

Министерство образования и науки Российской Федерации
**Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А.**

Строительно-архитектурно-дорожный институт

**РЕСУРСОЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В СТРОИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ**

**Сборник научных трудов
по материалам III Международной
научно-практической конференции**

Том 2

Саратов 2015

УДК 69.(06)

ББК 38

Р 44

В сборнике научных трудов III Международной научно-практической конференции «Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе», состоящем из двух томов, представлены достижения в области строительной, дорожно-строительной и энергетической отраслей промышленности. Широко представлены работы по исследованию и созданию различных материалов, на основе новых и традиционных местных материалов, а также работы по математическому моделированию процессов. Представлены исследования по оценке материалов, дорожных и строительных конструкций, рассмотрены вопросы энергоэффективности и энергосбережения.

Предназначен для студентов, аспирантов и преподавателей технических вузов; инженерно-технических работников строительной, дорожно-строительной, энергетической и других отраслей промышленности.

Редакционная коллегия:

доктор технических наук, профессор, советник РААСН,
почетный строитель Российской Федерации

Юрий Григорьевич Иващенко (отв. редактор)

доктор технических наук, профессор Мещеряков Д.В.

доктор технических наук, профессор Курицын Б.Н.

кандидат технических наук, доцент Медведева О.Н.

кандидат технических наук, доцент Сурнин А.А.

кандидат архитектуры, доцент Дядченко С.Ф.

кандидат технических наук, доцент Иванов А.Ф.

кандидат технических наук, доцент Зинченко С.М.

Одобрено

редакционно-издательским советом

Саратовского государственного технического университета

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗВИТИЕ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

ОБОСНОВАНИЕ ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА МАННИНГА ДЛЯ ГОФРИРОВАННЫХ ТРУБ <i>Л. И. Высоцкий, Ю. А. Изюмов</i>	7
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОЧИСТКИ ТРУБОПРОВОДОВ <i>А. И. Есин, Т. Н. Сауткина</i>	12
ПРИБЛИЖЕННАЯ МОДЕЛЬ ТЕЧЕНИЯ ПЕРЕД ПРЕПЯТСТВИЕМ ТИПА МОСТОВОЙ ОПОРЫ <i>А. М. Калякин, Т. Н. Сауткина, Е. В. Чеснокова, А. В. Калякин</i>	15
ПРОБЛЕМЫ И ПОСЛЕДСТВИЯ НАКИПЕОБРАЗОВАНИЯ ТЕПЛОПЕРЕДАЮЩИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ КОТЛОВ С ИННОВАЦИОННЫМ РЕШЕНИЕМ <i>А. А. Цымбалов</i>	18
РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РЕГЕНЕРАЦИИ СКВАЖИН ПРИМЕНИТЕЛЬНО ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА И ЖКХ <i>А. А. Цымбалов</i>	23
ПРОРЫВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПО ДЕКОЛЬМАТАЦИИ ОКОЛОСКВАЖИННОЙ СРЕДЫ И ЗАДАЧИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ <i>А. А. Цымбалов</i>	27
ИСКУССТВЕННАЯ ЗОНА ГРУНТА ОКОЛОСКВАЖИННОГО ПРОСТРАНСТВА <i>А. А. Цымбалов</i>	29

РАЗВИТИЕ ИНЖЕНЕРНЫХ МЕТОДОВ РАСЧЕТА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ, ТЕХНОЛОГИЙ И ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

ЭФФЕКТИВНЫЕ ГЕОТЕХНОЛОГИИ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ БЕРЕГОВЫХ СКЛОНОВ САРАТОВСКОГО ПОВОЛЖЬЯ <i>В. И. Редков, А. С. Кузнецов</i>	35
РАСЧЕТ ЗАМКНУТОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ НА СОСРЕДОТОЧЕННУЮ РАДИАЛЬНУЮ НАГРУЗКУ <i>К. Ф. Шагивалеев, Е. К. Сурнина, С. В. Васильцов</i>	38
РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ИЗ ДВУХ ЗАМКНУТЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК <i>К. Ф. Шагивалеев, Е. К. Сурнина, А. А. Пишенов</i>	42
СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА КОНСТРУКТИВНОЙ НАДЁЖНОСТИ БАШЕН СОТОВОЙ СВЯЗИ И БАШЕННЫХ КРАНОВ <i>А. З. Тагир</i>	47
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ <i>В. И. Снарский, С. В. Снарский, М. В. Федоров</i>	49
УСТРАНЕНИЕ ЗЫБКОСТИ МЕЖДУЭТАЖНОГО ПЕРЕКРЫТИЯ КРУПНОПАНЕЛЬНОГО ЖИЛОГО ДОМА <i>М. М. Айгумов</i>	53
УСИЛЕНИЕ ЛЕНТОЧНЫХ ФУНДАМЕНТОВ ПОДВЕДЕНИЕМ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ <i>Т. В. Варламова</i>	57

ТОЧНОЕ РЕШЕНИЕ ОБОБЩЕННОГО ЭВОЛЮЦИОННОГО УРАВНЕНИЯ ШЕСТОГО ПОРЯДКА	
<i>А. И. Землянухин, А. В. Бочкарев</i>	60
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИНЖЕНЕРНЫХ МЕТОДИК РАСЧЁТА ПРЯМЫХ ЗАМКНУТЫХ ПРИЗМАТИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК	
<i>О. Р. Кузнецов</i>	63
О ПРОБЛЕМЕ ОБСЛЕДОВАНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ВОЗВЕДЁННЫХ НА МЕСТЕ ДЕМОНТИРОВАННЫХ ОБЪЕКТОВ	
<i>М. Р. Муртазин, М. В. Федоров, Г. Р. Муртазина, Р. Ю. Коваль</i>	66
ПРОБЛЕМЫ СОХРАНЕНИЯ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ В ГОРОДЕ САРАТОВЕ	
<i>М. Р. Муртазин, В. И. Редков, А. А. Пшенов, А. А. Алексеев</i>	70
К ПРОБЛЕМЕ УСИЛЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ИСТОРИЧЕСКИХ ЗДАНИЙ В Г. САРАТОВЕ	
<i>М. Р. Муртазин, Ф. С. Селиванов, К. Ф. Шагивалеев, Г. Р. Муртазина</i>	75
ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ СМЕСЕВЫХ ТОПЛИВ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКЕ	
<i>С. А. Нагорнов, А. П. Ликсутина, А. Ю. Корнев</i>	78
РЕСТАВРАЦИЯ ТОРГОВЫХ РЯДОВ ХЛЕБНОЙ ПЛОЩАДИ Г. КАЗАНИ	
<i>А. О. Попов, И. Ю. Матвеев, Д. К. Бирюлева, В. В. Антипина</i>	82
К ВОПРОСУ О ПЛАНИРОВАНИИ КАПРЕМОНТА ДОМОВ ПО НОВОЙ СИСТЕМЕ	
<i>Г. Г. Старостин</i>	85
ЗАВИСИМОСТЬ ФОРМЫ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ ТОНОСТЕННОГО ЭЛЕМЕНТА ОТ ДАВЛЕНИЯ	
<i>О. В. Кизимова</i>	91
МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРЁХМЕРНОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ПЛАСТИНЕ	
<i>П. К. Семёнов, Ю. А. Поляков</i>	94
ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНАЯ ПОЛЗУЧЕСТЬ НЕЛИНЕЙНО-УПРУГИХ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ПЛАСТИН	
<i>П. К. Семёнов, Ю. А. Поляков</i>	96

РАЗВИТИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, РАСЧЕТА, СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

ПРИМЕНЕНИЕ ХОЛОДНЫХ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ СТОИМОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА И РЕМОНТА АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ	
<i>В. Е. Никишин</i>	100
МОДЕЛЬ ВОЗДЕЙСТВИЯ ХЛОРИДСОДЕРЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ЖЕЛЕЗОБЕТОННУЮ БАЛКУ ПРОЛЕТНОГО СТРОЕНИЯ МОСТА	
<i>В. В. Раткин, А. В. Кокодеев</i>	103
О СНИЖЕНИИ РИСКА РАЗРУШЕНИЯ ДОРОЖНЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИМИ МАТЕРИАЛАМИ	
<i>Е. В. Малышев, Н. Е. Кокодеева</i>	107
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОСНОВАНИЙ ПРИ УСИЛЕНИИ И РЕКОНСТРУКЦИИ ФУНДАМЕНТОВ ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ	
<i>А. А. Шеин, А. В. Кокодеев</i>	111

ПУТЬ К ПОВЫШЕНИЮ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ	
<i>Л. И. Высоцкий</i>	114
ОСОБЕННОСТИ ОБУСТРОЙСТВА ПЛОЩАДОК ОТДЫХА НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ	
<i>Н. В. Щеголева</i>	117
ПРИМЕНЕНИЯ АСФАЛЬТА С ДИСПЕРСНЫМ БИТУМОМ ДЛЯ РЕМОНТНЫХ РАБОТ В УСЛОВИЯХ ПОВОЛЖЬЯ	
<i>А. Ф. Иванов</i>	120

МАТЕРИАЛЫ СЕКЦИИ «НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ»

ОСОБЕННОСТИ И СПОСОБЫ ГИДРОИЗОЛЯЦИИ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ	
<i>Ш. М. Камбулатов, М. М. Айгулов</i>	124
КРЕПЛЕНИЕ СТенок КОТЛОВАНА ПРИ ОТКРЫТОМ СПОСОБЕ ВОЗВЕДЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ	
<i>А. Р. Сарсеев, М. М. Айгулов</i>	127
О ПРОБЛЕМАХ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В РОССИИ	
<i>О. В. Кизимова, А. Новикова</i>	130
ПРОБЛЕМА ДРЕНАЖНОЙ СИСТЕМЫ В ГОРОДЕ САРАТОВЕ	
<i>К. А. Стрельникова, В. А. Курантов</i>	134
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ОВОЩЕХРАНИЛИЩ	
<i>К. А. Стрельникова, А. С. Ошменский</i>	137
ТЕХНОЛОГИИ МОНТАЖА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ОБОЛОЧЕК	
<i>К. А. Стрельникова, С. М. Зинченко, И. С. Бурдеев</i>	141
НАДЕЖНОСТЬ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ	
<i>Э. М. Малая, С. Г. Култыяев, Н. В. Мазаева</i>	144
ПРОВЕРКА ВЛАЖНОСТНОГО СОСТОЯНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ПОВЫШЕНИИ СОПРОТИВЛЕНИЙ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ	
<i>Ю. С. Ряписова, Н. Н. Осипова</i>	148
АНАЛИЗ ВЕРТИКАЛЬНЫХ КРИВЫХ НА АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГЕ МЕТОДАМИ ТЕОРИИ РИСКА	
<i>М. В. Рязанцева, М. А. Ворожейкин, Н. В. Щеголева</i>	152
АРХИТЕКТУРА СОВРЕМЕННЫХ АЭРОПОРТОВ	
<i>К. А. Стрельникова, Е. Г. Соколова</i>	155
ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ В МНОГОКВАРТИРНОМ ДОМЕ	
<i>А. В. Черненко, Н. А. Козлов</i>	161
ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ РЫНОЧНОЙ СТОИМОСТИ ЖИЛОЙ НЕДВИЖИМОСТИ ПРИ ЕЁ ПЕРЕВОДЕ В НЕЖИЛУЮ	
<i>Д. А. Пешкова, С. М. Зинченко</i>	163
СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТОИМОСТИ УЩЕРБА: НЕЗАВИСИМАЯ ОЦЕНКА ИЛИ ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА	
<i>Д. А. Пешкова, С. М. Зинченко</i>	167
РАСЧЕТ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ НА ПОЛОСОВУЮ ТАНГЕНЦИАЛЬНУЮ НАГРУЗКУ	
<i>Е. К. Сурнина, А. В. Мочинина</i>	170

ДРОБЛЕННЫЕ ОТХОДЫ СТЕКЛА КАК ЗАПОЛНИТЕЛЬ ДЛЯ ДЕКОРАТИВНЫХ ЦЕМЕНТНЫХ БЕТОНОВ	
<i>Д. К. Тимохин, Ю. С. Геранина</i>	173
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ДОБАВОК НА СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНОГО ГИПСА	
<i>Н. Н. Фомина, А. С. Фомин, М. М. Полянский, Д. С. Царапкин</i>	177
ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ ЖИДКОСТИ НА ОСНОВЕ ЭФФЕКТА КАВИТАЦИИ, ВОЗНИКШЕЙ ОТ УПРУГИХ КОЛЕБАНИЙ СТЕНОК	
<i>А. В. Черненко</i>	181
МУЛЬТИКУЛЬТУРАЛИЗМ В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ: ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ, ПРАКТИКА ИХ ВНЕДРЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ МУЛЬТИКУЛЬТУРНОЙ СРЕДЫ В САРАТОВЕ	
<i>Р. В. Шишкин</i>	184
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ОБЪЕКТОВ ПРИ КАМЕРАЛЬНОМ ТРАССИРОВАНИИ СООРУЖЕНИЙ	
<i>А. А. Сурнин, Р. М. Сабаев</i>	190
ТРЕБОВАНИЯ К ПРОИЗВОДСТВУ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА НА ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ	
<i>А. А. Сурнин, Р. М. Сабаев</i>	193
АНАЛИЗ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ НОРМАТИВНЫХ ТРЕБОВАНИЙ И МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ПРОДОЛЬНОЙ РОВНОСТИ ПОКРЫТИЯ И КОМФОРТНОСТИ ДВИЖЕНИЯ	
<i>М. А. Ворожейкин, Н. В. Щеголева</i>	197
ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ИХ РЕКОНСТРУКЦИИ И ВОССТАНОВЛЕНИИ	
<i>И. Л. Павлова, Н. О. Мосюкова</i>	200
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОСЕЛКОВЫХ СИСТЕМ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ	
<i>О. Н. Медведева, К. В. Калинина, А. И. Иванов</i>	203
ОПТИМИЗАЦИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ СРЕДНЕГО (ВЫСОКОГО) ДАВЛЕНИЯ	
<i>О. Н. Медведева, К. А. Горобец, М. А. Капустина, А. И. Иванов</i>	206
СРАВНЕНИЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВАРИАНТОВ УТЕПЛЕНИЯ ФАСАДОВ	
<i>И. Л. Павлова, Р. О. Куликов</i>	210
ИЗУЧЕНИЕ ЗАЩИТНО-ДЕКОРАТИВНЫХ СВОЙСТВ ВОДНО-ДИСПЕРСИОННЫХ КРАСОК	
<i>Н. Н. Фомина, В. А. Бабенко</i>	213
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПЛАСТИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ БЕТОНА	
<i>Н. А. Козлов, М. Р. Акаев, И. Э. Козлова</i>	216

РАЗВИТИЕ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

УДК 532.542

ОБОСНОВАНИЕ ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА МАННИНГА ДЛЯ ГОФРИРОВАННЫХ ТРУБ

Л. И. Высоцкий *, Ю. А. Изюмов*

** Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Россия, Саратов, vysotli@yandex.ru, izyumovya@mail.ru*

Даются рекомендации по назначению коэффициента шероховатости Маннинга при расчете расхода через гофрированную трубу.

Ключевые слова: гофрированная труба, коэффициент шероховатости, расход воды

BASIS POINT MANNING'S COEFFICIENT FOR CORRUGATED PIPES

L. I. Vysotsky*, Yu. A. Izumov*

** Saratov State Technical University named after Yuri Gagarin,
Russia, Saratov, vysotli@yandex.ru, izyumovya@mail.ru*

The recommendations on the appointment of Manning roughness coefficient in the calculation of the flow through the corrugated pipes.

Keywords: corrugated pipe roughness coefficient, water consumption

При пропуске бурных высокоскоростных потоков внутри косогорных труб часто рекомендуется устраивать регулярную искусственную шероховатость. Эти мероприятия служат средством борьбы с неустойчивостью бурных потоков и переходом их в сверхбурное состояние, с целью уменьшения скорости течения и т.п. Гофры являются естественными образованиями, выполняющими ту же роль. Поэтому при пропуске бурных потоков обычно не стремятся к уменьшению коэффициента шероховатости путем заполнения межгофровых пространств, а используют их в рассмотренных выше целях.

Что касается исследований значений коэффициентов гидравлического трения (Дарси) и коэффициентов шероховатости (Маннинга), то применительно к рассматриваемому типу шероховатости, сошлемся на следующие известные данные.

В фундаментальной «Гидравлике» Форхгеймера упоминаются исследования Гопфа и Фромма, которые установили независимость коэффициента Дарси (λ_R) от числа Рейнольдса в квадратичной зоне для пластин из рифленой жести. Однако размеры и конфигурация рифлей не приводятся, а характеризуются терминами типа «еще бо́льшие рифли» и «еще бо́льшие рифли». Как указывалось, быстротоки с повышенной шероховатостью исследовались многими учеными, например Ф.И. Пикаловым, и сравнительно с давних времен (1935 г. и ранее). Известна и методика гидравлического расчета с учетом влияния искусственной шероховатости различного рода. В [1] приведены таблицы значений коэффициентов Шези в предположении, что гидравлический радиус R и площадь живого сечения соответствуют нестесненному руслу. Другими словами, имеется в виду часть сечения русла вне элементов шероховатости. Наиболее близким к гофри-

рованному сечению с высотой гофр $a_r = 5,1$ см и расстоянием между их вершинами равным $l_r = 15,2$ см является искусственная шероховатость в виде ребер со скругленными гранями, расположенными на дне прямоугольного лотка. Значения C даны для разных соотношений ширины лотка b и глубины h и разных соотношениях h/a (при уклоне $i_0 = 0,15$). Для иных уклонов предлагается вводить поправочный коэффициент σ равный:

при уклонах $i_0 = 0,04 - 0,06$ $\sigma = 1,11$;
 при уклонах $i_0 = 0,10$ $\sigma = 0,90$;
 при уклонах $i_0 = 0,15 - 0,25$ $\sigma = 1,11$.

В первом приближении эти данные можно использовать для ориентировочных расчетов.

В частности, эффективная высота выступов шероховатости оценивается величиной $\Delta = 0,35 \cdot a_r = 0,35 \cdot 50 = 17,5$ мм. Тогда при $R = d/4$, принимая, например, $d = 1,5$ м и $d = 10,0$ м получим по табл. 6.9 в [1] значения коэффициента Шези C равные, соответственно, 31,6 и 49,2 м^{0,5}/с. Этим данным отвечают значения коэффициента Маннинга $n = 0,0266$ и 0,024.

Можно ожидать, что с уменьшением l_p/a_p с 8 в [м] до заданного $l_r/a_r = 3$, значение n должно возрасти.

В [2] приведены данные о величине коэффициентов шероховатости Маннинга n для стандартных гофрированных стальных труб в виде табл. 1.

Таблица 1 – Значения n для гофрированных стальных труб

Гофрированная поверхность	Кольцевой 68×13 мм	Винтовой								
		38×65 мм		68×13 мм						
		200	250	300	400	500	600	900	1200	1400 и более
Чистая	0,024	0,012	0,011	0,013	0,014	0,015	0,018	0,018	0,020	0,021
Заполненная на 25%	0,021						0,014	0,017	0,020	0,019
Полностью заполненная	0,012						0,012	0,012	0,012	0,012
	Кольцевой 76×25 мм	Винтовой – 76×25 мм								
		1200	1400	1600	1800	2000	2200 и более			
Чистая	0,027	0,023	0,023	0,024	0,025	0,026	0,027			
Заполненная на 25%	0,023	0,020	0,020	0,021	0,022	0,022	0,023			
Полностью заполненная	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012			
	Кольцевой 125×26 мм	Винтовой – 125×26 мм								
		1400	1600	1800	2000 и более					
Чистая	0,025	0,022	0,023	0,024	0,025					
Заполненная на 25%	0,022	0,019	0,020	0,021	0,022					
Полностью заполненная	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012					

Для любого диаметра большему углу гофр соответствует уменьшение коэффициента n .

Величина гофров 125×26 мм использовалась как проверка для гофров 152×25 мм, измененных незначительно. Большинство опубликованных значений коэффициента n получены в лабораторных условиях при использовании чистой воды на прямых линиях с гладкими соединениями. Однако, расчетные значения должны учитывать действительные конструктивные и эксплуатационные условия, которые очень важны для различных дренажных материалов.

Анализ исследований Корпуса инженеров США, выполненный Федеральной Администрацией больших дорог относительно коэффициента n для труб за несколько лет показал, что если в 1967 г. приводилось изменение n от 0,0328 для труб диаметром 1500 мм до 0,0302 для труб диаметром 4610 мм, то полномасштабные измерения (первые такого рода) выполненные на трубе диаметром 4300 мм и длиной 457 м на о. Мичиган, показали увеличение коэффициента n по сравнению с полученными на модели. В результате коэффициенты Маннинга для труб диаметром $d = 305$ мм были изменены, что приводится в табл. 2.

Таблица 2 – Значения n для гофров 152×51 мм

Гофры 152×51 мм	Диаметр, мм			
	1500	2120	3050	4610
Простые	0,033	0,032	0,030	0,028
Заполненные на 25%	0,028	0,027	0,026	0,024

Простейшее рассмотрение данных табл. 1 вызывает определенные сомнения в их достоверности. Поскольку коэффициент n предназначен для использования в формуле Шези для квадратичной зоны сопротивления, то он может зависеть от относительной шероховатости стенок. Так как при постоянной высоте гофр с

ростом диаметра труб относительная шероховатость их стенок $\bar{\Delta} = \frac{\Delta_r}{d}$ уменьшается, то это должно неизбежно привести и к уменьшению n (и λ). Данные табл. 1 этому противоречат. По-видимому, на приведенные результаты оказали влияние какие-то неучтенные факторы (стыки, заклепки, болтовые соединения и т.д.)

С учетом сказанного отдаем предпочтение данным табл. 2, т.к. в них нет отмеченных выше противоречий. Тем не менее заметим, что в приведенных данных Федеральной Администрации (США) для труб $d = 4300$ мм указано значение $n = 0,0302$, что расходится с данными табл. 1, где для трубы $d = 4610$ мм значение n равно 0,028, в то время как для труб $d = 1500$ мм значения n совпадают (0,0328 и 0,0320, соответственно).

При прочих равных условиях расхождение в расходах оценивается соотношением

$$\frac{Q(n_1)}{Q(n_2)} = \frac{n_2}{n_1} \quad (1)$$

При разбросе значений n от 0,028 до 0,033 отклонение расходов от среднего значения, соответствующего $n = 0,03$ колеблется в пределах (1,07 – 0,91).

Специальные исследования гидравлического сопротивления гофрированных труб были выполнены Алтуниным В.И. на модели с $d = 19$ см при $l/d = 6,68 \div 26$ и размерами гофр 26×6,4 мм ($l_r \times \Delta_r$). Натурный объект моделировался в

масштабе 1:5, то есть натурные размеры гофров составляли 130×32 мм. Уклоны трубы принимались равными 0,01; 0,03; 0,10.

Кроме того, часть опытов проводилась с гофрами вдвое меньшего размера, то есть 13×3,2 мм при $d = 9,5$ см. Оказалось, что полученные опытные данные показали, что в диапазоне значений числа $Re_d = 110000 - 480000$ они совпадают с имеющимися зарубежными данными для натуральных гофрированных труб. Так как в опытах В.И. Алтунина для модельных труб l/d не превышало 26, а для натуральных труб это соотношение доходило до 57,6, то вывод очевиден – длина труб не оказывает влияния на λ . В квадратичной зоне сопротивления (которая по утверждению В.И. Алтунина достигается лишь при $Re_d > 420000$, что достаточно сомнительно) оказалось, что $\lambda_D = 0,112$. Этому значению соответствует $n = 0,03$, которое и рекомендуется использовать для гофрированных труб. Отметим, что отношение $\Delta/d = 0,0337$.

В [2] отмечается, что коэффициент сопротивления гофрированных труб зависит от числа Рейнольдса и формы размеров гофров, которые рассматриваются как один из видов искусственной регулярной шероховатости. Имеющиеся на этот счет экспериментальные данные зарубежных исследователей в полном объеме использовать нельзя, так как они получены для несколько иной формы гофров.

В.И. Алтунин [2] обобщил опытные данные, выполненные авторами, указанными в табл. 3, при размерах гофров в приведенном там же диапазоне, имеющем примерно одно и то же значение Δ/d (для напорного течения).

За расчетный диаметр трубопровода в [2] принималось расстояние между гофрами. В некоторых других исследованиях в расчет вводится некоторый эффективный диаметр $d_e > d$ несколько превышающий d , что затрудняет сопоставление полученных результатов.

По мнению В.И. Алтунина [2], его опыты с соблюдением геометрического подобия, включая подобие гофров, приводят к выводу о наличии масштабного эффекта. Оно якобы выражается в уменьшении коэффициента n для труб диаметром 9,5 см по сравнению с трубами диаметром 19 см.

Таблица 3 – Обобщенные опытные данные

Источник	Труба		Гофр			Δ_r/d	Диапазон чисел Рейнольдса $Re \cdot 10^{-4}$
	l/d	d , см	l_r , мм	Δ_r , мм	l_r/Δ_r		
М.Д. Миллионщиков	30	5,7	4	2	2	0,0351	0,4-110
Ч. Нейл	57,6	38,1	67,7	12,7	5,3	0,0333	15,5-70
Р. Келлерхальс	25,0	9,15	9,18	3,06	3	0,0334	21,8-56,4
В.И. Алтунин	13,2	19	26	6,4	4	0,0337	11-48
	19,9	19	26	6,4	4	0,0337	11-48
	26	19	26	6,4	4	0,0337	11-48
	25,2	9,5	13	3,2	4	0,0337	7-17
	48,6	9,5	13	3,2	4	0,0337	7-17

Отметим, что этот факт не имеет отношения к масштабному эффекту, а лишь раз подтверждает известное положение Штриклера, согласно которому коэффициент n связан с высотой выступов шероховатости Δ простым соотношением $n \div \Delta^{1/6}$ (2).

Тогда для труб, использованных в опытах В.И. Алтунина, должно быть

$$\frac{n_{19}}{n_{9,5}} = \left(\frac{\Delta_{19}}{\Delta_{9,5}} \right)^{1/6} = 2^{1/6} = 1,12 \text{ или } n_{9,5} = \frac{n_{19}}{1,12} = 0,895 n_{19}.$$

Главный вывод В.И. Алтунина заключается в том, что его опытные данные соответствуют натурным данным, полученным для гофров размером $152,5 \times 50,8$ мм, и что при расчете натуральных гофрированных труб можно принимать значение $n = 0,03$.

Тот же автор со ссылкой на опыты, проведенные в ЦНИИС с трубами диаметром $d = 19$ см и гофрами $26 \times 6,4$ мм, которые моделировали в масштабе $1 : 5$ натурные гофры $130 \times 32,5$ мм, подтвердил хорошее совпадение опытных данных с натурными данными Ч. Нейла. Диапазон чисел $Re_d > 400000$. Значение n для натуральных условий оказалось равным $n_n = 0,03$. связь λ и n принималась в виде

$$\lambda = \frac{8gn^2}{R^{4/3}}, \quad (3)$$

где R – гидравлический радиус.

С учетом изложенного считаем допустимым для гидравлических расчетов моделей гофрированных труб (до получения дополнительных опытных данных) принять для них $n = 0,030$.

Для бетонных поверхностей принимаем обычное значение $n = 0,015$. Непосредственно для конструкций входных участков неточности в определении n значения не имеют в виду их незначительной протяженности и преобладания потерь энергии, связанных не с трением о стенки, а с деформацией бурных потоков.

Следует сразу оговориться, что проблема возможного влияния числа Фруда на значение коэффициента шероховатости n изучена еще недостаточно. На этот счет существует ряд противоречивых мнений.

Исходя из формулы Шези

$$V = C\sqrt{Ri_0} = \sqrt{\frac{2g}{\lambda_R}}\sqrt{Ri_0}, \quad (4)$$

где λ_R – коэффициент Дарси, определенный по гидравлическому радиусу R , можно получить, что

$$\frac{V^2}{gR} = \frac{2i_0}{\lambda_R} = Fr_R. \quad (5)$$

Тогда можно записать

$$V = Fr_R \sqrt{gR}. \quad (6)$$

Получается, что средняя скорость по формуле (6) уже определена через число Fr_R . Влияет ли оно еще и на λ_R ? Вряд ли.

Казалось бы, поскольку формула Шези имеет место лишь при чисто установившемся равномерном движении, то различий между двумя равномерными потоками, один из которых спокойный, а другой – бурный, в принципе быть не должно, так как они подчиняются одному и тому же уравнению равномерного движения. Последнее выражает собой равенство сил трения о стенки (силы сопротивления) проекции силы тяжести на направление движения.

Пожалуй, самым убедительным свидетельством отсутствия влияния числа Фруда на коэффициент шероховатости n является многолетняя практика использования одной и той же шкалы для n при гидравлических расчетах как равномерных спокойных, так и бурных оттоков в практике проектирования водопропускных сооружений во всем мире, а также отсутствие противоположных указаний в многочисленных справочных руководствах. Исключение составляет лишь учет влияния аэрации бурного потока, когда она имеет место, на n .

Сказанное дает основание считать, что коэффициент Маннинга n , определенный для гофрированных труб при пропуске спокойных потоков, можно использовать и при гидравлических расчетах протекания через них равномерных неаэрированных бурных потоков.

Таблица 4 – Коэффициенты n для гофрированных труб

Размер гофра, мм	Коэффициент $n_{ш}$ для труб		
	без внутреннего покрытия	с покрытием на 0,25 периметра	с покрытием по всему периметру
67,7×12,7	0,024	0,021	0,012
76,2×25,4	0,027	0,023	0,012
152,4×50,8	0,031	0,026	0,012

Список литературы

1. Муромов В.С. Учет повышенной шероховатости водопропускных труб // Транспортное строительство. 1966. № 90. С. 42-44.
2. Алтуний В.И. Гидравлические исследования сооружений с гладкими гофрированными трубами: дис. ... канд. техн. наук. М.: МГМИ, 1977. 240 с.

УДК 532.5.032:628.144

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОЧИСТКИ ТРУБОПРОВОДОВ

А. И. Есин*, Т. Н. Сауткина**

* Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, Россия, Саратов, esinai@yandex.ru

** Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., Россия, Саратов, angelanddiman@mail.ru

Рассмотрены основные причины коррозии и обрастания трубопроводов. Для прочистки труб от обрастания предложена механическая очистка струей высокого давления. Приведена оценка эффективности применения прочистки трубопроводов.

Ключевые слова: вода, трубопровод, коррозия, обрастание, прочистка, эффективность

EFFICIENCY OF APPLICATION OF THE CLEARING PIPELINES

A. I. Esin*, T. N. Sautkina**

* N.I. Vavilov Saratov State Agrarian University, Russia, Saratov, esinai@yandex.ru

** Yuri Gagarin state technical university of Saratov, Russia, Saratov, angelanddiman@mail.ru

Principal reasons of corrosion and becoming overgrown with of pipelines are considered. For clearing of pipes from becoming overgrown with the mechanical cleaning is offered by a stream high-pressure. An estimation over of efficiency of application of clearing of pipelines is brought.

Keywords: water, pipeline, corrosion, becoming overgrown with, clearing, efficiency

Многолетние наблюдения за работой напорных трубопроводов показали, что в процессе эксплуатации она подвергаются коррозии и обрастанию [1].

Отложения в трубах бывают: донные, возникающие при транспортировке неочищенной воды и вызывающие образование гидроксида железа; сплошные, состоящие из карбоната кальция, прочно прикрепленные к стенкам труб; бугристые, образующие в трубах в связи с коррозией, представляющие бугорки неправильной формы, прочно прикрепленные к стенкам труб [2].

В воде, проходящей по трубопроводу, увеличивается концентрация железа, которая может в 10-30 раз превышать ПДК. Это связано с присутствием в воде растворенного кислорода в концентрациях 5-15 мг/л.

Микроорганизмы также способствуют обрастанию трубопроводов и влияют на качество питьевой воды, так как выделяют в воду продукты своей жизнедеятельности.

Внутреннее обрастание приводит к росту выступов шероховатости, проржавлению и снижению пропускной способности. Вследствие образования в трубопроводах различного рода отложений и обрастаний снижается эффективность работы водоводов и уменьшается срок службы трубопроводов. Также засорение труб влияет на качество воды и на безопасность и здоровье людей.

Для борьбы с коррозией и обрастаниями в трубопроводах рекомендуется проводить профилактические мероприятия.

При определении эффективности работы водопроводной сети использовались результаты исследования трубопроводов без применения прочистки и результаты натурных исследований эффективности прочистки трубопроводов при применении механической очистки струей воды высокого давления.

Оценка эффективности работы водопроводной сети проводилась по двум показателям:

– коэффициенту использования водопроводной воды трубопроводом [3]:

$$K_{\text{э.н.в.}} = \frac{W_{ni}}{W_{\text{бп}} - \sum_{i=1}^n \Pi_{ni}} = \frac{W_{\text{бп}} - \left(\sum_{i=1}^n \Pi_{ni} + \sum_{j=1}^n \Pi_{nj} \right)}{W_{\text{бп}} - \sum_{i=1}^n \Pi_{ni}}, \quad (1)$$

где W_{ni} – количество воды, поданной в сеть, м³/сут; $W_{\text{бп}}$ – количество воды, забранной из резервуара, м³/сут; Π_{ni} – плановые потери воды в системе, м³/сут; Π_{nj} – неплановые потери воды в системе, м³/сут, и

– коэффициенту готовности водопроводной сети к работе:

$$K_z = \frac{t}{t + t_{\text{в}}}, \quad (2)$$

где t – среднее время между простоями водопроводной сети, с; $t_{\text{в}}$ – среднее время восстановления трубопроводов водопроводной сети, вызванное обрастанием трубопровода, с.

Были проведены натурные исследования трубопроводов различных лет эксплуатации водопроводной системы.

Проведенные вычисления по формулам (1) и (2) коэффициенты использования водопроводной воды трубопроводом и коэффициента готовности водопроводной сети к работе сведены в таблицу и представлены на рис. 1 и 2.

Эффективность работы трубопроводов при применении прочистки

Показатели эффективности работы трубопроводов	Значение показателей после 7 лет эксплуатации		Значение показателей после 18 лет эксплуатации		Значение показателей после 25 лет эксплуатации	
	без применения прочистки	с применением прочистки	без применения прочистки	с применением прочистки	без применения прочистки	с применением прочистки
$K_{\text{э.п.в.}}$	0,55	0,91	0,48	0,84	0,37	0,73
$K_{\text{г}}$	0,87	0,98	0,82	0,91	0,75	0,84

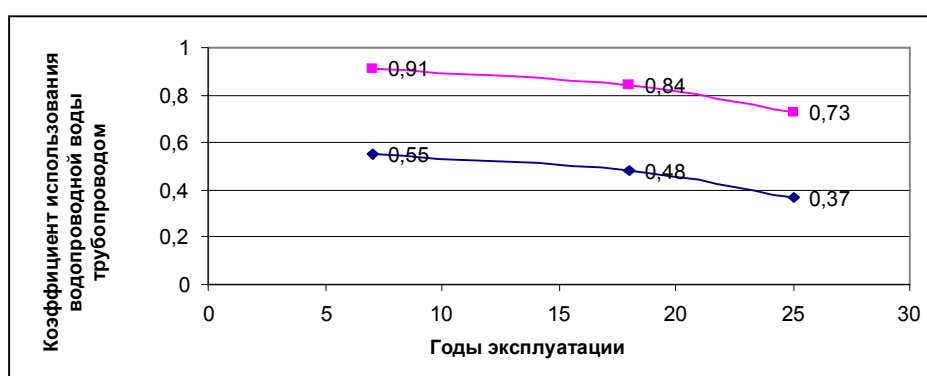


Рис. 1. Коэффициент использования водопроводной воды трубопроводом

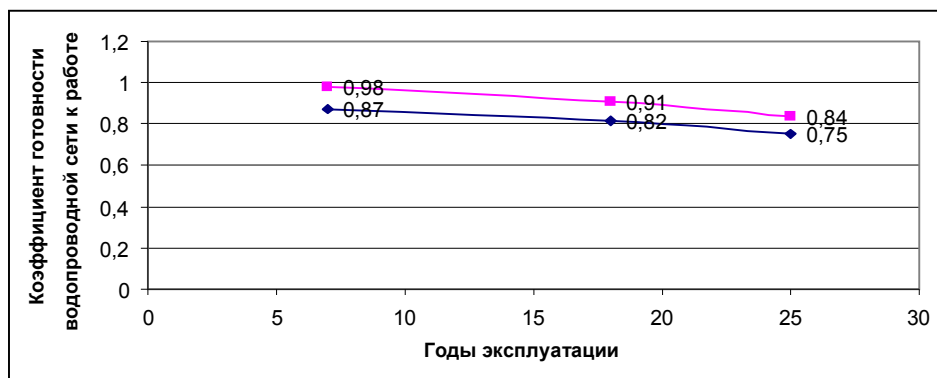


Рис. 2. Коэффициент готовности водопроводной сети к работе

Полученные результаты показывают, что коэффициент использования водопроводной воды трубопроводом $K_{\text{э.п.в.}}$ при применении прочистки трубопроводов увеличивается с 0,37-0,55 (без применения прочистки) до 0,73-0,91 (с применением прочистки), а коэффициент готовности водопроводной сети к работе возрастает с 0,75-0,87 (без применения прочистки) до 0,84-0,98 (с применением прочистки).

