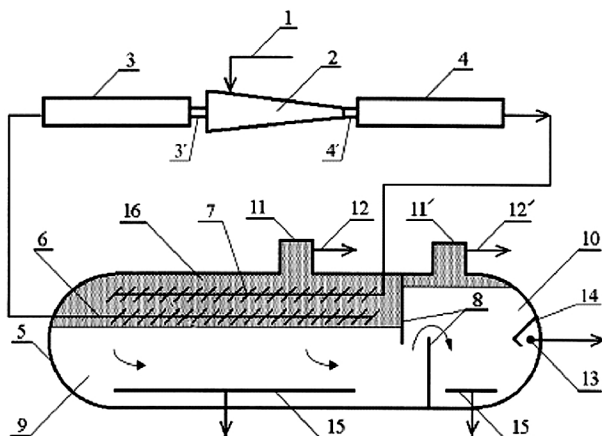


Рис. Принципиальная схема конструкции БГКО

режиме ($Re > 10^5$) в гидроциклон 2, где осуществляется гидродинамическая обработка НСВ в поле центробежных сил, в результате чего разрушаются бронирующие оболочки; происходит дробление, укрупнение (коалесценция), уменьшение полидисперсности частиц нефти; разделение НСВ на два потока: поток, обогащенный нефтью из верхнего слива 3' поступает в цилиндрическую камеру 3, поток из нижнего слива 4' поступает в цилиндрическую камеру 4. Поток поступает в камеры 3 и 4 в виде закрученных струй, энергия которых используется для дальнейшей гидродинамической обработки НСВ. Движение жидкости в камерах осуществляется в развитом, но более мягком турбулентном режиме ($Re = 1 \cdot 10^4 \div 1 \cdot 10^4$), происходит дальнейшее укрупнение – коалесценция капель нефти. Объем отстойника 5 разделен перегородками на секции 9 и 10. Далее НСВ из камер 3 и 4 через распределители 6 и 7 поступают в верхнюю зону 16, секция 9 отстойника 5 в слой высококонцентрированной по нефти с умеренным перемешиванием содержимого. В зоне 16 происходит укрупнение капель нефти и ее отстаивание – расслоение НСВ на нефть и воду. Отстаивающаяся нефть поступает в нефтесборники 11 и 11', из которых удаляется по трубопроводам 12 и 12' для утилизации. Очищенная вода удаляется из секции 10 отстойника 5 через устройства 13 и 14. Нефтьшлам накапливается на дне отстойника 5 и отводится через устройства 15.

Исследованиями для составления математического описания процесса коалесценции капель нефти в БГКО выделены в качестве физических моделей следующие [11]:

- гидроциклон-цилиндрическая камера нижнего слива гидроциклона;
- гидроциклон-цилиндрическая камера верхнего слива гидроциклона;
- гидроциклон-цилиндрические камеры нижнего и верхнего сливов гидроциклон-отстойник (БГКО) (см. рис.).

Целью математического моделирования является

получение дифференциальных функций распределения капель нефти по крупности на выходах из камер нижнего и верхнего сливов гидроциклона, а также на выходе из отстойника БГКО.

Эта цель достигается поэтапным решением двух задач:

1. Составление математических моделей процесса гидродинамики вышеуказанных физических моделей, что подробно изложено в [11].

2. Составление модели процесса коалесценции капель нефти в турбулентном потоке.

В соответствии с технологией процесса очистки НСВ описанного выше, жидкость в элементах БГКО движется в развитом турбулентном режиме течения при $Re \gg 10000$. Такие течения жидкости характеризуются наложением на осредненный направленный поток случайных пульсаций скорости с переменным направлением и амплитудой.

Параметрами, определяющими пульсационное движение, являются пульсационная скорость v_λ и масштаб пульсаций λ . Минимальным значениям пульсационных скоростей в потоке отвечает и максимальный масштаб пульсаций $\lambda = 1$, определяемый размерами области, в которой происходит течение. Так как диаметр исходных капель эмульгированной нефти, большая часть, не более $d_k = 10$ мкм [12], а внутренний масштаб турбулентности при интенсивном перемешивании жидкости ($Re > 10000$) λ_0 имеет порядок $10 \div 100$ мкм, следовательно, процесс коалесценции капель будет происходить в области малых масштабов ($\lambda_0 < \lambda < 1$), для которых в потоках с градиентом скорости соблюдаются условия однородности и изотропности [8, 10], и величина пульсационной составляющей скорости u определяется из соотношения [8]:

$$v_\lambda \approx (\varepsilon_0 \cdot \lambda)^{1/3}, \quad (1)$$

где ε_0 – величина удельной диссипации энергии в турбулентном потоке.

Для качественной оценки процесса коалесценции капель нефти в вышеуказанных физических моделях рассматривается теоретическая модель столкновения капель в турбулентном потоке с учетом следующих предположений [13]:

1. Имеет место полное увлечение капель нефти турбулентными пульсациями того масштаба, который играет основную роль в механизме столкновения капель;
2. Вокруг каждой капли существует сферическая поверхность $R_c = 1,5d_k$, при попадании в которую всякая другая капля обязательно столкнется и сольется с выделенной каплей;
3. Радиус сферы R_c весьма мал по сравнению с масштабом турбулентности λ .

При наличии поглощающей сферы, концентрация



капель на поверхности которой равна нулю, вблизи неё возникает градиент концентрации капель и соответствующий ему диффузионный поток, равный среднему числу капель n , пересекающих эту поверхность вследствие турбулентного движения. Интенсивность потока описывается дифференциальным уравнением турбулентной диффузии, который носит название второго закона Фика [13]:

$$\frac{\partial n}{\partial \tau} = \text{div}(D_{\text{турб}} \cdot \text{grad } n), \quad (2)$$

где $D_{\text{турб}}$ – коэффициент турбулентной диффузии, зависящий от масштаба пульсаций и изменяющийся от точки к точке;

n – число капель в единице объема.

Для установившегося процесса диффузии:

$$\frac{\partial n}{\partial \tau} = 0$$

Тогда в сферической системе координат (r, α, β) , уравнение (2) записывается в виде:

$$\frac{\partial}{\partial r} \left(D_{\text{турб}} \cdot r^2 \sin \alpha \frac{\partial n}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial \alpha} \left(D_{\text{турб}} \cdot r \sin \alpha \frac{\partial n}{\partial \alpha} \right) + \frac{\partial}{\partial \beta} \left(D_{\text{турб}} \cdot r \frac{\partial n}{\partial \beta} \right) = 0$$

Диффузионный поток, направленный к поглощающей сфере, имеет симметрично относительно угловых координат α и β , поэтому

$$\frac{\partial}{\partial \alpha} = 0, \quad \frac{\partial}{\partial \beta} = 0$$

Тогда последнее уравнение упрощается

$$\frac{\partial}{\partial r} \left(D_{\text{турб}} \cdot r^2 \sin \alpha \frac{\partial n}{\partial r} \right) = 0 \quad (3)$$

Уравнение (2) решается при следующих граничных условиях

$$\text{при } r = R_c: n = 0, \quad (4)$$

$$\text{при } r \rightarrow \infty: n = n_0.$$

Однократное интегрирование уравнения (3) дает

$$D_{\text{турб}} \cdot r^2 \frac{dn}{dr} = A_1 \quad (5)$$

Выражение коэффициента турбулентной диффузии для случая однородной изотропной турбулентности исходим из теории размерности при $\lambda > \lambda_0$ [3, 14]:

$$D_{\text{турб}} \approx v'_\lambda \cdot \lambda \approx (\epsilon_0 \cdot \lambda)^{1/3} \cdot \lambda$$

Полагая, что перенос дисперсной фазы к фиксированной капле осуществляется пульсациями,

масштаб которых сопоставим с расстоянием между сталкивающимися каплями r , можно записать:

$$D_{\text{турб}} \approx (\epsilon_0 \cdot r)^{1/3} \cdot r. \quad (6)$$

Преобразуем уравнение (5) с учетом (6)

$$\frac{dn}{dr} = A_1 \epsilon_0^{-1/3} r^{-10/3}.$$

Проинтегрируем последнее уравнение

$$n = -\frac{3 A_1}{7 \epsilon_0^{1/3} r^{7/3}} + A_2. \quad (7)$$

Постоянные интегрирования A_1 и A_2 определяются из граничных условий (4). При бесконечном удалении от поглощающей сферы искомая концентрация равняется исходной концентрации, следовательно, $A_2 = n_0$. На поверхности сферы $n = 0$. Отсюда

$$A_1 = \frac{7}{3} n_0 \epsilon_0^{1/3} R_c^{7/3}.$$

Тогда

$$n = -n_0 R_c^{7/3} \cdot r^{-7/3} + n_0$$

или

$$n = n_0 \left[1 - \left(\frac{R_c}{r} \right)^{7/3} \right]. \quad (8)$$

Удельный поток вещества, переносимого турбулентной диффузией через единицу поверхности в единицу времени, составляет

$$j = D_{\text{турб}} \cdot \frac{dn}{dr}.$$

На поверхности поглощающей сферы $r = R_c$ этот поток равен

$$j = D_{\text{турб}} \cdot \left(\frac{dn}{dr} \right)_{r \rightarrow R_c} = \frac{7}{3} \epsilon_0^{1/3} n_0 R_c^{1/3}. \quad (9)$$

Полное число актов эффективной коалесценции в единицу времени, обусловленных турбулентным перемешиванием, будет равна:

$$N = S_{\text{ш}} j n \theta,$$

где θ – коэффициент эффективности столкновений капель; $S_{\text{ш}}$ – площадь поверхности шара.

С учетом (9) и формулы для площади поверхности шара $S_{\text{ш}} = 4\pi R_c^2$ получим

$$N = \frac{28}{3} \pi \epsilon_0^{1/3} n^2 R_c^{7/3} \theta. \quad (10)$$

Скорость коалесценции или уменьшение числа



капель во времени определяется из соотношения:

$$\frac{dn}{d\tau} = -N = -\frac{28}{3} \pi \epsilon_0^{1/3} \cdot n^2 \cdot R_c^{7/3} \cdot \theta. \quad (11)$$

Уравнение (11) решается при следующем граничном условии

$$\text{при } \tau = 0: n = n_0. \quad (12)$$

Несмотря на изменение количества капель во времени, объемная доля дисперсной фазы не меняется ($\varphi = \text{const}$). Объемное содержание дисперсной фазы равно произведению объема капель на их количество в единице объема. Для мелкодисперсной эмульсии капель нефти под действием поверхностной силы натяжения стремятся принимать сферическую форму. Тогда объем отдельных капель можно вычислить по

$$\text{формуле } \frac{4}{3} \pi r_k^3 = \frac{\pi d_k^3}{6}. \text{ Следовательно, между}$$

числом капель в единице объема и объемным содержанием дисперсной фазы имеет место зависимость

$$\varphi = \frac{\pi d_k^3}{6} n = \frac{\pi (d_k^0)^3}{6} n_0 = \text{const}. \quad (13)$$

В уравнении (11) радиус поглощающей сферы выразим через объемную концентрацию капель. С учетом (13) и соотношения $R_c = 1,5d_k$ уравнение (11) можно записать в виде:

$$\frac{dn}{d\tau} = -B n^{11/9}, \quad (14)$$

где

$$B = 124,92 \varphi^{7/9} \cdot \epsilon_0^{1/3} \cdot \theta.$$

После интегрирования уравнения (14) имеем:

$$-\frac{9}{2} n^{-2/9} = -B\tau + A_3. \quad (15)$$

Постоянная интегрирования A_3 определяется из граничного условия (12):

$$A_3 = -\frac{9}{2} n_0^{-2/9}.$$

Тогда (15) примет вид

$$\left(n^{-2/9} - n_0^{-2/9} \right) = \frac{B}{4,5} \tau \quad (16)$$

Полученная формула является функциональной зависимостью между значениями изменения числа капель и промежутка времени. С учетом (13) несложно перейти к диаметрам капель дисперсной фазы. Тогда для определения времени коалесценции капель получим

$$\tau = 0,068 \frac{d_k^{2/3} - (d_k^0)^{2/3}}{\varphi^{5/9} \cdot \epsilon_0^{1/3} \cdot \theta}. \quad (17)$$

Соотношение (17) можно записать в виде зависимости диаметра капель от времени:

$$d_k = \sqrt[3]{\left[17,7 \varphi^{5/9} \cdot \epsilon_0^{1/3} \cdot \tau \cdot \theta + (d_k^0)^{2/3} \right]^2}, \quad (18)$$

где d_k^0 – диаметр исходных капель. Полученная

формула позволяет рассчитывать рост диаметра капель под действием турбулентных пульсаций при попарном слиянии капель и при одинаковом времени пребывания капель в потоке. Интенсивность (скорость) изменения диаметра определяется через значения производной $d(d_k)/d\tau$.

Для процессов коалесценции капель и полноты их завершения необходимо знать распределение частиц потока в вышеуказанных физических моделях во времени. Для этого составлены дифференциальные функции распределения времени пребывания жидкости в этих моделях [11]: дифференциальная функция $C(\tau)$ по схеме: гидроциклон 1 – цилиндрическая камера 2 нижнего слива гидроциклона; дифференциальная функция $C(\tau)$ по схеме: гидроциклон-цилиндрическая камера 3 верхнего слива гидроциклона; дифференциальная функция $C(\tau)$ по схеме установки БГКО.

Дифференциальная функция распределения пребывания среды $C(\tau)$ имеет размерность сек^{-1} (1/сек), а время пребывания в конкретном аппарате определяется как $1/C(\tau)$. Для вычисления изменения диаметра дисперсной фазы за время ее пребывания в рассматриваемом устройстве необходимо умножить интенсивность изменения диаметра на величину данного промежутка времени

$$\frac{1}{C(d_k)} = \frac{d(d_k)}{d\tau} \cdot \frac{1}{C(\tau)}.$$

Отсюда находим дифференциальную функцию распределения капель нефти по крупности для полидисперсных систем на выходе из камер нижнего слива, верхнего слива и на выходе из отстойника

$$C(d_k) = C(\tau) \frac{d\tau}{d(d_k)}. \quad (19)$$

С учетом уравнений (17) и по [11] получим:

– для камеры нижнего слива:

$$C(d_k) = \frac{0,0455 \cdot K \cdot d_k^{-1/3} \cdot \lambda_1^2}{A_1 \cdot A_2 \cdot A_3 \cdot \varphi^{5/9} \cdot \epsilon_0^{1/3} \cdot \theta} \left[\frac{1}{(a-b)(a-c)} e^{a\tau} + \frac{1}{(b-a)(b-c)} e^{b\tau} + \frac{1}{(c-a)(c-b)} e^{c\tau} \right]; \quad (20)$$

– для камеры верхнего слива:

$$C(d_k) = \frac{0,0455 \cdot K \cdot d_k^{-1/3} \cdot \lambda_2^2}{A_1 \cdot A_2 \cdot A_3 \cdot \varphi^{5/9} \cdot \epsilon_0^{1/3} \cdot \theta} \left[\frac{1}{(a-b)(a-c)} e^{a\tau} + \frac{1}{(b-a)(b-c)} e^{b\tau} + \frac{1}{(c-a)(c-b)} e^{c\tau} \right]; \quad (21)$$

– для установки БГКО:



$$C(d_k) = \frac{0,0455 \cdot K \cdot d_k^{-1/3}}{A_1 \cdot A_3 \cdot \varphi^{5/9} \cdot \varepsilon_0^{1/3} \cdot \theta} \left\{ \frac{\bar{A}}{\frac{1}{A_4} + a} e^{at} + \frac{\bar{B}}{\frac{1}{A_4} + b} e^{bt} + \frac{\bar{C}}{\frac{1}{A_4} + c} e^{ct} - \left[\frac{\bar{A}}{\frac{1}{A_4} + a} + \frac{\bar{B}}{\frac{1}{A_4} + b} + \frac{\bar{C}}{\frac{1}{A_4} + c} \right] e^{-t/\lambda_4} \right\}. \quad (22)$$

В уравнениях (20, 21, 22) t определяется из уравнения (17).

Уравнения (20, 21, 22) являются основой для решения задач укрупнения (коалесценции) капель нефти при инженерных расчетах установок типа БГКО.

Литература

1. Адельшин А.Б., Бусарев А.В., Потехин Н.И., Селюгин А.С., Адельшин А.А. К проблеме интенсификации процессов гидродинамической очистки нефтесодержащих сточных вод. Изв. КГАСА. – Казань, 2003, №21. – С.91-96.
2. Адельшин А.А., Адельшин А.Б., Хисамеева Л.Р., Шешегова И.Г. К основным положениям разработки блочных установок очистки нефтепромысловых сточных вод с использованием закрученных потоков. – М.: Технология нефти и газа, 2007. – 12 с.
3. Гунта А., Лилли Ф., Сайред Н. Закрученные потоки. – М.: Мир, 1987. – 588 с.
4. Жизняков В.В. Исследование гидродинамики закрученного потока в трубопроводах технологических аппаратов систем очистки воды/ Дис. канд. техн. наук. – Горький, 1980. – 195 с.
5. Берджоу П. Введение в турбулентность и ее измерение. – М.: Мир, 1974. – 277 с.
6. Фортъе А. Механика суспензий. – М.: Мир, 1971. – 264 с.
7. Медников Е.П. Поперечная миграция частиц, взвешенных в турбулентном потоке. // Докл. АН СССР, 1971, №23. – С. 543-547.
8. Колмогоров А.Н. О дроблении капель в турбулентном потоке // Докл. АН СССР, 1949, №5. – С. 825-828.
9. Смирнов Ю.А., Белополюский А.Д. Теория и практика перемешивания в жидких средах. – М.: НИИТЭХИМ, 1976. – 256 с.
10. Турбулентное смещение газовых струй. / Под ред. Г.Н. Абрамовича. – М.: Наука, 1974. – 272 с.
11. Адельшин А.А. Дифференциальная функция распределения времени пребывания жидкости установки БГКО / Труды Международного форума по проблемам науки, техники и образования. Том 2. – М.: Академия наук о Земле, 2004. – 170 с.
12. Тронов В.П., Тронов А.В. Очистка вод различных типов для использования в системе ППД. – Казань: ФЭН, 2001. – 560 с.
13. Левич В.Г. Физико-химическая гидродинамика. – М.: Физматгиз, 1959. – 698 с.
14. Гухман А.А. Применение теории подобия к исследованию процессов тепломассообмена. – М.: Высшая школа, 1967. – 303 с.



УДК 669.015

А.Б. Адельшин – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой
Кафедра водоснабжения и водоотведения

М.Г. Зиганшин – кандидат технических наук, доцент
Кафедра теплогазоснабжения и вентиляции

Казанский государственный архитектурно-строительный университет (КазГАСУ)

КОМПЛЕКСНАЯ ОБРАБОТКА ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВЫБРОСОВ С ХЛОРСОДЕРЖАЩИМИ ЗАГРЯЗНИТЕЛЯМИ

АННОТАЦИЯ

В связи с началом выполнения Россией обязательств по Киотскому протоколу становится необходимостью совершенствовать системы очистки по веществам, разрушающим озоновый слой, парниковым газам, куда входят соединения галогенов. Их опасность заключается как в воздействии на организм человека, так и в глобальном воздействии на климат планеты. Наиболее надежным и универсальным методом обезвреживания хлорсодержащих соединений в мировой практике считается метод непосредственного сжигания. Однако термообработка галогенов ведет не к уничтожению парниковых газов, а к производству более токсичных веществ. Разработана и испытана система комплексного обезвреживания с удалением хлора из выбросов до пламенной зоны. Она состоит из узлов предварительной хемосорбционной обработки выбросов в фонтанирующем слое, конденсации образующихся хлоридов и сжигания неконденсирующихся органических соединений. Анализ продуктов сгорания позволил выявить оптимальные параметры обработки выбросов, соответствующие степени очистки по хлору не ниже 98%.

A.B. Adelshin – doctor of technical sciences, professor, head of the department
Water Supply and Water-Drainage department

M.G. Ziganshin – candidate of technical sciences, associate professor
Heating and Ventilation department

Kazan State University of Architecture and Engineering (KSUAE)

COMPLEX PROCESSING OF VENTILATING AND TECHNOLOGICAL EMISSIONS WITH CHLORINE-CONTAINING POLLUTANTS

ABSTRACT

In connection with the beginning of performance of Russia regarding the obligations on Kyoto Protocol it becomes necessity to improve the system of clearing on the substances destroying an ozone cloud, greenhouse gases and which contain the halogens. The danger of them consists both in influence on human organism, and in global influence on a planet climate. The most reliable and universal method of neutralization of chlorine-containing substances in world practice is a method of direct burning. However heat treatment of halogens leads not to destruction of hotbed gases, but to manufacture of more toxic substances. The system of complex neutralization by chlorine removal from emissions up to a flame area is developed and tested. It consists of units: i) preliminary chemisorptions processing of emissions in a spouted bed, ii) condensation of formed chlorides and iii) burning of not condensed organic connections. The analysis of combustion products allows revealing optimum parameters of processing of the emissions, corresponding level of clearing on chlorine not below 98 percent.

В связи с началом выполнения Россией в 2008 г. обязательств по Киотскому протоколу и Рамочной конвенции ООН об изменении климата (UN FCCC) и необходимостью сокращения выбросов парниковых газов, проблема совершенствования технологий обработки приточного воздуха и вентиляционных выбросов приобретает ряд новых характерных черт. Становится необходимостью оценивать совершенство систем очистки по веществам,

входящим в списки Монреальского протокола 1987 г. с изм. от 29.06.90 г. (разрушающим озоновый слой) и не регулируемым Монреальским протоколом (парниковые газы), куда входят соединения галогенов. Их опасность заключается как в воздействии на организм человека, так и в глобальном воздействии на климат планеты. С другой стороны, следствием необходимости выполнения обязательств по Киотскому протоколу должны стать



приоритетность и экономическая прибыльность такой сферы деятельности, как обработка вентиляционных и других производственных выбросов, содержащих парниковые газы с соединениями галогенов.

Обезвреживание выбросов, содержащих хлорсодержащие вещества, в настоящее время проводится методами конденсации, сорбции, каталитического сжигания и огневого обезвреживания. Методы конденсации и сорбции не приемлемы при концентрации хлорсодержащих загрязнителей в выбросах менее 1-2 г/м³. Метод каталитического сжигания сопряжен со сложностями подбора стойких и экономически приемлемых катализаторов. Наиболее надежным и универсальным методом обезвреживания хлорсодержащих соединений в мировой практике считается метод непосредственного сжигания.

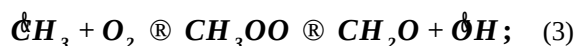
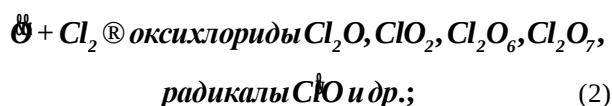
Однако термообработка при обеспечении надлежащих параметров может быть радикальным средством обезвреживания чисто органических загрязнителей. Термообработка галогенов ведет не к уничтожению парниковых газов, а к производству более токсичных, вплоть до боевых отравляющих, веществ. Традиционные способы термообезвреживания выбросов, содержащих хлорсодержащие компоненты, включают их подачу в высокотемпературную зону печей различных конструкций, где они участвуют в процессе горения, и нейтрализацию продуктов сгорания. При этом не учитывается, что в пламени всегда может произойти и происходит синтез ряда новых высокотоксичных соединений, таких, как фосген и более токсичных, которые сначала необходимо идентифицировать, а затем улавливать и удалять специфичными методами из конечных продуктов обезвреживания.

Галогены ингибируют реакции взаимодействия углеводородов с кислородом в высокотемпературной зоне, связывая и уничтожая активные центры. Фтор и хлор, обладающие сильными окислительными свойствами, конкурируют с кислородом и между собой в термоокислительных реакциях углеводородных радикалов. Скорости реакций углеводородных радикалов с кислородом, фтором и хлором почти одинаковы. Поэтому при наличии галогенов в пламенах всегда образуются галогенизированные углеводороды. Некоторые специалисты в области химической технологии рассматривают углеводородное пламя в качестве генератора галогенпроизводных углеводородов, предлагая синтезировать их таким способом в промышленных масштабах. К примеру, добавляя хлор в зону горения метана, можно генерировать все его хлорзамещенные производные – хлористый метил CH_3Cl (фреон-40), метилхлорид

CH_2Cl_2 (фреон-30), хлороформ CHCl_3 (фреон-20),

четыреххлористый углерод CCl_4 (фреон-10).

Параллельно в таком пламени идут и реакции окисления хлора и метана кислородом:



Промежуточные реагенты и продукты цепей элементарных реакций различных направлений также взаимодействуют между собой. Такие цепи могут завершиться образованием фосгена или более опасных соединений.

Схема генерирования фосгена метанокислородным пламенем при наличии хлора может быть следующей. На первой стадии атомы хлора, сталкиваясь со стабильными молекулами CO и CH_2O , образующимися в реакциях окисления метана 3, 4, взаимодействуют с ними и создают радикалы типа $\text{COCl}^\bullet$:



Затем радикалы $\text{COCl}^\bullet$ образуют с молекулярным хлором фосген и атомарный хлор:



Атомарный хлор дает начало новой цепи, вступая в реакции 5 или 6.

В настоящее время не существует надежных методов обезвреживания вентиляционных выбросов с такими загрязнителями, имеющими, как правило, концентрации компонентов менее 1 г/м³. Для надежности систем обработки хлорсодержащих вентиляционных выбросов необходимо предварительно, до термообработки, вывести хлор-ион из системы. Это облегчает решение вопроса о применимости термического метода для обработки выбросов с галогенсодержащими компонентами, непосредственное сжигание которых принципиально недопустимо. Поэтому надлежащего обезвреживания воздуха, загрязненного галогенсодержащими веществами, можно достичь только комплексной обработкой. Технически оптимальным является сочетание сорбционного, конденсационного и термического методов обработки.