Список литературы

1. Есин А.И., Сауткина Т.Н. Исследование процесса обрастания напорных трубопроводов оросительных систем // Аграрный научный журнал. 2013. № 1. С. 45-48.
2. Николадзе Г.И. Технология очистки природных вод: учеб. для вузов. М.: Высш. шк., 1987. 479 с.

3. Есин А. И., Сауткина Т. Н., Швецов А. А. Оценка эффективности работы закрытой оросительной сети при применении прочистки трубопроводов гидравлической струей // Сборник научных трудов SWorld: материалы Междунар. науч.-практ. конф. «Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития `2014», г. Одесса, 01-12 окт. 2014 г. Т. 3 : Технические науки. Одесса, 2014. Вып. 3 (36). С. 58-60.

УДК 628.322

ПРИБЛИЖЕННАЯ МОДЕЛЬ ТЕЧЕНИЯ ПЕРЕД ПРЕПЯТСТВИЕМ ТИПА МОСТОВОЙ ОПОРЫ

А. М. Калякин*, Т. Н. Сауткина*, Е. В. Чеснокова*, А. В. Калякин*

** Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Россия, Саратов, angelanddiman@mail.ru*

Обоснованы особенности кинематики и динамики при обтекании цилиндра реальным потоком жидкости и получены зависимости с помощью анализа размерностей.

Ключевые слова: мостовая опора, цилиндр, жидкость, скорость, метод размерностей

APPROXIMATE MODEL OF THE CURRENT BEFORE THE OBSTACLE OF TYPE OF THE BRIDGE SUPPORT

A. M. Kalyakin*, T. N. Sautkina*, E. V. Chesnokova*, A. V. Kalyakin*

** Yuri Gagarin state technical university of Saratov, Russia, Saratov,
angelanddiman@mail.ru*

Grounded features of the kinematics and dynamics around the cylinder of the real fluid flow and the dependence obtained using dimensional analysis.

Keywords: pavement bearing, cylinder, fluid, speed, method of dimensions

Поток, приближаясь к цилиндру, испытывает торможение и распределение давления на его передней части в любой горизонтальной плоскости, параллельной дну, как следует, например, из [1], близко к распределению давления при обтекании его потенциальным потоком. Элементарный результат для динамического давления в любой передней критической точке можно получить методом анализа размерностей

$$p = C \cdot \rho \cdot u^2, \quad (1)$$

где p – давление в данной передней критической точке, u – скорость на соответствующей горизонтали далеко перед цилиндром, ρ – плотность жидкости, C – некоторая постоянная (безразмерная).

В результате возникает сложная картина распределения давления в области передней части цилиндра: давление увеличивается при приближении к нему и уменьшается с увеличением глубины.

Такой характер распределения давления приводит к образованию вихрей; начальная стадия их образования в осевой плоскости вблизи цилиндра приведена на рис. 1. Вначале образуются, возможно, ядра вихрей, вокруг которых возникает индуцированное ими поле скоростей.

Как известно [2], вихрь может образовать вокруг себя такое поле скоростей, что он сам начинает двигаться, т.е. приобретает самоиндуцированную скорость V_b .

Оценить значение V_b возможно с помощью метода анализа размерностей: V_b может зависеть от радиуса вихря и угловой скорости вращения ω . Общее функциональное соотношение имеет вид

$$V_b = f(r, \omega), \quad (2)$$

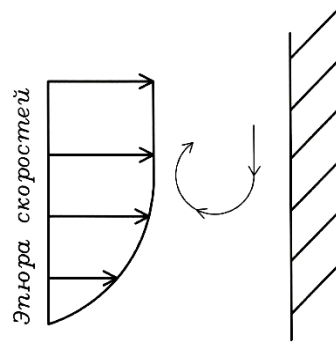


Рис. 1. Начальная стадия образования вихрей

Выполняя необходимые преобразования в рамках метода анализа размерностей, получаем

$$V_b = C \cdot r \cdot \omega. \quad (3)$$

Доходя до плоского дна, вихрь продолжает двигаться вдоль него, растягиваясь по радиусу, образуя область отрыва потока перед цилиндром.

Некоторые авторы утверждают, что существуют нисходящие токи на передней поверхности цилиндра. По нашему мнению, перенос энергии и процесс размыва осуществляются благодаря вихревым образованиям, так как просто нисходящие токи в данном случае являются неустойчивыми. Они могут существовать лишь при ламинарном потоке перед цилиндром.

Ввиду специфической эпюры скоростей при турбулентном потоке значительный градиент давлений имеет место у самого дна и наиболее крупные вихри зарождаются именно там.

Цилиндр в потоке представляет собой местное сопротивление и, как в любом местном сопротивлении, происходит преобразование механической энергии потока, в частности в тепло.

В данном случае механическая энергия не всего потока, а его части – площадки порядка миделевого сечения – преобразуется в механическую энергию следующих специфических вторичных течений:

1. Как и в случае однородной эпюры набегающего потока, энергия переходит в энергию вихрей за цилиндром или идет на поддержание существования вихревой застойной зоны.

2. Происходит преобразование механической энергии в тепло внутри потока из-за вязкости за счет деформации эпюры скорости вокруг цилиндра.

3. Значительная часть энергии идет на образование вихревой системы перед цилиндром (вторичное течение).

4. Если цилиндр возбуждает гравитационные волны, то энергия частично переходит в энергию волн.

Представим, что в неподвижной воде протаскивается препятствие со скоростью, равной некоторой характерной скорости потока (например, средней).

Будем считать, что при этом в единицу времени затрачивается такая же энергия на продвижение, что и отбираемая у потока энергия при обтекании им той же преграды.

Нами не учитывается, что во-первых, у потока существует эпюра скоростей, а во-вторых, степень турбулентности в обоих случаях различная.

Если на препятствие при протаскивании в неподвижной жидкости со скоростью V действует сила F , то при обтекании его потока с той же скоростью механическая энергия потока в единицу времени уменьшается на величину

$$E = F \cdot V, \quad (4)$$

Действующая на препятствие сила F находится по формуле

$$F = C_d \cdot S \cdot \rho \frac{V^2}{2} \quad (5)$$

где S – площадь миделевого сечения препятствия, ρ – плотность жидкости, V – скорость набегающего на препятствие потока, C_d – безразмерный коэффициент сопротивления.

Формулы (5) и (4) показательны тем, что дают возможность оценить энергию E в зависимости от формы выступа, которая частично определяется коэффициентом C_d .

Если дно перед опорой размываемое и происходит размыв, то на перемещение частиц грунта переходит часть механической энергии потока, которая в тепло не превращается. Следовательно, общие потери энергии h при обтекании препятствия в процессе размыва можно представить как сумму

$$h = h_{м.с.} + h_b + h_{пер}, \quad (6)$$

где $h_{м.с.}$ – потери на местные сопротивления, переходящие в тепло, h_b – энергия, перешедшая в энергию вихревых образований, $h_{пер}$ – потери энергии на перемещение частиц грунта.

Вихрь при размываемом дне продолжает свое движение и входит в яму размыва. Необходимо иметь в виду, что на самом деле вихревое образование является вихрестокком и находясь вблизи размываемого грунта сдвигает частицы за счет линейной скорости своего вращения и захватывает их в центральную часть за счет существующего там разрежения. В дальнейшем частицы перемещаются к «хвостам» вихря ввиду его растяжения, а также за счет существования скорости потока, который обтекает цилиндр. Частицы грунта перестают передвигаться внутри вихря в его хвостовых частях и падают вниз. Поэтому обычно при размываемом грунте за опорой образуются конусообразные возвышения, состоящие из частиц, захватываемых вихрем в яме размыва.

Выводы: 1. Обоснованы некоторые, уже частично известные особенности кинематики и динамики при обтекании цилиндра реальным потоком жидкости.

2. С помощью метода анализа размерностей получены зависимости, полезные для дальнейшего решения задачи.

Список литературы

1. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. М.: Дрофа, 2003. 840 с.
2. Милн-Томсон Л.М. Теоретическая гидродинамика. М.: Мир, 1964.

ПРОБЛЕМЫ И ПОСЛЕДСТВИЯ НАКИПЕОБРАЗОВАНИЯ ТЕПЛОПЕРЕДАЮЩИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ КОТЛОВ С ИННОВАЦИОННЫМ РЕШЕНИЕМ

А.А. Цымбалов

*Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
ООО Научная организация «Архимед» (г. Саратов)*

В работе указана причина неработоспособности котлов и даны: а) расчеты элементов, характеризующие процесс образования накипи в пристенном слое теплообменного оборудования; б) фрагменты аварийных ситуаций зафиксированные автором в результате технического обследования; в) прочностные характеристики твердого осадка накипи; г) концепция инновационного оборудования ТГПИ СИЦАTM по удалению осадка.

Ключевые слова: теплообменное оборудование, пристенный слой, накипеобразование, твердый осадок

ISSUES AND IMPLICATIONS OF THE SCALING OF HEAT TRANSFER SURFACES OF BOILERS WITH INNOVATIVE SOLUTION

A.A. Tsymbalov

*Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia, Saratov,
LLC Scientific organization «Archimed» (Saratov)*

In the work indicated the reason for inoperability and boilers are given: a) calculations of the elements that characterize the process of formation of scaling in the near-wall layer of heat-exchange equipment; b) fragments of emergencies recorded by the author as a result of the technical survey; c) the strength characteristics of the solid precipitate of scale; g) the concept of innovative equipment major TGPI-CITSATM remove the precipitate.

Keywords: heat exchangers, wall-adjacent layer, the formation, the solid residue

Проблема снижения роста отложений в технологическом и теплообменном оборудовании актуальна и имеет российскую и мировую практику. Одной из причин, по которой тепломассообменное оборудование выходит из строя, является образование твердых отложений на внутренней теплопередающей поверхности. Они приводят к росту энергопотребления (до 60%), аварийным ситуациям в тепловых пунктах, перебоям с поставкой теплоносителя заказчику услуг.

Целью статьи является: а) представление наработанной информации в обследовании котлового оборудования по дефектам, созданным накипеобразованием в результате эксплуатации; б) расчеты элементов, характеризующих процесс образования осадка, для ведения контроля и профилактических работ; в) концепция НО «Архимед» нового технического решения по удалению осадка из тепломассообменного оборудования.

Исследованиями [3-5, 8-11, 14-16] установлено, что поверхности нагрева подвержены образованию нароста различного рода осадкам в виде твердых отложений. Из работ [8-11] по анализу физико-химического состава накипеобразования следует, что исследуемое вещество представляет солевые и шламовые отложения, содержащие малорастворимые соединения: CaCO_3 , $\text{Mg}_2(\text{OH})_2(\text{CO})_3$, $(\text{CaMg})(\text{CO}_3)_2$, MnCO_3 , FeCO_3 . Образование таких твердых накипных отложений связано с различными гетерогенными процессами, сопровождающимися фазовыми переходами, химическими, электрохимическими и топохимическими реакциями, которые могут иметь место при контакте теплоносителя с теплопередающей поверхностью в пристенном слое [14].

Состав накипеобразований может значительно ухудшиться с применением водно-химического режима питательной воды для котлов из подземного источ-

ника [13]. В результате этого из-за присутствия кремния в воде появляется силикатная накипь в виде плотной, пористой комковой структуры (CaSiO_3 , $5\text{CaO} \cdot 5\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ и др.).

При образовании отложений существенную долю составляют свободные взвешенные частицы, которые, сталкиваясь с нагретой теплопередающей поверхностью, прилипают к ней. Поглощаясь слоем осадка, они становятся составной частью накипи. Поэтому структура осадка и его прочность будут определяться химическим составом и размерами частиц, входящих в него. Осадок частиц размером $\leq 10^{-5}$ м, образованный в процессе кристаллизации, представляет плотную, однородную массу. Количество встречающихся частиц $> 10^{-6}$ м в осадке подтверждает гипотезу образования осадка в результате не только кристаллизации, но и осаждения дисперсных частиц на теплопередающей поверхности. Содержание крупных частиц в осадке уменьшает прочностные качества осадка, увеличивая коэффициент разрыхления. Эту особенность следует учесть при разрушении и удалении осадка.

Результаты исследования показали, что накипь прочно связывается с поверхностью нагрева теплового оборудования и сосредотачивается преимущественно в наиболее теплонапряженных поверхностях. Накипь – плохой проводник тепла. Коэффициент теплопроводности в зависимости от физико-химических свойств в 10-700 раз меньше теплопроводности металла. Поэтому накипь в котлах представляет теплоизолирующий слой, который ухудшает теплообмен и требует дополнительного нагрева трубок котла. Дополнительный нагрев котла ведет к перегреву металлических трубок, что может приводить к авариям.

Образование центров кристаллизации накипи может обеспечить рост отложений, сужающих живое сечение трубок котла до (60-80)% (рис. 1). Если рост осадка составит 100%, то происходит закупоривание локального участка, что приводит к разрыву трубки (рис. 2). Такая ситуация блокирует тепловое оборудование и выводит его из рабочего состояния.



а



б

Рис. 1. Фрагменты отложений, сокращающих живое сечение труб котлового оборудования: а – до 60-80%, б – до 100%



а



б

Рис. 2. Рабочие элементы котла при ведении восстановительных работ: а – «вырезка» участка трубы из котлового оборудования, б – закоксуывание и разрыв теплонагревающей поверхности (МУП ЖКХ «Засечное», с. Засечное Пензенского района Пензенской области) [Назарова А.Г., Цымбалов А.А., 2006]

Прочность осадка в процессе эксплуатации теплообменного оборудования увеличивается, поэтому возрастают энергетические затраты на удаление его с поверхности. Исследованиями [6] с помощью рентгенофазового анализа отложений солей в трубках канала теплообменного аппарата из дистиллерной жидкости содового производства при $T=110\text{ }^{\circ}\text{C}$ установлено, что на теплопередающей поверхности кристаллизуется сульфат кальция в виде дигидрата: $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Изменение степени дегидратации гипса от 0,4 до 0,6 может увеличить прочность осадка более чем в 3 раза. Допустимый предел прочности осадка по [12] при дегидратации $\alpha_n=0,35$ может составить до $\sigma=2,4\text{ МПа}$.

Для понимания физической картины формирования центров кристаллизации и роста зародышей накипеобразования на реакционной поверхности (контактный слой «металл – твердый осадок накипи» (рис. 3) и прогнозирования ситуации по профилактике этого явления требуется рассчитывать основные элементы, характеризующие данный процесс.

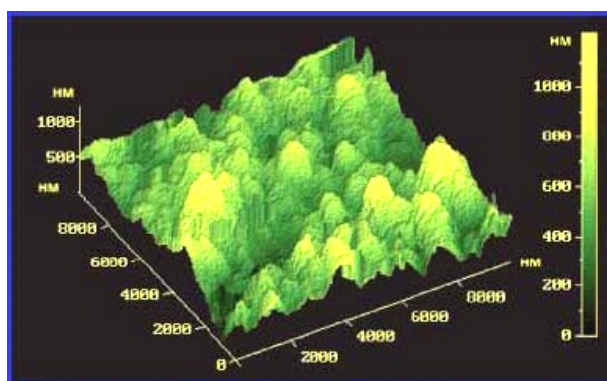


Рис. 3. Модель роста центров накипеобразования на теплопередающей поверхности [1]

Степень закрытия теплопередающей поверхности слоем осадка определяется выражением (1) [3]:

$$\psi = F_1/F_0, \quad (1)$$

где F_1 – теплопередающая поверхность, образованная растущими центрами кристаллизации;

F_0 – общая поверхность теплопередачи.

Количество нарастающего осадка на единицу теплопередающей поверхности выразим как массу закристаллизовавшегося осадка за время (t) на единице площади, перемещающейся со скоростью dx/dt [5]:

$$M = \rho (dx/dt) t, \quad (2)$$

где M – масса осадка; ρ – плотность осадка;

Скорость образования зародышей на единице поверхности в единицу времени с учетом изменения физико-химических свойств выразим следующим образом:

$$\dot{v} = \sum_i p(i) \dot{v}_i = \sum_i p(i) \int_0^\infty \dot{v}_i \varphi(\theta_i) d\theta_i, \quad (3)$$

где $p(i)$ – вероятность нахождения структурного элемента i -го типа на поверхности; $\dot{v}_i$ – средняя скорость образования зародышей (центров кристаллизации) на структурных элементах i -го типа; $\varphi(\theta_i)$ – функция распределения элементов по активности, $\varphi(\theta_i) = 1/m_i (dm_i/d\theta_i)$; m_i – число структурных элементов на единице поверхности; c_i – число структурных элементов на единице поверхности, активность которых меньше скорости образования зародышей $\dot{v}_i$ ($0 < c_i < m_i$).

Время закрытия теплопередающей поверхности первичным слоем осадка получим по эмпирической формуле [5]:

$$T = 1,44 (\bar{v}_i \bar{v}_i^2)^{-1/3}, \quad (4)$$

где $\bar{v}_i$ – линейная скорость кристаллов, осредненная по всем граням; $\bar{v}_i$ – средняя скорость образования зародышей (центров кристаллизации) на структурных элементах i -го типа.

Продолжительность разрушения первичного слоя осадка на теплопередающей поверхности определяется из выражения (5) [15]:

$$t = \frac{\rho \delta}{0,5 \cdot 10^{-5} \chi}, \quad (5)$$

где ρ – плотность осадка; δ – толщина первичного слоя осадка; χ – амплитудно-частотный параметр, $\chi = \Delta \bar{v}_1 / \bar{v}_0$; $\Delta \bar{v}_1$ – колебательная скорость раствора; $\bar{v}_0$ – скорость раствора в осевом направлении.

Вероятность разрыва осадка представим выражением

$$B(\xi) = \int_V n(\sigma) dV, \quad (6)$$

где $n(\sigma)$ – характеристика состава осадка; V – объем образца осадка.

В выражении (6) функция $n(\sigma)$ есть распределение локальной прочности участка осадка. Её можно интерпретировать как параметр, характеризующий прочностные свойства материала, приводящего к разрушению. Поэтому представим её так:

$$n(\sigma) = k \sigma^m, \quad (7)$$

где k, m – константы материала разрушения, причем [6] характеристика степени неоднородности осадка m увеличивается с повышением однородности.

Для определения разрушения осадка воспользуемся теорией удара [7], позволяющей оценить деформационное поле напряжений возникающих от турбулентных пульсаций давления, превышающих прочность осадка.

$$n(\sigma) = k \sigma^{2,5}, \quad (8)$$

где $k = (2E / n \alpha_p) \cdot (5\pi V^2 / 4E)^{1,5}$; E – приведенный модуль Юнга; V – динамическая скорость.

В первом приближении разрушение можно оценить, используя теорию прочности [2]. С целью описания физической картины разрушения осадка $n(\sigma)$ представляет собой воздействие нормального давления, развиваемое ударом импульса к прочности материала осадка. Для приближенной оценки момента разрушения воспользуемся из теории прочности соотношением между касательным напряжением τ , возникающим в ядре потока, и прочностью осадка на растяжение σ_p :

$$n(\sigma) = \tau / \sigma_p. \quad (9)$$

Согласно [2] $n(\sigma) = 0,5$. Исследования [5] показали, что $n(\sigma) > 1,0$. Кроме того, эксперименты [12, 16] на гидроксиде алюминия показали, что напряжения растяжения и сжатия соответственно имели значения $\sigma_p = 5,16 \cdot 10^{-9}$ МПа, $\tau = 5,37 \cdot 10^{-9}$ МПа при следующих исходных данных: а) агрегаты флоккул гидроксида алюминия составляли 100 мкм при дисперсности частиц 1 мкм; б) доля объема, занимаемого дисперсной фазой в агрегате изменялась от 0,26 до 0,48; в) энергия парного взаимодействия частиц гидроксида алюминия составляла $0,2 \cdot 10^{-19}$ до $2 \cdot 10^{-19}$ Дж.

Практика проведения работ НО «Архимед» по техническому обследованию котлового оборудования показывает (рис. 4), что время закрытия теплопередающей поверхности первичным слоем осадка в зависимости от уровня ХВО может составить 4-72 часа, а время образования накипных отложений, увеличивающих энергоресурс на 20-30%, составляет (6-24) месяца, зарастания живого сечения на (60-80)% – 3-5 лет.



Рис. 4. Обследование котельной ОАО «Хенкель-рус»
(филиал в г. Энгельсе Саратовской области) [Цымбалов А.А., 2011]

Концептуальное решение НО «Архимед» проблемы по удалению осадка с теплопередающей поверхности видится в применении термогидропневмоимпульсного метода ТГПИ-СИЦА™. В основе разработки проекта предлагаемого метода лежит проведенный анализ существующих способов по очистке оборудования систем теплоснабжения от различного рода отложений и накипеобразования. Суть технологии ТГПИ-СИЦА™ заключается в разрушении твердых отложений на поверхности трубок котлов и ускоренном удалении кольматанта за счет импульсов волнового воздействия. В настоящее время оборудование находится на стадии изготовления экспериментальной модели. Расчет ТЭО проекта по разработке метода ТГПИ-СИЦА™ показал, что с его применением обеспечиваются:

- а) полное удаление накипных и коррозионных отложений;
- б) увеличение срока службы теплообменного оборудования в 1,5-3,0 раза;
- в) сокращение расхода энергетических затрат до 20%.

Таким образом, из ТЭО следует: проект быстро окупаемый (4 месяца) и затраты на восстановительные работы составляют (12-15)% от суммы капитального ремонта котлового оборудования.

Выводы

1. При эксплуатации котлового оборудования на теплопередающей поверхности образуется накипь. Неудаление отложений ведет к росту энергетических затрат и быстрому износу оборудования или его замене.

2. Расчет параметров образования осадка накипи позволит своевременно принимать меры по удалению осадкообразования и накипи в системе теплоснабжения.

4. Метод ТГПИ-СИЦА™ по удалению осадкообразования и накипи в системе теплоснабжения, как инновационное техническое решение, требует экспериментальной проверки и практической адаптации.

Работа выполнена в рамках Программы НИР НО «Архимед» по теме: Арh.№ ТЭР-R 642012-0009.000 «Исследование, разработка, модернизация и внедрение инновационных технологических процессов интенсифицирующих удаление твердых отложений и накипеобразований с теплопередающих поверхностей тепло-массообменного оборудования».

Список литературы

1. Банников В.В. Проблемы накипи и энергосбережение. [Электронный ресурс]. М., 2015. Режим доступа URL: <http://www.etch.ru/article.php?art=9>. (дата обращения 15.04.2015).
2. Беляев Н.М. Сопротивление материалов. М.: Гостехтеориздат, 1954. 856 с.
3. Богорош А.Т. Вопросы накипеобразования. Киев: Вища школа, 1990. 178 с.
4. Бубликов И.А., Шевейко А.Н., Шалимов В.Н. Влияние материала теплообменной поверхности на энергию адгезии отложений // Приоритетные направления развития энергетики на пороге XXI века и пути их решения: сб. науч. тр. ЮРГТУ (НТИ) по матер. Всерос. конф., 25-27 окт. 2000 г. Новочеркасск: ЮРГТУ (НТИ), 2000. С. 89-91.
5. Булатов М.А. Комплексная переработка многокомпонентных жидких систем. Теория и техника управления образованием осадков. М.: Мир, 2004. 304 с.
6. Бурштейн Л.С. Статическое и динамическое испытание горных пород. М.: Недра, 1970. 176 с.
7. Джонсон К. Механика контактного взаимодействия. М.: Мир, 1989. 305 с.
8. Зимняков А.М., Наумов Р.В. Анализ химических отложений теплового оборудования и способы их очистки // Известия Пенз. гос. пед. ун-та. 2010. № 17 (21). С. 104-108.
9. Присяжнюк В.А. Физико-химические основы предотвращения кристаллизации солей на теплообменных поверхностях // Сантехника, отопление, кондиционирование. 2003. № 10. С. 26-30.
10. Протопопов В.С., Меньшова В.Л., Макарова Л.В. Расчет количества отложений, образующихся на теплопередающей поверхности при конвективном теплообмене // Сб. науч. тр. Моск. энерг. ин-та. Вып. 166. М.: МЭИ, 1988. С. 51-56.
11. Рэт Д. Теория накипи или практика магнетизма // Мир новосела. 2002. № 1. С. 92-98.
12. Стонис С.Н., Бачаускене М.К., Ратинов В.Б. Механизм и кинетика дегидратации фосфогипса // Доклады Академии наук СССР. Химическая технология. 1981. Т. 259. С. 1165-1168.
13. Цымбалов А.А. Результаты улучшения способа обезжелезивания подземных вод // Современные технологии водоподготовки и защиты оборудования от коррозии и накипеобразования: сб. науч. тр. по матер. 6-й Междунар. науч.-практ. конф. М.: Новости теплоснабжения, 2015. С. 135-139.
14. Цымбалов А.А. Энергосбережение систем теплоснабжения как способ улучшения комфортной среды обитания человека // Создание эффективных средств механизации в строительных и дорожных отраслях: сб. науч. тр. по матер. Всерос. науч.-техн. конф. Саратов: СГТУ, 2011. С. 91-94.
15. Шептун В.М., Кравцова Н.С., Булатов М.А. Анализ результатов исследований способа борьбы с инкрустациями путем акустического воздействия на жидкий теплоноситель // Промышленная энергетика. 1983. Вып. 1. С. 48-50.
16. Rulyov N.N., Maes A., Korolyov V.J. Optimization of hydrodynamic treatment regime in the processes of sorption-flocculation water purification from organic components // Colloids and surfaces. A – physicochemical and engineering aspects. 2000. V. 175. № 3.P. 371-381.

УДК 628.112.2:643.01

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РЕГЕНЕРАЦИИ СКВАЖИН ПРИМЕНИТЕЛЬНО ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА И ЖКХ

А. А. Цымбалов

*Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
ООО Научная организация «Архимед» (г. Саратов)*

В работе предложен метод обработки водозаборных скважин. Он позволяет улучшить качество воды и снизить нагрузку на фильтрующую среду систем водоподготовки для водохозяйственного комплекса и химическую обработку котловой воды для систем теплоэнергетики. Метод апробирован на территории Саратовской области.

Ключевые слова: водозаборная скважина, водоподготовка, химическая обработка воды, котловая вода

ISSUES AND IMPLICATIONS OF THE SCALING OF RESOURCE-SAVING AND ENERGY-EFFICIENT TECHNOLOGY OF REGENERATION OF WELLS IN RELATION FOR CONSTRUCTION COMPLEX AND HOUSING AND COMMUNAL SERVICES

A. A. Tsymbalov

*Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia, Saratov,
LLC Scientific organization «Archimed» (Saratov)*

A method of processing wells. It helps to improve water quality and reduce the load on the filtering media of water filtration systems for the water industry and chemical treatment of boiler water systems of power. The method was tested on the territory of Saratov region.

Keywords: water wells, water treatment, chemical water treatment, boiler water

Уровень потребности в подземных водах в РФ для обеспечения урбанизированной инфраструктуры составляет от 60% до 90%. Для этих нужд используются водозаборные скважины, которые в период своей эксплуатации требуют технического обслуживания [1, 2, 4, 12]. Не проведение планово-предупредительных работ ведет к снижению проектного дебита и отражается на общем водопотреблении пользователей. Компенсация потерянной производительности решается в строительном комплексе бурением новой скважины. Это влечет рост дополнительных капитальных затрат и отражается на увеличении платы домовладельцев на содержание жилья [5]. Описанный подход наиболее распространенный в строительной практике и системе ЖКХ.

Эта проблема может решаться и другим способом, менее затратным в финансовом плане. Способ позволяет получать экономию в сохранении водных ресурсов и создавать условия в снижении энергетических затрат с применением водно-химического режима питательной воды для котлового оборудования котельных домов и систем водоподготовки при очистке воды для ХВС и ГВС домовладения.

Цель статьи: показать результаты выполненной работы по разработке новой технологии регенерации скважин и ознакомить с практикой ее применения руководителей энергетических отделов и ОГМ предприятий, служб ЖКХ для возможности снижения капитальных и эксплуатационных затрат в процессе водоподготовки котловой воды и воды для хозяйственно-бытовых и питьевых нужд.

Опыт ведения буровых работ, разработки и установки систем водоподготовки и очистки подземных вод заставил нас обратить внимание на одну особенность. Подбор оборудования для очистки воды ведется по химическому анализу взятых из скважины проб воды. Далее технологическими приемами исходная воды «вытягивается» до нормативных показателей согласно технического задания заказчика [3]. С течением времени (в процессе эксплуатации водоочистной станции (ВОС) или в гарантийный, постгарантийный срок) подобранная фильтрующая среда не справляется с исходной водой из скважины. Отмечаются проскоки отдельных химических элементов (железо, кальций, магний и др.) и увеличение их первоначальных концентраций. Такие изменения отражаются на качестве подготовки исходного продукта, т.е. воде. Она меняет вкусовые качества и органолептику.

Системный анализ таких объектов привел нас к скважине и ее водоносному горизонту как первоисточнику. Получив данные химического анализа водоносного горизонта сразу после вскрытия горизонта (паспорт скважины), мы наложили их на результаты эксплуатируемого подземного источника. Концен-

трации отдельных элементов (общее железо, жесткость, аммиак и др.) превосходили по отдельным выборкам первоначальные данные.

Было принято решение о регенерации стволовой части скважины и ее фильтровой части. Для этих целей использовали оборудование ВИГДОС-СИЦА[™] [6, 8], поместив его в стволовую часть скважины. За определенный промежуток времени данным устройством удалось восстановить органолептические параметры и снизить концентрацию химических элементов подземных вод эксплуатируемого горизонта [9]. А в отдельных случаях эксперименты показали уменьшение концентрации химических элементов уже после воздействия в течение двух месяцев [14].

Технология ВИГДОС-СИЦА[™] включает несколько методов [7, 10]. Их комбинация позволяет восстанавливать утраченный дебит водозаборных скважин и улучшать химический состав воды. Отработка технологических приемов отдельных операций методов и их синергетических эффектов проводилась на геологических комплексах Саратовской области [6]. Добытый осадок кольматационных отложений из водоносных горизонтов обрабатывался в лабораториях МГУ, РГУ, ВСЕГИНГЕО, СГТУ, СГУ, РОСДОРТЕХ [11, 13]. Обработанные скважины (2008-2015 гг.) по технологии ВИГДОС-СИЦА[™] имеют положительную динамику с коэффициентом успешности $k=0,98$.

Предлагаемый метод восстановления водозаборных скважин ВИГДОС-СИЦА[™] при обработке околоскважинного пространства позволяет расширить диапазон применения технологии водоподготовки и водоочистки [9] по следующим основаниям:

1. Снижение энергоемкости водоподготовки.

При проектировании ВОС в технических расчетах закладывается дополнительная технологическая мощность до 15% на увеличение ее производительности из-за возможного роста в течение (10-15) лет концентрации загрязняющих веществ в исходной воде, т.к. динамика подземных вод подвержена изменению в течение года. Мощность ВОС в связи с этим растет не прямо пропорционально и может составить рост до 25 %. Поэтому если такой дополнительный прирост не закладывать, то энергосбережение получается довольно ощутимым за год. Кроме того, сюда добавятся другие операции, которые не надо осуществлять:

- а) привод гидравлических агрегатов (привод насосов является причиной непроизводительных потерь электроэнергии – 43% [5]) заложенные при 15% росте проектной мощности;

- б) очистку дополнительного количества воды на промывку фильтрующей среды при регенерации;

- в) канализование этого объема воды и выполнение за него экологических платежей.

2. Снижение стоимости ВОС.

Это происходит по причине применения в системе водоочистки (согласно п. 1) ВОС меньшей производительности, стоимость которой ниже.

2. Снижение эксплуатационных затрат ВОС.

Они снижаются в связи с уменьшением количества концентрации загрязнений и уменьшение в обрабатываемой воде требуемой дозы коагулянта (фильтрующей среды) [9] после обработки ОСП методом ВИГДОС-СИЦА[™].

Выводы

1. Продолжить внедрение методом ВИГДОС-СИЦА[™] на геологических

комплексах Саратовской области.

2. Рекомендовать регионам РФ и СНГ практику восстановления водозаборных скважин применять метод ВИГДОС-СИЦА™ при использовании водоподготовки для водохозяйственного комплекса и водно-химического режима питьевой воды в теплоэнергетике.

Работа выполнена в рамках Программы НИР НО «Архимед» по теме Arh.№ ТЭР-R 642012-0001.000 «Исследование процессов кольтмации околоскважинной среды и разработка методов декольтмации водозаборных скважин».

Список литературы

1. Богданов Н.И., Третьяк А.Я., Павлунишин П.А. Эксплуатация и регенерация скважин на воду. Новочеркасск: Лик, 2008. 151 с.
2. Ивашечкин В.В., Шейко А.М., Кондратович А.Н. Регенерация скважин и напорных фильтров систем водоснабжения / под ред. В.В. Ивашечкина. Минск: БНТУ, 2008. 277 с.
3. Кичигин В.И. Моделирование процессов очистки. М.: АСТ, 2003. 230 с.
4. Положение о проведении планово-предупредительного ремонта сооружений общепроизводственного назначения. М.: Стройиздат, 1965. 32 с.
5. Храменко С.В. Природоохранные и ресурсосберегающие технологии в водной отрасли // Вестник РАВВ. 2010. № 3. С. 20-27.
6. Цымбалов А.А. Внедрение инновационной технологии по декольтмации водозаборных скважин для безнапорных и слабонапорных горизонтов на территории Саратовской области // Восьмой Саратовский салон изобретений, инноваций и инвестиций. Саратов: Сарат. гос. агр. ун-т, 2013. С. 370-372.
7. Цымбалов А.А. Восстановление дебита скважин хозяйственно-питьевого назначения // Создание эффективных средств механизации в строительных и дорожных отраслях: сб. науч. тр. Саратов: СГТУ, 2011. С. 85-91.
8. Цымбалов А.А. Исследование процессов декольтмации водозаборных скважин. [Электронный ресурс]. М., 2014. Режим доступа URL: <http://www.doktorsc.ru/index.php/issledovanie-protsesov>.
9. Цымбалов А.А. Новые возможности метода очистки водозаборных скважин с импульсной активизацией призабойной зоны // Озон и другие экологически чистые окислители. Наука и технологии: сб. науч. тр. химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова по материалам 33-го Всероссийского семинара, 25 июня 2014 г. М.: Макспресс, 2015. С. 112-122.
10. Цымбалов А. А.О прочностных особенностях кольтманта водозаборных скважин и деструктивных методах воздействия // Водоснабжение, водоотведение, экологическая безопасность строительства и городского хозяйства: сб. науч. тр. / НПО ВОДГЕО. Вып. 17. М: Изд-во ДАР/ВОДГЕО, 2015. С. 110-112.
11. Цымбалов А.А. Результаты исследований структуры кольтмационных отложений в водозаборных скважинах // Геологические науки – 2014: сб. науч. тр. Сарат. гос. ун-та и Нижне-Волж. НИИ геол. и геофиз. Саратов: Изд-во СО Евро-азиат. геофизич. об-ва, 2014. С. 79-81.
12. Цымбалов А.А. Условия профилактики кольтмации и пролонгирования жизненного цикла водозаборных скважин // Геологические науки – 2014: сб. науч. тр. Сарат. гос. ун-та и Нижне-Волж. НИИ геол. и геофиз. Саратов: Изд-во СО Евро-азиат. геофизич. об-ва, 2014. С. 82-84.
13. Цымбалов А.А. Физические процессы, формирующие напряженно-деформированное состояние и кольтмацию водопроницаемого грунта околоскважинной среды // Механика грунтов в геотехнике и фундаментостроении: сб. науч. тр. по материалам Междунар. науч.-техн. конф., 13-15 мая 2015 г. / Юж.-Рос. гос. политехн. ун-т, Новочеркас. политехн. ин-т. Новочеркасск: Изд-во ЮРГПУ(НПИ), 2015. С. 133-136.
14. Цымбалов А.А. Экспериментальные исследования по улучшению санитарно-гигиенических показателей артезианских вод с применением инновационного оборудования // Окружающая среда и здоровье: сб. науч. тр. Саратов: СГМУ, 2012. С. 238-240.

ПРОРЫВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПО ДЕКОЛЬМАТАЦИИ ОКОЛОСКВАЖИННОЙ СРЕДЫ И ЗАДАЧИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

А. А. Цымбалов

*Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
ООО Научная организация «Архимед», Саратов*

Дано описание новых технологий по декольматации водозаборных скважин, создающих активизацию на гидрогеофизические параметры пласта. Технология декольматации позволяет создать бессрочный срок эксплуатации системы.

Ключевые слова: скважина, искусственная зона грунта, технология декольматации, импульсное воздействие, кольматант

BREAKTHROUGH TECHNOLOGY FOR DECOLMATATION INFLOW PATHS FROM THE BOREHOLE ENVIRONMENT AND TASKS OF RESEARCH STUDIES

A. A. Tsymbalov

*Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia, Saratov,
LLC Scientific organization «Archimed» (Saratov)*

The description of new technologies to decontaminate inflow paths from wells that create activation to hydrogeo-physical parameters of the reservoir. Technology decontaminate inflow paths from allows you to create indefinite period of operation of the system.