При ограничении области применения термоокислительной обработки с точки зрения образования CO_2 как парникового газа, необходим объективный подход, предполагающий в обязательном порядке учет степени опасности исходных загрязнителей. Образование CO_2 при термообработке не должно рассматриваться как производство парникового газа и недостаток способа обезвреживания также в тех случаях, когда загрязнители, поступающие на термообработку, физически обладают парниковым эффектом, т.е. их молекулы состоят из трех и более атомов.

К таким относятся практически все вещества, широко используемые в качестве растворителей. Характерно при этом, что энергоемкость многих технологических процессов, связанных с их применением, сопоставима с потерей тепловых ресурсов, содержащихся в отработанном воздухе. Теплота сгорания такого широко распространенного растворителя, как дихлорэтан, достаточно высока – 11500 кДж/кг, а его концентрация даже после конденсационной обработки (рекуперации) может достигать до 1 г/м³. Поэтому их утилизация представляет интерес с точки зрения энергосбережения. И все же основным при решении вопроса о необходимости затрат на очистку выбросов следует считать то, что концентрации токсичных компонентов обычно на 3 и более порядка превышают ПДК и оказывают негативное глобальное воздействие на окружающую среду.

Для ускоренного развития систем обработки воздуха, загрязненного такой разновидностью парниковых газов, как галогены, их следовало бы включать, несмотря на наличие или отсутствие CO_2 , в реестр стоков, а не источников парниковых газов, при условии, что галогены не подвергаются непосредственной термообработке.

В работе проведено опытное исследование процесса комплексной обработки вентиляционных выбросов с галогенсодержащими веществами, с целью нахождения параметров, обеспечивающих их максимальное обезвреживание, и разработки оптимального сочетания этих способов [1].

С этой целью разработана система комплексного обезвреживания с удалением хлора из выбросов до пламенной зоны. Ее суть заключается в предварительном разложении хлорсодержащих соединений и связывании хлора с железом в контактном аппарате с фонтанирующим слоем, с последующей конденсацией тяжелых паров хлоридов железа и подачей органического остатка на сжигание [2]. Предложенный способ защищен авторским свидетельством на изобретение и используется на КПО «ТАСМА» [3], на базе которого были проведены опытные исследования по комплексной обработке выбросов.

Для внедрения разработанной системы обработки выбросов на ПО «ТАСМА» был изготовлен узел предварительной адсорбционной обработки в фонтанирующем режиме полидисперсного адсорбента. Он представлял собой контактный аппарат цилиндрической конфигурации с диаметром цилиндрической части 200 мм. В контактный аппарат поступали вентиляционные выбросы с хлорсодержащими веществами. В качестве фонтанирующего реагента использованы оксиды железа, применяемые на предприятии для производства магнитной ленты со средним размером частиц 0,1 мм, а также отходы самой ленты. При контакте происходило разложение хлорсодержащих компонентов, образовывались органические соединения и летучие хлориды железа, которые в парообразном виде выводились из контактного аппарата и направлялись в узел конденсации. В последнем, при температуре около 0°C, производилась конденсация хлоридов железа. При этом достигалось улавливание хлорсодержащих соединений перед пламенной зоной. Неконденсирующиеся органические соединения в газообразном виде подавались из конденсатора в узел сжигания с горелкой по [4], работающей устойчиво с коэффициентом избытка воздуха $\alpha=1,05-3,5$. Тепло продуктов сгорания после горелочного устройства частично использовалось для подогрева конической части контактного аппарата.

В различных режимах фонтанирования расход отбросных газов поддерживался в пределах 0,0004 ~ 0,004 м³/с, температура изменялась от 200 до 400°C. В ходе испытаний анализировался состав твердой фазы из аппарата и жидкой фазы из конденсатора, определялось содержание хлора в продуктах сгорания по HCl. Анализ твердой фазы проводился методом ПМР в лаборатории РАН, жидкой и газообразной – стандартными методами химического анализа в химической лаборатории ПО «ТАСМА» [5]. Анализ твердой фазы показал содержание хлоридов двух- и трехвалентного железа в кристаллогидратном состоянии, а также значительное количество гидроперекисных соединений железа. Анализ проб конденсата показал, что в их составе содержится до 20% ионов трехвалентного железа, более 30% ионов хлора, около 10% ионов водорода при незначительном содержании (0... 0,4%) углерода. Анализ продуктов сгорания позволил выявить оптимальные температурные пределы обработки выбросов, соответствующие степени очистки по хлору не ниже 98%. Таким образом, разработанный и защищенный авторским свидетельством способ обработки выбросов с загрязнителями глобального действия успешно прошел испытания.



Литература

1. Зиганшин М.Г. Система термообезвреживания отбросных газов, содержащих пары хлорсодержащих растворителей. // Всесоюзная научно-практ. конференция «Человек-труд-экология»: Тезисы докладов. – Волгоград: ВолгИСИ, 1990. – С. 94-95.
2. Отчет по НИР. Инв. № 01860050341. Зиганшин М.Г. и др. Анализ способов обезвреживания хлорсодержащих компонентов отбросных газов / Тепломассообмен и гидромеханика элементов систем отопления, вентиляции, утилизации отходов.
3. Способ термического обезвреживания выбросов, содержащих хлорсодержащие компоненты. А.с. 1395899 (СССР), 15.05.88/ Патентообладатели: Зиганшин М.Г., Алешенко И.С., Павлов Л.В.// Изобретения: Бюл. №18, 1988.
4. Горелочное устройство. Патент РФ на изобретение №2216689, 20.11.2003/Патентообладатели: Зиганшин М.Г., Белов А.В., Александров Ю.Б. // Изобретения: Бюл. №32, 2003.
5. Зиганшин М.Г. Исследование процесса обезвреживания отбросных газов, содержащих хлорсодержащие компоненты. // Сб. докл. Респ. научно-техн. семинара «Мониторинг окружающей среды». – Казань: КИСИ, 1993. – С. 28-29.



УДК 338

Е.А. Добросердова – старший преподаватель

Кафедра экономики и управления в городском хозяйстве

Казанский государственный архитектурно-строительный университет (КазГАСУ)**РАЗДЕЛ «ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ».
СОСТАВ. РЕКОМЕНДАЦИИ****АННОТАЦИЯ**

В статье приводится краткая информация по составлению крупного раздела современной проектной документации – экологическому обоснованию. На основе богатого практического опыта автора показаны примеры расчета воздействия существующих видов загрязнений на окружающую среду.

E.A. Dobroserdova – senior lecturer

Business Management in Municipal Economy department

Kazan State University of Architecture and Engineering (KSUA)**THE SECTION «PROTECTION OF AN ENVIRONMENT».
COMPOSITION. RECOMENDATIONS****ABSTRACT**

This article presents the brief information on drawing up of the large section of modern project documentation that is ecological substantiation. The practical experience of the author made it possible to show the assessment of an environmental influence of existing types of polluting substances.

Состояние окружающей среды в республике определяется высокой урбанизацией и плотностью населения. Правильно выбранная политика в области концепции градостроительства, жилищно-коммунального хозяйства, рост современных технологий позволяет отметить на территории республики большой рост жилых комплексов, секторов коммунально-бытового обслуживания населения, развлекательно-зрелищных объектов, торговых центров. Большую значимость в воспитании подрастающего поколения имеет сохранение существующих памятников истории, для которых необходима частичная или полная реконструкция.

Для строительства новых объектов все больше используется территория, прилегающая к городам. Проектируемый объект рассматривается с учетом существующей планировки города, компактного его размещения и взаимосвязи функциональных зон, в увязке с системой общественных центров, инженерно-транспортной инфраструктурой, природно-климатическими, ландшафтными, национально-бытовыми особенностями, охраной памятников истории и культуры и окружающей средой.

Любое воздействие на окружающую среду, которое может оказать намечаемая хозяйственная или иная деятельность, подлежит обязательному экологическому обоснованию для оценки экологического воздействия деятельности на окружающую среду.

Принять экологически ориентированное управленческое решение о реализации намечаемой деятельности с учетом необходимых мер по

уменьшению и предотвращению возможных неблагоприятных воздействий помогает четкое определение допустимых социально-экономических последствий ее реализации, устанавливая соответствие с экологическими требованиями, которые отражаются в проектах по «Охране окружающей среды» (ООС).

Проект «Охрана окружающей среды» определяет экологические требования для строительства новых объектов и реконструкции, расширения и/или технического перевооружения действующих объектов, исходя из масштабов и характера влияния на окружающую среду, учитывая ресурсы района, социальные и другие потребности размещения объекта (на конкретной территории).

Исполнители проектов ООС при разработке разделов должны руководствоваться законодательной базой Российской Федерации, устанавливающей единые требования для физических или юридических лиц по экологическому обоснованию и оценке воздействия намечаемой хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду и основными принципами оценки воздействия на окружающую среду:

1. принцип презумпции потенциальной экологической опасности любой намечаемой хозяйственной или иной деятельности;

2. принцип обязательности проведения государственной экологической экспертизы – проведение оценки воздействия на всех этапах подготовки документации, обосновывающей хозяйственную и иную деятельность;



3. принцип научной обоснованности, объективности и законности заключений экологической экспертизы;

4. принцип достоверности и полноты информации.

Документация, экологически обоснованная, должна гарантировать единство методического подхода (инструментального, расчетного) к определению воздействия на окружающую среду, экологическую безопасность населения; минимальный ущерб природной среде и населению при устойчивом социально-экономическом развитии территорий; благоприятные экологические условия для проживания населения; рациональное и экономное расходование природных, материальных, топливно-энергетических и трудовых ресурсов; выпуск экологически безопасной продукции; сохранение биологического разнообразия, чистоты воздуха, источников водоснабжения и других природных объектов, исторического наследия народа; внедрение высокопроизводительного мало- или безотходного технологического оборудования и техники. Обоснование и/или оценка воздействия преследуют цель предотвращения или смягчения воздействия намечаемой деятельности на окружающую среду.

В составе проектной документации раздела ООС должны содержаться следующие подразделы:

- охрана и рациональное использование земель при строительстве объекта,
- охрана атмосферного воздуха от загрязнения,
- охрана подземных и поверхностных вод от загрязнения и истощения,
- охрана окружающей среды при складировании отходов промышленного производства,
- охрана растительности и животного мира,
- прогноз изменения состояния окружающей среды под воздействием проектируемого объекта.

Данные проекты разрабатываются на основании технического задания и информации, предоставленной Заказчиком. Техническое задание является частью материалов по оценке воздействия на окружающую среду и содержит основные цели и задачи.

В описательной части проекта предоставляется информация по технико-экономическим показателям Генплана объекта, организации рельефа и характеристике подземных вод, приводятся природно-климатические характеристики района, виды и источники существующего техногенного воздействия месторасположения объекта, характер и интенсивность воздействия на компоненты окружающей среды в процессе строительства и эксплуатации проектируемого объекта. Описываются системы вентиляции, отопления, водоснабжения и водоотведения объекта, дается характеристика хозяйственно-бытовых и производственных стоков с учетом внутреннего и наружного расположения систем, указываются расстояния до ближайших существующих или планируемых зданий и сооружений.

Рассматривая проект Охраны окружающей среды необходимо отметить единство применения действующей законодательной и методической базы в области экологического обоснования хозяйственной и иной деятельности. Целью данных работ является оценка изменения состояния воздушного, водного бассейнов и земельного фонда в районе проектируемого объекта под воздействием его технологических и производственных процессов при строительстве и эксплуатации, в том числе потенциального влияния объекта на здоровье населения.

При разработке определяют уровень воздействия проектируемого объекта на окружающую природную среду и оценку соответствия проектных решений действующим природоохранным требованиям; дают оценку изменений природной среды в результате планируемого воздействия; определяют проектные решения по предотвращению или уменьшению негативного воздействия на компоненты окружающей среды и комплексную оценку экологических последствий воздействия объекта на окружающую среду.

Оценка воздействия на атмосферный воздух.

В этом разделе анализируется современное состояние атмосферного воздуха в исследуемом районе, определяются источники загрязнения атмосферного воздуха, производится расчет категории опасности предприятия, по необходимости определяются фоновые концентрации. Во время строительства на атмосферный воздух оказывают воздействие используемая специализированная строительная техника и используемые при строительстве материалы. На основании приведенных данных производится расчет на определение массы загрязняющих веществ, определяются приземные концентрации и прикладываются схемы рассеивания, расчет проводится при наиболее неблагоприятных метеорологических условиях. Валовые выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, перечень вредных веществ и комбинаций, выделяющихся в атмосферный воздух, их количественные характеристики во время эксплуатации строительной техники представляются в табличной форме. Один из вариантов оформления результатов расчетов представлен в таблице 1 и 2.

При превышении допустимых значений концентраций определяются пути уменьшения количества выбрасываемых веществ, даются рекомендации по снижению вредного воздействия, вплоть до остановки осуществляемой деятельности.

Воздействие на атмосферный воздух деятельностью объекта во время эксплуатации рассматривается в зависимости от намечаемой деятельности.

Оценка воздействия на водные объекты.

Приводится описание расположенных рядом с исследуемым объектом водных объектов –



Таблица 1

Валовые выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух во время строительных работ

Наименование вещества	Код вещества	Выбросы загрязняющих веществ, тонн
Железа оксид	123	0,00062
Марганец и его соединения	143	0,000069
Диоксид азота	301	0,05736

Таблица 2

Перечень вредных веществ, выделяющихся в атмосферный воздух, и их количественные характеристики во время эксплуатации строительной техники

Код вещества	Наименование вещества	ПДК м.р., мг/м ³	Класс опасности	Выброс вредного вещества	
				г/с	тонн/год
184	Свинец	0,001	1	0,0000018	0,00000098
301	Диоксид азота	0,2	2	0,004416	47,2
304	Оксид азота	0,4	3	0,000746	7,64

водохранилищ, рек, озер. Определяется непосредственная близость объекта к водоохранной зоне.

Расчет объема дождевых и талых вод и их количества, выносимого с территории объекта, производится согласно «Методическим указаниям по расчету платы за неорганизованный сброс загрязняющих веществ в водные объекты» с применением соответствующих концентраций в период строительства и эксплуатации объекта [14].

Расчет производится по следующему перечню загрязняющих веществ: *взвешенные вещества, нефтепродукты, БПК_п, сульфаты, хлориды, азот аммонийный, нитраты, нитриты, кальций, магний, никель, цинк, фосфор общий*.

Годовой объем поверхностного стока определяется в соответствии с используемой методикой и указанным

периодом. Расчет группируется в табличные формы отдельно на период строительства (табл. 3), на период эксплуатации (табл. 4).

В таблицах приводятся не все рассчитываемые загрязняющие вещества, а только некоторые из них, в проектах следует проводить расчет и указывать объемы на все вышеперечисленные ингредиенты.

В период строительства образуется поверхностный сток, загрязненный взвешенными веществами и нефтепродуктами, образующийся при работе строительной техники (выемка и подсыпка грунта, подготовка дорог и проездов).

Для предотвращения такого загрязнения предусматриваются мероприятия, направленные на уменьшение интенсивности эрозии (предотвращение вынутых грунтов размыванию, своевременная рекультивация нарушенных грунтов).

Таблица 3

Расчет величины сброса загрязняющих веществ неорганизованным стоком строительной площадки

Наименование загрязняющего вещества	Концентрация загрязняющего вещества, мг/л		Масса сброса 3В неорганизованным стоком, т/год
	Дождевые воды W _д = 106,998 м ³ /год	Талые воды W _т = 55,42 м ³ /год	
Взвешенные вещества	6000		0,9745
БПК _п	210		0,0341
Нефтепродукты	90		0,0146
Сульфаты	100	500	0,03841
Хлориды	200	1500	0,10453



Таблица 4

Результаты расчета массы сброса загрязняющих веществ для талого, дождевого и поливмоечного стоков с территории

Наименование загрязняющего вещества	Концентрация загрязняющего вещества, мг/л			Масса сброса загрязн. вещества с неорганиз. стоком, тонн/год
	Дождевые воды $W_d = 553,832 \text{ м}^3/\text{га}$	Талые воды $W_t = 653,3 \text{ м}^3/\text{га}$	Поливмоечные воды $W_p = 200 \text{ м}^3/\text{га}$	
Взвешенные вещества	2000			4,478
Нефтепродукты	55			0,201
БПКп	210			0,4702
Сульфаты	100	500	100	0,7021
Хлориды	200	1500	200	2,002

Концентрированными по содержанию органических и минеральных примесей являются талые воды. Сокращение их концентрации возможно при периодической снегоочистке прилегающей территории или использовании сооружений ливневой канализации с последующей их очисткой или на локальных очистных сооружениях, или очистных сооружениях муниципального образования.

Оценка воздействия на почвенный покров.

Дальнейшее исследование воздействия потенциальной деятельности рассматривается относительно возможного загрязнения и захламления почвенного покрова прилегающей территории в период строительства и эксплуатации. Захламление территории может возникнуть при отсутствии мест для складирования производственных, бытовых отходов и строительных отходов. Для рационального обращения с отходами производства и потребления можно рекомендовать их селективный сбор.

Выборка применяемых для строительства материалов проводится по сметам на строительные работы. Расчет образования строительных отходов ведется на основании «Правил разработки и применения нормативов трудноустраняемых потерь и отходов материалов в строительстве» [11]. Предупреждением отрицательного воздействия на почвенный покров строительных отходов может быть повторное их использование в собственном производстве, согласованное в Роспотребнадзоре, и организация мест для складирования и своевременного вывоза образующихся отходов по мере накопления.

Оценка воздействия на растительный и животный мир. Описывается современное состояние растительного и животного мира с перечислением его типичных представителей. Необходимо указать, имеются ли на данной территории представители, занесенные в Красную книгу.

После окончания строительных работ необходимо

провести рекультивацию нарушенных земель путем посева газонных трав и посадки зеленых насаждений согласно плану благоустройства территории.

Уделяется большое внимание вопросам восстановления растительного покрова и сохранения зеленых насаждений, растущих на территории, примыкающей к строительному участку, вопросам рекультивации по окончании строительных работ и работам, связанным с благоустройством данного участка.

Оценка воздействия физических факторов.

Шум. Оценивается воздействие шумовых факторов, которые возникают в результате работ строительной техники во время строительства и при эксплуатации транспортных средств, специализированного оборудования, характерного для намечаемой деятельности и используемого в процессе эксплуатации. Определяются источники шума, их шумовые характеристики, нормы допустимого шума на территории и в помещениях жилых и общественных зданий. В соответствии со СНиП «Защита от шума» рассчитывается ожидаемый уровень шума [13]. При превышении допустимых значений разрабатываются меры по снижению шума.

Электромагнитное излучение (ЭМИ). К основным источникам электромагнитных излучений антропогенного происхождения относятся телевизионные и радиолокационные станции, мощные радиотехнические объекты, промышленное технологическое оборудование, высоковольтные ЛЭП и т.д.

В соответствии с действующими ГОСТами нормируется напряженность электрического поля и напряженность магнитного поля. Интенсивность ЭПМ РЧ на территории жилой застройки, в жилых, общественных и производственных зданиях не должна превышать в диапазоне частот от 30 кГц до 300 кГц – 25 В/м, в диапазоне от 300 кГц до 3 МГц – 15 В/м, в диапазоне от 3 МГц до 30 МГц – 10 В/м и в диапазоне от 30 до 300 МГц – 3 В/м.



Таблица 5

Расчет объемов образования отходов при строительстве

	Наименование материалов	Расход материала		Коэф. перевода	Масса материала, т	Норм. обр. отхода, %	Масса отхода, тн	Название отхода
1	2	3		4	5	6	7	8
1	Арматурная сталь, проволока и др.	7,72	тн	1	7,72	1	0,0772	Лом черного металла несортированный
2	Электроды	0,0961	тн	1	0,0961	10	0,00961	Остатки и огарки стальных сварочных электродов
3	Электроды	0,0961	тн	1	0,0961	11	0,0106	Шлак сварочный

Воздействие отходов производства и потребления на окружающую среду. В этом разделе рассматриваются все возможные виды отходов производства и потребления: строительные отходы, которые имеют большой перечень наименований образующихся отходов с различными классами опасности, твердые бытовые отходы и жидкие бытовые отходы от строителей. Данные расчеты приводятся в табличной форме с указанием наименования используемого материала, его массы и процента его образования отходов, кода отхода и класса опасности в соответствии с федеральным классификационным каталогом отходов (ФККО) [12], на основании приведенных данных производится анализ образующихся отходов по количественному и качественному составу (пример в таблице 5).

При эксплуатации объекта рассматривается образование отходов в соответствии с планируемой деятельностью организации. Расчет отходов включает в себя обязательный расчет твердых бытовых отходов от сотрудников, уличного смета с территории организации, отходов, специфичных данной деятельности (отходы от торговой деятельности организации, промышленные отходы и др.), отходов, подлежащих обязательному сбору в качестве вторичного сырья (пластмасса, полиэтилен, макулатура от канцелярской деятельности организации).

Данные расчеты также приводятся в табличной форме в соответствии с наименованиями, кодом и классом опасности отходов по федеральному классификационному каталогу отходов (ФККО) (пример в таблице 6).

Таблица 6

Ориентировочный перечень и количество отходов, образующихся при строительстве и эксплуатации объекта

Наименование отхода	Код отхода по ФККО	Класс опасности для	Количество отходов, т
1	2	3	4
1. Отходы лакокрасочных средств	55500000 00 00 0	III	0,0044
Итого 3 класса опасности:			0,0044
2. Отходы битума, асфальта в твердой форме	54901200 01 00 4	IV	6,757
Итого 4 класса опасности:			6,757
8. Бой строительного кирпича	31401404 01 99 5	V	6,126
Итого 5 класса опасности:			6,126
ВСЕГО:			12,7054



На основании полученных данных проводится анализ предполагаемой ситуации, предусматриваются места временного складирования отходов, их размещения, хранения и утилизации.

Все движения отходов производства и потребления от их образования до конечного пункта захоронения или утилизации должны быть документированы – наличие договоров на вывоз образующихся отходов и прием отходов, являющихся вторичным сырьем, с подтверждением передачи данных видов отходов организациям, имеющим лицензию на обращение с опасными отходами.

При использовании природных ресурсов или вовлекаемых в хозяйственный оборот сырья и материалов необходимо учитывать нормы образования отходов, возможность рационального и повторного их использования. Повторное использование отходов производства и потребления, с точки зрения природоохранного законодательства, трактуется как лицензируемый вид деятельности.

Оценку характера возможных ситуаций и их последствий необходимо рассматривать с точки зрения альтернативных вариантов ее достижения вплоть до отказа от деятельности – «нулевого варианта». Приводятся выводы о допустимости или не допустимости воздействия намечаемой деятельности на окружающую природную среду. В случае недопустимого воздействия возможна разработка ряда мероприятий по приведению данного воздействия до допустимого, не оказывающего отрицательного воздействия на окружающую среду и здоровье населения.

Анализируя проектные работы по «Охране окружающей среды», можно проследить единство применения действующей законодательной и методической базы в области экологического обоснования хозяйственной и иной деятельности.

Таким образом, в каждом разделе или при обобщении всех разделов приводятся выводы о соответствии принятых проектных решений существующему природоохранному законодательству, рациональному использованию природных ресурсов. Подтверждая экологическую безопасность намечаемой деятельности или конкретизируя полученные результаты, обосновывается допустимость осуществления той или иной деятельности.

Литература

1. Градостроительный кодекс Российской Федерации. Федеральный закон от 29.12.2004 г. № 191-ФЗ.
2. Водный кодекс Российской Федерации. Федеральный закон от 03.06.2006 г. № 73-ФЗ.
3. Земельный кодекс Российской Федерации. Федеральный закон от 25.10.2001 г. № 136-ФЗ.
4. Федеральный закон от 04.05.1999 г. «Об охране атмосферного воздуха».
5. Закон Российской Федерации от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды».
6. Закон Российской Федерации от 23.11.1995 г. № 174-ФЗ «Об экологической экспертизе».
7. Закон Российской Федерации от 24.06.98 г. № 89-ФЗ «Об отходах производства».
8. Приказ Госкомэкологии России от 16.05.2000 г. № 372 Об утверждении «Положения об оценке воздействия намечаемой хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду в РФ».
9. Приказ Минприроды России от 29.12.1995 г. № 539 Об утверждении «Инструкции по экологическому обоснованию хозяйственной и иной деятельности».
10. Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух.
11. РДС 82-202-96. Правила разработки и применения нормативов трудноустраняемых потерь и отходов материалов в строительстве.
12. Приказ МПР РФ № 786 от 02.12.2002 г. «Об утверждении федерального классификационного каталога отходов» (№ 633 от 30.07.2003 г. «О внесении изменений»).
13. СНиП 23-03-2003 «Защита от шума».
14. «Методические указания по расчету платы за неорганизованный сброс загрязняющих веществ в водные объекты», утвержденные Госкомэкологии РФ 29.12.1998 г.