Keywords: well, artificial zone of the soil, the technology decontaminate inflow paths from, impulsive action, colmatant

С началом нового тысячелетия возрос интерес к методам управления предотвращения и прогнозирования осадкообразования на неизотермических и изотермических поверхностях. В этом поиске задействованы научные лаборатории во всех развитых странах. Решение этой проблемы позволит сделать качественный рывок в улучшении производственных процессов с наращиванием ВВП стран мирового сообщества и эволюционный виток в развитии научно-технического прогресса.

Оценка отечественных и зарубежных специалистов [1] по критерию активизации методов воздействия на гидрогеофизические параметры эксплуатационного пласта свидетельствуют о потенциальных возможностях и перспективного развития импульсных технологий. Предлагаемые автором технологии импульсного воздействия на искусственную зону грунта (ИЗГ) водозаборных скважин (ИБ-1, ИБ-2, ИБ-3) [5] с применением их в народном хозяйстве РФ направлены на разрушение кольматанта при минимальной энергоёмкости процесса. Указанные технологии после разрушения кольматанта в ИЗГ создают условия в околоскважинной среде, направленные на исключение образования кольматационных очагов в длительной перспективе [3, 4, 7]. При проведении профилактических работ [4, 6] на водозаборных сооружениях образование кольматанта гидротехнической системы (скважины) можно свести до границ минимального уровня, значениями которых можно при эксплуатации пренебречь. Например, значение кольматации скважины составит (1-2)%. Для сравнения при (20-25)% падения дебита рекомендовано проведение ТО скважины (Цымбалов А.А., 2013) [2].

Для совершенствования технологических приемов импульсных технологий требуется решить следующие задачи:

1. Определить условия образования очага осадкообразования и фронт его направления.

2. Изучить состав и структуру коьматанта.

3. Определить прочностные характеристики и физико-механические свойства коьматанта при разрушении с типизацией эксплуатационных пластов.

При решении поставленных задач можно будет эксплуатировать водозабор из подземных источников (скважина) по времени больше регламентированного нормативного срока (25 лет) практически в режиме полной декольматации. Это исключает затраты на удаление коьматанта и строительство новой (-ых) скважины через 25 лет после окончания срока амортизации сооружения, до которого дотягивают 40% от общего фонда возведенных скважин.

Предлагаемая технология направлена на создание инженерных систем с самостоятельным выбором эксплуатационного срока, определяемая человеком или внешним интеллектуальным источником. Исключение коьматации в скважинах позволит иметь требуемую производительность практически бесконечно долго или бессрочно (бессрочный срок эксплуатации системы – БСЭС или системы непрерывного цикла – СНЦ).

Выводы:

1. Технологии, разработанные в научной организации «Архимед», относятся к категории высоких технологий и считаются прорывными в своей отрасли.

2. Внедрение новых технологий по декольматации водозаборных скважин с системами непрерывного цикла является одним из витков научно-технического прогресса.

Работа выполнена в рамках Программы НИР НО «Архимед» по теме Arh.№ ТЭР-R 642012-0001.000 «Исследование процессов коьматации околоскважинной среды и разработка методов декольматации водозаборных скважин».

Список литературы

1. Техногеофизика – новые технологии извлечения минерально-сырьевых ресурсов в XXI веке: сб. науч. тр. по материалам 1-й Всерос. конф. / Ухтин. гос. техн. ун-т. Ухта: УГТУ, 2002. 135 с.

2. Цымбалов А.А. Внедрение инновационной технологии по декольматации водозаборных скважин для безнапорных и слабонапорных горизонтов на территории Саратовской области // Восьмой Саратовский салон изобретений, инноваций и инвестиций, 19-20 сентября 2013 г. Саратов: Сарат. гос. агр. ун-т, 2013. С. 370-372.

3. Цымбалов А.А. Моделирование закольматированных водопропускных грунтовых сред: особенности и условия развития // Приложение математики в экономических и технических исследованиях: сб. науч. тр. Магнитогор. гос. техн. ун-та по материалам Междунар. заоч. науч.-практ. конф. 15 мая 2015 г. Магнитогорск: Изд-во МГТУ, 2015. С. 133-138.

4. Цымбалов А. А.О прочностных особенностях коьматанта водозаборных скважин и деструктивных методах воздействия // Водоснабжение, водоотведение, экологическая безопасность строительства и городского хозяйства: сб. науч. тр. / НПО ВОДГЕО. Вып. 17. М: Изд-во ДАР/ВОДГЕО, 2015. С. 110-112.

5. Цымбалов А.А. Новые возможности метода очистки водозаборных скважин с импульсной активизацией призабойной зоны // Озон и другие экологически чистые окислители. Наука и технологии: сб. науч. тр. / Хим. факультет МГУ им. М.В. Ломоносова. М.: Макспресс, 2015. С. 112-122.

6. Цымбалов А.А. Условия профилактики коьматации и пролонгирования жизненного цикла водозаборных скважин // Геологические науки – 2014: сб. науч. тр. / Сарат. гос. ун-т; Нижне-Волжск. НИИ геол. и геофиз. Саратов: Изд-во СО Евро-Азиат. геофиз. об-ва, 2014. С. 82-84.

7. Цымбалов А.А. Физические процессы, формирующие напряженно-деформированное состояние и коьматацию водопроницаемого грунта околоскважинной среды // Механика грунтов в геотехнике и фундаментостроении: сб. науч. тр. по материалам Междунар. науч.-техн. конф., 13-15 мая 2015 г. / Юж.-Рос. гос. политехн. ун-т, Новочеркас. политехн. ин-т. Новочеркасск: Изд-во ЮРГПУ(НПИ), 2015. С. 133-136.

ИСКУССТВЕННАЯ ЗОНА ГРУНТА ОКОЛОСКВАЖИННОГО ПРОСТРАНСТВА

А. А. Цымбалов

*Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
ООО Научная организация «Архимед» (г. Саратов)*

Рассмотрено околоскважинное пространство вертикальной скважины в виде выработки грунта, где автор выделяет участок, в котором формируется определенное напряженно-деформированное состояние названное искусственной зоной грунта. Описаны процессы, приводящие к созданию условий генезиса коьматационных процессов.

Ключевые слова: скважина, искусственная зона грунта, коьматация, напряженно-деформированное состояние

ARTIFICIAL GROUND AREA BOREHOLE ENVIRONMENT

A. A. Tsymbalov

*Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia, Saratov,
LLC Scientific organization «Archimed» (Saratov)*

In operation the near wellbore of the vertical well in the form of elaboration of the soil, where the author distinguishes the site, which is formed by a certain stress-strain state of the named artificial ground area. The described processes leading to the creation of conditions of genesis colmatation processes.

Keywords: groundwater, artificial ground area, mudding, stress-strain state

Современные требования к развитию ВВП в РФ ставят задачи по увеличению добычи воды из подземных источников для обеспечения роста экономического развития страны. Практика эксплуатации скважин не позволяет использовать их продуктивно в течение срока амортизации (25 лет) из-за коьматационных процессов в околоскважинном пространстве (ОСП). Отсутствие необходимых знаний об изменении физических свойств в водоносном горизонте и напряженных процессах в ОСП сдерживает темпы развития российской промышленности и создает помехи в практической работе водохозяйственного комплекса. Стало очевидным, что необходимо получить детальные сведения о физических процессах ОСП, динамике взаимодействия его с другими зонами и последствия этого взаимодействия в процессе фильтрации воды.

Водозаборная скважина представляет собой вертикальную выработку грунта выполненную бурением поверхности земной коры (рис. 1). Средняя глубина скважин на воду составляет до 100 м. Глубина отдельных скважин может достигать 300 м и более (максимум до 1500 м) [1]. Строительство водозаборной скважины предусматривает технологические операции по ее возведению, а в период эксплуатации – цикл операций по техническому обслуживанию от коьматации [4, 11].

Цель статьи – дать характеристику искусственной зоны грунта, показав состав, условия формирования и ее физическое состояние в околоскважинном пространстве для установления механизма разрушения коьматационного осадка при дальнейшем моделировании и ведении экспериментов.

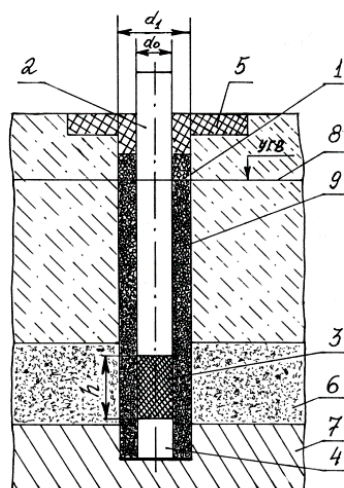


Рис. 1. Схема скважины на воду:

1 – скважина, 2 – обсадная труба, 3 – фильтр, 4 – отстойник, 5 – железобетонная плита, 6 – эксплуатационный пласт (водоносный горизонт), 7 – водоупорный пласт, 8 – уровень грунтовых вод (УГВ), 9 – обсыпка за колонного пространства, d_1 – наружный диаметр скважины, d_2 – наружный диаметр обсыпки, h – высота фильтрационно-емкостной зоны околоскважинного пространства искусственной зоны грунта [Цымбалов А.А., 2015]

После проведения буровых работ и окончания строительства водозаборной скважины вокруг ствола обсадной трубы образуется пространство. Оно состоит из нескольких зон. Каждая зона имеет свое функциональное назначение в гидрогеологическом режиме. Данную оконтуренную область определим как ОСП (рис. 2, 3).

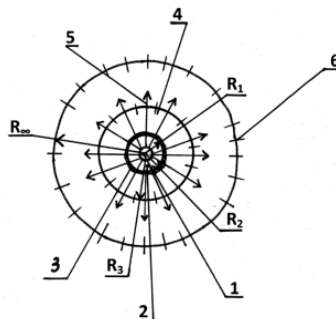


Рис. 2. Схема воздействия импульсных возмущений на околоскважинное пространство в оконтуренных границах продуктивного пласта:

1 – источник импульсных воздействий, 2 – скважина, 3 – кольматационные отложения, 4 – околоскважинное пространство, 5 – направление фронта импульсных возмущений (упругая волна), 6 – движение флюида в продуктивном пласте; R_1 – радиус скважины, R_2 – радиус зоны кольматационных отложений, R_3 – радиус зоны околоскважинного пространства, R_∞ – радиус зоны оконтуренных границ продуктивного пласта [Цымбалов А.А., 2014]

Физические свойства ОСП определяются свойствами водоносного горизонта и всей пластовой гидрогеологической системой в оконтуренной зоне, а также технологическими операциями по вскрытию эксплуатационного пласта. В процессе бурения скважины в продуктивный пласт попадает промывочная жидкость (ПЖ), в состав которой входят глины, полидисперсные коллоиды, частицы грунта из призабойной зоны.

Эта многокомпонентная и многофазная жидкость нарушает равновесное состояние пластовой системы и изменяет физические свойства ОСП. В ходе буровых работ фильтрат ПЖ попадает из зоны проникновения 4 в пласт 5 (рис. 3). Выполнить на 100% очистку пласта от ПЖ не удастся, так как она полностью не удаляется даже из стеклянного цилиндрического сосуда (Булатов А.И., 1990) [2]. Глубина проникновения частиц ПЖ в пласт достигает до 50 см, а отдельные частицы в зависимости от давления ПЖ и поровой структуры вскрытого пласта могут находиться в интервале (3-5) метров от скважины [5, 6, 12].

После установки в скважине обсадных труб в прифилтровой зоне 1 (рис. 3) производится обсыпка заколонного пространства гранитной крошкой мелкой фракции с гидравлической трамбовкой. Так как установка фильтра производится в водоносном горизонте, включающем песок разной фракции, обсыпка фильтрационной колонны формирует искусственно созданную фильтрационную среду в виде песчано-гравийной смеси, увеличивающей приток воды к скважине. Эту зону из ОСП автор выделяет отдельно в виде искусственной зоны грунта (ИЗГ) (поз. 2 на рис. 3). Под термином ИЗГ в данной работе будем понимать определенную локальную зону околоскважинного пространства сформированную вокруг вертикальной скважины и наполненную природным или искусственным материалом для улучшения фильтрационных свойств эксплуатационного пласта (Цымбалов А.А., 2015) [9].

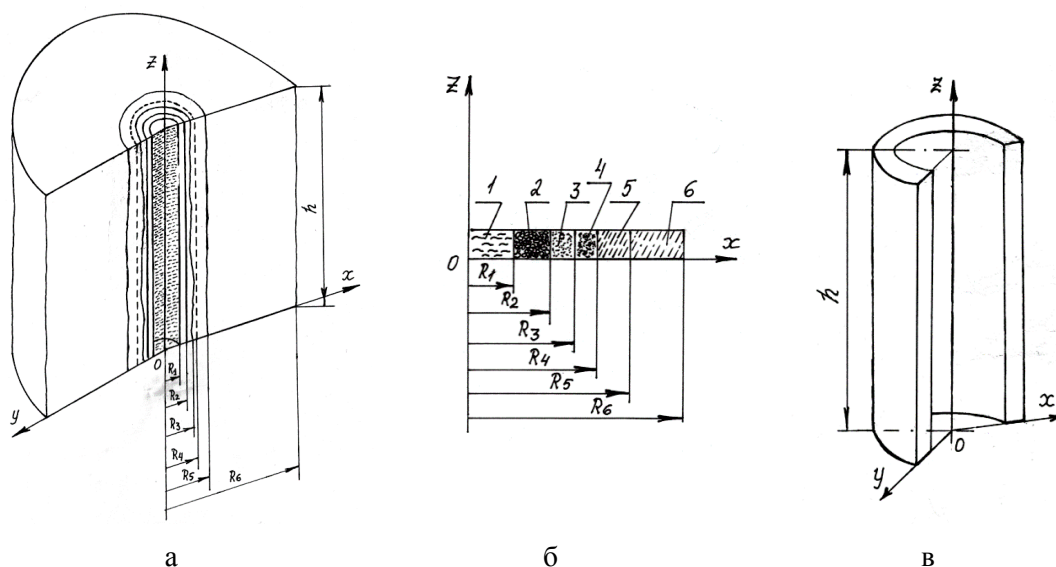


Рис. 3. Фрагмент околоскважинного пространства:

а – разрез околоскважинного пространства в нетронутом массиве, б – границы сформированных зон околоскважинного пространства водозаборной скважины после окончания строительства, в – искусственная зона грунта в объеме:

1 – прифилтровая зона скважины, 2 – искусственная зона грунта, 3 – рабочая (промытая) зона промывочной жидкости, 4 – зона проникновения (фильтрата) промывочной жидкости, 5 – фильтрационно-емкостная среда подземного пласта, 6 – зона контура питания скважины, R_1 – радиус прифилтровой зоны скважины, R_2 – радиус искусственной зоны грунта, R_3 – радиус зоны промывочной жидкости, R_4 – радиус зоны проникновения промывочной жидкости, R_5 – радиус фильтрационно-емкостной среды подземного пласта, R_6 – радиус околоскважинного пространства, h – высота искусственной зоны грунта [Цымбалов А.А., 2015]

Напряженно-деформированное состояние (НДС), идущее от нетронутого массива грунта в сторону нейтральной оси скважины, в ИЗГ носит дискретный характер. Поэтому в течение определенного отрезка времени НДС может выравниваться и стабилизироваться. Этот период зависит от: а) состояния деформирования нетронутого массива, его минералогических свойств; б) физико-механических характеристик обсыпки, формирующей ИЗГ; в) положения формы поверхности ИЗГ, которая может изменяться от концентрической до эллипсовидной.

Цикличность таких состояний вызывает перераспределение напряжений в нетронутом контуре грунта, уменьшая его в контактной зоне с ИЗГ, тем самым формируя каждый раз новое НДС в ИЗГ. Искусственная зона грунта по степени напряженности в сравнении с нетрнутым массивом всегда является ослабленной зоной грунта. Поэтому вновь формируемое НДС отличается от НДС ненарушенного слоя.

Образование в кольцевом пространстве скважины ИЗГ окруженной песчаной и гравийной обсыпкой с учетом теории механики грунтов обеспечивает быстрое дренирование воды в данной песчано-гравийной среде [10]. Эта часть ОСП образует фильтрационно-коллекторную зону эксплуатационного пласта, характеризующего фильтрационно-емкостные свойства флюида (вода). Укладка обсыпки в ИЗГ технологически обусловлена только давлением вызванным циркуляцией воды по контуру заколонного пространства всего ствола скважины. Частицы обсыпки, укладываясь друг на друга в ИЗГ, уплотняются, испытывая гидростатическое давление и давление от собственного веса и вышележащих слоев грунта. В искусственной зоне грунта сформированы новые структурные связи при незаконченном процессе консолидации. Поэтому ИЗГ будет относиться к недоуплотненным грунтам. Данные грунты при воздействии на них внешних напряжений становятся структурно неустойчивыми, изменяя структурные связи и НДС среды.

С установкой обсадных труб и созданием ИЗГ в стволе скважины околоскважинное пространство пластовой системы стремится к возврату в первоначальное состояние. Из-за характерных изменений и отдельных фазовых переходов геологических слоев и компонентов ОСП полного восстановления напряженного состояния и гидродинамических свойств в грунтовом массиве произойти не может. К примеру, после формирования ИЗГ «граница» между промысловой зоной 3 и зоной проникновения фильтрата 4 «стерта» (рис. 3). При эксплуатации горизонта водозаборным устройством (ВЗУ) на границе этих вновь объединенных зон образуется новая зона. Из нее в ИЗГ при включении ВЗУ и активизации фильтрационного потока пласта поступают дисперсные частицы. А они являются исходным материалом для генезиса кольматации.

Особую роль в создании генезиса кольматационного осадка в порах среды ИЗГ занимает: а) процесс цементации элементов в поровом канале, б) количество проникших глинистых включений (от коллоидного состава до твердых частиц). С течением времени в песчано-гравийной структуре ИЗГ от физико-химических, гидрогеологических, производственно-технических, эксплуатационных и прочих воздействий формируются условия для роста кольматационных процессов [7, 8]. В искусственной зоне грунта, в зависимости от гидравлических изменений пласта ОСП в течение всего жизненного цикла скважины, происходят

необратимые процессы (деформируемость межзернового пространства, консолидация, физико-химические и топохимические реакции жидкости в порах среды и др.), приводящие к изменению физических свойств этой зоны.

Сложность локальных процессов в околоскважинном пространстве и ИЗГ, их взаимодействие друг на друга требуют установления механизма данного воздействия и выявления закономерностей изменения физических свойств ИЗГ и пласта. Добиться результатов в данном вопросе можно экспериментальной работой [3] на основе физического моделирования водопроницаемого грунта в лабораторных условиях с учетом системного подхода.

Выводы:

1. Искусственная зона грунта является составной частью околоскважинного пространства водозаборной скважины.

2. Изменение физических свойств в искусственной зоне грунта происходит в течение всего жизненного цикла скважины и зависит от гидравлических нарушений эксплуатационного пласта и влияния физических процессов в ненарушенном массиве грунта.

Работа выполнена в рамках Программы НИР НО «Архимед» Arh.№ ТЭР-R 642012-0001.000 «Исследование процессов кольтмации околоскважинной среды и разработка методов декольтмации водозаборных скважин».

Список литературы

1. Белицкий А.С., Дубровский В.В. Проектирование разведочно-эксплуатационных скважин для водоснабжения. М.: Недра, 1964. 232 с.
2. Булатов А.И. Формирование и работа цементного камня в скважине. М.: Недра, 1990. 411 с.
3. Техника экспериментального определения напряжений в осадочных породах / М.В. Курленя, В.К. Аксенов, А.В. Леонтьев, М.Б. Устюгов. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1975. 147 с.
4. Цымбалов А.А. Восстановление дебита скважин хозяйственно-питьевого назначения // Создание эффективных средств механизации в строительных и дорожных отраслях: сб. науч. тр. Саратов: СГТУ, 2011. С. 85-91.
5. Цымбалов А.А. Научные подходы, экспериментальные и практические результаты механизма виброволнового воздействия на декольтмацию скважин в зависимости от формализации реальных сред // Создание эффективных средств механизации в строительных и дорожных отраслях: сб. науч. тр. Саратов: СГТУ, 2013. С. 66-76.
6. Цымбалов А.А. Новые возможности метода очистки водозаборных скважин с импульсной активизацией призабойной зоны // Озон и другие экологически чистые окислители. Наука и технологии: сб. науч. тр. / Хим. факультет МГУ им. М.В. Ломоносова. М.: Макспресс, 2015. С. 112-122.
7. Цымбалов А.А. Обоснование декольтмации скважин хозяйственно-питьевого назначения: особенности, проблемы и перспективы // Современные технологии в охране труда и здоровья населения: сб. науч. тр. / Сарат. НИИСГ Роспотребнадзора. Саратов: Изд. центр «Наука», 2013. С. 190-194.
8. Цымбалов А.А. Результаты исследований структуры кольтмационных отложений в водозаборных скважинах // Геологические науки – 2014: сб. науч. тр. / Сарат. гос. ун-т, Нижне-Волжск. НИИ геол. и геофиз. Саратов: Изд-во СО Евро-азиат. геофиз. об-ва, 2014. С. 79-81.
9. Цымбалов А.А. Решение геотехнической задачи разрушения кольтманта с учетом напряженно-деформированного состояния искусственной зоны грунта вокруг скважины в нетронutom массиве // Механика грунтов в геотехнике и фундаментостроении: сб. науч. тр. / Юж.-Рос. гос. политехн. ун-т, Новочеркас. политехн. ин-т. Новочеркасск: Изд-во ЮРГПУ (НПИ), 2015. С. 124-132.

10. Цымбалов А.А. Технология декольматации фильтрационных поверхностей водозаборных скважин // Создание эффективных средств механизации в строительных и дорожных отраслях: сб. науч. тр. Саратов: СГТУ, 2011. С. 65-69.

11. Цымбалов А.А. Условия профилактики кольматации и пролонгирования жизненного цикла водозаборных скважин // Геологические науки – 2014: сб. науч. тр. / Саратов. гос. ун-т; Нижне-Волжск. НИИ геол. и геофиз. Саратов: Изд-во СО Евро-Азиат. геофиз. об-ва, 2014. С. 82-84.

12. Abrams A. Mud Design To minimize Rock Impairment Due To Particle Invasion // J.P.T. Vol. 29. № 5. 1977. P. 586-592.

РАЗВИТИЕ ИНЖЕНЕРНЫХ МЕТОДОВ РАСЧЕТА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ, ТЕХНОЛОГИЙ И ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

УДК 624.131.53:69.04

ЭФФЕКТИВНЫЕ ГЕОТЕХНОЛОГИИ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ БЕРЕГОВЫХ СКЛОНОВ САРАТОВСКОГО ПОВОЛЖЬЯ

В. И. Редков*, А. С. Кузнецов*

** Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Россия, Саратов*

Рассматриваются эффективные геотехнические решения и технологии на основе габионов для повышения устойчивости береговых склонов в условиях Саратовского Поволжья.

Ключевые слова: устойчивость, оползневая зона, поверхность сдвига, берегоукрепление, габионы

EFFECTIVE GEOTECHNOLOGY IMPROVE THE STABILITY OF THE COASTAL SLOPES OF THE SARATOV VOLGA REGION

V.I. Redkov*, A.C. Kuznetsov*

** Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia, Saratov*

Examined effective geotechnical solutions and technologies on the basis of gabions to enhance the stability of coastal slopes in the engineering-geological conditions of the Saratov Volga region.

Keywords: stability, landslide area, shear surface, coast stabilization, gabion

Проблемы устойчивости и инженерной защиты урбанизированных территорий с активными оползневыми процессами являются актуальными для Поволжского региона. По заказу Главного управления природных ресурсов и охраны окружающей среды МПР России по Саратовской области с 2001 г. в ряде районов Саратовской области проводятся работы по повышению устойчивости береговых склонов, основанные на использовании эффективных геотехнологий и конструкций, получивших распространение в мировой строительной практике [3, 4].

При разработке ТЭО берегоукрепления реки Волги в Вольском районе Саратовской области (с. Широкий Буерак) принимали участие специалисты Саратовского государственного технического университета [1]. На данном участке имеется несколько крупных оползневых разновозрастных тел и осложняющие их более мелкие оползни, в том числе оползни – потоки. Всего на участке зафиксировано 38 оползневых тел [2]. В опасную зону переработки береговых склонов попадают сельскохозяйственные угодья, жилой фонд, производственные здания, сельское кладбище.

Геотехническая ситуация резко изменилась после создания Волжских водохранилищ, что привело к значительному повышению уровня подземных вод и существенному изменению гидродинамической обстановки в подземной гидро-

сфере прибрежной полосы. Началась интенсивная переработка берегов водохранилища, скорость которой на правобережье составляет от десятков сантиметров до нескольких метров в год.

Существующий режим работы водохранилища не позволяет стабилизироваться гидрологическому режиму подземных вод. Периодические повышения горизонта подземных вод вызывают изменения сжимающих напряжений от собственного веса грунта, который уменьшается в результате взвешивающего действия подземных вод. Повышение уровня подземных вод приводит к существенному снижению несущей способности и повышению сжимаемости грунтовых оснований зданий и инженерных сооружений вследствие уменьшения показателей прочностных и деформационных свойств грунтов.

Способы повышения устойчивости береговых склонов при проектировании определяются на основе анализа особенностей задачи устойчивости массивов грунта, являющейся частной задачей общей теории предельного напряженного состояния грунтов. Для ее решения разработана программа, позволяющая выполнять моделирование геотехнических ситуаций при оценке устойчивости склонов по круглоцилиндрическим, плоским и ломаным поверхностям сдвига [1].

Расчетами установлено, что коэффициенты устойчивости различных участков склона в районе села Широкий Буерак для наиболее опасных поверхностей сдвига находятся в пределах 1,0008-2,41 [1]. Для склонов сложенных грунтами естественной структуры устойчивость обеспечивается.

При водонасыщении показатели прочностных свойств грунтов ИГЭ-1 – ИГЭ-3, особенно на контакте с водоупорными глинистыми грунтами значительно снижаются. При этом коэффициенты устойчивости склона снижаются до 0,804-1,06 и отдельные участки склона становятся неустойчивыми [1].

Поверхность сдвига распространяется в глубину прибрежной территории на расстояние до 50 метров. При коэффициенте устойчивости 1,24 участок оползневого массива от бровки срыва до точки выхода поверхности сдвига на поверхность склона составляет более 100 метров. В условиях водонасыщения суглинков ИГЭ-3 существует потенциальная возможность потери устойчивости в форме сдвига по кровле глин (коэффициент устойчивости равен 1,151).

В 2002-2004 гг. в соответствии в Вольском районе Саратовской области в районе с. Широкий Буерак выполнен значительный объем работ по инженерной защите береговой полосы Саратовского водохранилища длиной 565 м с использованием геотехнологий компании Маккаферри (коробчатых габионов) [3, 4]. Коробчатые габионы – это конструкции заводского изготовления из металлической сетки двойного кручения с шестиугольными ячейками (рис. 1). Проволока для сеток имеет плотное цинковое гальванопокрытие или ПВХ-покрытие (для использования в особо коррозионной среде). При монтаже габионы связываются между собой и заполняются камнем.

Противооползневые сооружения из габионов являются более экономичными, чем жесткие или полужесткие сооружения из сборных или монолитных железобетонных конструкций, так как имеют простое конструктивное решение, требуют меньше затрат на возведение и эксплуатацию, а также позволяют использовать доступные каменные материалы. Для их возведения требуется минимальный объем работ по подготовке основания, исключается необходимость устройства дренажных систем.

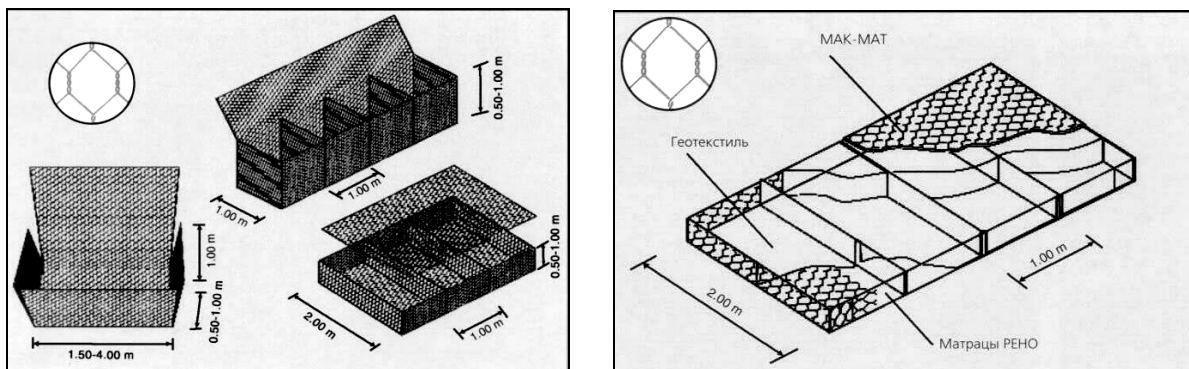


Рис. 1

На участке «Северный» длиной 120 м выполнены противооползневые мероприятия в сочетании с берегоукреплением (вертикальное крепление откосов коробчатыми габионами на основании из матрасов «Рено») (рис. 3, 4) [5]. Массив обратной засыпки армирован металлическими сетками (система «Террамеш»). Высота армогрунтовой конструкции составила около 8 м, длина зоны армирования – 5 м. Выполнено террасирование склона с устройством нагорного канала глубиной 1 м, облицованного матрасами «Рено» по слою геотекстиля и защитные лесонасаждения. Для заполнения габионов использовался каменный материал из карьера Иргизский.

Основные объемы работ по данному объекту берегоукрепления составили [3]: выемка грунта – 15,5 тыс. м³; террасирование – 2,52 тыс. м³; обратная засыпка грунта – 30,7 тыс. м³; укладка геотекстиля – 14,416 тыс. м²; устройство габионов, матрасов «Рено» и металлических сеток системы «Террамеш» – 109,28 т; укладка камня в габионы и матрасы «Рено» – 7,357 тыс. м³; укладка щебня – 7,028 тыс. м³.

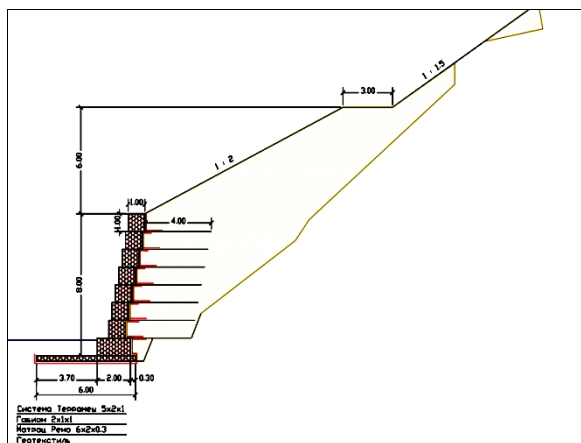


Рис. 3



Рис. 4

В 2007 г. был реализован проект берегоукрепления участков № 1 и 2 на левом берегу Саратовского водохранилища в районе д. Вечный Хутор общей протяженностью 2,4 км [3]. В качестве основного вида крепления берегового откоса выполнено крепление из габионов на отсыпке из уплотненного песчаного грунта (участок № 1) и крепление откоса каменной наброской с устройством строительной бермы (участок № 2). Объемы работ по участку № 1 берегоукрепления составили: общая выемка грунта – 28,08 тыс. м³; террасирование – 2,52 тыс. м³; обратная засыпка грунта – 19 тыс. м³; укладка геотекстиля – 22,262 тыс.

м²; устройство габионов «Джамбо», матрацев «Рено» и коробчатых габионов – 119,41 т; укладка камня в габионы и матрацы «Рено» – 11,237 тыс. м³; укладка щебня – 1,46 тыс. м³.

В 2010 г. в районе поселка Алексеевка Хвалынского района Саратовской области было произведено укрепление берега на протяжении 2,465 км с применением каменной наброски на участке длине 1823 м и габионами с упором из каменного банкета на участке длине 642 м. Использовались местные строительные материалы из карьера «Ивантеевский», «Березовский», «Новосельский» [4].

Список литературы

1. Иноземцев В.К., Редков В.И. Математическая модель деформирования геомассивов применительно к деформационным процессам в основаниях сооружений. Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2005, 412 с.
2. Карта современных экзогенных геологических процессов Нижнего и Среднего Поволжья / под ред. В.Н. Зайонца. М.: ВГФ, 1984.
3. Малаханова Т.Б., Семенов М.К., Иншаков А.М. Организация берегоукрепительных работ с применением габионных конструкций // Гидротехническое строительство. 2004. № 10.
4. http://www.maccaferri.ru/upload/1215697806_file.pdf
5. http://www.maccaferri.ru/main/projects/projects_history/sarat_vodohranilishe

УДК 624.04:539.3

РАСЧЕТ ЗАМКНУТОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ НА СОСРЕДОТОЧЕННУЮ РАДИАЛЬНУЮ НАГРУЗКУ

К. Ф. Шагивалеев*, Е. К. Сурнина*, С. В. Васильцов*

** Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Россия, Саратов*

Рассмотрена замкнутая цилиндрическая оболочка, нагруженная сосредоточенной радиальной силой. Исследовано изменение радиального перемещения в точках на образующих $\beta = 0$ и $\beta = \pi$ в зависимости от места приложения внешней нагрузки и геометрических параметров оболочки.

Ключевые слова: оболочка, тригонометрический ряд, радиальное перемещение, радиальная нагрузка.

CALCULATION OF THE CLOSED CYLINDRICAL COVER ON THE CONCENTRATED RADIAL LOADING

K. F. Shagivaleev*, E. K. Surnina*, S. V. Vasiltssov*

** Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia, Saratov*

The closed cylindrical cover loaded with the concentrated radial force is considered. Change of radial movement in points on forming $\beta = 0$ and $\beta = \pi$ depending on a place of application of external loading and geometrical parameters of a cover is investigated.

Keywords: cover, trigonometrical row, radial movement, radial loading.

Рассмотрена замкнутая цилиндрическая оболочка, имеющая шарнирные закрепления по концам и нагруженная сосредоточенной радиальной силой F (рис. 1).

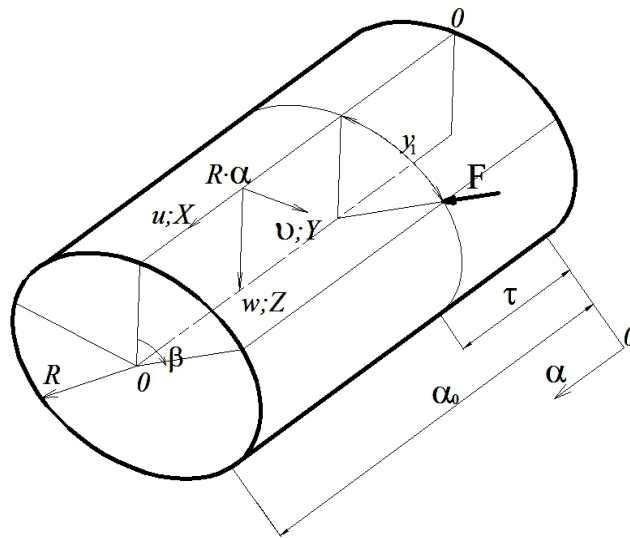


Рис. 1

Разложим сосредоточенную нагрузку F в тригонометрический ряд по переменной β :

$$\frac{F}{2\pi R} + \frac{F}{\pi R} \sum_{n=1}^{\infty} \cos n(\beta - e_1), \quad (1)$$

где $e_1 = \frac{y_1}{R}$.

Радиальные перемещения в оболочке определялись по формулам, приведенным в [1].

В качестве первого примера произведен расчет замкнутой цилиндрической оболочки со следующими геометрическими параметрами: длина оболочки $L=30$ м, радиус $R=3$ м, $\alpha_0=L/R=10$, толщина стенки $h=0,16$ м, коэффициент Пуассона $\nu=0,2$. Оболочка нагружена сосредоточенной радиальной нагрузкой F , расположенной на расстоянии τ .

Сначала была рассмотрена оболочка при действии сосредоточенной нагрузки F , приложенной в середине длины оболочки: $e_1 = \frac{y_1}{R} = 0$; $\tau = \frac{\alpha_0}{2}$.

На рис. 2 приведен график изменения величины радиального перемещения W в точке приложения сосредоточенной силы F в зависимости от количества членов ряда n .