УДК 669.015

А.И. Ерёмкин – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой

Кафедра теплогазоснабжения и вентиляции

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства (ПГУАС)**М.Г. Зиганшин** – кандидат технических наук, доцент

Кафедра теплогазоснабжения и вентиляции

Казанский государственный архитектурно-строительный университет (КазГАСУ)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОЦЕНКИ САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКОЙ И ЭНЕРГОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ОЧИСТКИ

АННОТАЦИЯ

Разработаны методика и параметры, позволяющие проводить более достоверную оценку санитарно-гигиенического совершенства и энергоэкологической эффективности систем очистки. Получен безразмерный временной параметр ухудшения качества атмосферы вследствие выброса загрязнителя очистным сооружением, который в сочетании со степенью очистки может быть использован для характеристики санитарно-гигиенического, экологического и технического совершенства газоочистных систем. Составлен конкретизированный энергоэкологический параметр с целью определения эффективности систем очистки выбросов по парниковым газам. Он определяется из сопоставления энергозатрат, необходимых для удаления CO_2 из состава исследуемых выбросов и некоторых эталонных газов до идеальной концентрации, соответствующей среднему фоновому содержанию в незагрязненной атмосфере. В результате расчета однозначно оценивается степень энергоэкологичности **EER** и энергоэкологической эффективности **EEE** рассматриваемого очистного устройства. Энергоэкологическая эффективность может служить критерием выбора способов газоочистки для конкретных типов производственных выбросов. Это будет способствовать систематизации и созданию газоочистных систем, отвечающих требованиям современной экологической ситуации.

A.I. Eremkin – doctor of technical sciences, professor, head of the department

Heating and Ventilation department

Penza State University of Architecture and Building (PSUAB)**M.G. Ziganshin** – candidate of technical sciences, assistant professor

Heating and Ventilation department

Kazan State University of Architecture and Engineering (KSUAE)

THE IMPROVEMENT OF AN ESTIMATION OF SANITARY AND HYGIENIC, ENERGY AND ECOLOGICAL EFFICIENCY OF CLEARING SYSTEMS

ABSTRACT

The developed technique and parameters allow to spend more reliable estimation of Sanitary and Hygienic perfection, and Energy and Ecological efficiency of clearing systems. The dimensionless timely parameter of atmosphere deterioration owing to emission pollutant by a clearing construction is received. This parameter in a combination with a degree of clearing can be used for determination of sanitary-and-hygienic, ecological and technical perfection systems. The concretized Energy and Ecological parameter aiming to define of an efficiency of clearing systems of emissions on hotbed gases is defined by the comparison of the power inputs necessary for removal of CO_2 from the structure of investigated emissions and some reference gases up to ideal concentration, corresponding the average background maintenance in not polluted atmosphere. As a result of calculation the Energy and Ecological Ratio **EER**, and Energy and Ecological efficiency **EEE** of the considered clearing device are unequivocally estimated. Energy and Ecological efficiency can serve as a criterion of chosen way of gas purification for concrete types of industrial emissions. This will promote ordering and conduction of the gas purification systems which meet the requirements of a modern ecological situation.

Разработаны методика и параметры, позволяющие проводить более достоверную оценку санитарно-гигиенического совершенства и энергоэкологической эффективности систем очистки. Эти вопросы

рассматривались в работах многих авторов. Анализ предлагаемых характеристик по санитарно-гигиенической оценке показал, что они не всегда удобны для использования вследствие сложности,



недостаточной универсальности и т.п. В работах [1, 2, 3] отмечается отсутствие оптимального показателя оценки санитарной эффективности очистных систем. Г.П. Беспамятниковым, Ю. А. Кротовым [4] предложен комплексный показатель «санитарной эффективности СЭ», который принят в нашей работе за аналог:

$$СЭ = (1 - C_e/C_b)(ПДК/C_e), \quad (1)$$

где C_b , C_e – начальная и конечная концентрации загрязнителя, мг/м³.

Он составлен как произведение степени очистки $\eta = 1 - C_e/C_b$ и показателя «контроля биосферы» $КБ = ПДК/C_e$.

К настоящему времени показатель санитарной эффективности работы систем газоочистки в представленном виде широкого применения не нашел. Его неудобство в том, что численное значение показателя «КБ», как правило, на 2-3 порядка меньше, чем η , а «КБ» разных загрязнителей одного выброса отличается на несколько порядков. Поэтому в комплексе «СЭ» становится незаметным различие очистных устройств по степени очистки η , а также еще больше усложняется оценка эффективности очистки выбросов с несколькими загрязнителями. Предлагаемые для этого случая рекомендации рассчитывать СЭ отдельно для каждого соединения, а затем оценивать эффективность обезвреживания по наименьшему полученному значению, вследствие большого числа возможных сочетаний концентраций ингредиентов и параметров обезвреживания загрязнителей, во многих случаях могут оказаться неприменимыми.

Недостатком показателя «СЭ» является также некоторая несогласованность. Представим его как

$$СЭ = (1 - C_e/C_b)(ПДК \times W / ПДВ), \quad (2)$$

где W – интенсивность выброса, м³/с.

Согласно [4], СЭ растет пропорционально интенсивности выброса, что позволяет увеличивать его, не совершенствуя очистное устройство: при разбавлении выброса чистым воздухом увеличивается W и уменьшается C_e .

В комплексном показателе было бы полезно отразить экологическую составляющую совершенства аппаратов газоочистки, учитывающую ухудшение качества атмосферы. Выброс загрязнителя очистным сооружением сопровождается ущербом в виде потери ее чистоты, на восстановление которой требуется затрата определенного количества энергетических и материальных ресурсов.

С учетом рекомендаций [5] по периоду осреднения концентраций загрязнителей получен безразмерный временной параметр ухудшения качества атмосферы вследствие выброса загрязнителя очистным сооружением, который в сочетании со степенью

очистки может быть использован для характеристики санитарно-гигиенического, экологического и технического совершенства газоочистных систем:

$$\eta = (1 - C_e/C_b) T_1 = (1 - C_e/C_b) T_2 \times ПДК/C_e, \quad (3)$$

где C_b , C_e – начальная и конечная концентрации загрязнителя, мг/м³;

$T_1 = \tau_1/\tau_0$; $T_2 = \tau_2/\tau_0$ – характерные безразмерные временные параметры;

τ_0 – период осреднения концентраций загрязнителей, равный времени отбора проб при контроле ПДК_{мр}, с;

τ_1 – время заполнения, с, загрязнителем области объемом V , м³, до значения ПДК_{мр} при ПДВ;

τ_2 – время заполнения объема V , м³, выбросом интенсивностью W , м³/с.

Разработанный комплекс отличается от «СЭ» тем, что дополнительно учитывает параметр T_2 . Следовательно, повышение интенсивности выброса W сокращает значение T_2 и снижает величину эффективности очистной установки η , что не имело места в показателе «СЭ». Ввиду того, что T_2 по величине имеет 3-4 порядка, T_1 сравнивается по порядку величины со степенью очистки. Этим устраняется еще один недостаток комплекса «СЭ», заключающийся в нивелировании различия очистных устройств по степени очистки.

Энергоэкологический показатель рассматривается в работе А.Л. Шкаровского [6] применительно к состоянию окружающей среды в глобальных масштабах. В данном исследовании подобный показатель конкретизируется с целью определения эффективности конкретных систем очистной обработки воздуха и вентиляционных выбросов по парниковым газам.

После подписания Россией Киотского протокола он вступил в силу, и выполнение некоторых обязательств по нему должно было начаться еще в 2005 году. В частности, протокол предусматривает постепенную замену существующего очистного оборудования на более совершенное с точки зрения выброса «парниковых» газов.

Однако на территории России механизм действия Киотского протокола пока не запущен. Одна из причин имеет организационный характер и заключается в отсутствии регулирующих законодательных документов, другая – в отсутствии объективных критериев оценки совершенства очистных устройств при наличии в выбросах «парниковых» газов. Разработка и регулирующих документов, и более совершенного с точки зрения выброса «парниковых» газов очистного оборудования, должны базироваться на теоретически обоснованных показателях, которые позволили бы исключить произвол и обеспечить единый подход к оценке различных типов систем по «парниковым» газам. При этом методика оценки должна быть по возможности простой, иметь



прозрачный алгоритм вычислений с ясными, однозначными и легко определяемыми параметрами. В данной работе в качестве оптимальной количественной характеристики энергоэкологического совершенства системы по парниковым газам предлагается показатель безразмерной затраты энергии на гипотетическое удаление CO_2 после очистных устройств.

Он определяется из сопоставления энергозатрат, необходимых для удаления CO_2 и H_2O из состава исследуемых выбросов и некоторых эталонных газов до идеальной концентрации, соответствующей среднему фоновому содержанию в незагрязненной атмосфере CO_2 (порядка 0,03% об.).

Это обеспечивает однозначность оценки рассматриваемого очистного устройства посредством сравнения энергозатрат, т.е. выявления в результате расчета степени его энергоэкологичности EER и энергоэкологической эффективности EEE .

Степень энергоэкологичности i – го очистного устройства определяется как

$$EER_i = 1 - \frac{\eta Q_i (E_{aH_2O}^{dn} + E_{aCO_2}^{dn})}{39057,4 E_a} \quad (4)$$

где Q_p , η – низшая теплота сгорания топлива, кДж/м³, и КПД использования его энергии при обеспечении энергозатрат на гипотетическое удаление CO_2 и сопутствующие процессы;

E_a – суммарная энергозатрата на удаление водяных паров и диоксида углерода из заданного состава и количества выбросов, кВт.

$$E_a = E_a^q + E_{aH_2O}^{dn} + E_{aCO_2}^{dn} \text{ кВт.} \quad (5)$$

где E_a^q , $E_{aH_2O}^{dn}$, $E_{aCO_2}^{dn}$ – энергозатраты на охлаждение выбросов, конденсацию водяных паров и диоксида углерода, кВт.

Однако типовые методики конструктивных и поверочных расчетов конденсаторов использовать для определения величины E_a и ее составляющих

E_a^q , $E_{aH_2O}^{dn}$, $E_{aCO_2}^{dn}$ невозможно. Определение геометрических размеров и температурных режимов теплоносителей теплообменника, в котором предполагается обработка смеси неконденсирующихся газов и конденсирующихся паров, имеет ряд существенных особенностей. Основное отличие в том, что с уменьшением концентрации конденсируемого компонента снижается давление насыщенных паров и температура конденсации, тогда как в типовых методиках температура конденсации предполагается постоянной.

Особенность составляет также и то, что температура поступающего на конденсационную обработку воздуха, как правило, соответствует перегретому

состоянию паров конденсируемых компонентов. Разработана и предложена схема расчета конденсаторов для очистной обработки приточного или отработанного воздуха с целью удаления парообразных конденсируемых компонентов. Процесс делится на две стадии: охлаждение газового потока без конденсации от заданной температуры t_a до температуры начала конденсации t_b , и последующее охлаждение с конденсацией до температуры t_e . В отличие от типовой методики необходимо найти промежуточную температуру теплоносителя t_{be} в соответствии с величинами Q_I и Q_{II} (рис.) – количеством тепла, Вт, отводимым на первой и второй стадиях:

$$Q_I = \sum_{g=1}^n W_{ga} c_{pa} + \sum_{i=1}^N W_{gi} c_{pi} \frac{\partial}{\partial} (t_a - t_b); \quad (6)$$

$$Q_{II} = \sum_{g=1}^n W_{ga} c_{pa} + \sum_{i=1}^N W_{gi} c_{pi} \frac{\partial}{\partial} (t_b - t_e) + \sum_{i=1}^N W_{gi} I_i^{ev} \vartheta_i, \quad (7)$$

где c_{pa} , c_{pi} – средние теплоемкости, Дж/(кг.К), воздуха (или неконденсирующейся части отбросных

газов) и паров конденсируемых компонентов; I_i^{ev} –

средняя энтальпия конденсации i -го компонента паров

конденсируемых компонентов, Дж/кг; ϑ_i – глубина извлечения i -го компонента конденсируемых компонентов (в долях); N – число конденсируемых компонентов.

По значению t_{be} определяются среднелогарифмические температурные напор Δt_{mI} , Δt_{mII} на первой и второй стадиях обработки выбросов,

и затем – предварительные значения начальных t_b^{wl} и

конечных t_e^{wl} температур поверхности теплообмена

со стороны конденсируемых компонентов.

Затем с ориентировочными значениями коэффициентов теплопередачи на первой (K_I) и второй (K_{II}) стадиях обработки определяются в первом приближении величины площадей теплообмена f_I и f_{II} :

$$f_{I(II)} = Q_{I(II)} / K_{I(II)} \Delta t_{mI(II)}, \text{ м}^2; \quad (8)$$

Дальнейшая схема решения задачи зависит от их соотношения. При высоком содержании паров конденсируемых компонентов в газовых выбросах $f_I/f_{II} < 0,1$, и подбор типоразмера конденсатора производится по суммарной площади теплообмена $f_I + f_{II}$ с использованием типовой методики расчета конденсаторов чистого пара и поправкой на присутствие неконденсирующихся газов. При невысоком содержании паров конденсируемых компонентов в газовых выбросах и $f_{II}/f_I < 0,1$ типоразмер

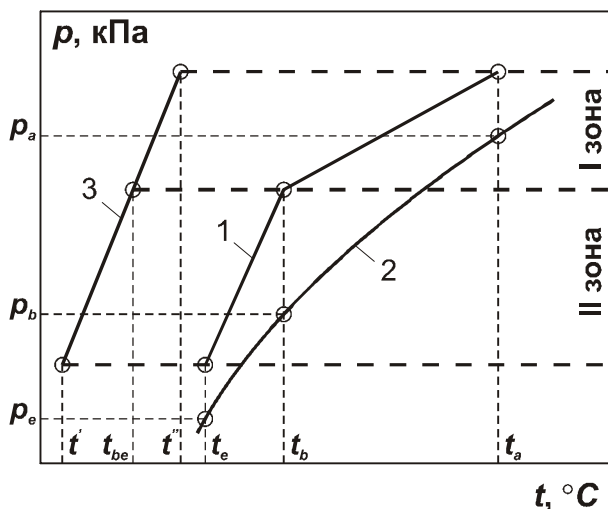


Рис. Изменение температуры и давлений насыщенных паров конденсируемых компонентов выбросов в характерных зонах конденсатора: I – охлаждение без конденсации; II – конденсация в аппарате.

1 – температура выбросов, 2 – давление насыщенных паров конденсируемого компонента, 3 – температура хладагента

конденсатора также подбирают по суммарной площади теплообмена, а дальнейший расчет может выполняться по типовой методике для воздухонагревателей (охладителей) поверхностного типа без учета процесса конденсации.

Если площади f_1 и f_2 сопоставимы, принимается модель двухступенчатой обработки с автономным расчетом каждой ступени теплообменника. В расчете ступени конденсационной обработки существенны следующие особенности.

Коэффициент теплопередачи α_2 через пленку конденсата к наружной поверхности трубы можно определять по уравнению Нуссельта. Для случая конденсации смеси паров конденсируемых компонентов уравнение Нуссельта в форме, учитывающей количество труб в пучках n и интенсификацию теплообмена при волнообразовании в ламинарно текущей пленке конденсата (по [7]), необходимо представить в виде:

$$\alpha_2 = C \lambda_{mx}^3 \sqrt{\rho_{mx}^2 n l / \left(\frac{\pi}{\epsilon} \eta_{mx} \sum_{i=1}^N \frac{\bar{a}_i}{\bar{a}} \vartheta_i W_{gi} \right)} \quad \text{Вт/(м}^2\text{К)}, \quad (9)$$

где C – коэффициент, l – определяющий размер, м, n – число труб конденсатора.

В ней физические параметры образовавшейся жидкой смеси ρ_{mx} , кг/м³, λ_{mx} , Вт/(м·К), η_{mx} , Па·с могут быть определены по средней температуре пленки конденсата, т.к. эмпирическая информация о параметрах большинства сочетаний N сконденсировавшихся компонентов отсутствует.

При увязке значения теплового потока

учитывается следующее. Так как начальная и конечная температуры поверхности конденсации жестко связаны с заданными значениями концентраций конденсируемых компонентов на входе и выходе, необходимо варьировать температурой хладагента и стенки.

Температурный напор Δt_{mII} уточняется с учетом увязки тепловых потоков (п.8). После подсчета величины теплового потока от пленки конденсата к хладагенту

$$q = k \Delta t_{mII}, \text{ Вт/м}^2, \quad (10)$$

вновь производится увязка значения теплового потока и определяется суммарный коэффициент теплопередачи для конденсационной стадии обработки.

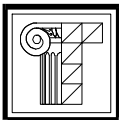
Данная методика обеспечивает точность определения параметров конденсатора, достаточную для практического применения. Схема была верифицирована по расчетам процесса конденсации паров растворителей ПО «ТАСМА» (г. Казань). Поэтому она позволяет достичь однозначности и при определении энергозатрат на гипотетическую конденсацию «парниковых газов».

Разработанный для оценки очистных устройств по «парниковым газам» безразмерный параметр **EER** основан на энергетических показателях, характеризующих минимальные энергозатраты, которые могут потребоваться при необходимости конденсационного удаления CO_2 из выбросов. Они сопоставляются с совершенным устройством, в выбросах которого концентрация CO_2 не превышает фоновую (характерную для незагрязненной атмосферы). Поэтому параметр **EER** может быть использован в качестве универсального критерия оценки экологического совершенства газоочистных систем с точки зрения предотвращения загрязнения атмосферы «парниковыми» газами. Энергоэкологическая эффективность, определяемая как $EEE_i = 1 - (EER_i / EER_j)$, может также служить критерием выбора способов газоочистки для конкретных типов производственных выбросов. Это будет способствовать систематизации газоочистных систем, отбору наиболее оптимальных путей их совершенствования, созданию конструкций аппаратов и схем очистки, отвечающих требованиям современной экологической ситуации.



Литература

1. Торочешников Н.С., Родионов А.К., Кольцов Н.В., Клушин В.Н. Техника защиты окружающей среды. – М.: Химия, 1981. – 368 с.
2. Кузнецов И.Е., Троицкая Т.М. Защита воздушного бассейна от загрязнения вредными веществами химических предприятий. – М.: Химия, 1979. – 344 с.
3. Коузов П.А., Малыгин А.Д., Скрябин Г.М. Очистка от пыли газов и воздуха в химической промышленности. – Л.: Химия, 1982. – 256 с.
4. Беспамятнов Г.П., Кротов Ю. А. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде. — Л.: Химия, 1985. – 528 с.
5. Еремкин А.И., Квашнин И.М., Юнкеров Ю.И. Нормирование выбросов загрязняющих веществ в атмосферу: Уч. пособие. – М.: Изд. АСВ, 2000. – 176 с.
6. Шкаровский А.Л. Повышение эффективности защиты воздушного бассейна при сжигании газообразного и жидкого топлива. Автореф. дисс... д.т.н. – СПб., 1997. – 48 с.
7. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию / Под ред. Ю.И. Дытнерского. – М.: Химия, 1991. – 496 с.



УДК 94 (470)

С.И. Никонова – кандидат исторических наук, доцент, заведующая кафедрой истории и культурологии

Казанский государственный архитектурно-строительный университет (КазГАСУ)

ИНАКОМЫСЛИЕ КАК ЯВЛЕНИЕ ДУХОВНОЙ ЖИЗНИ СОВЕТСКОГО ОБЩЕСТВА (1965-1985 гг.)

АННОТАЦИЯ

Инакомыслие имело в СССР значительное распространение и было гораздо более весомым, чем диссидентство. Это достаточно широкий круг граждан, не довольных отдельными явлениями духовной и политической жизни общества. Диссиденты – узкий круг лиц, выражавших открытый протест, несогласие с советской действительностью, советским строем, советской политической системой.

S.I. Nikonova – candidate of history sciences, associate professor, head of the History and Cultural Science department

Kazan State University of Architecture and Engineering (KSUAE)

«IN ANOTHER WAY THINKING» AS A PHENOMENON OF SPIRITUAL LIFE OF SOVIET SOCIETY OF 1965-1985

ABSTRACT

«In another way thinking» was widely spread in the USSR and it was more significant than “dissident way”. “In another way thinking people” was a rather wide circle of the citizens, dissatisfied in certain phenomena of spiritual and political life of a society. The dissidents were a narrow circle of persons openly protesting against existing soviet reality, soviet regime, soviet political system.

Последние десятилетия советской власти характеризовались не только появлением и обострением экономических и социально-политических противоречий. В советском обществе появилось немногочисленное, но заметное общественное явление, которое получило название “диссидентство”. Диссидентство трудно укладывается в привычное представление об общественных движениях: необычно по своему содержанию, формам проявления, масштабам влияния на общественное сознание, на настроение социума. Диссидентство представляло собой организационно неоформленное, политически неоднородное движение открытого идейно-нравственного протеста передового слоя советской интеллигенции против советской системы. Этот протест, гласный, открытый или латентный, пассивный, охватывал, по сути, многие формы общественной и духовной жизни страны, сыграл особую роль в морально-психологической подготовке общества к осознанию необходимости демократических преобразований.

Термин «диссидент», который можно рассматривать как несогласный, противоречащий, появился изначально в значении религиозном. Диссидентами называли раскольников, отступающих от догматов господствующей церкви. В переносном

значении диссидент означает инакомыслящий, отступник.

Именно в этом значении понятие диссидент появилось в социально-политическом лексиконе советского общества в 1970-е годы. К диссидентам относили людей, не согласных с генеральной линией ЦК КПСС, политикой Советского государства, официальной партийно-государственной идеологией, с общепринятой в советском обществе моралью, эстетическими нормами в сфере художественного творчества и т.п. Причем непринятие даже отдельных норм существующих порядков было признано диссидентством. Синонимами понятия «диссидент» были понятия «инакомыслящий», «свободомыслящий». Сами известные диссиденты по-разному относились к этому определению, возможно, потому, что в советских средствах массовой пропаганды он звучал, как правило, в значении «отщепенец», «предатель Родины» и почти «враг народа».

Так, А.Д.Сахаров никогда не называл себя диссидентом, предпочитая старое русское слово «вольномыслящий». Известные правозащитники Л. Богораз и С. Ковалев усматривают в слове «диссидент» определенный негативный оттенок, поскольку этим термином пользовались властные структуры. Вместе с тем писатель-эмигрант А. Амальрик



назвал свои автобиографические заметки «Записки диссидента».

Определенный интерес представляет мнение П.Вайля и А.Гениса: «То явление, которое позже назвали диссидентским, возникло незаметно. Собственно, когда его участники получили это иностранное имя, все и кончилось... У диссидентства нет истории в традиционном смысле: нет основателей, теоретиков, даты учредительного съезда, манифеста. Невозможно даже определить (особенно на ранних этапах) – кто был участником движения протеста...» [1].

В массе своей советские люди и не знали, кто такие диссиденты. Ловко подобранное иностранное слово создавало впечатление связанности лиц, которых так называют, с чем-то враждебным: с происками западных спецслужб, с НАТО и ЦРУ, с чем-то угрожающим советскому строю. В массовом сознании диссиденты отождествлялись с отдельными личностями и их судьбами. Их оценивали сугубо субъективно, тогда как оценку личности лишь условно можно перенести на явление, как и оценку явления надо весьма осторожно распространять на личность.

По нашему мнению, необходимо все же разделять эти два понятия: диссиденты и инакомыслящие. Действительно, филологически они почти идентичны, но политический смысл у них разный.

Так, инакомыслящие – это довольно широкий круг советских людей, в целом, остающихся верными своей стране и ее государственному строю, критически мыслящие личности, жаждущие творческой свободы художники, не довольные какими-то отдельными явлениями в духовной или материальной сфере. Диссиденты – сознательные противники ВСЕЙ политической и идеологической системы, проявляющие свой протест открыто, как внутри страны, так и за ее пределами. Собственно, диссидентов в СССР было сравнительно мало, и известны они были широкому кругу людей, прежде всего, «благодаря» западным масс-медиа, а также в результате разоблачений в советских средствах массовой информации.

Говоря о терминах, не надо забывать, что главное не в том, как назвать людей, стремящихся быть свободными в несвободном обществе, а понять мотивы их поступков, а через них – настроение в обществе, его духовное состояние.

Вопреки распространенному мнению, даже в самые суровые годы политических репрессий в тоталитарном советском государстве не было всеобщего и беспрекословного подчинения идеологической системе; существовала неофициальная общественная мысль и люди – носители другого мировоззрения. Атмосфера общества и настроения в нем содержали два пласта: сверху – здравницы в честь вождей, массовые митинги в поддержку или в знак протеста, а глубоко внизу –

несогласие с идеологическими догмами, основанная на здравом смысле критика существующего режима, недовольство условиями жизни, работы, творчества.

Большое влияние на рост свободомыслия в стране оказали процессы, происходившие в 1953-1964 гг. В дальнейшем постепенное свертывание немногих демократических достижений, взятие курса на реабилитацию сталинизма, попрание прав человека в стране вызвало идеологическое сопротивление новой популяции советских людей, которые не желали больше жить в страхе. В среде интеллигенции появились одиночки, которые мужественно противостояли режиму, шли на открытые акции протеста.

Увеличение числа случаев сопротивления режиму в 1965-1985 гг.: акций протеста, обращений к общественному мнению не только в стране, но и за рубежом, свидетельствует об обострении внутренних противоречий, а также об изменении самого общества, его социальной структуры, пропорций и, как следствие, настроений и атмосферы.

В условиях, когда изменяется облик социума, увеличивается доля образованного, а не просто грамотного населения, общество начинает испытывать информационный голод. В это же время советские люди уже могли получать информацию о реальной жизни за рубежом. Причем, это не обязательно «вражеские голоса», но и разрешенные цензурой иностранные фильмы и книги, культурные мероприятия, проходившие в нашей стране и за рубежом, заграничные командировки, гастроли, туристические поездки.

Некоторые исследователи считают, что появление диссидентства – порождение эпохи научно-технической революции. «Историография диссидентского движения в СССР ежегодно получает определенное научное приращение. Но при этом, как правило, из виду упускается тот факт, что диссидентство – это в первую очередь феномен вполне конкретной научно-технической культуры советского общества, достигшего определенной ступени технологической и интеллектуальной зрелости», [2] – пишет А.Б. Безбородов, выделяя как отдельное явление академическое диссидентство в СССР. Это мнение связано, скорее всего, с тем, что так называемые закрытые города, академические институты пользовались славой либеральной (или квазилиберальной) вольницы. Именно там проходили концерты опальных бардов, поэтов, творческие вечера с оттенком вольнодумства.