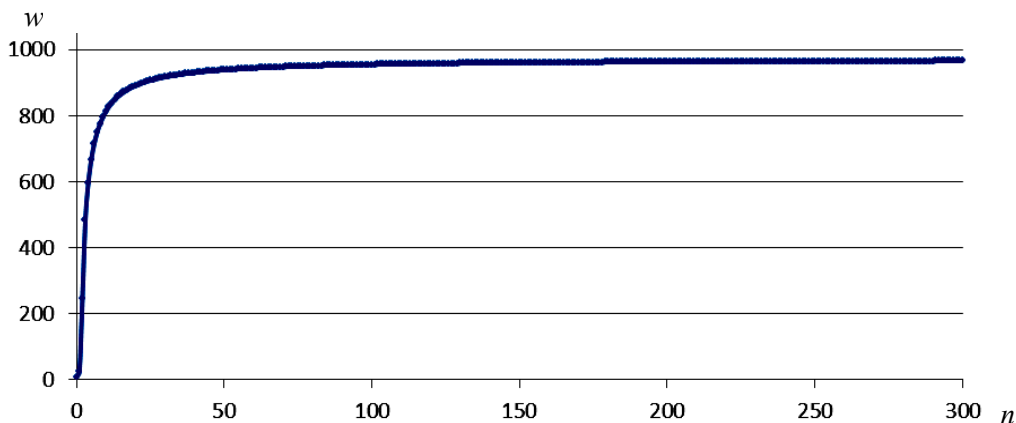


Рис. 2

На рис. 3 приведен график изменения величины радиального перемещения W в точке $\left(\alpha = \frac{\alpha_0}{2}; \beta = \pi\right)$ в зависимости от количества членов ряда n .

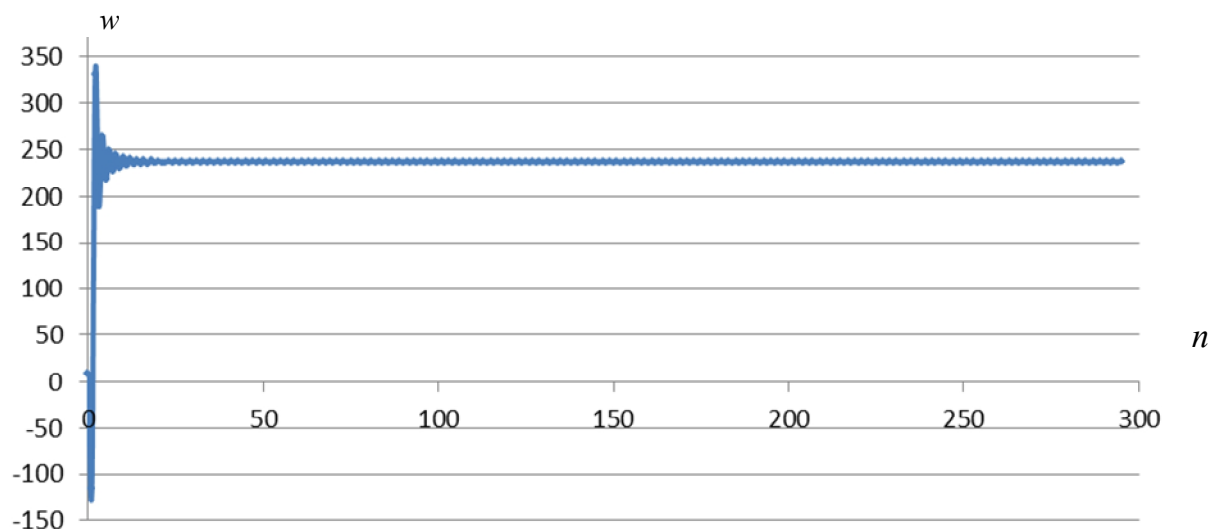


Рис. 3

Значения, приведенные на рис. 2 и рис. 3, необходимо умножить на $\frac{F}{ER}$.

Из графиков видно, что при определении радиального перемещения W в точке приложения сосредоточенной силы F достаточно в тригонометрическом ряду (1) удерживать 100 членов ряда, а при определении радиального перемещения W в точках на образующей $\beta = \pi$ – 40 членов ряда.

Далее были взяты 11 точек приложения внешней сосредоточенной радиальной нагрузки F ($\tau = \alpha_0/12 \dots \tau = 11\alpha_0/12$) и 11 точек, в которых определялась величина радиального перемещения w при $\beta = 0$ и при $\beta = \pi$. Полученные результаты сведены в табл. 1.

Таблица 1

		Радиальные перемещения в различных точках вдоль образующих $\beta = 0$ и $\beta = \pi$										
		$\alpha_0/12$	$2\alpha_0/12$	$3\alpha_0/12$	$4\alpha_0/12$	$5\alpha_0/12$	$6\alpha_0/12$	$7\alpha_0/12$	$8\alpha_0/12$	$9\alpha_0/12$	$10\alpha_0/12$	$11\alpha_0/12$
Местоположение внешней сосредоточенной нагрузки τ	$\alpha_0/12$	501,4236	270,4380	214,9796	177,7996	147,9823	122,1011	98,6499	76,7941	56,1436	36,5943	18,0067
		26,0327	35,4069	56,9343	76,2946	79,9684	67,8992	49,6936	32,4864	19,1949	10,0983	4,2050
	$2\alpha_0/12$	270,4380	716,4032	448,2376	362,9619	299,9007	246,6323	198,8951	154,7935	113,3883	74,1503	36,5943
		35,4069	82,9670	111,7015	136,9027	144,1938	129,6619	100,3855	68,8885	42,5847	23,3999	10,0983
	$3\alpha_0/12$	214,9796	448,2376	864,3855	570,3387	461,6119	376,6947	302,7759	235,4894	172,8003	113,3883	56,1436
		56,9343	111,7015	162,9354	179,6006	186,5962	176,6801	148,8568	110,4838	73,0934	42,5847	19,1949
	$4\alpha_0/12$	177,7996	362,9619	570,3387	963,0355	647,1328	517,7555	413,2890	320,7826	235,4894	154,7935	76,7941
		76,2946	136,9027	179,6006	212,6290	212,0870	205,7911	186,7785	153,0618	110,4838	68,8885	32,4864
	$5\alpha_0/12$	147,9823	299,9007	461,6119	647,1328	1019,1791	683,7270	535,7622	413,2890	302,7759	198,8951	98,6499
		79,9684	144,1938	186,5962	212,0870	231,8239	222,1853	209,9961	186,7785	148,8568	100,3855	49,6936
	$6\alpha_0/12$	122,1011	246,6323	376,6947	517,7555	683,7270	1037,1858	683,7270	517,7555	376,6947	246,6323	122,1011
		67,8992	129,6619	176,6801	205,7911	222,1853	236,0288	222,1853	205,7911	176,6801	129,6619	67,8992
	$7\alpha_0/12$	98,6499	198,8951	302,7759	413,2890	535,7622	683,7270	1019,1791	647,1328	461,6119	299,9007	147,9823
		49,6936	100,3855	148,8568	186,7785	209,9961	222,1853	231,8239	212,0870	186,5962	144,1938	79,9684

	$8\alpha_0/12$	76,7941	154,7935	235,4894	320,7826	413,2890	517,7555	647,1328	963,0355	570,3387	362,9619	177,7996
		32,4864	68,8885	110,4838	153,0618	186,7785	205,7911	212,0870	212,6290	179,6006	136,9027	76,2946
	$9\alpha_0/12$	56,1436	113,3883	172,8003	235,4894	302,7759	376,6947	461,6119	570,3387	864,3855	448,2376	214,9796
		19,1949	42,5847	73,0934	110,4838	148,8568	176,6801	186,5962	179,6006	162,9354	111,7015	56,9343
	$10\alpha_0/12$	36,5943	74,1503	113,3883	154,7935	198,8951	246,6323	299,9007	362,9619	448,2376	716,4032	270,4380
		10,0983	23,3999	42,5847	68,8885	100,3855	129,6619	144,1938	136,9027	111,7015	82,9670	35,4069
	$11\alpha_0/12$	18,0067	36,5943	56,1436	76,7941	98,6499	122,1011	147,9823	177,7996	214,9796	270,4380	501,4236
		4,2050	10,0983	19,1949	32,4864	49,6936	67,8992	79,9684	76,2946	56,9343	35,4069	26,0327

В числителе указана величина радиального перемещения W при $\beta = 0$, в знаменателе – при $\beta = \pi$. Значения, приведенные в табл. 1, необходимо умножить на $\frac{F}{ER}$.

Посмотрим, как изменяется величина радиального перемещения W при изменении геометрических параметров оболочки. Прodelав аналогичные операции, был выполнен расчет замкнутой цилиндрической оболочки со следующими геометрическими параметрами: длина оболочки $L=30$ м, радиус $R=6$ м, $\alpha_0=L/R=5$, толщина стенки $h=0,24$ м, коэффициент Пуассона $\nu=0,2$. Оболочка нагружена сосредоточенной радиальной нагрузкой F , расположенной на расстоянии τ . Оболочка по концам шарнирно закреплена (рис. 1).

Были взяты 11 точек приложения внешней сосредоточенной радиальной нагрузки F ($\tau = \alpha_0/12 \dots \tau = 11\alpha_0/12$) и 11 точек, в которых определялась величина радиального перемещения W при $\beta = 0$ и при $\beta = \pi$. Полученные результаты сведены в таблицу 2.

Таблица 2

		Радиальные перемещения в различных точках вдоль образующих $\beta = 0$ и $\beta = \pi$										
		$\alpha_0/12$	$2\alpha_0/12$	$3\alpha_0/12$	$4\alpha_0/12$	$5\alpha_0/12$	$6\alpha_0/12$	$7\alpha_0/12$	$8\alpha_0/12$	$9\alpha_0/12$	$10\alpha_0/12$	$11\alpha_0/12$
Местоположение внешней сосредоточенной нагрузки τ	$\alpha_0/12$	650,1950	333,0362	258,5946	210,8697	174,2331	143,4091	116,0331	90,8510	67,1042	44,2829	22,0133
		18,9956	10,5216	14,5851	16,8463	17,8275	18,7864	20,6363	22,1402	21,2403	16,8633	9,3377
	$2\alpha_0/12$	333,0362	908,7896	543,9059	432,8276	354,2788	290,2662	234,2600	183,1373	135,1339	89,1175	44,2829
		10,5216	33,5807	27,3679	32,4126	35,6327	38,4638	40,9266	41,8766	39,0035	30,5780	16,8633
	$3\alpha_0/12$	258,5946	543,9059	1083,0226	687,3149	548,8608	445,1297	357,3704	278,5430	205,1506	135,1339	67,1042
		14,5851	27,3679	51,4082	46,1543	53,0489	57,7729	59,7041	57,7899	51,2143	39,0035	21,2403
	$4\alpha_0/12$	210,8697	432,8276	687,3149	1199,0558	778,1659	615,9650	489,4126	379,3837	278,5430	183,1373	90,8510
		16,8463	32,4126	46,1543	72,0445	68,2945	74,2892	74,6362	69,0418	57,7899	41,8766	22,1402
	$5\alpha_0/12$	174,2331	354,2788	548,8608	778,1659	1266,1599	822,4992	637,9782	489,4126	357,3704	234,2600	116,0331
		17,8275	35,6327	53,0489	68,2945	93,2848	85,1578	83,6269	74,6362	59,7041	40,9266	20,6363
	$6\alpha_0/12$	143,4091	290,2662	445,1297	615,9650	822,4488	1288,1229	822,4488	615,9650	445,1297	290,2662	143,4091
		9,2509	19,9017	31,2117	41,2940	47,8585	63,7989	47,8608	41,2924	31,1487	19,8947	9,2529
	$7\alpha_0/12$	116,0331	234,2600	357,3704	489,4126	637,9782	822,4488	1266,1599	778,1659	548,8608	354,2788	174,2331
		20,6363	40,9266	59,7041	74,6362	83,6269	85,1578	93,2848	68,2945	53,0489	35,6327	17,8275
	$8\alpha_0/12$	90,8510	183,1373	278,5430	379,3837	489,4126	615,9650	778,1659	1199,0558	687,3149	432,8276	210,8697
		22,1402	41,8766	57,7899	69,0418	74,6362	74,2892	68,2945	72,0445	46,1543	32,4126	16,8463
	$9\alpha_0/12$	67,1042	135,1339	205,1506	278,5430	357,3704	445,1297	548,8608	687,3149	1083,0226	543,9059	258,5946
		21,2403	39,0035	51,2143	57,7899	59,7041	57,7729	53,0489	46,1543	51,4082	27,3679	14,5852
	$10\alpha_0/12$	44,2829	89,1175	135,1339	183,1373	234,2600	290,2662	354,2788	432,8276	544,1303	908,7896	333,0362
		16,8633	30,5780	39,0035	41,8766	40,9266	38,4638	35,6327	32,4126	27,1435	33,5807	10,5216
	$11\alpha_0/12$	22,0133	44,2829	67,1042	90,8510	116,0331	143,4091	174,2331	210,8697	258,5946	333,0362	650,1950
		9,3377	16,8633	21,2403	22,1402	20,6363	18,7864	17,8275	16,8463	14,5851	10,5216	18,9956

В числителе указана величина радиального перемещения W при $\beta = 0$, в знаменателе – при $\beta = \pi$. Значения, приведенные в табл. 1, необходимо умножить на $\frac{F}{ER}$.

Результаты работы могут найти применение в проектных организациях при решении ряда задач по расчету пространственных систем, что позволит значительно уменьшить трудоемкость вычислений по сравнению с другими методами.

Список литературы

1. Шагивалеев К.Ф. Расчет замкнутой цилиндрической оболочки на локальные и сосредоточенные нагрузки. Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2011. 316 с.

УДК 624.04:539.3

РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ИЗ ДВУХ ЗАМКНУТЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК

К. Ф. Шагивалеев, Е. К. Сурнина*, А. А. Пшенов**

** Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Россия, Саратов*

Рассмотрена пространственная система, состоящая из двух замкнутых цилиндрических оболочек, соединенных одной промежуточной связью. Одна из оболочек находится под действием радиальной нагрузки, сосредоточенной в кольцевом направлении и равномерно распределенной вдоль образующей.

Ключевые слова: пространственная система, оболочка, нагрузка, связь, реактивное давление, перемещение, метод сил.

CALCULATION OF SYSTEM FROM TWO CLOSED CYLINDRICAL COVERS

K. F. Shagivaleev, E. K. Surnina*, A. A. Pshenov**

** Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia, Saratov,*

The spatial system consisting of two closed cylindrical covers connected by one intermediate communication is considered. One of covers is under the influence of radial loading p , concentrated in the ring direction and evenly distributed along the forming.

Keywords: spatial system, cover, loading, communication, jet pressure, movement, method of forces.

Рассмотрена система из двух замкнутых цилиндрических оболочек.

Оболочки имеют на одном конце жесткое закрепление, а на другом – свободный конец, расположены на некотором расстоянии друг от друга и соединены между собой на свободном конце одной промежуточной (жесткой) связью. Одна из оболочек находится под действием нагрузки p , сосредоточенной в кольцевом направлении и равномерно распределенной вдоль одной образующей (рис. 1).

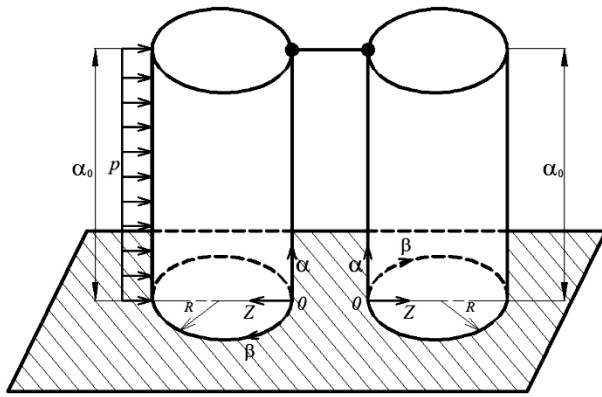


Рис. 1

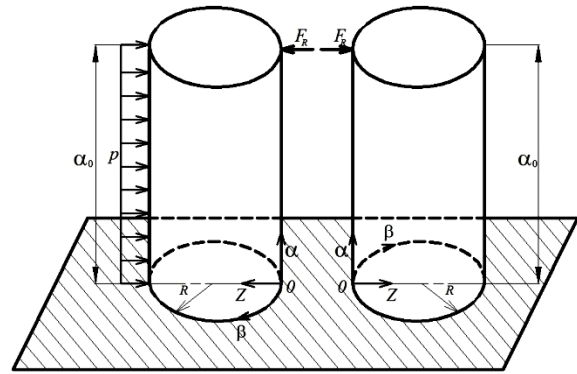


Рис. 2

Для расчета пространственной системы применим метод сил. Основную систему выберем, разрезая горизонтальный стержень, заменяя его действием реактивной силы F_R (рис. 2).

Неизвестную реактивную силу F_R находим из условия сопряжения оболочек. В точке контакта оболочек радиальные перемещения оболочек равны.

Используя аналитические выражения для определения перемещений, усилий и моментов при действии различных радиальных нагрузок, приведенные в [1], был выполнен расчет пространственной системы.

Пространственная система состоит из двух замкнутых цилиндрических оболочек с одинаковыми геометрическими параметрами: длина оболочек $L=30$ м, радиус $R=3$ м, $\alpha_0=L/R=10$, толщина стенки $h=0,16$ м, коэффициент Пуассона $\nu=0,2$. Одна из оболочек нагружена радиальной нагрузкой p , сосредоточенной в кольцевом направлении и равномерно распределенной вдоль образующей $\beta = \pi$.

По формулам, приведенным в [1], были определены радиальные перемещения в первой и второй оболочках в точке контакта оболочек.

Радиальные перемещения в первой оболочке (в точке контакта оболочек) от действия нагрузки p : $w_{1p}(\alpha_0; 0) = -4578,6 \frac{p}{E}$.

Радиальные перемещения в первой оболочке (в точке контакта оболочек) от действия неизвестной сосредоточенной силы F_R : $w_{1F_R}(\alpha_0; 0) = 5445,1622 \frac{F_R}{E R}$.

Радиальные перемещения во второй оболочке (в точке контакта оболочек) от действия неизвестной сосредоточенной силы F_R : $w_{2F_R}(\alpha_0; 0) = 5445,1622 \frac{F_R}{E R}$.

При определении радиальных перемещений в оболочках от действия внешней нагрузки p , сосредоточенной в кольцевом направлении и равномерно распределенной вдоль образующей, и неизвестной реактивной силы F_R нагрузки раскладывались в тригонометрические ряды по переменной β и удерживалось от внешней нагрузки 20 членов ряда, от действия сосредоточенной силы – 100 членов тригонометрического ряда.

Из условия, что в точке контакта оболочек радиальные перемещения оболочек равны, была определена неизвестная реактивная сила F_R .

$$w_{1F} + w_{1F_R} = -w_{2F_R} ;$$

$$-4578,6 \frac{p}{E} + 5445,1622 \frac{F_R}{E R} = -5445,1622 \frac{F_R}{E R} ; \quad (1)$$

Тогда

$$F_R = 0,420428 \ p R . \quad (2)$$

Зная F_R , можно определить напряженно-деформированное состояние каждой оболочки [1].

Проделав аналогичные операции, были выполнены расчеты пространственной системы при следующих параметрах оболочек: длина оболочек $L=30$ м, радиус $R=6$ м, $\alpha_0=L/R=5$, толщина стенки $h=0,24$ м, коэффициент Пуассона $\nu=0,2$.

Радиальные перемещения в первой оболочке (в точке контакта оболочек) от действия внешней нагрузки p : $w_{1p}(\alpha_0;0)=3417,221 \frac{p}{E}$.

Радиальные перемещения в первой оболочке (в точке контакта оболочек) от действия неизвестной сосредоточенной силы FR : $w_{1F_R}(\alpha_0;0)=6765,25 \frac{F_R}{E R}$.

Радиальные перемещения во второй оболочке (в точке контакта оболочек) от действия неизвестной сосредоточенной силы FR : $w_{2F_R}(\alpha_0;0)=67655,25 \frac{F_R}{E R}$.

Из условия, что в точке контакта оболочек радиальные перемещения оболочек равны, была определена неизвестная реактивная сила F_R .

$$w_{1F} + w_{1F_R} = -w_{2F_R} ;$$

$$3417,221 \frac{p}{E} + 6765,25 \frac{F_R}{E R} = -6765,25 \frac{F_R}{E R} ; \quad (3)$$

Тогда

$$F_R = -0,252557 \ p R . \quad (4)$$

Ниже приведены результаты расчетов пространственных систем при изменении параметров одной из оболочек.

Параметры первой оболочки: длина оболочки $L=30$ м, радиус $R_1=3$ м, $\alpha_0=L/R_1=10$, толщина стенки $h_1=0,16$ м, коэффициент Пуассона $\nu=0,2$. Параметры второй оболочки: длина оболочки $L=30$ м, радиус $R_2=6$ м, $\alpha_0=L/R_2=5$, толщина стенки $h_2=0,24$ м, коэффициент Пуассона $\nu=0,2$ (рис. 3).

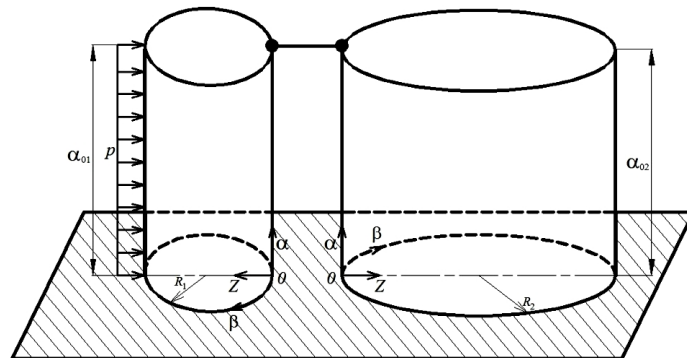


Рис. 3

Радиальные перемещения в первой оболочке (в точке контакта оболочек) от действия внешней нагрузки p : $w_{1p}(\alpha_0;0) = -4578,6 \frac{p}{E}$.

Радиальные перемещения в первой оболочке (в точке контакта оболочек) от действия неизвестной сосредоточенной силы F_R : $w_{1F_R}(\alpha_0;0) = 5445,1622 \frac{F_R}{E R_1}$.

Радиальные перемещения во второй оболочке (в точке контакта оболочек) от действия неизвестной сосредоточенной силы F_R : $w_{2F_R}(\alpha_0;0) = 6765,25 \frac{F_R}{E R_2}$.

Из условия, что в точке контакта оболочек радиальные перемещения оболочек равны, была определена неизвестная реактивная сила F_R .

$$\begin{aligned} w_{1F} + w_{1F_R} &= -w_{2F_R}; \\ -4578,6 \frac{p}{E} + 5445,1622 \frac{F_R}{E R_1} &= -6765,25 \frac{F_R}{E R_2}; \end{aligned} \quad (5)$$

Тогда

$$F_R = 0,518658 p R_1. \quad (6)$$

или

$$F_R = 0,259329 p R_2. \quad (7)$$

Другой пример: длина оболочки $L=30$ м, радиус $R_1=6$ м, $\alpha_0=L/R_1=5$, толщина стенки $h_1=0,24$ м, коэффициент Пуассона $\nu=0,2$. Параметры второй оболочки: длина оболочки $L=30$ м, радиус $R_2=3$ м, $\alpha_0=L/R_2=10$, толщина стенки $h_2=0,16$ м, коэффициент Пуассона $\nu=0,2$.

Радиальные перемещения в первой оболочке (в точке контакта оболочек) от действия нагрузки p : $w_{1p}(\alpha_0;0) = 3417,221 \frac{p}{E}$.

Радиальные перемещения в первой оболочке (в точке контакта оболочек) от действия неизвестной сосредоточенной силы F_R : $w_{1F_R}(\alpha_0;0) = 6765,25 \frac{F_R}{E R_1}$.

Радиальные перемещения во второй оболочке (в точке контакта оболочек) от действия неизвестной сосредоточенной силы F_R : $w_{2F_R}(\alpha_0;0) = 5445,1622 \frac{F_R}{E R_2}$.

Из условия, что в точке контакта оболочек радиальные перемещения оболочек равны, была определена неизвестная реактивная сила F_R .

$$\begin{aligned} w_{1F} + w_{1F_R} &= -w_{2F_R}; \\ 3417,221 \frac{p}{E} + 6765,25 \frac{F_R}{E R_1} &= -5445,1622 \frac{F_R}{E R_2}; \end{aligned} \quad (8)$$

Тогда

$$F_R = -0,18008 p R_1. \quad (9)$$

или

$$F_R = -0,36016 p R_2. \quad (10)$$

Рассмотрена пространственная система, когда параметры первой оболочки: длина оболочки $L=30$ м, радиус $R_I=3$ м, $\alpha_0=L/R_I=10$, толщина стенки $h_I=0,16$ м, коэффициент Пуассона $\nu=0,2$, а жесткость второй оболочки равна бесконечности.

Радиальные перемещения в первой оболочке (в точке контакта оболочек) от действия внешней нагрузки p : $w_{1p}(\alpha_0;0) = -4578,6 \frac{p}{E}$.

Радиальные перемещения в первой оболочке (в точке контакта оболочек) от действия неизвестной сосредоточенной силы F_R : $w_{1F_R}(\alpha_0;0) = 5445,1622 \frac{F_R}{E R_1}$.

Радиальные перемещения во второй оболочке (в точке контакта оболочек) от действия неизвестной сосредоточенной силы F : $w_{2F_R}(\alpha_0;0) = 0$.

Из условия, что в точке контакта оболочек радиальные перемещения оболочек равны, была определена неизвестная реактивная сила F_R .

$$\begin{aligned} w_{1F} + w_{1F_R} &= -w_{2F_R}; \\ -4578,6 \frac{p}{E} + 5445,1622 \frac{F_R}{E R} &= 0. \end{aligned} \quad (11)$$

Тогда

$$F_R = 0,840856 p R. \quad (12)$$

Изменим параметры первой оболочки: длина оболочки $L=30$ м, радиус $R_I=6$ м, $\alpha_0=L/R_I=5$, толщина стенки $h_I=0,24$ м, коэффициент Пуассона $\nu=0,2$, жесткость второй оболочки равна бесконечности.

Радиальные перемещения в первой оболочке (в точке контакта оболочек) от действия внешней нагрузки p : $w_{1p}(\alpha_0;0) = 3417,221 \frac{p}{E}$.

Радиальные перемещения в первой оболочке (в точке контакта оболочек) от действия неизвестной сосредоточенной силы F_R : $w_{1F_R}(\alpha_0;0) = 6765,25 \frac{F_R}{E R_1}$.

Радиальные перемещения во второй оболочке (в точке контакта оболочек) от действия неизвестной сосредоточенной силы F_R : $w_{2F_R}(\alpha_0;0) = 0$.

Из условия, что в точке контакта оболочек радиальные перемещения оболочек равны, была определена неизвестная реактивная сила F_R .

$$\begin{aligned} w_{1F} + w_{1F_R} &= -w_{2F_R}; \\ 3417,221 \frac{p}{E} + 6765,25 \frac{F_R}{E R} &= 0. \end{aligned} \quad (13)$$

Тогда

$$F_R = -0,505114 p R. \quad (14)$$

Результаты работы могут быть использованы инженерами-проектировщиками, научными работниками, аспирантами и студентами.

Список литературы

1. Шагивалеев К.Ф. Расчет замкнутой цилиндрической оболочки на локальные и сосредоточенные нагрузки / К. Ф. Шагивалеев. Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2011. 316 с.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА КОНСТРУКТИВНОЙ НАДЁЖНОСТИ БАШЕН СОТОВОЙ СВЯЗИ И БАШЕННЫХ КРАНОВ

A. Z. Tagir*

** Казанский государственный архитектурно-строительный университет,
Россия, Казань, zinnurovta@kgasu.ru*

Рассмотрены несущие конструкции башни сотовой связи и башенного крана, с точки зрения их конструктивной надёжности. По результатам расчёта несущих конструкций выявлено, что коэффициент запаса несущей способности башенного крана меньше чем у башенных сооружений, но как показывает опыт эксплуатации, данный показатель не является основным при оценке безопасности и безотказности конструкций при правильной её эксплуатации.

Ключевые слова: конструктивная надёжность; башенный кран; башня сотовой связи; конструкция; расчёт

STRUCTURAL RELIABILITY ASSESSMENT OF CELL PHONE TOWERS AND TOWER CRANES

A. Z. Tagir*

** Kazan state university of architecture and engineering, Russia, Kazan, zinnurovta@kgasu.ru*

Consider supporting structures cell phone towers and tower crane, in terms of their structural reliability. As a result, bearing structures the calculation turned out that the tower crane safety factor of the bearing capacity is less than the tower structures, but as the experience of operation, this indicator is not the main when assessing structures reliability and safety.

Keywords: structural reliability, tower crane, cell phone tower, design, calculation

Конструктивная надёжность строительных конструкций является одним из главных параметров, отвечающих за безотказность, безопасность, экономичность и долговечность принятых конструкторских решений. Если сравнивать конструкторские решения несущего ствола башни сотовой связи и башенного крана, то даже не вооруженным глазом можно заметить в них определённое подобие (рисунок). Обе конструкции представляют пространственную стержневую систему схожей геометрией, и состоящую из поясов, раскосов, распорок, связей и дополнительных элементов. Имея практически аналогичные конструктивные решения, по своему назначению башни сотовой связи и башенные краны испытывают различные нагрузки и воздействия, и сразу возникает вопрос о надёжности каждой конструкции.

Надёжность любой конструкции задается на этапе проектирования, так как для расчёта башенных сооружений сотовой связи и крана на сегодняшний день применяется метод предельных состояний, но и он обладает рядом несовершенств, а именно существующие неопределенности в назначении нагрузок, характеристик материала, работе конструкции раскрываются в виде коэффициентов надёжности, обеспечивающие некоторый запас. Варьируя именно коэффициентами надёжности можно, как снизить надёжность, так и сэкономить материал [3]. Наиболее оправданный метод пересмотра заданных коэффициентов это испытание конструкции или ограничение её работы. Несущие конструкции, а именно вертикальные стволы башни сотовой связи и башенного крана преимущественно изготавливаются, как однотипные, но только башенные краны входят в разряд опасных производственных объектов и проходят этап испытания

[2]. Это связано с тем, что испытание конструкции процесс трудоёмкий, особенно для высотных конструкций. Если нагрузить кран расчётным грузом в различных комбинациях вылета стелы и положения груза, это длительно, но возможно, то смоделировать климатические воздействия на всю конструкцию башенного сооружения сотовой связи практически невозможно.

Для анализа напряжённо-деформированного состояния в элементах конструкции при наиболее неблагоприятном загрузении был выбран башенный кран американской марки Liebherr 132 20H высотой 53 метра и башня сотовой связи высотой 58 метров, также производства США (рисунок) [5].



а



б

Сравниваемые конструкции

а) башенное сооружение сотовой связи, б) башенный кран Liebherr 132 20H

Выбор сделан, так как их конструкций обладают наименьшей массой, имеют широкое распространение на территории РФ и конечно произведены в одной стране. Геометрическая форма башенного крана это четырёхгранная призма с размерами сечения в плане 1.83 на 1.83 метра, решётка состоит из секций высотой 2.5 метра и выполнена из равнополочных уголков различного сечения [5]. Башенные сооружения сотовой связи превосходят в габаритах и обладают более устойчивой геометрической формой, в виде равносторонней усечённой пирамиды с размером в основании 5 на 5 метра, на вершине 2.0 на 2.0 метра. Элементы поясов, распорок и раскосов у башенного сооружения американского производства выполнены из горячекатаных бесшовных труб с переменным сечением по высоте.

Расчет несущих конструкций выполнен при помощи программного комплекса с использованием источников [1, 2]. Для составления комбинаций загрузений учитывалась ветровая нагрузка, гололёдная нагрузка, нагрузка от собственного веса и веса оборудования, дополнительно для башенного крана учитывались два состояния: рабочее и нерабочее, в соответствии с которыми и составлялись расчётные комбинации нагружения и перемещения груза. Схема крепления к основанию обеих конструкции принята шарнирной.

На этапе загрузки несущих конструкций башенного крана вводятся ограничения в назначении расчётных нагрузок: максимальная масса перемещаемых грузов регламентирована грузоподъемностью G и не должны превышать $1.25G$ при испытаниях, запрещена работа крана при силе ветра более 10 м/с и при мокром снеге. Нагрузки, действующие на башни сотовой связи, строго не фиксируются, и даже принимаются с запасом, тем самым они учитывают воз-

можное увеличение количества оборудования мобильной связи [2]. Различная степень неопределённости, присутствующая при назначении нагрузок, дает возможность проектировщику с различной долей вероятности спрогнозировать долговечность и безотказность проектируемой конструкции [3].

Результаты расчёта показали, что напряжение в наиболее нагруженном элементе (опорный элемент пояса) имеет значение 226 МПа, коэффициент запаса сечения равен 1.48, для башенного крана также в опорном элементе пояса напряжение составило 358 МПа, коэффициент запаса равен 1.06. Горизонтальные перемещения ствола башни составило 145 мм, крана 213 мм, что не превышает предельного значения в 1/200 от высоты.

Анализируя полученные результаты, можно сделать ряд выводов.

Запас прочности элементов башни сотовой связи относительно элементов башенного крана выше на 28.4%, напряжения меньше на 36%.

Большой запас несущей способности для башенных сооружений сотовой связи оправдан возможностью использованием данных конструкций практически во всех ветровых районах и постоянным ростом количества и массы технологического оборудования. Установленные ограничения в расчётных нагрузках для башенных кранов позволяют максимально приближаться к предельному состоянию, следовательно, сэкономить материал.

На практике большая разница в запасах прочности двух конструкций не всегда означает превосходство в конструктивной надёжности, так как опыт демонстрирует большую аварийность при эксплуатации башенных кранов. Основной причиной отказов и аварий в работе башенных кранов являются нарушения правил безопасной эксплуатации кранов при ведении погрузочных и разгрузочных работ [4].

Список литературы

1. СП 16.133330.2011 Стальные конструкции. М.: Минрегион России, 2011. 177 с.
2. РД 22-166-86 Краны башенные строительные. Нормы расчёта. М: СКТБ «Стройдормаш», 1987. 63 с.
3. Зиннуров Т.А. Оценка надёжности эксплуатируемых решётчатых башенных сооружений методом статистического моделирования: дис. ... канд. техн. наук. Казань: КГАСУ. 2013. 245 с.
4. Бурлуцкий В.С., Позынич К.П., Позынич Е.К. Ситуационная модель падения башенного крана как инструмент анализа аварии // Современное машиностроение. Наука и образование: материалы 3-й Междунар. науч.-практ. конф. СПб., 2013. С. 924-932.
5. Tower crane Liebherr 132 HC. Morrow Eq. Com. USA. 43 p.

УДК 69.05

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ

В. И. Снарский*, С. В. Снарский*, М. В. Федоров*

** Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., Россия, Саратов, snarskyvi@rambler.ru, cityfmv@mail.ru*

На базе передового индустриального опыта рассмотрены возможности сокращения затрат при выполнении сварных соединений металлических конструкций на стадиях их проектирования, изготовления и монтажа. Представлены ряд организационно-технических и технологических мероприятий и дана качественная оценка по каждому из них.

Ключевые слова: строительная технологичность, сварные соединения, автоматическая сварка

IMPROVING THE EFFICIENCY OF WELD COMPOUNDS OF METAL CONSTRUCTION

V. I. Snarsky, S. V. Snarsky*, M. V. Fedorov**

** Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia, Saratov,
snarskyvi@rambler.ru, cityfmv@mail.ru*

On the basis of advanced industrial experience considered the possibility of reducing costs during the execution of welded joints of metal structures for design, manufacturing and installation. Presents a number of organizational and technical measures and qualitative appraisal for each of them.

Keywords: building adaptability, welded joints, automatic welding

При технологическом проектировании строительных процессов с учетом заданных ограничений в части проектного конструктивного решения и заданного уровня качества актуальной является задача сокращения трудоемкости и времени выполнения процесса.

В ходе возведения металлоконструкций процесс выполнения сварных соединений составляет до 60...80% всех трудозатрат и до 40...60% общего времени монтажа металлоконструкций.

Таким образом, именно в указанном технологическом процессе имеются существенные резервы повышения эффективности монтажа в целом.

Процесс выполнения сварных соединений включает:

- 1) подготовка кромок (резка по форме, зачистка);
- 2) подгонка свариваемых элементов (обеспечение пространственного положения, выставление рабочего зазора, раскрепление);
- 3) подготовка сварочных материалов (электродов, флюсов);
- 4) выполнение сварки в несколько проходов;
- 5) зачистка шва;
- 6) контроль технического соответствия;
- 7) исправление дефектов;
- 8) повторный контроль технического соответствия.

С целью выявления актуальных видов и форм технологических и организационно-технических мероприятий по сокращению трудоемкости и времени выполнения сварных соединений металлоконструкций, выполняемых в строительных условиях, проведем анализ современного опыта строительства на примере конкретных объектов: мост через реку Иртыш в г. Ханты-Мансийске [1] и автодорожный мост через реку Обь у г. Сургута [2].

Оба объекта представляют собой стальные автомобильные мосты большой протяженности, возводимые в сложных климатических условиях. Эти же климатические условия обуславливают повышенные требования, предъявляемые к сварным соединениям в процессе эксплуатации. Общая протяженность сварных соединений моста через реку Обь составила более 25 км, а сооружение моста через реку Иртыш потребовало более 14 км сварных швов.

Возможности сокращения затрат присутствуют на всех трех стадиях строительства: на стадии проектирования, на стадии изготовления и на стадии возведения.