Однако с подобной дифференциацией трудно согласиться. Ведь диссиденты появлялись и в других социальных слоях: художественная интеллигенция, студенчество, инженеры и служащие, военные, рабочие. Скорее, это проявление душевных порывов, идеалистических взглядов, личностных качеств того или иного человека.

Известны многочисленные факты проявления



инакомыслия среди разных общественных слоев, выражавших свое несогласие в разных формах. Так, ленинградский переводчик-востоковед Э.Лалаянц в конце 1960-х гг. писал анонимные письма в различные инстанции, включая международные, подписывая их «Руководящий центр Российской политической партии». Анонимщик был вычислен и осужден по 190-1 статье УК (приговор – 3 года лишения свободы). Тогда же в Ленинграде был привлечен к уголовной ответственности сменный мастер Автоовского строительного комбината М.Можайкин, посылавший «угрожающие письма в адрес различных советских общественных организаций от имени рабочих Кировского завода».

В 1970 г. в Кемерово были осуждены по 70-й статье УК РСФСР рабочий В.Векшин и пенсионерка П.Сабурова. Векшин подбросил листовку собственного сочинения в курилку шахты «Южная», при обыске у него были изъяты «Энциклопедический словарь» и комплект журнала «Техника молодежи» с многочисленными пометками на полях. Сабурова написала и распространила десятки писем, «порочащих советский строй», перемежая их религиозными фразами.

В Пензе осужден «антисоветчик» А.Лакалов, вина которого в том, что он посылал под псевдонимом А.Карпов письма на радиостанцию «Свобода». Под этим же псевдонимом пытался принять участие в дискуссии на политическую тему в «Комсомольской правде».

В Мордовии на конференции в университете, посвященной 100-летию со дня рождения В.И.Ленина, неким преподавателем высказывались «политически нездоровые» суждения о КПСС, ее роли и значении в строительстве коммунистического общества.

Руководитель подразделения завода «Электровыпрямитель» (г.Саранск) во время демонстрации рассказывал анекдоты, дискредитирующие одного из руководителей советского государства, порочащие герб СССР.

Лаборантка приборостроительного завода (г. Саранск) «допускала высказывания, дискредитирующие советский строй. С негативных позиций рассматривала уровень жизни советских людей, реакцию советского правительства на происходящие в ЧССР события». Один из инженеров ВНИИСа, находясь в служебной командировке в Москве, посетил посольство капиталистической страны с просьбой разрешить туда выезд [3].

В Ярославской области диссидентство проявлялось так же, как и в других провинциях России, в основном, в виде анонимных угроз в письмах в высокие инстанции, руководителям партии и страны, актах вандализма. Так, один из анонимов писал в «Комсомольскую правду»: «Долой советский фашизм! Да здравствует многопартийный социализм! Да здравствует свободный выбор социалистического

строя!». В ходе следствия аноним был выявлен. Выяснилось, что он на протяжении 1969-1974 гг. направил в адреса различных учреждений Москвы, Ленинграда, Ярославля и других городов страны свыше 40 писем подобного содержания.

В своей книге С.Чертопруд приводит следующую статистику: в 1977 г. получено 16 125 документов и установлено авторство 2088 человек. В 1985 гг. аналогичные показатели составили 9864 и 1376, соответственно. Чекисты выявляли анонимов практически всегда, для этой работы был создан специальный отдел в 5 Управлении КГБ: удавалось выявить от 60 до 90% анонимных авторов. Из них до 50% подвергались профилактике, а остальных отправляли в лагерь или на принудительное лечение в психбольницы [4].

Широко были распространены неосознанные или полусознанные формы недовольства. Связано это было, в первую очередь, с явным расхождением между официальной пропагандой и реальностями жизни, иногда с бытовыми трудностями. К таким неосознанным формам недовольства можно отнести и народный фольклор (частушки, анекдоты), и распространявшиеся слухи, и прослушивание западных радиоголосов, чтение «запрещенной» литературы, посещение некоторых культурных мероприятий (полуофициальные выставки или спектакли, концерты самодельных авторов или рок-музыки).

Вышеперечисленные «акты протеста» не дают основания полагать, что в Советском Союзе было массовое движение оппозиции. Посещавшие полуподпольные концерты и выставки, читающие Солженицына, слушающие радиоголоса граждане были в подавляющем большинстве вполне законопослушны, многие не считали, что они совершают что-то противозаконное.

Сами диссиденты подтверждают, что их сообщество начиналось с дружеских кампаний, домашних кружков, круг общения довольно ограниченный. Р.Орлова пишет о первых обществах в конце 1950-х гг.: «Люди тянулись друг к другу. Образовывались как бы клетки новой общественной структуры. Впервые возникало настоящее общественное мнение. Новорожденное общественное мнение вырывалось из кружков, из кулуаров в более многочисленные аудитории» [5].

Своеобразным катализатором протестных проявлений в обществе, открытого политического диссидентства являются чехословацкие события 1968 года. К этому ряду можно отнести акцию на Красной площади, протест юной Валерии Новодворской и другие протестные проявления как в Москве, так и в других городах.

В дни чехословацких событий проявил себя Р.И. Илялов – собственный корреспондент «Учительской газеты» в Татарии. Он неплохо разбирался в международных отношениях и увидел в чехословацких событиях, прежде всего, нарушение



международных норм. Свою гражданскую позицию Р.И. Илялов ясно выразил в письмах, направленных в газеты «Руде право» и «Юманите». Понимая, что по официальным каналам эти письма не дойдут, он решил передать их через французского журналиста, оказавшегося осведомителем КГБ. Письма попали в соответствующие органы, их автор исключен из партии, на его журналистской карьере поставлен крест [6].

Весьма трудно определить ту границу, которая отделяет несогласного и диссидента, т.е. борца, сознательно идущего на жертвы и лишения. Личный выбор каждого человека: соглашаться или не соглашаться, делать шаг от неконформиста к диссиденту или остаться на прежних позициях.

К диссидентам можно отнести и романтиков – одиночек, которые не могли жить во лжи. В этом смысле в России первыми диссидентами были А.Н. Радищев, Н.И. Новиков, П.Я. Чаадаев, которым не давала спокойно существовать российская действительность. Весьма созвучна этим настроениям позиция некоторых «несогласных» с советской действительностью.

Так, А.А. Болонкин, ученый, доктор технических наук, в 1973 году подготовил в нескольких экземплярах свою статью «К итогам выполнения 8-го пятилетнего плана развития народного хозяйства», в которой подводил собственные итоги, весьма негативно характеризующие развитие народного хозяйства страны. Причину негативных явлений ученый видел в отсутствии в стране демократических свобод. А.А. Болонкин был осужден, и, говоря о мотивах своего поступка, отвечал: «Лишь в одном испытывал растущий, гнетущий дискомфорт, одного не мог добиться – внутреннего согласия души». И еще один романтик – В.Беликов, школьный учитель словесности. Он писал повести и рассказы, привлекал к этому своих учеников, пытался учить их думать, размышлять, анализировать. В.Беликов был арестован и осужден, его обвиняли в том, что он «распространял среди учеников свои порочащие советский строй описи».

Интересна судьба Анатолия Марченко, которого диссиденты относят к политическим заключенным. В своей автобиографической книге [7] он подробно пишет о той цепочке событий, которая привела его в стан правозащитников. Осужденный повторно за побег в лагере А. Марченко познакомился со многими диссидентами, которые и завершили его политическое образование. Человек, остро чувствующий несправедливость, А. Марченко стал активным правозащитником.

А.Н. Яковлев так характеризует диссидентов: «На одном полюсе – творцы, мыслители, художники. На другом – местные правдоборцы, чудаки, часто просто неуживчивые, «конфликтные» люди. Такие есть в каждом коллективе, каждой деревне или поселке и уж, конечно, в городах... В зависимости от того, насколько жестко с ними обращаются в кругах официальных,

такой человек вызывает к себе сочувствие, и сожаление, а иногда и неприязнь окружающих... Из этих различных жизненных представлений и составляется в общественном сознании образ диссидентов – людей, отмеченных способностями и знаниями, нравственностью и гражданской активностью. Людей, которым действительно было, что сказать согражданам, но как раз по этой причине они и преследовались» [8].

Широко распространено заблуждение, что политика преследований была направлена только против свободомыслящей части писателей, художников, ученых, художников, творческой интеллигенции. Государственные и партийные органы придерживались генеральной линии на подавление любой формы инакомыслия, в том числе и религиозной.

В стране отношение к диссидентам было очень сложное. Общество доверяло официальной пропаганде и сообщениям в прессе, в которых диссиденты представлялись «отщепенцами», «агентами ЦРУ», антисоветчиками. Распространено было мнение о душевных заболеваниях диссидентов, особенно после включения психиатрии в арсенал средств подавления инакомыслия в стране.

Многообразие мыслей, идеалов, целей людей, считающихся диссидентами, является предметом изучения современных исследователей, которые, опираясь на доступные материалы, пытаются составить достоверную картину диссидентства в стране. Несмотря на усилия ученых, нечеткими остаются многие стороны этого явления. Довольно трудно разобраться, что же представляло собой диссидентское движение (если можно его назвать движением), тем более, невозможно было это сделать в советский период. На общество обрушивался поток информации о различных деяниях диссидентов, в котором трудно было различить правду и ложь, идеологические «агитки» от фактов действительного предательства и аморального поведения отдельных людей.

Серьезной проблемой диссидентства стал поиск «точки опоры», базисной основы. В чем смысл деятельности, во имя чего все мытарства и трагедии инакомыслящих? Народ, по мнению диссидентов, не в состоянии понять, а тем более разделить и поддержать идеи диссидентов. Власть занимает по отношению к инакомыслящим резкую и бескомпромиссную позицию. Таким образом, реальную поддержку и понимание они чувствовали только с Запада, ощущая себя частью интернационального демократического движения.

В стране борьба диссидентов имела в основном характер моральной борьбы за достоинство человеческой личности. Однако участие в борьбе требовало особых качеств, присутствующих не у всех, осознание этого создало у диссидентов веру в некое их превосходство над остальной частью советского



населения. Диссиденты дифференцировали себя от среднего советского человека, противопоставляя себя не только представителям власти, но и большинству советских людей.

Таким образом, деятельность активных диссидентов имеет определенный оттенок жертвенности, самопожертвования, что отражается и в понимании ими состояния добровольной и вынужденной своей изоляции во враждебной, по сути, среде.

Интересны в этой связи документы о пребывании диссидентов в местах лишения свободы; в отчетах офицеров ИТУ акцентируется внимание на отличительные качества этих заключенных в сравнении с остальным «контингентом». «Это были исключительно сложные, противоречивые, трудные в психологическом плане люди... Здесь находились преподаватели вузов, писатели, поэты, художники, журналисты, музыканты, военнослужащие, рабочие и др. Подавляющее большинство антисоветчиков имело высшее и незаконченное высшее образование, некоторые владели иностранными языками. И, тем не менее, в зоне они продолжали постоянно заниматься самообразованием, выписывали различную литературу, газеты, журналы» [9].

Своеобразный аристократизм, а вернее, элитаризм диссидентов не давал им самим возможности расширять свои ряды за счет привлечения представителей разных слоев населения. Настроенность на изоляцию становилась одной из важных черт, формирующих структуру диссидентского движения.

Инакомыслие (в широком смысле слова) имело в стране значительное распространение и было гораздо более весомым, чем диссидентство. К этому ряду можно отнести и неформальные организации неполитического характера, неординарно мыслящих

творческих людей, массовые движения культурного направления, представителей элитарной культуры.

В широком значении к числу инакомыслящих можно отнести довольно большой круг думающих неординарно людей, что, несомненно, выходит за рамки немногочисленного движения диссидентов, которое весьма осторожно можно отождествить с политической оппозицией.

Однако нельзя не признать, что появление в общественно-политической и культурной жизни страны диссидентства стало питательной средой для зарождения правозащитного, национальных и религиозных движений, весьма разных по своим целям и задачам, которых объединяло несогласие с партийной и государственной политикой.

Литература

1. Вайль П., Генис А. 60-е: Мир советского человека. – М., 1998. – С. 176.
2. Безбородов А.Б. Феномен академического диссидентства в СССР. – М.: Изд-во Рос. гос. гуман. ун-та, 1998. – С. 6.
3. ЦДНИ РМ. Ф. 269. Оп. 7. Д. 696. Л. 47-48.
4. Чернопруд С. Юрий Андропов. Тайны председателя КГБ. – М., 2006. – С. 220.
5. Орлова Р., Копелев П. Мы жили в Москве 1956-1980. – М., 1997. – С. 20.
6. ЦГА ИПД РТ. Ф.15. Оп.35. Д.199. Л. 1-7.
7. Марченко А. Показания Анатолия Марченко. – М.: Весть ВИМО, 1993. – 270 с.
8. Яковлев А.Н. Горькая чаша: Большевизм и Реформация России. – Ярославль: Верх.- Волж. кн. изд-во, 1994. – С. 177.
9. От ВЧК до ФСБ. История и современность Управления ФСБ РФ по Республике Мордовия. – Саранск, 2003. – С. 329.



УДК 316

В.К. Падерин – доктор философских наук, профессор, заведующий кафедрой социологии
Казанский государственный архитектурно-строительный университет (КазГАСУ)

РОЛЬ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ В ПРОЦЕССЕ ПОЗНАНИЯ СОЦИАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

АННОТАЦИЯ

В статье показывается познавательная ограниченность полипарадигмального социологического подхода в его механистическом исполнении. Доказывается, что целостный методологический комплекс эвристически более продуктивен, так как позволяет создать такие познавательные опоры, на основе которых можно выстроить убедительную систему доказательств в процессе социологического изучения социальной реальности.

V.K. Paderin – doctor of philosophy, professor, head of the department of sociology
Kazan State University of Architecture and Engineering (KSUAE)

THE ROLE OF THE METHODOLOGICAL COMPLEXES IN THE PROCESS OF COGNITION OF THE SOCIAL REALITY

ABSTRACT

In the article the cognitive limit of the polyparadigmal sociological approach in its mechanical decision is shown. It is proved that the integral methodological complex is heuristically more effective because of creation of cognitive foundation which helps to find the cogent arguments in the process of sociological study of the social reality.

Для описания и анализа социальных процессов используются различные познавательные модели. Однако, любая эвристическая конструкция (со всеми ее предпосылками, допущениями и оговорками) не в состоянии полностью описать происходящие в социуме процессы. На относительность их объяснительных возможностей оказывают влияние и уровень имеющихся знаний, и социокультурная традиция, и мировоззренческая позиция исследователя, сказываются также моменты случайности и неопределенности, которые их ограничивают. Поэтому всегда есть стремление опереться на многие парадигмы с тем, чтобы воспроизвести рассматриваемый социальный процесс во всей его целостности и полноте. Отсюда тезис о полипарадигмальном (мультипарадигмальном) подходе, который характерен для социологической науки.

Этот подход понимается по-разному. На первых этапах освобождения от монопарадигмального подхода, в условиях методологической расслабленности отечественной социологии, он трактовался чисто механистически, что проявилось в простом перечислении методологических принципов, из которых исходили при анализе проблемы. Так, например, писали (и часто пишут до сих пор): «Мы будем исходить из постулатов деятельностного подхода, функционализма, конфликтологии, интеракционизма, постмодернизма» и т.д. и т.п. Такой подход нередко называют «дисциплинарным эклектицизмом». В силу того, что

эклектицизм представляет собой «неорганичное соединение разнородных, **внутренне несоединимых** (выделено нами), часто противоположных принципов» [1], он диссоциативен по своему существу. Трудно опереться на те «опоры», которые отличаются различными познавательными возможностями. Это равносильно желанию построить дом на сваях, которые сделаны не только из разного материала, но, к тому же, предварительно не выровнены. Не говоря уже о том, что объяснительный потенциал традиционных и инновационных методологий различен. Познавательная конструкция, механистически «собранный» из составляющих, обладающих различными познавательными возможностями, и не приведенная к единому знаменателю, вряд ли может быть эвристически продуктивной. Не случайно, одни авторы отмечают, что «за пропагандой полипарадигмального подхода в его методологическо-эклектическом понимании проглядываются безверие и скепсис». За этим, по их мнению, стоит или неспособность, или нежелание занять теоретическую позицию по отношению к различным подходам, теориям, концепциям, дать им соответствующую оценку [2]. Другие считают, что полипарадигмальный подход в его эклектическом варианте – это результат методологической травмы, которая была получена исследователями, традиционно ориентированными монопарадигмально. Под методологической травмой они понимают ситуацию



«растерянности исследователей перед обилием социологических теорий, методологий, методов в процессе принятия решений о выборе средств познавательной деятельности» [3]. Нельзя не согласиться с мыслью о том, что «методологическая ткань социологии не должна быть разорвана на куски, хотя и может быть окрашена в разные цвета».

Представляется, что данная проблема может быть решена на пути создания целостных методологических комплексов. Прежде чем говорить о них, отметим, что искусственно созданное объяснительное построение (элементы которого содержательно не состыкованы), страдая раздвоенностью (что редко), растроенностью, «расчетверенностью» (что чаще) и т.д., изначально не может нести в себе весомый объяснительный потенциал, в силу отсутствия в нем «подогнанности» исходных блоков. Составляющие познавательной конструкции нужно не просто «приставить друг к другу», а подобрать, соединить, объединить таким образом, чтобы образовать целое, выработать качественно новую конструкцию, опору, на которой можно смело построить дальнейшие теоретические рассуждения.

Отсутствие на стадии превентивных усилий социологической мысли постановки вопроса о целостных методологических комплексах связано не только с фактором приверженности к традиционным объяснительным моделям, но и со сложностью социальной реальности, которая чрезвычайно богата и многообразна и которую не объяснишь не только с помощью монообъяснительных моделей, но и с помощью «раздробленных» «расщепленных», не состыкованных, искусственно созданных конструкций. Сегодня, как никогда, требуется осознанный диалог различных концептуальных подходов, на который можно опереться не только в процессе производства нового знания, но и из которого можно исходить, реализуя идеи реорганизации. Жизнь показала, что стратегиям преобразований не хватает системности, «связанности», они больше похожи на сеансы точечной акупунктуры. Необходимость нового типа производства социологического знания, а также практика преобразований, показали познавательную «недостаточность» как монопарадигмальных ориентаций, так и чисто механистических вариантов полипарадигмальных подходов. Не говоря уже о том, что все без исключения науки развиваются путем чередования «центробежных» (дифференционных) и «центростремительных» (интеграционных) тенденций. Сегодня волна парадигмальной дифференциации на исходе, идет новая волна синтеза методологических конструкций (которая в перспективе снова сменится волной дифференциации). Социология не является исключением. Сегодня требуется сведение в целое разных подходов и познавательных моделей, преодоление существующих между ними разрывов, которые иногда приобретают крайние формы.

Вариантом последних является постмодернизм,

который представляет собой отражение кризиса западноевропейского типа рациональности (уходящего своими корнями к эпохе Просвещения), главный пафос которого – «рассыпанность», «фрагментарность», «эклектизм», ирония по отношению ко всему глубинному, сущностному, с его теорией симулякра и призывами к социальному нарративу. Конечно, «момент истины» в постмодернизме, безусловно, есть*. Как считает А.А. Давыдов (разработавший и предложивший теорию «социальных фрагментов»), поскольку фрагментарность в социальной реальности является фактом, постольку «постулат фрагментарности очевиден для эмпирической социологии», социолог, как правило, в исследовании (особенно в конкретном эмпирическом) выделяет и изучает только определенный фрагмент общества, например, общественное мнение, самоубийства, миграцию и т.д., который приурочен к определенному периоду времени [4]. Понятно, что постмодернистская рефлексия делает акцент на локальных (контекстуальных) вариациях. Тем не менее, не исчезает необходимость концентрирования на глубинных свойствах и тенденциях социальных процессов**. Сосредоточение на контекстуальном чреватو потерей части информации, касающейся целого. Так как цена, которую приходится платить при рассмотрении «отдельных случаев», слишком велика, то требуется индуктивный подход, синтез, опора на целостные методологические комплексы.

Методологические комплексы будут слаженно и эффективно работать в направлении целостного видения проблемы в том случае, если они содержательно «состыкованы», приведены к единому гносеологическому знаменателю. В этой связи встает сложнейшая задача интеграции различных концептуальных подходов. Механизмы согласования различных объяснительных моделей исключительно сложны и не исследованы. Они начинаются с компаративистского анализа, позволяющего изучить сходства и отличия разных познавательных моделей и включают целый ряд действий социолога-исследователя. Можно обозначить следующие направления процедуры согласования различных парадигм (в рамках реализации мультипарадигмального подхода). В том числе:

- выявление межпарадигмальных связей;

* Не случайно, политическим идеалом представителей постмодернизма является демократия с ее многопартийностью, свободой, верой и плюрализмом ценностей.

** Не случайно В.А. Ядов пишет: «...к счастью, не модернистский проект определяет развитие современной теории, хотя бы потому, что в постмодернизме теоретизирование вообще отрицается и заменяется «нарративом» как описанием, рассказом о событиях, которые любой волен толковать, как сочтет нужным» (Социологические исследования, 2006, № 8. – С. 128).



- установление характера процессов взаимодействий (содержательных «сцеплений»);
- выявление «параллелизмов», возможностей их пересечения (нахождение «точек соприкосновения»);
- оценка предпосылок преодоления «разрывов», «раздробленности» и «расщеплений» (составляющие методологического комплекса нужно не просто поставить рядом друг с другом, как это часто делается, а объединить таким образом, чтобы образовать такую качественно новую конструкцию, «опору», которую можно было бы взять в качестве исходного; к сожалению, методологические комбинации часто лишь декларируются и таковыми фактически не являются; нельзя считать их таковыми лишь по факту названия);
- «прививка» установок одних парадигм другим;
- демонтаж («изъятие», «отсечение») тех элементов традиционных объяснительных конструкций, которые оказались подвержены интенсивным процессам старения («временное измерение»*** [5]);
- интенсификация процессов взаимодействий, снятие «перманентных конфликтов» между существующими познавательными моделями;
- и, наконец, сопряжение методов (методического арсенала парадигм) таким образом, чтобы сформировалось инструментальное средство, нивелирующее несовершенство каждого из исходных.

Таким образом, задача указанного «звена» превентивной методологической процедуры – сделать так, чтобы было содержательно-смысловое образование, которое можно положить в основу исследования, создать эвристически емкую базовую модель, которая бы давала критерии для оценок и исходные положения, принципы, от которых можно было бы отталкиваться. Без этого методология, как совокупность превентивных усилий социологической мысли, будет неэффективной.

Следовательно, полипарадигмальный подход к исследованию социальной проблемы может быть как суммативным (если пропущено такое звено, как согласование и состыковка различных объяснительных моделей), так и органически целостным. Главный признак первого заключается в том, что при «добавлении» или «исключении» одного его компонента, объяснительная «весомость» комплекса не претерпевает сколько-нибудь заметных явлений, он лишь увеличивается или уменьшается в размерах (на что идут реже, опасаясь проявить «методологическую не

солидность»). Каждый из компонентов такого объяснительного конструкта самостоятелен, автономен, а связи между ними имеют декларативный характер. Соответственно, он не имеет ярко выраженной (реальной, а не заявленной) функциональной эффективности. Это скорее (в лучшем случае) конгломерат различных парадигм.

И, напротив, органический гносеологический конструкт представляет собой комплекс сочетающихся и хорошо «подогнанных» друг к другу эвристических блоков, «уложенных» с учетом их познавательных потенциалов, позволяющий уверенно выстраивать на его основе систему доказательств.

Таким образом, концептуальный объяснительный «оркестр» может отличаться «диссонансным» звучанием, если он представляет собой простую сумму подходов, а может быть «консонансным», если он представлен в виде целостного методологического комплекса. Итогом «консонанса» является, как правило, многократное усиление объяснительных возможностей методологического теоретического конструкта. Образно говоря, с переходом от механистической объяснительной модели к гармонично-органической диссонанс, несогласованность и нестройность его составляющих трансформируются в консонанс, согласованное, в унисон, «звучание».

Продуманный методологический комплекс способен рассеять «туман» диссоциации. А различные подходы, прошедшие процедуру логически-содержательного синтеза, предстают как нечто связанное, целостное, работающее на реализацию общей цели, способное объяснить проблему с различных позиций, аспектов и ракурсов. Целостный методологический комплекс – это, образно говоря, дом со множеством входов – «единый, но многоподъездный».

Литература

1. Современный словарь иностранных слов. – СПб.: Дуэт, 1994. – С. 702.
2. Малинкин А.Н. Полипарадигмальный подход и ситуация в российской социологии. // Социологические исследования, 2006, № 1. – С. 115.
3. Татарова Г.Г. Методологическая травма социолога. К вопросу интеграции знания. // Социологические исследования, 2006, № 9. – С. 3.
4. Давыдов А.А. Теория «социальных фрагментов» - общая социологическая теория? // Социологические исследования, 2004, № 8. – С. 131-138.
5. Кун Т. Структура научных революций / Т. Кун; пер. с англ. – М.: Прогресс, 1997. – С. 20-28.

***Т. Кун обозначил следующие стадии парадигмального развития: нормального состояния (когда существующие теории сравнительно адекватно объясняют происходящие процессы), аномальную (когда новые явления, процессы, в том числе в социуме, в чем-то уже не объясняются с помощью традиционных парадигм), кризисную (когда объяснительные возможности привычных парадигм становятся минимальными) и научной революции (когда происходят отказ от прежних объяснительных моделей, ввиду их невысокого эвристического потенциала, и создание новых моделей постановки решения проблем).