Большой объем сварочных работ, трудные условия производства работ и повышенные требования к качеству соединений в рассматриваемых случаях явились причиной проведения специальных технологических изысканий с целью повысить уровень строительной технологичности изготавливаемых конструкций,

наметить основные направления работы и сформулировать состав мероприятий. В качестве основных направлений были выделены следующие.

- повышение точности изготовления свариваемых элементов;
- преимущественное применение автоматической сварки и снижение доли сварки, выполняемой вручную;
- совершенствование технологических режимов и способов сварки;
- разработка специальных регламентов процесса сварки, учитывающих особенности конкретных элементов конструкций;
- организационные мероприятия по повышению квалификации персонала.

Изготовление стальных конструкций моста через реку Обь и моста через реку Иртыш производилось силами завода «Курганстальмост» ОАО «Мост-стройиндустрия».

Для повышения «строительной технологичности» на заводе были разработаны и осуществлены следующие организационно-технические мероприятия [1]:

- поэтапная пространственная контрольная сборка в количестве не менее трех блоков с использованием последнего блока комплекта для следующего этапа, что позволило снизить затраты на подгонку элементов (п. 2),
- теоретический расчет термических сварочных деформаций с проверкой натурными испытаниями при изготовлении первых блоков и внесение коррективов в технологическую документацию. Это позволило сократить затраты на исправление дефектов от термических деформаций (правка, гнутье), а также затраты на проведение повторного контроля технического соответствия (п. 7, 8);
- сверление крепежных отверстий только на завершающем этапе изготовления, а также использование при контрольной сборке «полуслепых» накладок привело к сокращению затрат при подгонке элементов (п. 2);
- изготовление отдельных элементов конструкций на фрезерных станках по копирам. Это позволило исключить затраты на подготовку кромок свариваемых элементов (п. 1).

Конкретная величина снижения затрат по отдельным мероприятиям может варьировать в зависимости от вида конструкций и района строительства. Однако следует заметить, что «строительная технологичность» при изготовлении металлоконструкций является важным фактором повышения эффективности выполнения сварных соединений.

На стадии выполнения сварных соединений снижение затрат возможно по следующим направлениям:

- использование вместо ручной дуговой сварки автоматической сварки под флюсом. Это сокращает затраты на выполнение шва в 1,5...3 раза. Кроме того, за счет более высокого качества шва сокращаются затраты на исправление дефектов и повторный контроль (п. 7, 8). При строительстве моста через реку Обь долю монтажных сварных соединений, выполняемых автоматическим способом сварки под флюсом, удалось довести до 98%. На строительстве моста через реку Иртыш также указанный вид сварки преобладал [2];
- применение новых материалов для сварки, в том числе флюсов и присадок. Так, при возведении моста через реку Обь был опробован способ сварки под флюсом с использованием гранулированной металлохимической присадки (МХП), что позволило обеспечить:

– качество монтажных сварных стыковых соединений (стыковые швы принимались с первого предъявления). Исключены затраты на исправления дефектов и повторный контроль (п. 7, 8). Кроме того, обеспечены требуемые механические свойства (путем варьирования химического состава МХП и других сварочных материалов) для конструкций северного исполнения «класс А»;

– снижение уровня остаточных сварочных напряжений как в стыковом шве, так и в околошовной зоне, что уменьшило угловые и линейные деформации стыкуемых конструкций и тем самым сократило объем термической и термомеханической правки конструкций, а также необходимость повторного контроля (п. 7, 8);

– производство монтажной сварки стыковых соединений толщиной 12 и 14 мм за один проход, что в 2...3 раза сократило время выполнения сварного шва (п. 4);

– сварку монтажных стыков конструкций толщиной 16 мм без разделки кромок, исключив подготовку разделки монтажных свариваемых кромок стыка на заводе-изготовителе и в условиях стройплощадки (п. 1);

– упрощение сборки под сварку монтажных стыковых соединений, так как ширина сварочного зазора может колебаться по длине стыка под автоматическую сварку на высоких погонных энергиях в достаточно широком диапазоне от 5 до 12 м; это обстоятельство оказалось очень важным при осуществлении монтажной сборки и автоматической сварки конструкций моста через реку Обь в Сургуте, поскольку такое конструктивное решение вантовой части моста было применено в России впервые.

Разработанный специалистами отдела сварки НИЦ «Мосты» ЦНИИС технологический регламент предусматривал также применение комбинированных подкладок, что являлось необходимым условием для выполнения двустороннего шва за один проход с одной стороны. Комбинированная подкладка включает в свой состав листовую медь, стеклоткань и обычное оконное стекло [1].

Высококачественное формирование обратного валика с плавным переходом от шва к основному металлу позволило исключить трудоемкую операцию обработки обратной стороны шва шлифовальными машинками в потолочном положении (п. 5).

Уменьшение трудоемкости сварки монтажных стыковых соединений за счет разработки и реализации комплексной технологии односторонней автоматической сварки, по оценкам авторов [1], составляет 70%.

Особо отмечается вклад в повышение технологичности, обусловленный применением специальных сварочных автоматов. Используемые автоматы имеют независимые самостоятельные механизмы подачи сварочной проволоки и движения трактора, в них изменена конструкция сварочного мундштука. Конструкция автоматов разработана сотрудниками НИЦ «Мосты» ЦНИИС (Воронежский отдел сварки).

Возникновение нежелательных температурных деформаций конструкций, получающихся при выполнении сварных соединений, в значительной мере зависит от последовательности наложения сварных швов. Так, при строительстве моста через реку Иртыш для повышения уровня строительной технологичности на стадии проектирования был принят вариант, согласно которому укрепление поперечных балок на стенде предусматривалось только после того, как по ним

была произведена прирезка припусков продольных балок и перекрывающего листа ортотропных плит [2, 4]. При сборке стыков продольных балок с поперечными проектом предусматривалась сварка сначала швов нижнего пояса продольных и поперечных балок, а потом всех остальных швов.

Все перечисленное сократило затраты на исправление дефектов и на повторный контроль (п. 7, 8).

Среди организационных мероприятий по повышению эффективности выполнения сварных соединений следует отметить проведение обучения и аттестации в НИЦ «Мосты» ЦНИИС персонала в составе 50 человек, включая рабочих сварщиков и ИТР [1].

Это позволило сократить непроизводительные затраты за счет четкой организации процесса ИТР, а также снизить затраты на исправление дефектов и повторный контроль за счет высокого качества выполнения швов рабочими сварщиками.

В качестве результата проведенных технологических и организационных мероприятий авторами [1, 2] отмечается обеспечение сжатых сроков строительства при обеспечении заданного качества монтажно-сварочных работ.

Список литературы

1. Отечественное мостостроение на рубеже XX-XXI веков: современные технологии на примере сооружения вантового автодорожного моста через реку Обь у города Сургута / В.Ф. Солохин, С.Н. Дядькин, И.Г. Овчинников и др. Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2002. 128 с.
2. Наплавной монтаж пролетных строений автодорожных мостов на примере строительства автодорожного моста через реку Иртыш в г. Ханты-Мансийске / С.Н. Дядькин, В.Ф. Солохин, И.Г. Овчинников и др. Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2005. 214 с.
3. Копырин В.И., Менщиков В.Н., Полухин В.В. Опыт изготовления металлоконструкций вантового пролетного строения // Вестник мостостроения. 2001. № 1-2. С. 33-35.
4. Гребенчук В.Г., Исмаилов В.А. Монтажная сварка металлоконструкций автодорожного моста // Вестник мостостроения. 2001. № 1-2. С. 36-38.

УДК 69.059

УСТРАНЕНИЕ ЗЫБКОСТИ МЕЖДУЭТАЖНОГО ПЕРЕКРЫТИЯ КРУПНОПАНЕЛЬНОГО ЖИЛОГО ДОМА

М. М. Айгунов*

** Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Россия, Саратов, avc.amm@mail.ru*

Рассмотрены результаты обследования плиты перекрытия крупнопанельного жилого дома в г. Саратове. Приведены данные о составе перекрытия, прочности бетона, глубине развития трещин, причинах повышенной зыбкости междуэтажного перекрытия.

Ключевые слова: плита перекрытия, трещины, прогиб, зыбкость перекрытия, способ усиления

ELIMINATION OF FLUCTUATION OF INTERFLOOR OVERLAPPING LARGE-PANEL APARTMENT BUILDING

M. M. Aigumov*

** Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia, Saratov,
avc.amm@mail.ru*

The results of the survey of large slabs of a residential building in the city of Saratov. The data on the composition of overlap, concrete strength, depth of cracks, causes increased fluctuation intermediate floor.

Keywords: floor slabs, cracks, deflection, the fluctuation of overlap, a method for enhancing

В конструктивной схеме крупнопанельных зданий плиты междуэтажного перекрытия по сочетанию эксплуатационных требований относятся к одним из наиболее ответственных элементов. Наряду с общими требованиями прочности, жесткости и трещиностойкости междуэтажное перекрытие должно удовлетворять требованиям звукоизоляции от ударного и воздушного шума. Конструкция пола, как составная часть такого перекрытия, также должна обладать комплексом свойств: она должна быть непродавливаемой, незыбкой, сопротивляться теплопередаче и т.д. [1].

Достаточно большое количество крупнопанельных жилых домов, построенных в Саратове во второй половине XX века, имеют перекрытия малых и средних пролетов, в которых в основном применяли конструкции с раздельным или слоистым полом в виде панелей размером на «комнату» с опиранием по контуру или по трем сторонам. Одним из вариантов акустически раздельных перекрытий являются слоистые панели, состоящие из тяжелого бетона, звукоизоляционной прослойки и легкого бетонной плиты основания раздельного пола (деревянного или бетонного). Несущие элементы таких панелей решены в виде сплошных плит из тяжелого бетона толщиной 100-120 мм, звукоизоляционный слой выполняется из упругомягких материалов толщиной 30-40 мм, плита основания – из легкого бетона толщиной 40-60 мм.

При монтаже плит перекрытий обязательным условием является правильная их укладка на предварительно проинвентаризированные торцы стен с выравниванием слоем раствора, анкеровка в наружных и внутренних стенах. Отступление от этих требований приводит к нарушению работы перекрытий под эксплуатационной нагрузкой, повреждению плит трещинами, прогибам, наклонности пола и потолка. В случае появления трещин и разрушения бетона основания под полы значительно повышается зыбкость перекрытия.

Усиление конструктивных элементов перекрытий крупнопанельных зданий в процессе эксплуатации обусловлено в основном необходимостью увеличения их несущей способности, недостаточной жесткостью тонкостенных плит, которая характеризуется сверхнормативными прогибами (более 1/200 пролета), а также повышенной зыбкостью перекрытия.

Однако известные решения усиления плит перекрытий с недопустимыми прогибами, разработанные ЦНИИЭП жилища для жилых домов серии 1-335, путем устройства поверху плит диафрагмы из двух швеллеров № 8, к которым подтягивают болтами плиту перекрытия и таким образом ликвидируют прогиб, подведение снизу к плите металлической балки, а также использование металлических составных балок с опиранием на внутренние стены (инж. Стариков Ю.И. и др.), не всегда можно применить на практике по разным причинам [2].

В этих условиях, если несущая конструкция способна воспринять дополнительную нагрузку или увеличение нагрузки можно компенсировать использованием более эффективных материалов, используется метод усиления плит с увеличением рабочей высоты за счет дополнительной набетонки сверху. Усиление по такой схеме дает возможность значительно увеличить жесткость, не из-

меняя конструкцию перекрытия. Этот способ был использован нами для снижения зыбкости междуэтажного перекрытия на 4-м этаже крупнопанельного жилого дома серии 1-464Д-87 в Саратове.

Жилой дом построен в 80-е годы XX века Саратовским комбинатом крупнопанельного домостроения (ДСК) и расположен в Ленинском районе г. Саратова по ул. Лебедева-Кумача. Здание девятиэтажное, прямоугольной формы в плане, с техническим подвалом под всем домом. Высота этажа – 2,7 м, жилых помещений – 2,52 м. Высота технического подвала – 2,2 м.

По конструктивной схеме здание – крупнопанельное, с поперечными и продольными несущими внутренними железобетонными и наружными керамзитобетонными стенами. Внутренние несущие стены – сборные железобетонные толщиной 120-140 мм, шаг несущих стен – 3,2 и 2,6 м, дополнительный шаг – 4,0 м. Наружные стены – однослойные керамзитобетонные, толщиной 350 мм с наружным фактурным слоем. Внутренние ненесущие разделительные перегородки – из гипсолитовых панелей толщиной 80 мм. Междуэтажные перекрытия – из сборных железобетонных сплошных плит кассетного изготовления толщиной 100 (120) мм, которые по контуру опираются на продольные и поперечные несущие стены.

Фундаменты под несущие стены – ленточные, на естественном основании, из сборных железобетонных фундаментных плит и бетонных стеновых блоков. Стены подвала – внутренние железобетонные панели толщиной 120-140 мм и наружные цокольные панели толщиной 300 мм, на которые опираются стеновые панели верхних этажей.

На стадии предварительного обследования квартиры установлено, что существующие полы имеют неровности с уклоном в сторону середины комнаты; армированная цементная стяжка покрыта многочисленными трещинами и частично разрушена; имеются трещины в опорной сжатой зоне плиты междуэтажного перекрытия, расположенные вдоль несущей стены. После вскрытия пола установлено, что при строительстве жилого дома поверх плиты междуэтажного перекрытия по слою мягкого ДВП выполнена армированная цементная стяжка, которая служит основанием под полы. Суммарная толщина пола составляет 70-110 мм (рис. 1).

При натурном обследовании в сборной железобетонной плите междуэтажного перекрытия отмечены многочисленные трещины различной ориентации: поперечные с шириной раскрытия от 0,5 до 2,0 мм; продольные, расположенные на приопорном участке вдоль внутренней несущей стены, с шириной раскрытия от 1,0 до 3,0 мм; диагональные – по углам плиты с шириной раскрытия от 0,5 до 2,0 мм.

По результатам инструментальных исследований глубина распространения трещин в железобетонной плите перекрытия составляет 86-114 мм, т.е. трещины в основном являются сквозными. Результаты определения прочности бетона на сжатие и глубины развития отмеченных трещин приведены в таблице.

Наиболее опасными из существующих трещин, являются продольные трещины, расположенные на приопорном участке вдоль внутренней несущей стены, в сжатой верхней зоне плиты перекрытия. Указанные трещины имеют глубину распространения до 86-92 мм с раскрытием сверху до 2-3 мм.



а



б

Рис. 1. Дефекты междуэтажного перекрытия:
а – деформирование и разрушение цементной стяжки под полы; б – трещины в сжатой приопорной зоне плиты перекрытия

Трещины в плите перекрытия «старые» и образовались на стадии строительства здания или на начальном этапе эксплуатации жилого дома. Возможная причина появления трещин, повреждение плиты при монтаже и относительная неравномерность опирания плиты перекрытия по контуру (смещение уровня опор от горизонтали). Повышенная зыбкость плиты перекрытия связана с наличием в плите многочисленных трещин и нарушением целостности плиты.

Результаты определения прочности бетона и глубины развития трещин

№ п/п	Элемент	Прочность $R_{ср}$, МПа	Класс бетона по прочности	Глубина развития трещины, мм	Примечания
1	Плита перекрытия	15,4	В 12,5		Гостиная
2	Плита перекрытия	18,6	В 15		Гостиная
3	Плита перекрытия			92	Гостиная
4	Плита перекрытия	17,8	В 15		Гостиная
5	Плита перекрытия			86	Гостиная
6	Плита перекрытия			114	Гостиная
7	Плита перекрытия			88	Гостиная
8	Плита перекрытия			100	Гостиная

По классификации СП 13-102-2003 «Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений» сборная железобетонная плита междуэтажного перекрытия (опертая по контуру) находится в ограниченно работоспособном техническом состоянии и требует усиления.

Усиление железобетонной плиты междуэтажного перекрытия выполнено путем торкретирования по арматурной сетке, прикрепленной к верху плиты. Для обеспечения анкеровки плиты концы арматурной сетки по периметру комнаты заведены в несущие стены, в заранее просверленные отверстия, и заделаны ремонтным составом (рис. 2).

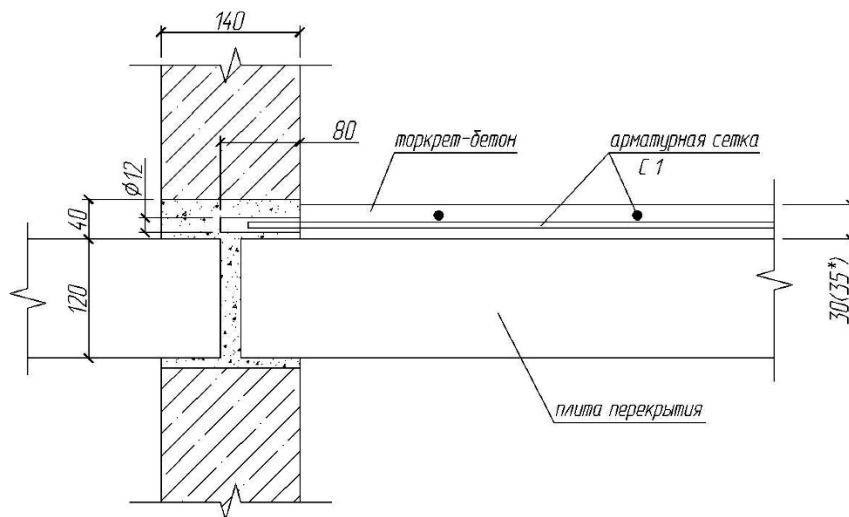


Рис. 2. Схема усиления плиты перекрытия наращиванием сверху

Список литературы

1. Дудышкина Л.А., Жуковская В.И. Ремонт полносборных жилых зданий. М.: Стройиздат, 1988. 223 с.
2. Михалко В.Р. Ремонт конструкций крупнопанельных зданий. М.: Стройиздат, 1986. 312 с.

УДК 69.021

УСИЛЕНИЕ ЛЕНТОЧНЫХ ФУНДАМЕНТОВ ПОДВЕДЕНИЕМ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ

Т. В. Варламова*

* Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Россия, Саратов, varlamovav@sstu.ru

Рассмотрены основные конструктивные особенности зданий постройки конца XIX – начала XX века. Проанализированы существующие способы повышения несущей способности ленточных фундаментов. Предложен комбинированный метод усиления ленточных фундаментов эксплуатируемых зданий, основанных на деформируемых грунтах.

Ключевые слова: усиление, восстановление, основание, фундаменты, просадочные грунты

THE STRENGTHENING STRIP FOUNDATIONS USING SUMMING REINFORCED CONCRETE SLAB

T. V. Varlamova*

* Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia, Saratov,
varlamovav@sstu.ru

The basic design features of buildings built in the late XIX - early XX century are considered in this article. Analyzed the existing methods of increasing the bearing capacity of strip footings. There is proposed a combined method of strengthening strip foundations maintained buildings, based on deformable soils.

Keywords: amplification, recovery, substructure, foundations, subsiding soils

Неповторимый облик центральной части Саратова придают сохранившиеся до нашего времени здания – памятники архитектуры XIX – начала XX века.

Эти здания находятся под охраной государства, и поддержание их надлежащего технического состояния, а при необходимости – реконструкция и усиление относятся к задачам сохранения культурного наследия.

Исторические здания в центре Саратова возводились в конце XIX – начале XX веков, как правило, из керамического кирпича на известковом растворе. Фундаменты под стены большинства обследованных зданий ленточные, представляют собой продолжение кирпичной кладки стен также на известковом растворе. В зданиях, как правило, имеются эксплуатируемые подвалы. Перекрытия над подвалами и междуэтажные представлены кирпичными сводами, сводами Монье, и перекрытиями по деревянным балкам. Устройство скатной крыши предусматривало стропильную систему из бревен или брусьев.

Характерной особенностью, влияющей на условия эксплуатации и реконструкции большинства исторических зданий в центре Саратова, является наличие в их основании просадочных грунтов. Локальное замачивание таких грунтов поверхностными водами, а также утечки из водонесущих коммуникаций, проявившиеся в центральной части города в конце 70-х – начале 80-х годов прошлого века, вызывают неравномерные осадки ленточных фундаментов [1, с. 15]. При нарушении пространственной жесткости зданий в целом неравномерные осадки фундаментов приводят к деформациям несущих конструкций, угрожающим сохранности зданий.

При проектировании ремонтно-восстановительных работ в зданиях, основанных на просадочных грунтах, особое внимание уделяется повышению несущей способности фундаментов. Наиболее распространенным способом усиления фундаментов зданий на просадочных грунтах является увеличение площади подошвы, которое может быть выполнено различными методами [2]: устройством железобетонных обойм, банкетов или «приливов» с боков существующего фундамента, подведением железобетонной плиты под подошву фундамента и другими.

Методы устройства железобетонных обойм и «приливов» для ленточных фундаментов из каменной или кирпичной кладки позволяет не только увеличить площадь подошвы, но и повысить несущую способность кладки. Недостатком перечисленных методов, помимо высокой трудоемкости, является необходимость вскрытия фундаментов до уровня подошвы. При этом снимается боковое давление грунта, воспринимающее распор от сводов и арочных перемычек, что при низкой прочности известкового раствора может вызвать подвижки кладки фундаментов и увеличение деформаций надфундаментных конструкций [3, с. 66-67].

Переоборудование ленточных фундаментов в плитные позволяет значительно повысить жесткость здания и предотвратить неравномерные осадки фундаментов. Однако устройство сплошной плиты сопряжено с разуплотнением грунта под подошвой фундаментов, что ограничивает применение этого метода для усиления многоэтажных зданий с длительным периодом эксплуатации. Кроме того, при производстве работ захватками, учитывая ограниченную жесткость плиты, практически неизбежны дополнительные деформации здания после снятия временного раскрепления конструкций.

При восстановлении пространственной жесткости исторических зданий в Саратове положительно зарекомендовал себя комбинированный метод усиления ленточных фундаментов. При малых расстояниях между капитальными стенами

(узкие помещения, коридоры) предлагается устройство ребристой монолитной железобетонной плиты на глубине до 400 мм ниже уровня пола подвала. Работы ведутся захватками. После удаления грунта, уплотнения основания и устройства подготовки пробиваются отверстия во внутренних капитальных стенах с шагом около 1 м. Арматура плиты устанавливается таким образом, чтобы выпуски арматуры проходили в отверстия, предварительно пробитые в капитальных внутренних стенах, затем производится бетонирование плиты и отверстий.

Сопряжение плиты со стенами на участках между отверстиями достигается устройством горизонтальной штрабы в стене. Для повышения жесткости плиты из ее плоскости при изгибе под действием нагрузки, передаваемой стенами, на нижней поверхности плиты устраиваются поперечные армированные ребра с шагом около 1 м. Расположение ребер целесообразно согласовывать с расположением отверстий в стенах. Армированные ребра повышают надежность совместной работы плиты и существующего фундамента.

В широких помещениях, где устройство плиты неэффективно из-за недогруженности ее центральной части, рекомендуется устройство аналогичных ребристых лент вдоль фундаментов с одной или двух сторон. Армированные ребра с шагом 1 м также заводятся в отверстия в капитальных стенах в виде шпонок. В центральной части помещений выполняется армированная подготовка под пол подвала.

При устройстве ребристых плит или лент вдоль наружных стен здания в стенах устраиваются ниши, в которые заводится арматура лент или плит с последующей анкеровкой. При этом обеспечивается совместная работа существующего фундамента с плитой усиления и устраняется необходимость отрывки фундаментов с наружной стороны здания.

Предлагаемый комбинированный метод усиления ленточных фундаментов позволяет увеличить ширину подошвы фундаментов и одновременно повысить жесткость фундаментной части здания, а также выполнить горизонтальную гидроизоляцию здания. Устройство ребер жесткости повышает прочность и снижает деформативность фундамента. Однако предложенный метод усиления фундаментов позволяет значительно повысить надежность и долговечность здания только при одновременном проведении работ по усилению надфундаментных конструкций [4, с. 12]. Как правило, в эксплуатируемых зданиях постройки конца XIX – начала XX вв. требуется усиление или замена ветхих перекрытий, объединение перекрытий со стенами, постановка системы напрягаемых поясов и тяжей и т.п. Повышение пространственной жесткости здания при этом позволит снизить его чувствительность к неравномерным осадкам основания.

Список литературы

1. Исследование деформативности зданий на просадочных грунтах. //Т.В. Варламова, В.П. Гамаюнов, К.У. Денисова, К.С. Голик //-Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2014. № 1 (6). С. 14-18.
2. Рекомендации по проектированию и устройству оснований, фундаментов и подземных сооружений при реконструкции гражданских зданий и исторической застройки. Утв. и введ. в действие указанием Москомархитектуры от 3 июля 1998 г. № 21. М., 1998.
3. Гамаюнов В.П., Варламова Т.В. Исследование надежности здания Саратовской филармонии в процессе реконструкции // Научная жизнь. 2013. № 6. С. 65-68.

4. Варламова Т.В., Федоров М.В. К вопросу повышения долговечности зданий исторической застройки // Теоретические и практические аспекты технических наук: сб. статей Междунар. науч.-практ. конф., Уфа, 29 декабря 2014 г. Уфа: Аэтерна, 2014. С. 10-12.

УДК 539.3:534.12:517.95

ТОЧНОЕ РЕШЕНИЕ ОБОБЩЕННОГО ЭВОЛЮЦИОННОГО УРАВНЕНИЯ ШЕСТОГО ПОРЯДКА

А. И. Землянухин*, А. В. Бочкарев*

* *Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Россия, Саратов, zemlyanukhinai@sstu.ru*

Получены точные солитоноподобные решения обобщенного уравнения шестого порядка, описывающего распространение осесимметричных продольных волн в физически нелинейной цилиндрической оболочке. Установлена связь данного уравнения с нелинейным уравнением Шредингера.

Ключевые слова: нелинейная волновая динамика, солитоноподобные решения, нелинейное уравнение Шредингера

EXACT SOLUTION OF SIXTH-ORDER GENERALIZED EVOLUTION EQUATION

A. I. Zemlyanukhin*, A. V. Bochkarev*

* *Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia, Saratov,
zemlyanukhinai@sstu.ru*

Exact soliton-like solutions of sixth-order generalized equation for longitudinal axis-symmetrical waves in physical-nonlinear cylindrical shells are received. A connection is established with the nonlinear Schrodinger equation.

Keywords: Nonlinear wave dynamics, soliton-like solutions, nonlinear Schrodinger equation

В моделях нелинейной волновой динамики деформируемых сред с микроструктурой могут возникать члены с пространственными производными высокого порядка. В [1] выведено неинтегрируемое эволюционное уравнение пятого порядка с кубической нелинейностью

$$\varphi_{\tau} - \alpha \varphi^2 \varphi_{\xi} - \beta_1 \varphi_{\xi\xi\xi} + \beta_2 \varphi_{\xi\xi\xi\xi} = 0, \quad (1)$$

моделирующее распространение осесимметричных продольных волн деформации $\varphi(\xi, \tau)$ в физически нелинейной цилиндрической оболочке, усиленной ребрами жесткости, и построено точное солитоноподобное решение с использованием метода сингулярного многообразия [2].

Уравнение (1) для компоненты продольного перемещения принимает вид:

$$U_{\tau\xi} - \alpha U_{\xi}^2 U_{\xi\xi} - \beta_1 U_{\xi\xi\xi} + \beta_2 U_{\xi\xi\xi\xi} = 0. \quad (2)$$

Учет взаимодействия оболочки с внешней нелинейно-упругой средой приводит в простейшем случае к появлению в уравнении (2) правой части в форме кубического многочлена $\gamma_1 U - \gamma_2 U^3$. Рассмотрим обобщение (2) с правой частью в виде многочлена 7-й степени с нечетными степенями:

$$U_{\tau\xi} - \alpha U_{\xi}^2 U_{\xi\xi} - \beta_1 U_{\xi\xi\xi} + \beta_2 U_{\xi\xi\xi\xi} = \gamma_1 U - \gamma_2 U^3 + \gamma_3 U^5 - \gamma_4 U^7. \quad (3)$$

Уравнение (3) после перехода к новым зависимым и независимым переменным по формулам

$$U(\xi, \tau) = \alpha^{-\frac{1}{2}} \beta_1^{\frac{1}{2}} u(x, t), \quad \xi = \beta_1^{\frac{1}{2}} \beta_2^{-\frac{1}{2}} x, \quad \tau = \beta_1^{\frac{5}{2}} \beta_2^{-\frac{3}{2}} t$$

принимает вид

$$u_{\tau\xi} - u_{\xi}^2 u_{\xi\xi} - u_{\xi\xi\xi} + u_{\xi\xi\xi\xi} = c_1 u - c_2 u^3 + c_3 u^5 - c_4 u^7, \quad (4)$$

где

$$c_1 = \beta_1^{-3} \beta_2^2 \gamma_1, \quad c_2 = \alpha^{-1} \beta_1^{-2} \beta_2^2 \gamma_2, \quad c_3 = \alpha^{-2} \beta_1^{-1} \beta_2^2 \gamma_3, \quad c_4 = \alpha^{-3} \beta_2^2 \gamma_4.$$

Будем искать решение (4) в форме

$$u = A \operatorname{th}(B(x - Ct)), \quad (5)$$

где A, B, C – действительные параметры, подлежащие определению.

После подстановки (5) в (4) и приравнивания коэффициентов при одинаковых степенях th в обеих частях (4) получаем систему уравнений:

$$\begin{aligned} A^6 c_4 - 2A^2 B^4 + 720B^6 &= 0, \\ -6A^2 B^4 + 1680B^6 + A^4 c_3 + 24B^4 &= 0, \\ 6A^2 B^4 - 1232B^6 - 40B^4 - A^2 c_2 + 2B^2 C &= 0, \\ 2A^2 B^4 - 272B^6 - 16B^4 + 2B^2 C - c_1 &= 0. \end{aligned} \quad (6)$$

В частном случае, когда $c_4 = 0$, из первого уравнения системы (6) имеем

$$B = \pm \frac{A}{6\sqrt{10}}, \quad (7)$$

что после подстановки во второе уравнение (6) приводит к

$$A = \pm 3\sqrt{10800c_3 + 2}. \quad (8)$$

Очевидно, решение существует при условии

$$c_3 > -1/5400. \quad (9)$$

В общем случае, когда $c_4 \neq 0$, из первых двух уравнений (6) для величины A получаем бикубическое уравнение

$$d_1 A^6 + d_2 A^4 + d_3 A^2 + d_4 = 0, \quad (10)$$

в котором

$$\begin{aligned} d_1 &= 1234800c_4^3 + 9c_4^2, \\ d_2 &= -1587600c_3c_4^2 - 6c_3c_4 - 234c_4^2, \\ d_3 &= 680400c_3^2c_4 + c_3^2 + 132c_3c_4 + 1440c_4^2, \\ d_4 &= -97200c_3^3 - 18c_3^2 - 432c_3c_4 - 2592c_4^2. \end{aligned}$$

Параметр B при этом выражается через A следующим образом:

$$B = \pm |A| \sqrt[4]{\frac{7A^2c_4 - 3c_3}{4(18 - A^2)}}. \quad (11)$$

Необходимые условия разрешимости системы (10)-(11) – наличие у кубического уравнения $d_1x^3 + d_2x^2 + d_3x + d_4 = 0$ действительного положительного корня $\tilde{x}$ и выполнение для него неравенства

$$(7\tilde{x}c_4 - 3c_3)(18 - \tilde{x}) > 0. \quad (12)$$

Из последних двух уравнений системы (6) получаем

$$C = \frac{1232B^6 - 6A^2B^4 + 40B^4 + A^2c_2}{2B^2}, \quad (13)$$

$$c_1 = -272B^6 + 2A^2B^4 - 16B^4 + 2B^2C.$$

Таким образом, точное решение уравнения (4) в форме (5) в частном случае $c_4 = 0$ определяется выражениями (7), (8) и (13), в общем случае $c_4 \neq 0$ – уравнением (10) и выражениями (11), (13). В обоих случаях три параметра c_2, c_3, c_4 являются свободными с учетом ограничения (9) для первого случая и (12) для второго, оставшиеся параметры определяются по цепочке $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow c_1$. Легко видеть, что производная решения (5) имеет вид

$$u_x = AB \operatorname{ch}^{-2}(B(x - Ct))$$

и представляет собой точное солитоноподобное решение уравнения (4).

Для получения из уравнения (4) нелинейного уравнения Шредингера (НУШ) будем искать решение (4) в виде ряда по степеням малого параметра ε :

$$u = \sum_{k=1}^{\infty} \varepsilon^k u_k, \quad (14)$$

в котором величины u_k являются функциями переменных $X_i, T_i, i = 0, 1, 2, \dots$:

$$X_i = \varepsilon^i x, \quad T_i = \varepsilon^i t.$$

Запишем все частные производные от (14), входящие в (4), затем подставим эти выражения в (4), перенесем все слагаемые в левую часть уравнения и сгруппируем их по степеням ε .

Приравняв нулю множитель при ε^1 , получим линейное уравнение для u_1 , решение которого имеет вид квазигармонической волны $u_1 = Ae^{i\theta} + \bar{A}e^{-i\theta}$, комплексная амплитуда A которой зависит только от «медленных» переменных: $A = A(X_1, X_2, \dots, T_1, T_2, \dots)$, а параметры фазы $\theta = \omega T_0 - kX_0$ подчинены дисперсионному соотношению

$$\omega = \frac{c_1}{k} + k^3 + k^5. \quad (15)$$

Множитель при ε^2 , дающий линейное уравнение для u_2 , содержит слагаемое с функцией $e^{i\theta}$ в качестве одного из сомножителей. Такому слагаемому соответствует секулярная, то есть неограниченно возрастающая при $x \rightarrow \infty$ компонента решения u_2 , что противоречит физическим свойствам задачи. Потребовав обращения в ноль такого слагаемого, приходим к $u_2 = 0$.

Наконец, приравняв нулю множитель при ε^3 , подставив в него ранее найденные выражения для u_1, u_2 и потребовав обращения в ноль секулярного слагаемого, содержащего $e^{i\theta}$, для комплексной амплитуды A получим НУШ

$$i \left(\frac{\partial A}{\partial T_2} + \omega' \frac{\partial A}{\partial X_2} \right) - \frac{\omega''}{2} \frac{\partial^2 A}{\partial X_1^2} - \left(k^3 + \frac{3c_2}{k} \right) A^2 \bar{A} = 0, \quad (16)$$

где ω', ω'' – соответствующие производные от (15) по k .

Решение уравнения (16) обладает модуляционной устойчивостью, если знаки коэффициентов перед дисперсионным и нелинейным слагаемыми противоположны: $\omega'' \cdot \left(k^3 + \frac{3c_2}{k} \right) < 0$.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №16-01-00176-а.

Список литературы

1. Землянухин А.И., Могилевич Л.И. Нелинейные волны в неоднородных цилиндрических оболочках: новое эволюционное уравнение // Акустический журнал. 2001. Т. 47. № 3. С. 359-363.
2. Кудряшов Н.А. Методы нелинейной математической физики: учеб. пособие. Долгопрудный: Изд. Дом «Интеллект», 2010. 368 с.

УДК 539.3

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИНЖЕНЕРНЫХ МЕТОДИК РАСЧЁТА ПРЯМЫХ ЗАМКНУТЫХ ПРИЗМАТИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК

О. Р. Кузнецов*

** Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Россия, Саратов*

Рассматриваются прямые замкнутые призматические оболочки. При выводе разрешающих уравнений используются геометрические и физические нелинейные соотношения. Для получения разрешающих уравнений используются метод Бубнова-Галеркина. Разрешающие уравнения представлены в виде системы линейных алгебраических уравнений с переменными коэффициентами.

Ключевые слова: призматические оболочки геометрическая и физическая нелинейность, краевая задача, численное интегрирование.

APPLICATION OF ENGINEERING METHOD AT THE SOLUTION OF THE STRAIGHT CLOSED PRISMATIC SHELLS

O. R. Kuznetsov*

Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia, Saratov

The straight closed prismatic shell are considered. Geometrical and physical nonlinearity is used. Resolving equations are recorded as a system of linear algebraic equations with variable factors.

Keywords: prismatic shell, geometrical and physical non-linearity, boundary problem, numerical integration

Рассматриваются пространственные многострингерные прямые замкнутые призматические оболочки средней длины. Контур поперечного сечения имеет произвольное очертание образованный отрезками прямых и предполагается жестким в своей плоскости. Оболочка находится под действием произвольных крутящих и изгибающих нагрузок (распределенных, сосредоточенных). Оболочка в продольном направлении усилена продольными элементами (стрингерами) с площадью поперечного сечения F_i (i -номер узла поперечного сечения). Продольные перемещения точек контура определяются продольными перемещениями её узлов. Под узлом понимается точка излома контура или точка расположения стрингера. Продольные элементы (стрингеры) воспринимают только нормальные напряжения.

Например, на рис. 1, 3 изображены мостовые балки, на рис. 2, 4 фрагмент несущей строительной конструкции и фрагмент несущей конструкции корпуса корабля.

Распространение конструкций такого типа в реальной инженерной практике делает актуальным создание расчётных моделей, которые отражают в достаточной мере специфику рассматриваемых конструкций, являются универсальными и позволяют построить алгоритм решения.

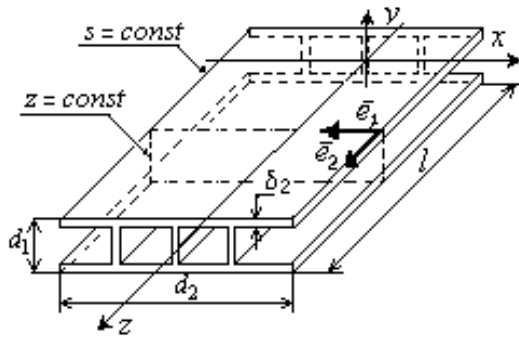


Рис. 1

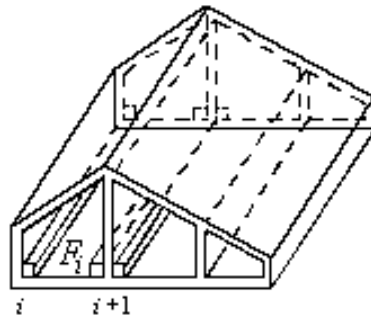


Рис. 3

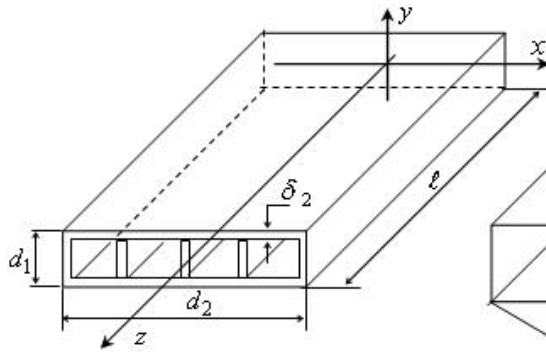


Рис. 2

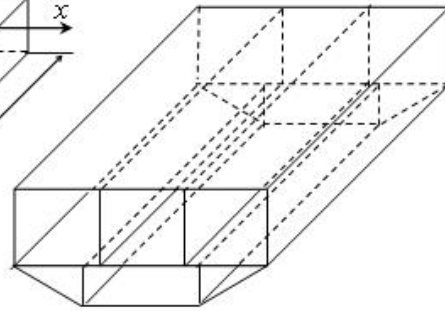


Рис. 4

Цель исследования. На основе вариационных методов получить разрешающие уравнения расчёта прямых замкнутых призматических оболочек с учётом продольного дискретного силового набора при конечных перемещениях и физической нелинейности материала.

Постановка задачи. В работе рассматривается вариант дискретно-континуального метода статического расчёта тонкостенных многострингерных кессонов. За расчётную схему этих конструкций берётся прямая замкнутая призматическая оболочка средней длины с жестким контуром поперечного сечения. В соответствии с методом В.З. Власова расчёта призматических оболочек средней длины компоненты вектора перемещений точек контура в продольном (в направлении оси z) и вдоль контура оболочки (в направлении оси s), задаются соответственно в виде

$$U(z, s) = B \sum_{i=1}^n U_i(z) \varphi_i(s) = B U_i(z) \varphi_i(s); \quad < i > \quad (1)$$

$$V(z, s) = B \sum_{h=0}^m V_h(z) \psi_h(s) = B V_h(z) \psi_h(s); \quad < h >$$

Отличными от нуля компонентами деформации являются продольные деформации ε_z в направлении оси z и деформации сдвига ε_{sz} срединной поверхности пластинок составляющих оболочку. Зависимости между деформациями и перемещениями принимаются в виде

$$\varepsilon_z = \frac{1}{\eta_1} \frac{\partial U}{\partial z} + \frac{1}{2\eta_1^2} \left[\left(\frac{\partial V}{\partial z} \right)^2 + \left(\frac{\partial W}{\partial z} \right)^2 \right]; \quad \varepsilon_{12} = \frac{\partial U}{\partial s} + \frac{1}{\eta_1} \frac{\partial V}{\partial z}. \quad (2)$$

Отличными от нуля компонентами тензора напряжений являются $\sigma_{sz}(z, s)$ и $\sigma_z(z, s)$. Для записи зависимостей между напряжениями и деформациями

циями используются соотношения деформационной теории пластичности. Относительным изменением объема пренебрегаем, получим

$$\sigma_z = \sigma_2 = E\varphi(\varepsilon_i)\varepsilon_2, \quad \sigma_{12} = l_1 E\varphi(\varepsilon_i)\varepsilon_{12}, \quad (G = l_1 E = E/2(1 + \nu)) \quad (3)$$

Уравнения равновесия оболочки для определения обобщенных перемещений получаются на основе принципа возможных перемещений Лагранжа. На этапе нагружения имеем

$$\delta\Delta T - \delta\Delta W = 0 \quad (4)$$

где $\delta\Delta T$ - работа внешних сил, которая записывается в виде

$$\delta\Delta T = B^2 l \int_0^1 (R(z)\delta v_k + P_\gamma(z)\delta u_\gamma) dz + B^2 (R_k^* \delta v_k + P_\gamma^* \delta u_\gamma) \Big|_{z=0}^{z=1} \quad (5)$$

где $R_k(z)$, $R_k^*(z)$, $P_\gamma(z)$, $P_\gamma^*(z)$ – внешняя нагрузка.

Расчетная модель оболочки задается следующим выражением [1]

$$\delta\Delta W = Bl \int_0^1 \oint (\Delta N_2 \Delta \varepsilon_2 + \Delta S_{12} \Delta \varepsilon_{12}) dz ds, \quad (6)$$

Для решения полученной краевой задачи можно использовать методы приближенного интегрирования. На этом пути возникают две сложности:

– решение является численно неустойчивым, поэтому приходится применять специальные методы интегрирования, что усложняет алгоритм расчёта;

– так как решение получается в численном виде, то приходится хранить матрицу коэффициентов и вектор столбец обобщенных перемещений в каждой точке отрезка интегрирования. С учётом явлений численной неустойчивости решения, которая свойственна рассматриваемым задачам, шаг интегрирования желательно выбирать, возможно, меньшим, поэтому объем этой вспомогательной информации оказывается довольно большим. Эта информация активно используется при формировании коэффициентов в каждой точке интегрирования на каждом этапе нагружения, после этого полностью обновляется. Это вызывает необходимость в дополнительных вычислительных мероприятиях обеспечивающих контроль правильности вычислений.

К сказанному следует добавить, что поведение под нагрузкой конструкций, за расчётную схему которых приняты тонкостенные прямые замкнутые призматические оболочки имеет сложный характер. Несущественное, на первый взгляд, изменение характера нагружения или соотношение геометрических размеров оболочки может вызвать качественное изменение в её напряженно-деформированном состоянии. Для получения качественной картины поведения конструкции под нагрузкой при помощи численных методов необходимо выполнить большой объем вычислений при этом без полной уверенности, это всё «качество» выявлено.

Аналитические методы, которые описывают поведение конструкции в целом, хотя, возможно, и без многих деталей, являются основой качественных исследований. Однако получить решение задачи в рассматриваемой постановке в аналитическом виде не представляется возможным.

С учетом вышесказанного запись разрешающих уравнений расчета оболочек рассматриваемого типа в форме метода Бубнова – Галеркина имеет следующие положительные стороны.

– Решение задачи сводится к решению системы линейных алгебраических уравнений. Учитывая развитость этого математического аппарата, можно рассчитывать, что трудности нахождения решения связанные с явлениями численной неустойчивости процесса решения будут преодолеваются проще.

– Выполнение граничных условий обеспечивается автоматически соответствующим выбором аппроксимирующих функций в разложении по методу Бубнова – Галеркина. Поэтому отпадает необходимость в численной реализации граничных условий.

Заключение

Решение в форме метода Бубнова – Галеркина не является аналитическим, однако оно имеет больше возможностей для качественного анализа характера поведения конструкции под нагрузкой, чем решение, полученное в результате численного интегрирования разрешающих уравнений.

Представление решения в такой форме способствует формированию теоретических представлений о возможных путях снижения веса, повышения несущей способности и выявления резервов прочности конструкций такого типа, которые затем реализуются в практике их проектирования.

Список литературы

1. Кузнецов О.Р. Расчет прямых замкнутых тонкостенных призматических оболочек подкреплённых стрингерами с учётом геометрической и физической нелинейности // Изв. РАН МТТ. 2008. № 1. С. 101-116.

УДК 69.059.7

О ПРОБЛЕМЕ ОБСЛЕДОВАНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ВОЗВЕДЁННЫХ НА МЕСТЕ ДЕМОНТИРОВАННЫХ ОБЪЕКТОВ

М. Р. Муртазин*, М. В. Федоров*, Г. Р. Муртазина*, Р. Ю. Коваль*

** Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Россия, Саратов*

Рассмотрены актуальные вопросы проведения обследования объектов капитального строительства, находящихся в аварийном состоянии.

Ключевые слова: реконструкция, строительные конструкции, усиление, историческая застройка, стесненные условия, приспособление для современного использования

THE PROBLEM INSPECTION OF BUILDINGS AND STRUCTURES BUILT ON THE SITE OF THE DISMANTLED OBJECTS

M. R. Murtazin*, M. V. Fedorov*, G. R. Murtazina*, R. U. Koval*

** Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia, Saratov*

This paper discusses topical issues of the survey of capital construction projects, which are in disrepair.

Keywords: reconstruction, building construction, strengthening, historical buildings, cramped conditions, adaptation for modern use

Одним из важнейших аспектов обследования зданий и сооружений, возведённых на месте существующей или существовавшей исторической застройки, является детальное изучение архивных материалов. Зачастую изучение исторических материалов, связанных с данным участком, может позволить грамотно оценить причины появления тех или иных повреждений и деформаций обследуемых зданий.

Ярким примером, демонстрирующим правильность такого подхода к процессу обследования объектов, находящихся в аварийном состоянии без видимых на то причин, может служить здание клуба в селе Елшанка Воскресенского района Саратовской области.

Объект капитального строительства нормального уровня ответственности был возведён в конце 1970-х годов на площадке, продолжительное время использовавшейся под торговые ряды.

Здание прямоугольной в плане формы переменной этажности состояло из зрительного зала и вспомогательных помещений по его периметру. По конструктивной схеме здание относилось к малоэтажным зданиям смешанного типа с несущими каменными и железобетонными конструкциями. По функциональному назначению здание относилось к общественным.

В соответствии с требованиями нормативной документации на первом этапе было проведено визуальное обследование данного сооружения. В процессе этого обследования было отмечено, что основные несущие конструкции здания получили значительные повреждения и деформации. По результатам визуального обследования для определения полной картины повреждений и установления их причин было рекомендовано провести детальное инструментальное обследование и инженерно-геологические изыскания на прилегающей территории.

Результаты инженерно-геологических изысканий и проведённый на основе полученных данных поверочный расчёт показали, что несущая способность грунтового основания достаточна для восприятия нагрузок от данного сооружения.

По результатам проведённого сплошного обследования были выявлены серьёзные повреждения основными из которых были следующие:

Наружные стены здания имели повреждения в виде вертикальных и наклонных деформационных сквозных трещин с раскрытием до 6 мм.

Внутренние несущие стены и перегородки имели повреждения в виде горизонтальных, наклонных и вертикальных сквозных деформационных трещин с раскрытием до 20 мм (рис. 1; 2; 3, а).

Все описанные повреждения, полученные несущими конструкциями здания, свидетельствовали о значительных неравномерных деформациях грунтового основания и, как следствие, неравномерной осадке различных частей здания друг относительно друга.

Кроме того, по результатам наблюдений за приборами долговременного контроля деформаций, установленными на наиболее характерных участках несущих конструкций здания, были сделаны выводы, что присутствует динамика нарастания деформаций и продолжается раскрытие трещин.

После анализа общего состояния здания, составления карты дефектов и оценке характера повреждений стало ясно, что вновь возведённое здание клуба располагается на фундаментах существовавшего ранее на этом месте другого здания меньших размеров и отличной от современного сооружения конфигурации.



а



б

Рис. 1. Деформационные трещины в несущих внутренних стенах
а – вертикальная; б – наклонная

Участки бетонных полов имели повреждения в виде разломов, трещин и провалов (рис. 3, б).



а



б

Рис. 2. Смещение перегородок вследствие деформации конструкций перекрытий



а

б

Рис. 3 – Деформации конструкций. а – внутренней стены; б – полов

По результатам проведённого детального изучения местности, архивных материалов и сверки исторических планов посёлка Елшанка с современными топографическими картами было выявлено, что на территории занимавшего ее на момент обследования поселкового клуба ранее располагалось культовое сооружение, демонтированное в период с 1930 по 1940 годы.

Причём были демонтированы, к тому же неравномерно относительно горизонтальной плоскости, но ниже дневной поверхности земли, только надземные конструкции храма, а подземная часть, включающая фундаменты и подвальные помещения, располагавшиеся не под всем зданием, были оставлены. Засыпка оставшихся конструкций бессистемно продолжалась на протяжении 15-20 лет. С течением времени на месте демонтированного здания образовался так называемый культурный слой грунта мощностью до 1 м.

Так как уплотнение насыпного грунта было весьма неравномерным, просадка различных частей здания клуба тоже оказалась неравномерной. Характер расположения трещин указывал на то, что просадка вертикальных несущих конструкций, находящихся во внутренних помещениях, более интенсивная, чем наружных, а попытка усилить несущие конструкции при помощи возведения дополнительных подпорных стен ещё более усугубила положение. Внутренние несущие конструкции здания достигли аварийного состояния.

При проектировании и возведении здания клуба не были учтены сведения об исторической принадлежности строительной площадки и архивные материалы о демонтаже существовавшего продолжительное время на данном участке объекта капитального строительства. Фундаменты под стены здания клуба были запроектированы ленточными мелкого заложения из сборных железобетонных элементов. В процессе возведения нового здания попадавшие отдельные участки исторического фундамента демонтировались до проектной отметки. Таким образом, здание клуба было возведено без учёта реальных инженерно-геологических и исторических условий, что привело впоследствии к аварийной ситуации.

Приведённый пример показывает значимость вопросов детального изучения архивных материалов при обследовании зданий и сооружений, возведённых на месте существующей или существовавшей исторической застройки.

Список литературы

1. Отчёт о техническом состоянии строительных конструкций здания клуба с. Елшанка Воскресенского района Саратовской области / ООО «Лифткомплекс». Саратов, 2005.
2. Муртазин М.Р., Муртазина Г.Р. Инженерные методы обследования строительных конструкций промышленных и гражданских зданий и сооружений // Проблемы современного строительства / Международная научно-практическая конференция: сб. статей. Пенза: ПДЗ, 2011 С. 137-139.
3. Муртазин М.Р., Муртазина Н.Р. Проблемы определения основных направлений обследования зданий и сооружений на примере исторической застройки г. Саратова // Эффективные строительные конструкции: теория и практика: сб. статей XIII Междунар. науч.-техн. конф. Пенза: ПДЗ, 2013 С. 83-85.

УДК 69.059.7

ПРОБЛЕМЫ СОХРАНЕНИЯ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ В ГОРОДЕ САРАТОВЕ

М. Р. Муртазин, В. И. Редков*, А. А. Пшенов*, А. А. Алексеев***

** Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Россия, Саратов*

*** ОАО «БАТ-СТФ» филиал ЗАО «БАТ-СПб», Россия, Саратов*

Описаны результаты натурного обследования инженерного сооружения, являющегося объектом культурного наследия и рассмотрена проблема интеграции промышленных объектов в социальную среду современного города.

Ключевые слова: водонапорная башня, монолитный железобетон, объект культурного наследия, промышленная архитектура, тонкостенная железобетонная оболочка

PROBLEMS CULTURAL HERITAGE SITE PRESERVATION INDUSTRIAL USE OF SARATOV.

M. R. Murtazin, V. I. Redkov*, A. A. Pshenov*, A. A. Alekseev***

** Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia, Saratov,*

*** OJSC «BAT-STF» branch of JSC «BAT-SPb» Russia, Saratov*

In this paper we describe the results of full-scale survey of engineering structures, which is the object of cultural heritage and the problem of integration at industrial facilities, the social environment of the modern city.

Keywords: water tower, reinforced concrete, the object of cultural heritage, industrial architecture, thin-walled reinforced concrete shell

В настоящее время в нашей стране уделяется большое внимание сохранению и популяризации историко-культурного наследия. Города на территории, которых сохранились объекты культурного наследия, имеют возможность повысить свой статус в этом отношении. Наличие таких объектов, возведенных, как правило, по оригинальным проектам, придаёт облику города индивидуальность и неповторимость.

Город Саратов, являясь на рубеже XIX и XX веков одним из промышленных центров Российской Империи, мог похвастаться наличием не только «купеческой» и «мещанской» архитектуры, но и значительными промышленными объектами, которые с течением времени стали неотъемлемой частью городской

среды. Размещённые в своё время на окраинах, в процессе развития эти объекты органично влились в архитектурно-планировочную структуру современного города, составляя совместно с гражданской застройкой единое целое.

Конец XIX века ознаменовался бурным развитием строительной науки и техники. Началось практическое применение таких строительных материалов как сталь и железобетон.

С середины 80-х годов XIX века в Западной Европе и Америке было возведено немало интересных сооружений из железобетона. В основном это были мосты, тоннели и подземные резервуары. Применение этого материала для тонкостенных конструкций было ограничено в связи с малой изученностью вопроса. И вот в 1905 году в известных мировых технических изданиях французском «La Nature» и американском «Scientific American Supplement» были опубликовали заметки об первом в мире железобетонном маяке (рис. 1) высотой 36 м, со стенками толщиной 10-20 см, построенном в 1904 году в районе Ожарской косы вблизи г. Николаева [1]. Были отмечены оригинальный проект и новаторские решения при его реализации. Маяк в г. Николаеве успешно эксплуатировался почти 40 лет, пока не был разрушен в годы Великой Отечественной войны.

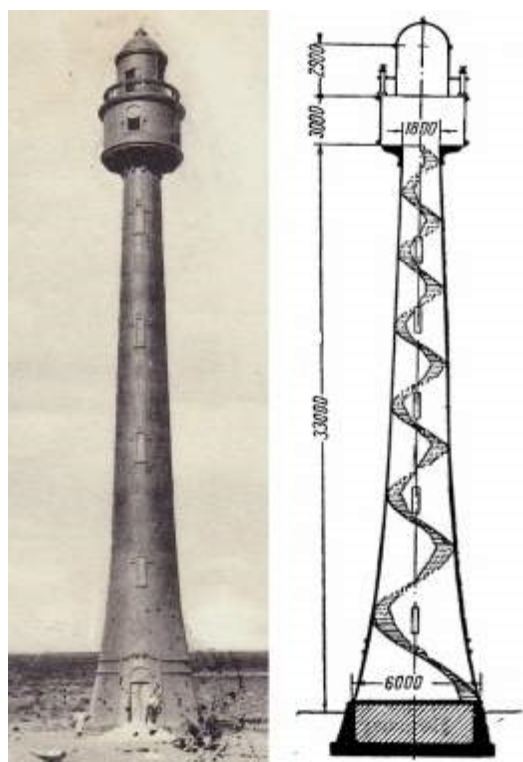


Рис. 1 – Общий вид и разрез маяка в г. Николаеве

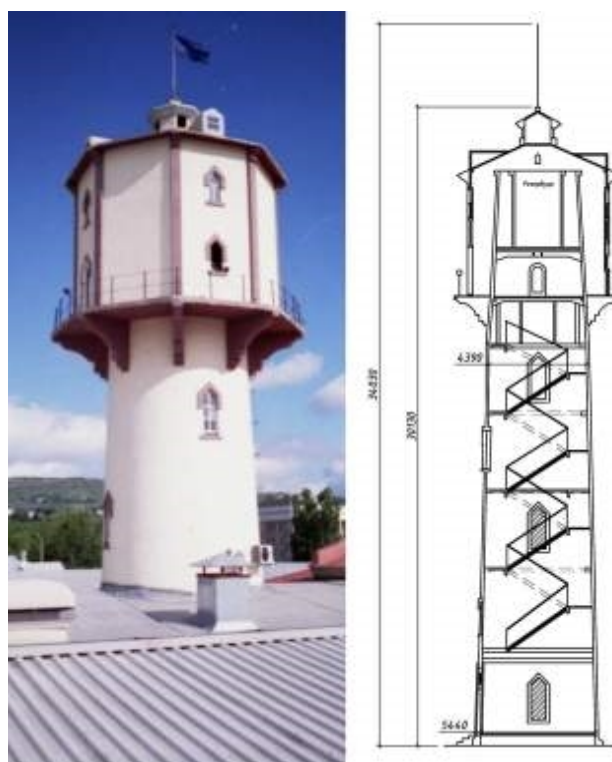


Рис. 2 – Общий вид верхней части и продольный разрез водонапорной башни в г. Саратове

Однако изучение материалов по истории развития промышленности города Саратова дало возможность оспорить первенство в вопросе возведения монолитного железобетонного тонкостенного сооружения промышленного назначения. Согласно изученным документам в конце XIX века на углу ул. Дворянской (ныне ул. Рабочая) и ул. Губернаторской (ныне ул. им. Степана Разина) на средства купца первой гильдии Кондратия Александровича Штафа был выстроен комплекс зданий табачной фабрики с производственными и вспомогательными сооруже-

ями, одним из которых была выполненная из железобетона водонапорная башня высотой 30,13 м (34,03 м со шпилем) с несущими конструкциями в виде тонкостенных оболочек и плит толщиной 7-20 см [3]. Строительно-монтажные работы проводились с 1898 по 1900 год, в котором были введены в эксплуатацию все сооружения и выпущена первая продукция.

Помимо исторической ценности, данный объект имеет для Саратова и эстетическое значение, так как это уникальное и фактически единственное существующее инженерное сооружение промышленной архитектуры в городе, построенное более 110 лет назад, полностью из железобетона и эксплуатируемое, хотя и не по прямому назначению, поныне.

Ввиду того, что на момент строительства железобетон был всё-таки довольно новым материалом и работы с ним предполагали определённые трудности, автором проекта, к сожалению, пока неизвестным, были использованы известные на тот момент приёмы оформления промышленных объектов.

Так, с архитектурной точки зрения монолитная железобетонная водонапорная башня была решена в имитации кирпичной архитектуры промышленных зданий периода «эkleктики» (вторая половина XIX века).

Объёмная композиция представляет собой сочетание двух масс – высокоу́сечённого конуса (основное тело башни) и венчающего восьмерика с шатровой кровлей и обходной галереей, опёртого на фигурные кронштейны. Обрамление стрельчатых окон, кронштейны обходной галереи и венчающего карниза выполнены в имитации кирпичной кладки.

С конструктивной точки зрения данная водонапорная башня относится к сооружениям шатрового типа [1]. В состав конструктивной части водонапорной башни входят резервуар, шатёр, опора и фундамент. Железобетонный резервуар находится внутри башни и для поддержания теплоустойчивости работы в условиях отрицательных температур и медленного водообмена дополнительно защищён особым конструктивным решением, так называемой тепловой обходной галереей. Общая высота оболочки опоры водонапорной башни составляет 27 м, в том числе до шатровой части 21,23 м. В шатровой части оболочка опоры имеет высоту 5,74 м.

Внутренний диаметр оболочки – переменный по высоте и изменяется от 5440 мм на нижнем уровне до 4390 мм в уровне низа шатра. Толщина монолитной оболочки по высоте также переменная: на отметке –7,030 м она составляет 200 мм, а на отметке +13,700 м 135-140 мм. В нижней части оболочка имеет уширение в виде фигурного кольцевого цоколя толщиной 230 мм и высотой 400 мм.

Конструктивной особенностью водонапорной башни является то, что её основное тело (опора) выполнено в виде тонкостенной железобетонной оболочки в форме усеченного конуса с расширением к основанию (рис. 2). Бетонирование тела башни велось в сборной опалубке, выполненной из строганных обрезных досок с размерами 150×500 мм. Наружная поверхность стенки башни имеет гладкую поверхность (возможно, была оштукатурена), внутри поверхность стен имеет форму многоугольника со следами дощатой опалубки.

Внутри оболочки опоры башни имеется пять горизонтальных железобетонных поясов сечением в среднем 200×180 мм, выполненных за одно целое с оболочкой опоры. Также оболочка опоры башни имеет утолщения на 120 мм вы-



а

б

Рис. 4 – Повреждения конструкций площадок (а) и покрытия (б) водонапорной башни

Анализ результатов обследования показал, что трещины в стенках опоры появились в результате изгиба тонкостенной оболочки опоры в горизонтальной плоскости. В основном вертикальные трещины на внутренних поверхностях имеют раскрытие от волосяных до 2 мм и практически не снижают несущую способность стен на вертикальную нагрузку. Трещины имеют локальный характер и развиваются только в пределах участков стен, ограниченных горизонтальными поясами. Развития вертикальных трещин в поясах не установлено. Это свидетельствует о том, что трещины вызваны недостаточной жесткостью тонкостенной оболочки толщиной 135-200 мм на действие горизонтальных нагрузок (ветровых).

По результатам обследования был разработан проект усиления и ремонта строительных конструкций водонапорной башни с целью приспособления данного инженерного сооружения, являющегося объектом культурного наследия, для современного использования. Мероприятия по ремонту и усилению конструкций водонапорной башни были реализованы, что обеспечило дальнейшее существование уникального объекта из железобетона в г. Саратове.

Таким образом, инженерными методами была решена проблема интеграции конкретного исторического промышленного объекта в социальную среду современного города.

Список литературы

1. Сахновский К.В. Железобетонные конструкции. М.: Гостройиздат, 1959. 841 с.
2. Б. Салтовский, Д. Оранский. Николаевский маяк был инженерным шедевром Европы. www.niklife.com.ua/citylook/41704.
3. Технический отчет. Обследование и оценка технического состояния основных несущих строительных конструкций водонапорной башни ОАО «БАТ-СТФ» Проектное бюро «Арт-Дмитрий плюс», договор № 183-00, 2000 г.

К ПРОБЛЕМЕ УСИЛЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ИСТОРИЧЕСКИХ ЗДАНИЙ В Г. САРАТОВЕ

М. Р. Муртазин*, Ф. С. Селиванов*, К. Ф. Шагивалеев*, Г. Р. Муртазина*

** Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Россия, Саратов*

Предложено актуальное направление проведения экспериментальных исследований масштабных моделей и натурных конструкций, а также численных экспериментов для возможности разработки методики применения современного материала на основе углеродного волокна при усилении металлических конструкций.

Ключевые слова: реконструкция, строительные конструкции, металлические конструкции, усиление, внешнее армирование, углеволокно, историческая застройка, стесненные условия, ограниченный доступ, приспособление для современного использования, эксперимент

THE PROBLEM REINFORCED METAL STRUCTURES UNDER RENOVATION OF HISTORICAL BUILDINGS IN SARATOV.

M. R. Murtazin*, P. S. Selivanov*, K. F. Shagivaleev*, G. R. Murtazina*

** Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia, Saratov*

In this paper, proposed to the current direction of experimental studies of large-scale models and full-scale structures and numerical experiments to be able to develop a methodology for the application of modern materials based on carbon fiber in the amplification of metal structures.

Keywords: reconstruction, building construction, metal structures, strengthening, external reinforcement, carbon, historical buildings, cramped conditions, limited access, adaptation for modern use, experiment

Начиная со второй половины XIX века город Саратов динамично развивался и к началу XX века стал крупным промышленным центром не только в Поволжье, но во всей стране. Вместе с доходами местных промышленников росли и их потребности. В связи с этим конец XIX века и начало XX века обусловлены для Саратова бурным развитием строительной отрасли. В эти годы были возведены многие здания и сооружения, являющиеся в настоящее время объектами культурного наследия. Этот период времени во всём мире характеризуется массовым внедрением в строительную практику прогрессивных конструктивных схем и новых строительных материалов, таких, например, как сталь.

Массовое использование стальных конструкций, выполненных в виде прокатного профиля различного сечения, позволило, в частности, увеличить перекрываемые пространства, а также повысить несущую способность элементов перекрытий гражданских и промышленных зданий.

Однако преимущества стальных конструкций по прошествии времени превратились в их недостатки. Эксплуатация таких конструкций зачастую протекала в агрессивных условиях, таких как повышенный влажностный режим и постоянное увеличение нагрузки с одновременным уменьшением поперечного сечения вследствие коррозии металла (рисунок).



а



б

Металлические элементы подвальных перекрытий, имеющие повреждения

а – элементы плоского перекрытия, имеющие прогиб в середине пролёта;

б – элементы перекрытия типа «Монье», имеющие прогиб и усиленные подведением опоры

В настоящее время перед собственниками объектов культурного наследия, в конструктивной схеме которых использовались металлические элементы, стоят две взаимоисключающие задачи. Во-первых, собственник в соответствии с действующим законодательством должен обеспечить сохранность данного объекта, причём как внешнего вида, так и интерьеров (в зависимости от предмета охраны), а во-вторых, имея в числе прочих, металлические конструкции, прослужившие в агрессивной среде сто и более лет и практически исчерпавших свои ресурсы из-за коррозии и увеличившейся эксплуатационной нагрузки, он должен заниматься усилением этих конструкций, чтобы не довести их до аварийного состояния. Усиление таких конструкций обычно выполняется путём подведения дополнительных опор в пролёте (рис. 1, б), что, по сути, является изменением конструктивной схемы здания и противоречит первому условию.

В некоторых случаях такой подход является практически единственной возможностью сохранения здания в целом, хотя бы даже изменением внутреннего его пространства. Но во многих других случаях возможно проведение усиления металлических конструкций путём увеличения поперечного сечения. Однако и в этом случае могут возникнуть проблемы, основными из которых являются односторонний доступ к конструкции (как правило, снизу) и ограниченное пространство по высоте помещения расположенного ниже усиливаемого перекрытия. Такие вводные данные предъявляют особые требования к материалу усиления, а именно: высокая прочность на растяжение (так как усиливаемая поверхность расположена в растянутой зоне); малый собственный вес (так как дополнительная нагрузка на элемент, находящийся на пределе исчерпания несущей способности, недопустима); малые значения поперечного сечения (так как уменьшение высоты помещения нежелательно).

Под такие жёсткие требования подходят композиционные материалы на основе углеродного волокна, стекловолокна и арамидного волокна. На сегодняшний день эти материалы широко применяются в космической, авиационной и автомобильной отрасли. В последнее время в строительстве при усилении железобетонных и каменных конструкций также начали применять такие материалы. Применение данных материалов для увеличения несущей способности уси-

ливаемых конструкций путём внешнего армирования потребовало разработки методик и подведения нормативной базы.

За более чем двадцатилетний период применения подобных материалов в строительстве были разработаны и утверждены ряд нормативных и рекомендательных документов, но все они касались только железобетонных и каменных конструкций. Поэтому разработка методики расчёта усиления металлических конструкций элементами внешнего армирования на основе углеродного волокна является на сегодняшний день задачей сверх актуальной и практически необходимой.

В рамках работы над диссертацией на соискание степени магистра Муртазиной Г.Р. под руководством кандидатов технических наук доцентов кафедры «Теория сооружений и строительных конструкций» СГТУ им. Гагарина Ю.А. Шагивалеева К.Ф. и Муртазина М.Р., а также в сотрудничестве с доцентом кафедры «Экспертиза и управление недвижимостью» СГТУ им. Гагарина Ю.А. Селивановым Ф.С. была разработана комплексная программа экспериментально-теоретических исследований по оценке возможности увеличения несущей способности металлических конструкций в процессе их усиления композиционными материалами на основе углеродного волокна при одностороннем доступе к конструкции.

Данной программой предусматривается проведение экспериментов на масштабных моделях и натурных конструкциях и составление базы данных результатов полученных в процессе испытания. Полученные экспериментальные данные предполагается использовать для проведения численных экспериментов. В дальнейшем все эти данные позволят подвести теоретическую базу под методику усиления металлических конструкций элементами внешнего армирования на основе углеродного волокна, а также в перспективе создать программный комплекс для возможности расчёта сложных систем.

Сравнение полученных результатов исследований на масштабных моделях и натурных конструкциях с результатами численных экспериментов позволит определить направления изысканий в области разработки эффективных и рациональных схем усиления металлических строительных конструкций элементами внешнего армирования на основе углеродного волокна.

Список литературы

1. Муртазин М.Р., Муртазина Г.Р., Муртазина Н.Р. Применение материалов на основе углеродных волокон при реконструкции и усилении промышленных и гражданских объектов / Актуальные вопросы строительства: материалы Междунар. науч.-техн. конф. Ч. 1. Саранск. Изд-во Мордов. ун-та, 2010. С. 132-136.
2. Муртазин М.Р., Муртазина Г.Р. Особенности усиления конструкций зданий и сооружений постройки конца XIX начала XX века // Актуальные проблемы строительства и строительной индустрии: сб. материалов XIII Междунар. науч.-техн. конф. Тула: ТулГУ, 2012. С. 53-54.
3. Муртазин М.Р., Муртазина Г.Р., Шагивалеев К.Ф. Проблемы усиления металлических элементов перекрытий при реконструкции зданий и сооружений исторической застройки на примере г. Саратова // Эффективные строительные конструкции: теория и практика: сб. статей XIV Междунар. науч.-техн. конф. Пенза: ПДЗ, 2014 С. 100-105.

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ СМЕСЕВЫХ ТОПЛИВ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКЕ

С. А. Нагорнов*, А. П. Ликсутина*, А. Ю. Корнев*

** Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники
и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, Россия, Тамбов*

Описана инновационная технология получения смешанного топлива на основе эфиров растительных масел. Приведены данные по проверке работы двигателя на полученном по технологии смешанном топливе.

Ключевые слова: биотопливо, переэтерификация, технология, процесс, триацилглицерины, метиловый эфир, растительные масла

TECHNOLOGY FOR PRODUCING MIXED FUELS FOR USE IN BUILDING TECHNICS

S. A. Nagornov*, A. P. Liksutina*, A. Y. Kornev*

** All-Russia research institute on use of techniques and oil in agriculture, Russia,
Tambov*

This article describes an innovative technology for producing composite fuels, based on esters of vegetable oils and the data of the verification of this fuel on the engine.

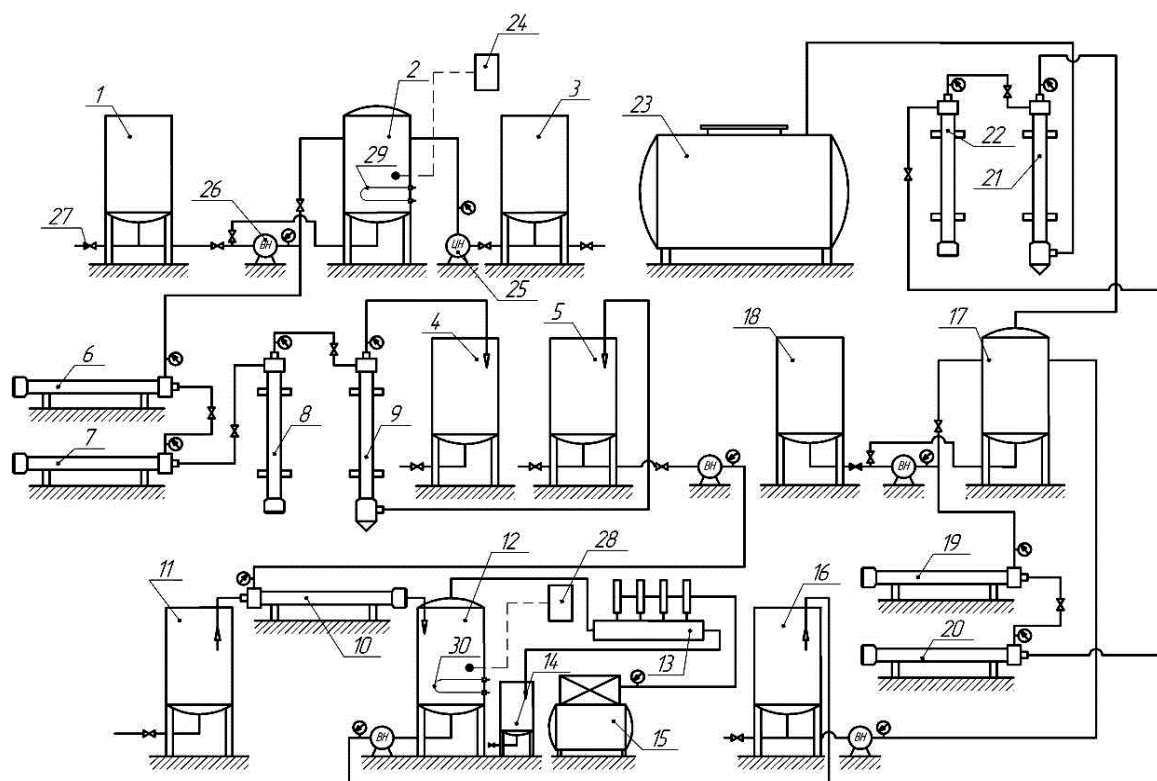
Keywords: biofuel, transesterification technology, process triacylglycerols, methyl ester, vegetable oils

Строительная отрасль имеет огромное значение в развитии народного хозяйства и естественным образом взаимосвязана с остальными отраслями экономики не только участием в их развитии, но и потреблением их конечной продукции. Тесно связана строительная отрасль и с топливно-энергетическим комплексом как в нашей стране, так и за ее пределами. Например, по данным Worldwatch Institute, в США на возведение и эксплуатацию зданий приходится 65% от общего объема потребления энергии и 30 % выбросов парниковых газов, в Европейском союзе – соответственно 42 и 35% [1]. Поэтому развитие строительной отрасли невозможно без рационального расходования ресурсов, внедрения инновационных экономически эффективных технологий и решений, уменьшающих отрицательное экологическое и климатическое воздействие.

Одним из вариантов может стать перевод строительной техники на альтернативное моторное топливо. Программы по замене традиционных видов моторного топлива природным газом, биодизелем, биоэтанолом, электрической энергией, водородом приняты во всех развитых странах. Правительство нашей страны с недавнего времени также стало обращать внимание на эту область [2, 3]. Научные исследования по использованию альтернативных топлив в транспортной, строительной и сельскохозяйственной технике ведутся давно [4-6], однако крупномасштабных внедрений новых технологий пока не происходит. Одной из причин этого является недостаточная адаптированность имеющихся разработок по получению альтернативного топлива к отечественным условиям, наличие существенных недостатков даже у самых передовых технологий, себестоимость получения продуктов, в большинстве случаев превышающая затраты на производство традиционного нефтяного топлива. Вместе с тем работы по совершенствованию процессов получения биотоплива продолжаются. Например, в ФГБНУ ВНИИТиН на протяжении ряда лет

ведутся исследования по получению сложных эфиров жирных кислот, содержащихся в растительном сырье не пищевого назначения [7-10]. Используя их в качестве добавки к традиционному дизельному топливу, получают так называемое смесевое дизельное топливо, применение которого в строительной и сельскохозяйственной технике должно улучшить экологические показатели работы двигателей.

Для получения смесового топлива предложена инновационная технология, в которой для ускорения протекания реакции переэтерификации используется новый тип реакторов, работа которых основана на вихревом эффекте Ранка-Хилша [11]. Технологическая схема процесса получения смесового топлива представлена на рисунке.



Технологическая схема синтеза смесового топлива

- 1 – резервуар хранения растительного масла; 2 – аппарат предварительного смешивания;
 3 – резервуар хранения катализатора; 4 – резервуар хранения глицерина; 5 – резервуар промежуточного хранения биодизельного топлива; 6 – первичный вихревой аппарат;
 7 – вихревой аппарат; 8, 9 – сепараторы; 10 – аппарат для промывки и нейтрализации;
 11 – резервуар хранения фосфорной кислоты; 12 – резервуар для выпаривания; 13 – блок для конденсации испаряемого метанола и воды; 14 – резервуар для сбора конденсата;
 15 – компрессор; 16 – резервуар хранения очищенного биодизельного топлива;
 17 – вторичный вихревой аппарат; 18 – резервуар хранения нефтяного дизтоплива;
 19, 20 – вихревые смесители; 21, 22 – сепараторы; 23 – резервуар хранения очищенного смесового топлива; 24, 28 – теплопары; 25, 26 – насосы; 27 – запорная арматура;
 29, 30 – нагревательные элементы

Растительное масло из резервуара 1 и раствор метилового спирта и катализатора из резервуара 3 подают в аппарат 2, где происходит предварительное смешивание продуктов. Нагретая предварительно до 40 °С смешавшаяся масса подается при помощи насоса в первичный вихревой аппарат 6. Окончательный синтез производится в вихревом аппарате 7.

Полученные продукты реакции проходят через сепараторы, в которых происходит удаление загрязнений (аппарат 8) и разделение полученных продуктов реакции в виде глицерина и метилового эфира (аппарат 9).

Глицерин отправляется на хранение в резервуар 4, а биодизельное топливо отправляется в приемный резервуар 5. Из приемного резервуара 5 метиловый эфир подается в аппарат 10, в котором происходит промывка и нейтрализация водой и фосфорной кислотой, забираемой из резервуара 11.

После очистки и нейтрализации метиловый эфир подается в аппарат 12 для выпаривания. Резервуар для выпаривания 12 оснащен блоком 13 для конденсации испаряемого метанола и воды. В данный блок 13 подается сжатый воздух из компрессора 15.

Сконденсированные метанол и вода попадают в резервуар для сбора конденсата 14, а промытый и очищенный метиловый эфир отправляется в приемный резервуар 16. Из резервуара 16 метиловый эфир подается во вторичный вихревой аппарат (ВАПС-2) 17, куда одновременно с ним из резервуара 18 подается нефтяное дизельное топливо.

Помещение нефтяного дизельного топлива и метилового эфира в ВАПС-2 необходимо для предварительного смешивания и упрощения подачи в вихревые смесители 19, 20, на выходе из которых получается смесевое топливо. Далее полученное смесевое топливо проходит через сепараторы 21, 22 для отделения механических примесей и возможного попадания воды. Очищенное смесевое топливо отправляется в резервуар для хранения 23.

Отличия физических свойств метиловых эфиров растительных масел, а также их смесей с дизельным топливом, от свойств нефтяного топлива оказывают влияние на параметры процесса топливоподачи, и, следовательно, на показатели топливной экономичности и токсичности отработавших газов дизеля, работающего на указанных топливах. Для выявления особенностей использования смесей нефтяных дизельных топлив и метиловых эфиров растительных масел в качестве моторного топлива проведены экспериментальные исследования на дизеле Д-245.12С (4ЧН 11/12,5). Проводилось сравнение товарного дизельного топлива и его смеси с метиловым эфиром подсолнечного масла (МЭПМ).

Из-за наличия в молекулах МЭПМ атомов кислорода теплотворная способность смесевого топлива несколько ниже теплотворной способности нефтяного дизельного топлива, поэтому при переходе от дизельного топлива (ДТ) к смеси, содержащей 80 % ДТ и 20 % МЭПМ, на режиме максимальной мощности удельный эффективный расход топлива увеличился от 246,6 до 254,0 г/(кВт·ч), а на режиме максимального крутящего момента – от 221,1 до 231,8 г/(кВт·ч). При этом изменение эффективного КПД дизеля на этих режимах не превышало 1,6 %.

В то же время зафиксировано заметное уменьшение дымности отработанных газов (ОГ) при работе двигателя на указанной смеси. Так, на режиме максимальной мощности дымность изменилась с 15,0 до 8,0 % по шкале Хартриджа, а на режиме максимального крутящего момента – от 36,0 до 34,0% по шкале Хартриджа.

На большинстве исследованных режимов отмечено снижение содержания оксидов азота в ОГ. Так на режиме холостого хода произошло уменьшение концентрации NO_x с 0,0120 до 0,0100 %, на режиме максимального крутящего момента – с 0,0625 до 0,0580 %, на режиме максимальной мощности – с 0,0575 до 0,0500 %.

При использовании рассматриваемого смесового топлива отмечено значительное снижение концентрации в ОГ монооксида углерода СО. Перевод дизеля с ДТ на смесь 80 % ДТ и 20 % МЭПМ на режиме холостого хода сопровождался снижением СО от 0,0310 до 0,0240 %, на режиме максимального крутящего момента – от 0,0480 до 0,0380 %, а на режиме максимальной мощности – от 0,0180 до 0,0130 %.

Применение смесового топлива позволило заметно снизить и концентрацию несгоревших углеводородов СН, на режиме холостого хода отмечено снижение концентрации СН от 0,0290 до 0,0240 %, на режиме максимального крутящего момента – от 0,0180 до 0,0150 %, на режиме максимальной мощности – от 0,0170 до 0,0100 %.

Приведенные данные подтверждают возможность улучшения экологических показателей дизеля Д-245.12С при его переводе с нефтяного дизельного топлива на смесовое топливо.

Список литературы

1. Уйма А., Лис А. Элементы устойчивого развития при термомодернизации зданий. Доклады V Академических чтений «Актуальные вопросы строительной физики» // Строительные материалы. 2013. № 6. С. 17-19.
2. Указ Президента РФ от 12 мая 2009 г. № 537 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года» с изменениями и дополнениями от 1 июля 2014 г.
3. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009 г. № 1715-р.
4. Ресурсосберегающие технологии – основа конкурентоспособности современной пищевой и перерабатывающей промышленности / Дворецкий Д.С., Долгунин В.Н., Зюзина О.В., Муратова Е.И., Нагорнов С.А., Страшнов Н.М., Хабарова Е.В. // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2013. № 3 (47). С. 282-291.
5. Оптимизация состава многокомпонентных биотоплив для дизелей сельскохозяйственных машин / Марков В.А., Десянин С.Н., Нагорнов С.А., Быковская Л.И. // Наука в центральной России. 2013. № 3. С. 36-53.
6. Взаимодействие различных видов биотоплива на основе рапсового масла с конструкционными материалами / Улюкина Е.А., Коваленко В.П., Пуляев Н.Н., Шайдурова О.Н., Буряков А.С. // Международный научный журнал. 2010. № 3. С. 88-91.
7. Исследование кинетики процесса метанолиза при переработке растительного сырья в биотопливо / Нагорнов С.А., Романцова С.В., Дворецкий С.И., Таров В.П., Рязанцева И.А., Малахов К.С. // Вестник Тамбовского государственного технического университета. Т. 15. 2009. № 3. С. 572-580.
8. Интенсификация синтеза биодизельного топлива / Нагорнов С.А., Романцова С.В., Бодягина С.В., Чижигов А.Г. // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве: тр. Междунар. науч.-техн. конф. Т. 2. 2010. С. 308-312.
9. Патент на изобретение RUS 2425863. Способ переэтерификации растительных масел путем алколиза / Нагорнов С.А., Романцова С.В., Матвеев О.В., Рязанцева И.А., Малахов К.С. 15.09.2009.
10. Улюкина Е.А., Нагорнов С.А., Романцова С.В. Свойства биотоплив растительного происхождения. // Наука в Центральной России. 2014. № 2 (8). С. 62-69.
11. Нагорнов С.А., Дворецкий С.И., Романцова С.В., Дворецкий Д.С., Ермаков А.А. Исследование процесса получения биодизельного топлива в проточном аппарате с магнитовихревым слоем ферромагнитных частиц // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2013. Т. 19. № 2. С. 316-324.

РЕСТАВРАЦИЯ ТОРГОВЫХ РЯДОВ ХЛЕБНОЙ ПЛОЩАДИ Г. КАЗАНИ

А. О. Попов*, И. Ю. Матвеев*, Д. К. Бирюлева*, В. В. Антипина*

** Казанский государственный архитектурно-строительный университет,
Россия, Казань, a.o.popov@yandex.ru*

Рассмотрены вопросы восстановления здания торговых рядов, которое является частью комплекса «Хлебный базар» в г. Казани. Здание построено по проекту архитектора В. И. Кафтырева в 1795 году и является памятником архитектуры XVIII века. Место «торговых рядов» зафиксировано на плане города 1740 года как «Житной торг». В соответствии с генпланом на месте старого «Житного торгога» В.И. Кафтырев запроектировал новую «Хлебную площадь», которая располагалась в пределах квартала ограниченного улицами Баумана, Профсоюзная, М. Джагиля, К. Наджми (рис. 1.). Реставрируемое двухэтажное здание торгового ряда являлось самым крупным на «Хлебной площади». По коротким сторонам площадь фланкировали два павильона.

Ключевые слова: памятники истории и культуры, инженерная реставрация, реконструкция, конструктивные решения

RESTORATION OF TRADE ROWS «BREAD SQUARE IN KAZAN»

A. O. Popov*, I. U. Matveev*, D. K. Berulava*, V. V. Antipina*

** Kazan state university of architecture and engineering, Russia, Kazan,
a.o.popov@yandex.ru*

In this paper the authors consider the issues of restoration of the building of shopping malls, which is part of the «Bread Bazaar» in Kazan. The building was built by architect V. I. Kaftyryeva in 1795 and is a monument of architecture of XVIII century. Place «trading ranges» recorded on the plan of the city 1740 as «rye bargaining». In accordance with the General plan on the site of the old Rye-negotiable» V.I. Kaftyrev projected new «Grain size», which was located within the block bounded by streets Bauman, trade unions, M. Jalil, K. Nadzhmi (Fig. 1.). Restored two storey commercial row was the largest on the «Bread of the area». On the short side area was spotlessly two pavilions.

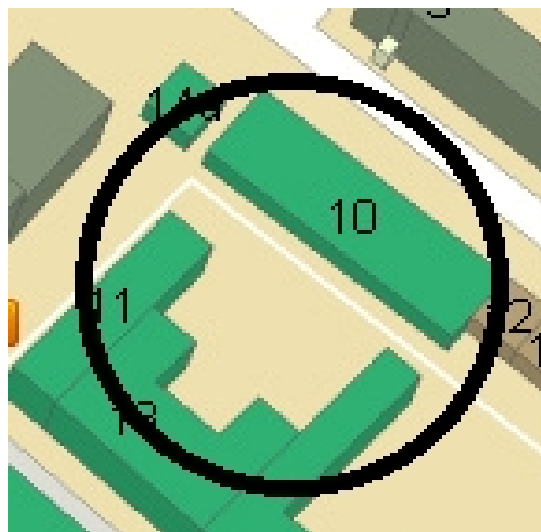
Keywords: historical and cultural monuments, engineering restoration, reconstruction, structural solutions

Реставрируемое здание – прямоугольное в плане, имеющее развитую подземную часть, «врублено» в склон между ул. Профсоюзной (бывшая ул. Малая Проломная) и ул. Баумана (бывшая ул. Большая Проломная), расположено в исторической части города Казань. В геоморфологическом отношении участок работ находится в пределах I надпойменной террасы и склона III надпойменной террасы левобережья р. Волги на правом борту «Казанского хребтика» - останца пород пермского возраста разделяющего палео- и современную долины р. Волга. Перепад по бортам «хребтика» от ул. Профсоюзная (абс. отм. 68.00 м Б.С.) до внутренней дворовой территории (абс. отм. 61.0 м Б.С.) составляет 7.0 м.

Архитектурный ансамбль Хлебной площади занимал весь квартал и выстроен на месте старых деревянных хлебных амбаров и казенного кабака, которые были уничтожены частыми в центральной части города пожарами. Архитектор выполнил его как длинный ряд торгово-складских помещений, объединенных галереями. Галерея открывалась на торговую площадь аркадой торговых павильонов (рис. 2а).



а



б

Рис. 1. Ситуационный план расположения здания
а. градостроительный план 1887 г.; б. Ситуационный план на 2014 г.



а



б

Рис. 2. Общий вид здания
а – со стороны ул. Баумана; б – по ул. Профсоюзная

Со стороны ул. Профсоюзной здание имеет один надземный и один подземный этаж, его фасад, представленный на рисунке 2б, кирпичный оштукатуренный, отличается полным отсутствием декора и завершается ступенчатым карнизом. Минимализм архитектурных форм для этой части здания не удивителен, так как это была тыльная часть Хлебной Площади, а функционально это зона загрузки складских помещений расположенных этажом ниже и перекрытых цилиндрическими сводами с распалубкой. Архитектор В. И. Кафтырев искусно использовал сложные условия площадки строительства для решения задачи логистики, разделив потоки поставки и отправления грузов, а именно поставка осуществлялась по ул. Профсоюзной (бывшая ул. Малая Проломная) отправление же проходило через Хлебную Площадь по ул. Баумана (бывшая ул. Большая Проломная).

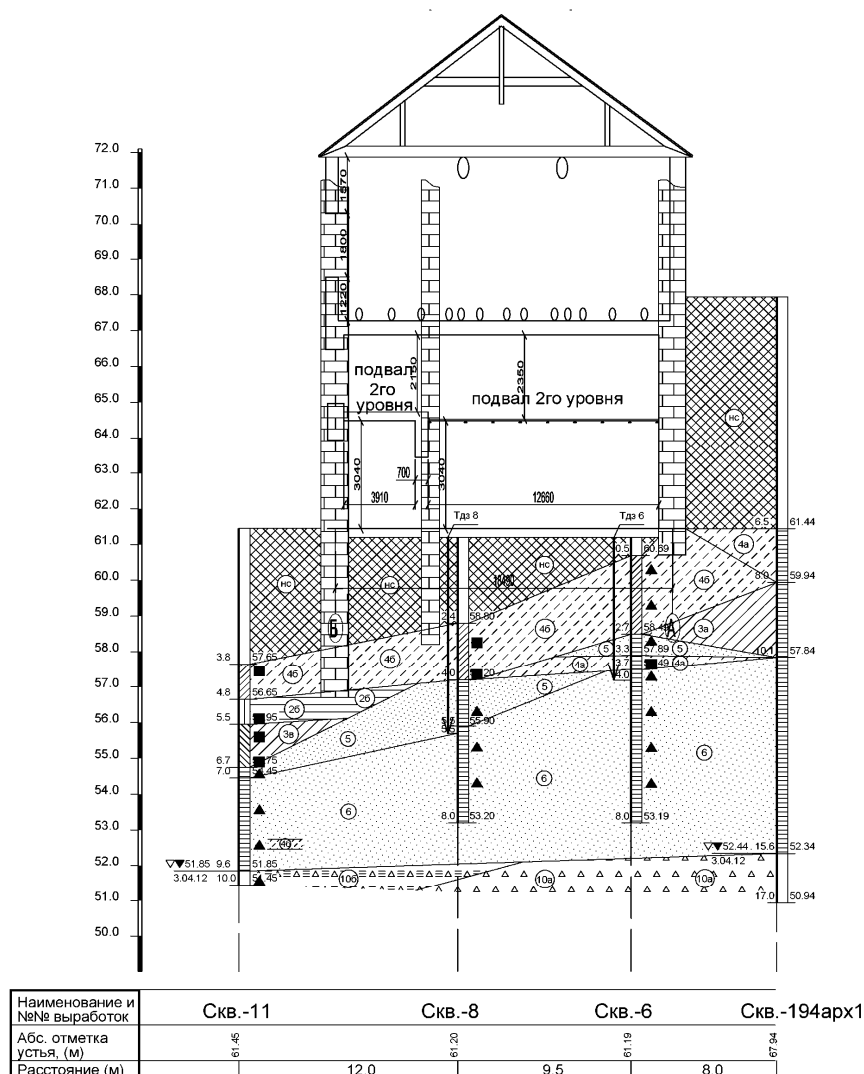


Рис. 3. Совмещенный геологический разрез и разрез по зданию

Здание со стороны хлебной площади имеет два надземных этажа без подвала, фасад, представленный на рисунке 2а, выполнен в классическом стиле. Входы в помещения торговых рядов оформлены полукруглыми нишами, в нижней части которых расположены ворота, а в верхней – окно, кроме того, фасад

имеет два междуэтажных пояска и карниз. На втором этаже с одинаковым ритмом расположены строенные прямоугольные окна, центральная часть которого выделена полукруглой нишей.

В связи с тем, что здание расположено на склоне со стороны ул. Профсоюзной (рис. 2а) надземный этаж один, а со стороны ул. Баумана (рис. 2б) надземных этажей два. Высота здания от уровня отмостки до верха карниза со стороны ул. Баумана составляет 11,3 м, со стороны ул. Профсоюзная 4,8 м. Здание по ул. Профсоюзная, д. 10/14 лит А, А1 частично пересекает поверхность склона, в связи с чем подземная часть осуществляет функцию подпорного сооружения (рис. 3) в зоне примыкания к третьей надпойменной террасе приуроченной к р. Волга.

По конструктивному решению здание относится к зданиям с продольными и поперечными несущими стенами, объединенными цилиндрическими сводами перекрытий направленными в плоскости откоса. Использование последнего приема при конструктивном решении здания позволило более 200 лет использовать его в качестве подпорного сооружения, с минимальными потерями архитектурных элементов и возникшими дефектами и повреждениями. Выгодное расположение здания в исторической части города, делает его привлекательным для приспособления под современное использование, а конструктивная схема позволит реализовать любые задумки заказчиков и архитекторов.

Список литературы

1. Отчёт по НИР. Инв. № 49/17-13о. Попов А.О., Матвеев И.Ю, Бирюлева Д.К.. и др. Заключение по результатам обследования строительных конструкций с выводами и рекомендациями по дальнейшей эксплуатации здания, расположенного по адресу: Республика Татарстан, г. Казань, ул. Профсоюзная 10/14
2. Салихов Р.Р., Хайрутдинов Р.Р. Памятники истории и культуры татарского народа. Казань, 1995. С. 280.
3. Амиров К. Казань: где эта улица, где этот дом. Справочник улиц города Казани. Казань: Изд-во «Казань», 1995. С. 320.
4. Свод памятников истории и культуры республики Татарстан: административные районы. Казань, 1999. С. 460.
5. Интернет источник. <http://mincult.tatarstan.ru>.

УДК 69.059.7

К ВОПРОСУ О ПЛАНИРОВАНИИ КАПРЕМОНТА ДОМОВ ПО НОВОЙ СИСТЕМЕ

Г. Г. Старостин*

** Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Россия, Саратов*

Излагаются некоторые аспекты капитального ремонта многоквартирных домов (МКД). Предлагается: планирование капитального ремонта МКД осуществлять в увязке с планированием текущего профилактического ремонта; в качестве показателя эффективности затрат на капитальный ремонт рассчитывать индекс качества отдельного дома, жилищного фонда жилищно-эксплуатационной организации, района, города, региона.

Ключевые слова: капитальный ремонт многоквартирных жилых домов, долгосрочный план, индекс качества дома и жилищного фонда, финансовые средства, износ здания

TO THE QUESTION OF THE PLANNING OF CAPITAL REPAIRS OF HOUSES UNDER THE NEW SYSTEM

G. G. Starostin*

** Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia, Saratov*

The article presents some aspects of capital repairs of apartment houses (MCD). Proposed: planning of capital repairs of apartment houses management to coordinate the scheduling of the current preventive maintenance; as an indicator of the effectiveness of expenditures on capital repairs to calculate the quality index of individual houses, housing, housing maintenance organizations, district, city, region.

Keywords: capital repairs of apartment buildings, long-term plan, index of quality homes and housing, financial resources, deterioration of the building

В конце декабря 2012 года Государственная Дума РФ приняла в третьем чтении Закон о создании системы капитального ремонта общего имущества многоквартирных домов (МКД) в регионах РФ и введении регулярной ежемесячной платы собственников жилья за капремонт. Соответствующие изменения внесены в Жилищный кодекс РФ и отдельные законодательные акты РФ. На уровне субъектов в настоящее время разрабатываются и реализуются региональные программы капитального ремонта МКД, утверждаемые правительствами регионов.

В соответствии с Жилищным кодексом источниками финансовых средств капитального ремонта общего имущества МКД являются средства собственников, господдержка, кредитные средства и доходы от размещения временно свободных средств, а также иные не запрещённые законом средства. Но основную сумму собирают сами собственники. При этом государственная и муниципальная поддержка капитального ремонта МКД сохраняется. Прежде всего, это касается дорогостоящих видов работ: замена лифтов и кровли, выполнение фасадных работ и укрепление фундамента.

Анализ показывает, что финансовые средства и их структура на капитальный ремонт общего имущества МКД по реализации соответствующих региональных краткосрочных программ не одинаковы. Так, в 2014 году в Московской области средняя стоимость проведения капитального ремонта одного дома составляет 2,44 миллиона рублей, а в Ростовской – 6,85 миллиона рублей. По программе в Московской области средства областного бюджета составляют 12,15 процента, средства муниципального образования – 20,36 процента, средства Фонда содействия реформированию ЖКХ – 1,3 процента, средства собственников – 66,19 процента (1,61 миллиона рублей на один дом в среднем); в Ростовской области эти средства составляют: Фонд содействия реформированию ЖКХ – 46,5 процента, местный бюджет – 38,5 процента, собственники помещений – 15,0 процента (1,03 миллиона рублей на один дом в среднем). Как видно из анализа собственники жилья Ростовской области пока не несут основную финансовую нагрузку за проведение капитального ремонта МКД.

Главной задачей новой системы финансирования капитального ремонта общего имущества МКД является устранение накопившегося с годами недоремонта и приведение в порядок жилого фонда.

При подготовке к планированию капремонта домов по новой системе во всех районах региона главное – сформировать базу данных МКД.

Следует заметить, что создание базы данных, необходимой для разработки программы капремонта МКД, возможно лишь на основе проведения полной инвентаризации жилищного фонда и профессионального технического обследования домов. В этой связи для установления необходимости проведения капремонта общего имущества МКД, формирования единой информационной базы данных о техническом состоянии домов в областную Думу Воронежской области, например, внесён законопроект «О порядке проведения мониторинга технического состояния многоквартирных домов, расположенных на территории Воронежской области», предусматривающий правила, по которым должно производиться обследование МКД, а также принятие решений о проведении и очередности ремонта зданий. Работа по проведению мониторинга и инвентаризации МКД для разработки программы капремонта в отдельных регионах проводилась не в полном объёме. Так, на момент утверждения (18 февраля 2014 г.) адресной программы капремонта МКД правительством Санкт-Петербурга четыре тысячи домов не имели технических паспортов, а 3200 домов не включены в программу, несмотря на то, что они имеются в базе ГУИОНа (см. СГ № 11 от 14.03.2014 г., с. 8).

В базе данных, на наш взгляд, обязательно должны быть указаны основные характеристики зданий, включая: год постройки, техническое состояние, общую площадь, количество квартир, этажность, физический и моральный износ, группа капитальности, необходимость проведения комплексного капитального ремонта дома (в том числе не входящего в общее имущество МКД, но необходимого по желанию собственников за дополнительную плату), индекс качества жилого дома, планируемый индекс качества жилого фонда.

Качество жилого фонда определяется многими показателями: уровнем благоустройства, характером планировки квартир, группой капитальности и т.д. Такая многоплановость исключает возможность обобщающей оценки эффективности затрат на капитальный ремонт жилых зданий, а также затрудняет оценку изменений, происходящих с течением времени. Трудности возникают также при сопоставлении уровней благоустройства различных городов. Всё это вызывает необходимость введения и использования комплексного показателя качества, учитывающего одновременно физический и моральный износ зданий.

В практике технико-экономических обоснований градостроительных задач для оценки действительной стоимости жилищного фонда применяют формулу

$$K_{ост} = \left[\left(1 - \frac{1,4 I_{\phi}}{100} \right) \cdot \left(1 - \frac{I_m}{100} \right) \right] \cdot K_{в}, \quad (1)$$

где $K_{ост}$ – остаточная стоимость жилищного фонда, млн. руб. на 1 м² общей площади; I_{ϕ} , I_m – физический и моральный износы жилого здания, %; $K_{в}$ – восстановительная стоимость, руб./м².

Если из приведённой формулы отбросить сомножитель $K_{в}$, то получим индекс качества жилого дома I_k .

Недостаток этой формулы заключается в том, что в целом этот индекс занижает остаточную стоимость дома, т.к. произведение двух величин, меньших единицы, даёт значительно меньшую величину, чем исходные сомножители. Поэтому более совершенным показателем, характеризующим индекс качества жилого дома, может быть показатель, рассчитанный по формуле

$$I = 1 - \frac{I_{\phi} + I_m}{100}. \quad (2)$$

Предлагаемая формула применима для определения индекса качества, как отдельного дома, так и всего жилищного фонда, жилищно-эксплуатационной организации, района, города, области. При определении индекса качества отдельного дома в формулу подставляют значения I_{ϕ} и I_m конкретного дома.

Физический износ отдельных конструкций, элементов, систем здания и здания в целом можно определить по ВСН 53-86 (Р).

Величину морального износа первого рода в процентах к полной первоначальной стоимости жилого здания определяют по формуле

$$I_{m_1} = \frac{(П - В) \cdot 100}{П}, \quad (3)$$

где $П$ – первоначальная стоимость здания, тыс. руб.; $В$ – восстановительная стоимость аналогичного здания, тыс. руб.

Величину морального износа второго рода отдельного здания в общем виде определяют по формуле

$$I_{m_2} = \sum_{i=1}^n \mu_i, \quad (4)$$

где μ_i – значение коэффициентов по отсутствующим элементам благоустройства жилого здания (процент удельных затрат отсутствующего элемента благоустройства в восстановительной стоимости здания).

Если при планировании капремонта ставится задача определить индекс качества жилищного фонда района или города, то физический и моральный износы рассчитывают по данным эксплуатационной деятельности жилищной организации по формулам

$$I_{\phi} = \frac{Б - Д}{Б} \cdot 100, \quad (5)$$

где $Б$ и $Д$ – балансовая и действительная стоимость жилищного фонда, млн. руб.

$$I_m = \frac{\sum_{i=1}^n E_i \mu_i}{100}, \quad (6)$$

где E_i – удельный вес неблагоустроенной жилой площади по данному виду благоустройства, %; μ_i – удельный вес стоимости отсутствующего элемента благоустройства в стоимости дома, %, зависящий от степени его благоустройства.

Учитывая некоторую сложность расчётов задания по повышению индекса качества, для практического определения показателей морального износа и индексов качества жилищного фонда района или города рекомендуется пользоваться нормативными данными.

Как показал анализ, сроки, на которые были разработаны долгосрочные планы капитального ремонта по регионам РФ, различны. Так, например, в Ростовской области он составлен и утверждён на тридцать пять лет (с 2015 по 2049 год), в Омской области – на тридцать лет. По нашему мнению в основу разработки долгосрочного детализированного планирования капитального ремонта общего имущества МКД должна быть положена система планово-предупредительного ремонта (ППР), предусматривающая проведение комплексного капитального ремонта (ККР) в зданиях I и II групп капитальности с интервалом 30 лет после постройки или предыдущего комплексного ремонта, III группы – с интервалом 24 года и IV группы – с интервалом 18 лет. Выборочный капитальный ремонт (КВР) должен проводиться через 6 лет, а текущий комплексный профилактический ремонт (КТПР) – через 3 года.

Таким образом, в основу исходного периода разработки детализированного долгосрочного плана капитального ремонта общего имущества МКД, за время

которого охватываются все виды ремонтных работ, следует принять наибольший период для ККР зданий первой и второй групп капитальности – 30 лет. В этой связи количество ремонтов здания и их периодичность за один цикл между комплексными капитальными ремонтами или за период от ввода здания в эксплуатацию до первого комплексного капитального ремонта будет следующим:

для зданий I и II групп капитальности:

$$\text{КТПР1} + (\text{КТПР2} + \text{КВР1}) + \text{КТПР3} + (\text{КТПР4} + \text{КВР2}) + \text{КТПР5} + \\ + (\text{КТПР6} + \text{КВР3}) + \text{КТПР7} + (\text{КТПР8} + \text{КВР4}) + \text{КТПР9} + \text{ККР1};$$

для зданий III группы капитальности:

$$\text{КТПР1} + (\text{КТПР2} + \text{КВР1}) + \text{КТПР3} + (\text{КТПР4} + \text{КВР2}) + \text{КТПР5} + \\ + (\text{КТПР6} + \text{КВР3}) + \text{КТПР7} + \text{ККР1};$$

для зданий IV группы капитальности

$$\text{КТПР1} + (\text{КТПР2} + \text{КВР1}) + \text{КТПР3} + (\text{КТПР4} + \text{КВР2}) + \text{КТПР5} + \text{ККР1}.$$

Кроме капитальности и межремонтных периодов, при определении сроков ремонта здания следует учитывать уровень его физического износа и год постройки.

Важным составным элементом долгосрочного плана является раздел, определяющий повышение благоустройства жилых домов. В этом разделе для каждого здания по годам должны устанавливаться очередные ремонты водопровода, канализации, центрального отопления, горячего водоснабжения и т.д.

Опыт перспективного планирования ремонтов жилищного фонда в семидесятые годы прошлого столетия в СССР показал:

- с целью своевременного проведения установленных ремонтов и обеспечения системного подхода к ремонту жилищного фонда в масштабе каждой жилищно-эксплуатационной организации все жилые дома 1-4 групп капитальности целесообразно подразделить на шесть подгрупп, примерно равных по жилой площади;

- КТПР целесообразно ежегодно выполнять на двух подгруппах домов, при этом одна из них должна подвергаться КТПР одновременно с КВР. На остальных домах целесообразно проводить только текущий непредвиденный и выборочный текущий профилактический ремонт;

- можно рекомендовать следующую последовательность проведения ремонтов:

- на первый год для 1-й подгруппы – КТПР, для 2-й подгруппы – КТПР + КВР;
- на второй год для 3-й подгруппы – КТПР, для 4-й подгруппы КТПР + КВР;
- на третий год для 5-й подгруппы – КТПР, для 6-й подгруппы КТПР + КВР;
- на четвёртый год для 1-й подгруппы – КТПР + КВР, для 2-й подгруппы – КТПР;
- на пятый год для 3-й подгруппы – КТПР + КВР, для 4-й подгруппы – КТПР;
- на шестой год для 5-й подгруппы – КТПР + КВР, для 6-й подгруппы – КТПР; через шесть лет цикл ремонтов повторяется;

- отбор зданий на капитальный ремонт рекомендуется проводить в три этапа. На первом этапе производят общий осмотр здания и выполняют технические изыскания для выяснения целесообразности ремонта отобранного дома. На втором этапе отбора обследованные дома включают в титульный список проектных работ будущего года. Третий этап отбора завершается включением дома в титульный список капитального ремонта на предстоящий год. В титульный список

включаются дома, по которым имеется утверждённая в установленном порядке проектно-сметная документация и определены источники инвестирования. Во всех случаях дома на капитальный ремонт следует отбирать на основании долгосрочного (тридцатилетнего) плана ремонта МКД.

Одним из основных и наиболее ответственных этапов разработки долгосрочного плана капитального ремонта МКД является составление перспективных графиков проведения ремонтных работ и определение сводных натурально-стоимостных показателей на долгосрочный период.

Начинать разработку графика следует с заполнения граф, характеризующих ремонтируемые здания: год постройки здания, группа капитальности, этажность, балансовая стоимость, общая площадь, физический износ здания, износ перекрытий и т.д. Далее необходимо установить очередность и периодичность ремонта каждого МКД, что должно соответствовать Положению о проведении планово-предупредительного ремонта (Правилам и нормам технической эксплуатации жилищного фонда), а также Жилищному кодексу, согласно которому в первоочередном порядке капитальный ремонт должен выполняться в МКД, требующих его проведения на дату приватизации первого жилого помещения.

В настоящее время ведущими учёными, юристами, экономистами и специалистами управляющих организаций России разработан программный комплекс «Содержание, управление, планирование и ежегодный ремонт многоквартирных домов» («СУПЕР МКД»).

Программа «СУПЕР МКД» позволяет структурировать и оптимизировать производственный процесс деятельности по управлению МКД и обеспечивает баланс интересов населения, власти и бизнеса, даёт реальную объективную информацию о техническом состоянии, формирует перечень необходимых услуг по содержанию и ремонту каждого конкретного МКД. Инновационная программа «СУПЕР МКД» впервые была опробована в Гатчине, сейчас внедряется в Ростове-на-Дону.

Основные выводы

1. Система эксплуатации жилищного фонда, при которой назначение на капитальный и текущий ремонты здания происходит по мере физического износа, не обеспечивает безотказной работы всех его элементов в любой период эксплуатации. В системе планово-предупредительных мероприятий проведение ремонта назначают не для устранения отказа, а для избежания и предупреждения его появления. В этой связи в данной статье предлагается планирование капитального ремонта МКД осуществлять в увязке с планированием текущего профилактического ремонта, как основы нормальной технической эксплуатации, обеспечивающей нормативную долговечность жилых домов.

2. В качестве обобщающей оценки эффективности затрат на капитальный ремонт МКД и изменений, происходящих в результате осуществления плана капитального ремонта МКД предлагается определять индекс качества как отдельного дома, так и всего жилищного фонда жилищно-эксплуатационной организации, района, города, региона.

3. Для установления ежегодной последовательности проведения ремонтов предлагается использовать положительный опыт перспективного планирования ремонтов жилищного фонда, осуществлённого в семидесятые годы прошлого

ЗАВИСИМОСТЬ ФОРМЫ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ ТОНКОСТЕННОГО ЭЛЕМЕНТА ОТ ДАВЛЕНИЯ

О. В. Кизимова*

** Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Россия, Саратов*

Рассмотрен вопрос определения величины давления сжатого воздуха для получения тонкостенного строительного элемента с заданными характеристиками поперечного сечения

Ключевые слова: тонкостенный строительный элемент, технология изготовления, величина давления для формообразования

THE DEPENDENCE OF THE SHAPE OF CROSS SECTION OF THIN-WALLED ELEMENT FROM THE PRESSURE

O. V. Kizimova*

** Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia, Saratov*

The article considers the question of determining the pressure of the compressed air for producing a thin-walled building element with the specified characteristics of the cross section

Keywords: Thin-walled building element, the technology of manufacturing, the value pressure for forming

Тонкостенный строительный элемент – это элемент, полученный путем деформации плоских стальных заготовок [1]. Плоские заготовки представляют собой две полосы, сваренные по периметру. В результате деформации стальных полос образуется тонкостенный трубчатый элемент (сварногнутый), который характеризуется низкой трудоемкостью изготовления. При формообразовании можно получить элемент с разными размерами поперечного сечения (рис. 1).



Рис. 1. Сечение тонкостенного сварногнутого элемента

Для формообразования поперечного сечения сварногнутого элемента наиболее эффективно использовать сжатый воздух. При этом необходимо знать величину избыточного давления, при котором получается элемент с заданными параметрами. Эту задачу можно решить, если выявить зависимость между формой поперечного сечения и величиной давления.

Для решения этой задачи вырежем из элемента полосу единичной ширины и рассмотрим ее равновесие в предельном состоянии (рис. 2).

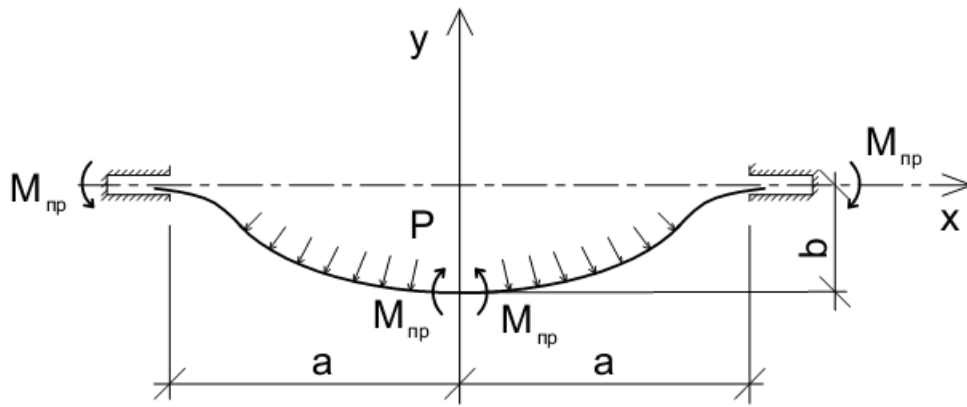


Рис. 2. Расчетная схема

Предельный момент от внешней нагрузки можно определить по формуле

$$M = P(a^2 - b^2) / 4, \quad (1)$$

где a, b – проекции изогнутой оси балки на оси X и Y , P – величина избыточного давления.

Для определения внутреннего давления в предельном состоянии используем известное выражение [2]

$$M_{пр} = \delta_T * W_t, \quad (2)$$

где δ_T – предел текучести стали; $W_t = (b \times h^2) / 4$ – момент сопротивления прямоугольного сечения.

Подставив размеры поперечного сечения в выражение (2), получим

$$M_{пр} = \delta_T * t^2 / 4, \quad (3)$$

где t_n – толщина поперечного сечения элемента (т. е. толщина стальной полосы).

Приравнявая правые части выражения (1) и (3) получим формулу для определения величины избыточного давления

$$P = \delta_T \times t_n^2 \times (a^2 - b^2). \quad (4)$$

Если выразить размеры сечения a и b через коэффициенты раздутья и сжатия, то получим

$$P = (4 \pi^2 \delta_T) / (\lambda_n (\pi^2 k_{сж}^2 - 4 k_{разд}^2)), \quad (5)$$

где λ_n – гибкость полос, h_n – ширина полосы плоской заготовки, $k_{разд}$ – коэффициент раздутья, $k_{сж}$ – коэффициент сжатия.

Коэффициенты осевых деформаций коэффициент раздутья – $k_{разд}$ и коэффициент сжатия – $k_{сж}$ введены для упрощения вычислений основных геометрических характеристик поперечного сечения.

Коэффициент раздутья характеризует величину взаимного расхождения стальных полос при раздутьи и равен отношению высот сечения промежуточного (чечевицеобразного) и предельного (круглого), см. рис. 3.

Учитывая, что радиус предельного круглого сечения равен $R = h_n / \pi$, формула для определения коэффициента раздутья имеет вид

$$k_{разд} = b / b_{пред} = \pi b / h_n, \quad (6)$$

где $b_{пред}$ – высота сечения, которое необходимо получить.

Коэффициент сжатия характеризует величину сближения поперечных кромок полос при их деформации и равен отношению ширины промежуточного (чечевицеобразного) сечения к ширине исходного (плоского), см. рис. 3.

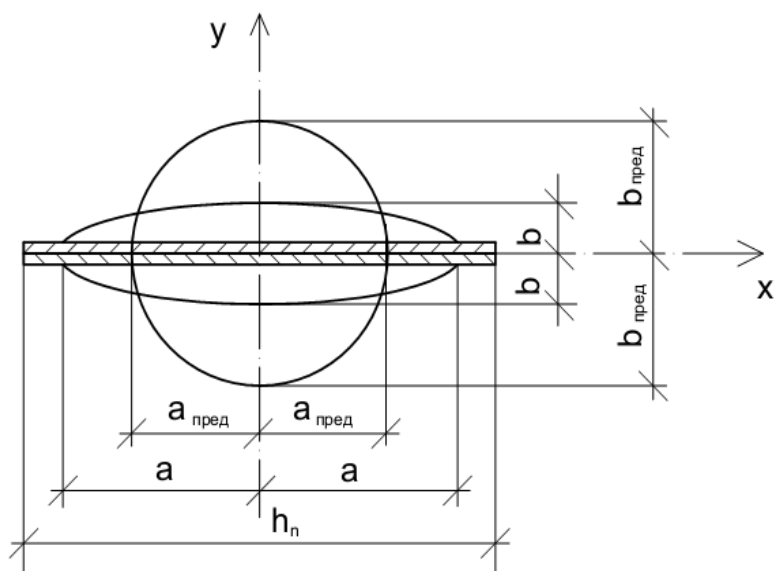


Рис. 3. Формы поперечного сечения при разной величине давления

$$k_{сж} = 2a / h_n, \quad (7)$$

где $2a$ – ширина сечения после раздутия, h_n – ширина стальных полос до раздутия.

Между коэффициентом раздутия и сжатия установлена зависимость. При выполнении расчетов удобно пользоваться таблицей, в которой приведены коэффициенты раздутия и сжатия.

$k_{разд}$	$k_{сж}$	$k_{разд}$	$k_{сж}$
1,0	0,637	0,65	0,875
0,95	0,687	0,60	0,895
0,90	0,730	0,55	0,913
0,85	0,766	0,50	0,929
0,80	0,799	0,45	0,943
0,75	0,827	0,40	0,955
0,70	0,827	0,35	0,966

Таким образом, при использовании тонкостенных сварногнутых элементов на первом этапе выполняют конструкторские расчеты: сбор нагрузок, определение усилий и размеров поперечного сечения элемента с требуемой несущей способностью. На втором этапе – по формуле (5) определяют величину избыточного давления для получения сварногнутого элемента с заданными геометрическими характеристиками поперечного сечения.

Список литературы

1. Кизимова О.В. Инновационный строительный элемент // Наука, Техника, Инновации 2014: сб. статей Междунар. науч.-техн. конф. Брянск: Научный центр «НДМ», 2014. С. 41-46.
2. Беляев В.З. Сопротивление материалов. М.: Наука, 1976. 607 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРЁХМЕРНОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ПЛАСТИНЕ

П. К. Семёнов*, Ю. А. Поляков*

* Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Россия, Саратов, mdt@sstu.ru, poliakoff.i@yandex.ru

Предложена методика определения параметров температурного поля в тонкой прямоугольной пластинке при отсутствии внутренних источников тепла и теплообмена на поверхности.

Ключевые слова: температурное поле, градиент, краевая задача, граничные условия, аппроксимирующие функции, уравнение Пуассона

SIMULATION OF THREE-DIMENSIONAL TEMPERATURE FIELD IN A RECTANGULAR PLATE

P. K. Semenov*, Y. A. Polyakov*

* Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia, Saratov,
mdt@sstu.ru, poliakoff.i@yandex.ru

A method for determining the parameters of the temperature field in a thin rectangular plate with no internal heat sources and heat transfer on the surface.

Keywords: temperature field gradient boundary value problem, boundary conditions approximating functions, Poisson equation

В тонкой пластинке температурное поле может быть представлено в виде [1, 2]

$$T(x, y, z) = T_0(x, y) + z\theta(x, y). \quad (1)$$

Здесь x, y – координаты точки срединной плоскости, z – координата, отсчитываемая по нормали к срединной плоскости, $T_0(x, y)$ – температура срединной плоскости, $\theta(x, y)$ – температурный градиент.

Таким образом, предполагается, что температура пластинки произвольно меняется в плоскости x, y и линейно вдоль оси z . Выражения (1) следует рассматривать как аналог гипотезы Кирхгофа – Лява в теории пластин и оболочек.

Перейдем в дальнейшем к безразмерным переменным $\xi = x/a$, $\eta = y/b$ (a и b – размеры пластинки в плане) Предположим, что внутри пластинки отсутствуют источники тепла и что на ее поверхностях нет теплообмена. Тогда функции $T_0(\xi, \eta)$ и $\theta(\xi, \eta)$ будут удовлетворять уравнениям:

$$\nabla^2 T_0(\xi, \eta) = 0; \quad \nabla^2 \theta(\xi, \eta) = 0; \quad \nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial \xi^2} + \lambda^2 \frac{\partial^2}{\partial \eta^2}; \quad \lambda = \frac{a}{b}. \quad (2)$$

Таким образом, функции $T_0(\xi, \eta)$ и $\theta(\xi, \eta)$ определяются из решения задачи Дирихле для уравнения Пуассона в единичном квадрате:

$$\begin{aligned} \nabla^2 U(\xi, \eta) &= 0; \quad 0 \leq \xi, \eta \leq 1; \\ U(0, \eta) &= S_1(\eta), U(1, \eta) = S_2(\eta), U(\xi, 0) = p_1(\xi), U(\xi, 1) = p_2(\xi). \end{aligned} \quad (3)$$

Очевидным образом должны удовлетворяться условия совместности в углах пластинки:

$$p_1(0)=S_1(0); p_1(1)=S_2(0); p_2(0)=S_1(1); p_2(1)=S_2(1); \quad (4)$$

Представим искомую функцию $U(\xi, \eta)$ в виде

$$U(\xi, \eta)=U_1(\xi, \eta)+U_2(\xi, \eta). \quad (5)$$

Построим $U_1(\xi, \eta)$ так, чтобы она удовлетворяла условиям (3,4):

$$U_1(\xi, \eta)=p_1(\xi)(1-\eta)+p_2(\xi)\eta+S_1(\eta)(1-\xi)+S_2(\eta)\xi-[p_1(0)(1-\eta)+p_2(0)\eta](1-\xi)-[p_1(1)(1-\eta)+p_2(1)\eta]\xi. \quad (6)$$

Тогда функция $U_2(\xi, \eta)$ вследствие (3) и (6) должна удовлетворять уравнению

$$\nabla^2 U_2(\xi, \eta)=(\eta-1)p_1''(\xi)-\eta p_1''(\xi)+\lambda^2(\xi-1)S_1''(\eta)-\lambda^2\xi S_2''(\eta)=H(\xi, \eta) \quad (7)$$

И однородным граничным условиям

$$U_2(0, \eta)=U_2(1, \xi)=U_2(\xi, 0)=U_2(\xi, 1)=0. \quad (8)$$

Краевую задачу (7)-(8) можно решить, например, методом Бубнова – Галёркина, представляя функцию $U_2(\xi, 0)$ в виде

$$U_2(\xi, 0)=\sum_{i=1}^{\infty}\sum_{j=1}^{\infty}C_{ij}f_i(\xi)g_j(\eta)+\sum_{i=1}^N\sum_{j=1}^N C_{ij}f_i(\xi)g_j(\eta). \quad (9)$$

Коэффициенты разложения (9) определяются из решения системы N^2 алгебраических уравнений

$$\sum_{i=1}^{\infty}\sum_{j=1}^{\infty}C_{ij}\left[\int_0^1\int_0^1(\eta f_i g_i + \lambda^2 f_i g_i) f_m g_n d\xi d\eta\right] = \int_0^1\int_0^1 H(\xi, \eta) f_m g_n d\xi d\eta; \quad m, n=1, 2, \dots, N. \quad (10)$$

Системы аппроксимирующих функций $f_i(\xi)$, $g_i(\eta)$ могут быть построены с помощью модифицированного статического метода Власова [3]. Зафиксируем, например, $\eta=\eta_0$. Из уравнения (7) получим

$$\frac{\partial^2 U_2(\xi, \eta_0)}{\partial \xi^2}=H(\xi, \eta_0)=V''(\xi). \quad (11)$$

Функцию $V(\xi)$ представим в виде сходящегося ряда на интервале $0\leq\xi\leq 1$;

$$V''(\xi)=\sum_{n=1}^{\infty}V_n''(\xi)=\sum_{n=1}^{\infty}a_n\left(\xi-\frac{1}{2}\right)^n. \quad (12)$$

Дважды интегрируя формулу (12), получим

$$V_n(\xi)=\frac{a_n}{(n+1)(n+2)}\left[\left(\xi-\frac{1}{2}\right)^{n+2}+b_1(n)\xi+b_2(n)\right]. \quad (13)$$

Постоянные $b_1(n)$ и $b_2(n)$ определяются из условий однородности функций $V_n(\xi)$ на концах интервала, ввиду выражения (8)

$$b_1(n)=\left[\left(-\frac{1}{2}\right)^{n+2}-\left(\frac{1}{2}\right)^{n+2}\right]; \quad b_2(n)=-\left(-\frac{1}{2}\right)^{n+2}. \quad (14)$$

Примем $f_i(\xi)=\left(\xi-\frac{1}{2}\right)^{i+2}+b_1(j)\xi+b_2(i)$,

$$g_j(\eta)=\left(\eta-\frac{1}{2}\right)^{j+2}+b_1(j)\eta+b_2(i). \quad (15)$$

Если в разложении (8) использовать аппроксимацию в виде двойного тригонометрического ряда по синусам, то нетрудно показать, что система (10) “рассыпается” на отдельные уравнения относительно коэффициентов C_{ij}

$$C_{ij}=\frac{4}{\pi^2(i^2+j^2)}\times\left\{\frac{1}{j}\int_0^1[p_1(\xi)-(-1)^j p_2(\xi)]\sin i\pi\xi d\xi+\frac{\lambda^2}{i}\int_0^1[S_1(\eta)-(-1)^i S_2(\eta)]\sin j\pi\eta d\eta\right\} \quad (16)$$

С целью исследования влияния выбора аппроксимирующих функций на сходимость ряда (9) проводился сопоставительный расчёт. Задача (3) решалась

при следующих граничных условиях: $p_1(\xi) = 0$, $p_2(\xi) = 1 + \sin \pi \xi$; $S_1(\eta) = S_2(\eta) = 1 + \sin \pi \eta$. Значение функции $U(\xi, \eta)$ в центре единичного квадрата в зависимости от N приведены в таблице.

Значение функции $U(\xi, \eta)$

Разложение по системам функций (15)		Разложение в двойной тригонометрический ряд по синусам	
N	$U(0.5; 0.5)$	N	$U(0.5; 0.5)$
1	1.80661	1	1.726759
3	1.798719	10	1.795881
5	1.79714	20	1.797216

Результаты расчёта демонстрируют значительно более быструю сходимость ряда (9) при использовании систем функций (15).

Следует заметить, что если функция $p_1(\xi), p_2(\xi), S_1(\eta), S_2(\eta)$ линейны, то коэффициенты разложения (9) равны нулю, и задача (3)-(4) имеет точное решение

$$U(\xi, \eta) = H(\xi, \eta). \quad (17)$$

Например, если $p_1(\xi) = \xi$, $p_2(\xi) = 1 - \xi$, $S_1(\eta) = \eta$, $S_2(\eta) = 1 - \eta$, то $U(\xi, \eta) = \xi - 2\xi\eta + \eta$.

Если, кроме того, ординаты функций $p_1(\xi)$, $p_2(\xi)$, $S_1(\eta)$, $S_2(\eta)$ в углах пластинки лежат в одной плоскости, то все значения функции $U(\xi, \eta)$ будут лежать в этой плоскости. Так, если $p_1(\xi) = \xi$, $p_2(\xi) = 1 + \xi$, $S_1(\eta) = \eta$, $S_2(\eta) = 1 + \eta$, то $U(\xi, \eta) = (\xi, \eta)$.

Таким образом, представление температурного поля в пластинке в виде (1) и использование изложенной схемы решения позволяет определять трёхмерное температурное поле по результатам решения двух двумерных задач вида (3)-(4) для функций $T_0(\xi, \eta)$ и $\theta(\xi, \eta)$.

Список литературы

1. Болотин В.В. Уравнения нестационарных температурных полей в тонких оболочках при наличии источников тепла // ПММ. 24. 1960, № 2. С. 361-363.
2. Болотин В.В. Неконсервативные задачи теории упругой устойчивости. М.: Физматгиз, 1961, 399 с.
3. Семенов П.К., Филатов В.Н. Расчет нелинейно-упругих пластин на механическое и тепловое воздействия // Современные проблемы строительной механики и прочности летательных аппаратов: тез. докл. Всесоюз. конф. М., 1983. С. 118.

УДК 539.3

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНАЯ ПОЛЗУЧЕСТЬ НЕЛИНЕЙНО-УПРУГИХ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ПЛАСТИН

П. К. Семёнов*, Ю. А. Поляков*

* Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., Россия, Саратов, mdt@sstu.ru, poliakoff.i@yandex.ru

Рассматриваются вопросы построения разрешающих соотношений для прямоугольных пластин из нелинейно-упругого материала, взаимодействующих с температурным полем с использованием имеющихся в справочной литературе экспериментальных данных.

Ключевые слова: физическая нелинейность, ползучесть, длительная прочность, деформирование, температурное поле

HIGH-TEMPERATURE CREEP NONLINEAR ELASTIC RECTANGULAR PLATE

P. K. Semenov, Y. A. Polyakov**

** Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia, Saratov,
mdt@sstu.ru, poliakoff.i@yandex.ru*

Questions of construction permitting relations for the rectangular plates of nonlinear-elastic material interacting with the temperature field using reference books available in the experimental data.

Keywords: physical nonlinearity, creep, creep rupture strength, deformation, temperature field

Учёт зависимости свойств материала от температуры и времени осуществляется в компонентных (физических) соотношениях. Считая материал несжимаемым и нелинейно – упругим, запишем компонентные соотношения в форме деформационной теории пластичности:

$$\sigma_x = \frac{4\sigma_i}{3\varepsilon_i} \left(\varepsilon_x + \frac{\varepsilon_x}{2} - \frac{3}{2}\alpha T \right), \quad \sigma_y = \frac{4\sigma_i}{3\varepsilon_i} \left(\varepsilon_y + \frac{\varepsilon_y}{2} - \frac{3}{2}\alpha T \right), \quad \tau_{xy} = \frac{\sigma_i}{3\varepsilon_i} \gamma_{xy}. \quad (1)$$

Здесь: σ_i – интенсивность напряжений, ε_i – интенсивность деформаций, α – коэффициент температурного расширения материала, T – температура.

Примем функциональную зависимость $\sigma_i = \sigma_i(\varepsilon_i, T, \tau)$ в виде

$$\sigma_i = \sigma_i(\varepsilon_i, T, \tau) = E(T, \tau)\varepsilon_i - m(T, \tau)\varepsilon_i^3, \quad \text{где } \tau - \text{время.} \quad (2)$$

Функции $E(T, \tau)$ и $m(T, \tau)$ могут быть построены по результатам численной обработки нелинейных диаграмм деформирования при различных температурах и кривых ползучести при различных напряжениях и температурах, приведённых в [1] для широкого класса конструкционных материалов.

Методика численной обработки экспериментальных данных может быть следующей. В начальный момент времени ($\tau = 0$) рассматриваются мгновенные диаграммы деформирования $\sigma_i(\varepsilon_i)$ для различных температур. Для каждой температуры, например, методом наименьших квадратов, определяются значения E и m . Таким образом, в каждый момент времени можно построить и аппроксимировать аналитическим выражением зависимости $E(T)$ и $m(T)$. Было показано [3], что для многих конструкционных материалов они адекватно могут быть приняты в виде квадратичных полиномов:

$$E(T) = E_0 + E_1 T + E_2 T^2, \quad m(T) = m_0 + m_1 T + m_2 T^2. \quad (3)$$

Далее, выполняя срезы по времени с серий кривых ползучести при различных напряжениях температурах строятся зависимости $\sigma_i(\varepsilon_i)$ для различных температур в последующие моменты времени $\tau = \tau_1 < \tau_2 < \dots < \tau_n < \dots$ и подвергаются аналогичной численной обработке.

На рис. 1 приведены построенные таким образом зависимости $\sigma_i(\varepsilon_i)$ сплава АК – 4 при $\tau_0 = 0$, $\tau_1 = 40 \text{ час.}$ и $\tau_2 = 100 \text{ час.}$ для температур 20° , 250° , 300°C .

Зависимость свойств материала от времени можно рассматривать, переписав (3) в виде:

$$E(T, \tau) = E_0(\tau) + E_1(\tau)T + E_2(\tau)T^2, \quad m(T, \tau) = m_0(\tau) + m_1(\tau)T + m_2(\tau)T^2. \quad (4)$$

Графики зависимостей E и m от температуры в различные моменты времени (0, 40 ч, 100 ч) для сплава АК – 4 приведены на рис. 2, 3. Обращает на себя внимание тот факт, что с течением времени зависимости $E(T)$ и $m(T)$ становятся практически линейными. В этой связи положим

$$E_1(\tau) = \frac{E_2}{\varepsilon_i}; \quad m_1(\tau) = \frac{m_2}{\varepsilon_i} \quad (5)$$

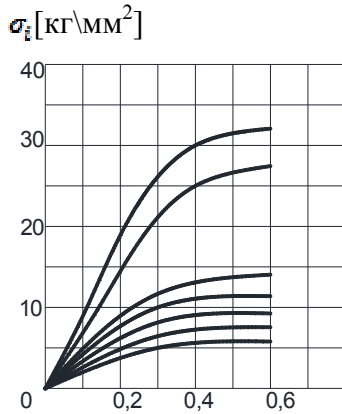


Рис. 1. Диаграммы деформирования

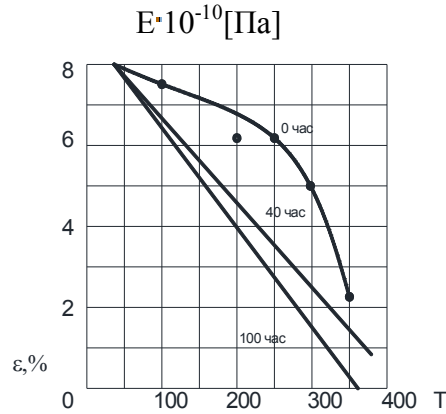


Рис. 2. Зависимость E от времени

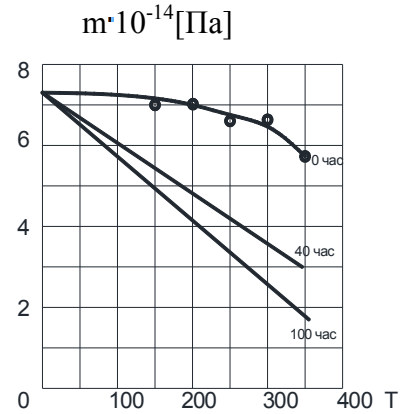


Рис. 3. Зависимость m от времени

Зависимости $E_0(\tau)$, $E_1(\tau)$, $m_0(\tau)$, $m_1(\tau)$ строятся по результатам численной обработки графических зависимостей, приведенных на рис. 2, 3. Для сплава АК – 4 они оказываются следующими:

$$\begin{aligned} E_0(\tau) &= 8,30 \cdot 10^{10} + 4,56 \cdot 10^7 \tau - 2,67 \cdot 10^5 \tau^2 & E_1(\tau) &= 3,21 \cdot 10^7 + 5,70 \cdot 10^6 \tau - 3,76 \cdot 10^5 \tau^2 \\ m_0(\tau) &= 7,55 \cdot 10^{14} + 1,09 \cdot 10^{12} \tau - 7,33 \cdot 10^9 \tau^2 & m_1(\tau) &= 4,00 \cdot 10^{10} + 5,38 \cdot 10^{10} \tau - 3,63 \cdot 10^8 \tau^2 \end{aligned} \quad (6)$$

значения $E_2 = -4,83 \cdot 10^5 \frac{\text{Па}}{\text{град}^2}$; $m_2 = -7,95 \cdot 10^8 \frac{\text{Па}}{\text{град}^2}$ взяты из [3].

Окончательно зависимость (2) принимает вид

$$\sigma_i(\varepsilon_i, T, \tau) = \varepsilon_i \left[E_0(\tau) + E_1(\tau)T + \frac{E_2}{\varepsilon_i} T^2 \right] - \varepsilon_i^3 \left[m_0(\tau) + m_1(\tau)T + \frac{m_2}{\varepsilon_i} T^2 \right] \quad (7)$$

Пределы применимости выражения (7) определяются рассмотренными диапазонами изменения параметров T и τ :

$$20^\circ\text{C} \leq T \leq 350^\circ\text{C}; \quad 0 \leq \tau \leq 100 \text{ час.}$$

Кроме того, необходимо учитывать, что пригодность (7) зависит также от положения его аналитического экстремума по ε_i , что реально соответствует значениям $\varepsilon_i \leq 0,45 \div 0,5\%$. В соотношениях (1) необходимо также учитывать зависимость коэффициента линейного расширения материала от температуры. Учитывая многочисленные справочные данные, примем

$$\alpha T = \alpha_0 + \alpha_1 T. \quad (8)$$

Для рассмотренного материала

$$\alpha_0 = 20,6 \cdot 10^{-1} \text{ 1/град}; \quad \alpha_1 = 1,4 \cdot 10^{-8} \text{ 1/град}^2;$$

Построенные выражения (7), (8) могут быть использованы при построении разрешающих уравнений математических моделей тонкостенных конструкций, испытывающих силовые и температурные воздействия в течение рассмотренного временного диапазона.

Рассмотрим прямоугольную пластинку, отнесенную к системе координат XYZ (X, Y – координаты середины плоскости). Для тонких пластинок температура в любой точке объема может быть определена выражением

$$T(x, y, z) = T_0(x, y) + z\Theta(x, y) \quad (9)$$

Здесь: T_0 – температура срединной плоскости, Θ – температурный градиент.

Для получения полной системы уравнений нелинейного термоупругого равновесия добавляем к уравнениям (1) геометрические уравнения и уравнения равновесия. Полученная система вместе с граничными условиями порождает не-

линейный оператор. Линеаризация последнего осуществляется построением дифференциала Фурье в соответствии с методом последовательных нагружений-нагреваний Власова – Петрова [2].

Результирующее разрешающее линеаризованное дифференциальное уравнение в частных производных, связывающее приращение функции прогиба срединной плоскости пластинки $\Delta w(x, y)$ с приращением функций распределения внешней поперечной нагрузки $\Delta q(x, y)$, температуры срединной плоскости пластинки $\Delta T_0(x, y)$, и температурного градиента $\Delta \Theta(x, y)$, имеет вид:

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2}{\partial x^2} \left[A_1 \left(\frac{\partial^2 \Delta w}{\partial x^2} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 \Delta w}{\partial y^2} \right) \right] + 2 \frac{\partial^2}{\partial x \partial y} A_3 \frac{\partial^2 \Delta w}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \left[A_2 \left(\frac{\partial^2 \Delta w}{\partial y^2} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 \Delta w}{\partial x^2} \right) \right] = \\ = \Delta q(x, y) + \frac{\partial^2}{\partial x^2} [A_{1T} \Delta T_0(x, y)] + \frac{\partial^2}{\partial y^2} [A_{2T} \Delta T_0(x, y)] + \nabla^2 [A_\Theta \Delta \Theta(x, y)] + \\ + \frac{\partial^2}{\partial x^2} [A_{1\tau} \Delta \tau] + \frac{\partial^2}{\partial y^2} [A_{2\tau} \Delta \tau] \end{aligned} \quad (10)$$

Коэффициенты $A_1, A_2, A_3, A_{1T}, A_{2T}, A_\Theta, A_{1\tau}, A_{2\tau}$ уравнения (10) являются функциями координат, температуры и времени и определяются в зависимости от аппроксимации нелинейной диаграммы деформирования. Принимая ее в виде (2), мы получаем возможность адекватно отразить реальные свойства широкого класса конструкционных материалов и получить конечные соотношения в замкнутой форме.

Окончательно, используя операторную символику, уравнение (10) можно записать в виде

$$\nabla_A^4 [\Delta w(x, y, z)] = \Delta q + \nabla_T^2 \Delta T_0 + \nabla^2 \Delta \Theta + \nabla_\tau^2 \Delta \tau. \quad (11)$$

Наличие в правой части уравнения (11) приращений четырёх ведущих параметров поставленной задачи: поперечной нагрузки (Δq), температуры срединной плоскости (ΔT_0), температурного градиента ($\Delta \Theta$) и времени ($\Delta \tau$) позволяет путём численного эксперимента исследовать различные программы нагружения и нагревания в пределах определённого интервала времени.

Список литературы

1. Атлас диаграмм растяжения при высоких температурах, кривых ползучести и длительной прочности сталей и сплавов. М.: Оборонгиз, 1957. 173 с.
2. Петров В.В. Метод последовательных нагружений в нелинейной теории пластин и оболочек. Саратов, 1975. 116 с.
3. Семёнов П.К. К вопросу расчёта прямоугольных пластин и пологих оболочек, взаимодействующих с температурным полем, с учётом зависимости свойства материала от нагревания. Строительная механика пространственных конструкций / Саратовский политехнический институт. Саратов. 1980. Деп в ВИНТИ 15.07.80, №3084. С. 111-120

РАЗВИТИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, РАСЧЕТА, СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

УДК 625.855.31/32

ПРИМЕНЕНИЕ ХОЛОДНЫХ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ СТОИМОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА И РЕМОНТА АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ

В. Е. Никишин*

** Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Россия, Саратов, svarog108@mail.ru*

Рассмотрены разновидности холодных асфальтобетонных смесей для строительства и ремонта асфальтобетонных покрытий. Предложено использование для ямочного ремонта холодного регенерированного асфальтобетона с дисперсным битумом.

Ключевые слова: холодный асфальтобетон, ямочный ремонт, регенерированный асфальтобетон, дисперсные вяжущие, жидкий битум

THE USE OF COLD ASPHALTIC CONCRETE COMPOSITIONS FOR THE REDUCTION OF ASPHALTIC CONCRETE COVERS CONSTRUCTION AND REPAIR COST

V. E. Nikishin*

** Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia, Saratov,
svarog108@mail.ru*

A variety of cold asphaltic concrete compositions is considered in context of construction and repair of asphaltic concrete covers. The use of cold regenerated asphaltic concrete with dispersed bitumen for patchwork is proposed.

Keywords: cold asphaltic concrete, patchwork, regenerated asphaltic concrete, dispersed bonders, liquid bitumen

В настоящее время потребность в проведении ремонта асфальтобетонных покрытий остается значительной. С учетом дефицита средств на приведение автомобильных дорог и улиц в нормативное состояние актуальной задачей является снижение затрат на ремонтные мероприятия. Применение для ремонта холодных асфальтобетонных смесей, стоимость которых ниже стоимости горячих позволит увеличить объемы работ по строительству и ремонту покрытий. Применение холодных смесей для ремонта обеспечивает мобильность и оперативность ремонтных работ.

Холодный асфальтобетон широко применяется в ряде стран (США, Норвегия, Великобритания и др.). В России отмечается рост интереса к применению холодных смесей, однако дорожники Саратовской области холодные смеси практически не используют.

Для анализа возможных причин отсутствия у российских дорожников интереса к широкому применению холодных смесей рассмотрим особенности технологии производства и применения

Холодные асфальтобетонные смеси, как и другие смеси, соответствующие требованиям ГОСТ 9128-2013 [1], приготавливают в горячем состоянии, но в от-

личие от горячих смесей укладываются в холодном виде (при температуре окружающей среды). Температура холодной асфальтобетонной смеси, предназначенной для складирования, во избежание слеживаемости не должна превышать 40°C. При выпуске смеси с более высокой температурой при укладке на хранение ее следует взрыхлять в процессе остывания до температуры 25°C. Вероятно, эта дополнительная операция является одной из причин, почему складированные смеси неохотно применяют. Штабели, в которых находятся смеси при хранении во избежание переувлажнения рекомендуется укрывать любым водонепроницаемым материалом, что также требует дополнительных операций.

Холодные смеси в СССР начали применять в 50-х годах прошлого века. Для приготовления смесей применялись средне- и медленногустеющие битумы марок СГ 70/130 или МГ 70/130 получаемые разжижением вязких битумов дизельным топливом, керосином или маслами. Для предотвращения слеживания готовой смеси содержание битума было на 20 % меньше оптимального, а для повышения прочности готовой смеси вводили повышенное количество минерального порошка (на 15–20 % больше оптимального).

Ускорение формирования холодного асфальтобетона и повышения его качества можно достичь заменой медленногустеющих битумов быстрогустеющими. Для этого используются летучие разжижители битума. Для исключения испарения растворителя подобные асфальтобетонные смеси упаковываются в бумажные или полиэтиленовые мешки. Холодные смеси в мешках обычно применяются для ямочного ремонта. Для перевозки также можно использовать биг бэги (мягкие контейнеры).

Холодные асфальтобетонные смеси рекомендуют применять для устройства покрытий на дорогах местной сети с небольшой интенсивностью движения, а также при ремонте дорожных асфальтобетонных покрытий всех типов [2]. Особенностью использования таких смесей является возможность проведения строительных и ремонтных работ при более низких температурах воздуха, чем это допускается при применении горячих асфальтобетонных смесей.

Холодные асфальтобетонные смеси, приготовленные в соответствии с ГОСТ 9128-2013 на карбонатных материалах могут храниться в штабеле высотой не выше 2 м до шести месяцев. Смесь на гранитном песке допускается хранить в штабеле высотой до 4 м в течение 1 года.

Ремонтные работы по устранению выбоин можно осуществлять с использованием традиционных составов холодных асфальтобетонных смесей при температуре воздуха не ниже -10 °C, при этом снег или морозящий дождь не являются препятствием к проведению ремонта. При глубине выбоины до 3 см ее необходимо углубить до 5 см с помощью перфоратора или мотобетонолома. При глубине выбоины более 10 см нижнюю ее часть заполняют необработанным щебнем или щебнем, обработанным органическим вяжущим, с уплотнением трамбовкой. Дно и стенки выбоины перед укладкой смеси очищают от грязи, тщательно промывают водой, после чего воду удаляют метлами или с помощью мешковины и заполняют асфальтобетонной смесью. При этом погрузку дна и стенок выбоины не делают. Заполнение смесью ведут постепенно с трамбованием и с некоторым запасом по высоте, учитывая последующее доуплотнение движущимися транспортными средствами. Этот запас составляет ориентировочно 1,0-1,5 см на 5 см глубины выбоины. Окончательное уплотнение ремонтиру-

емого участка проводят пневмокатком за 3-5 проходов по одному следу. Движение по дороге можно открывать сразу после проведения ремонтных работ.

Формирование структуры материала происходит в течение 3-30 сут в зависимости от погодных условий и интенсивности движения транспортных средств. Опыт эксплуатации показывает, что на участках, отремонтированных в неблагоприятные периоды года, ямочный ремонт служит не более 1 года. Более высокое качество работ достигается при использовании для ремонта холодных складированных асфальтобетонных смесей, приготавливаемых на основе битумных эмульсий, битумов, содержащих растворители. Наиболее долговечными являются холодные смеси на основе модифицированного битума.

Холодные складированные асфальтобетонные смеси, приготавливаемые с применением битумных эмульсий, предназначены для круглогодичного ямочного ремонта асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог III-V категорий при температуре воздуха не ниже -5°C . Они представляют собой смесь щебня, песка из отсевов дробления и катионной битумной эмульсии, взятых в определенных соотношениях, приготовленную в установке и укладываемую в холодном состоянии в подготовленные «карты». Эти смеси могут упаковываться в герметичную тару и храниться на складе в открытых штабелях. Срок хранения в герметичной таре – до шести месяцев, в штабелях – до трех месяцев. Для исключения замерзания воды в эмульсию может вводиться дополнительное количество хлористых солей.

Холодные асфальтобетоны сохраняют эластичность в нижних слоях в течение длительного времени и таким образом препятствуют отраженному трещинообразованию на поверхности покрытия. Это также можно рассматривать как достоинство.

При температуре выше $+5^{\circ}\text{C}$ для ямочного ремонта возможно применять регенерированные асфальтобетоны с дисперсными вяжущими. Особенностью технологии асфальтобетонов с дисперсными битумами является образование в процессе смешения составляющих в объеме асфальтовой смеси прямой медленнораспадающейся битумной эмульсии на твердом эмульгаторе, роль которого выполняет применяющийся минеральный порошок. На основе опыта ямочного ремонта с использованием регенерированных асфальтобетонов с дисперсным битумом [3] можно рекомендовать применение этих материалов в случае отсутствия продолжительных ливневых осадков в начальный период формирования и отсутствии признаков перехода покрытия в предельное состояние (отсутствия участков значительных разрушений на покрытии – частые трещины, сетка трещин, интенсивное выкрашивание и т.п.).

Имеется положительный опыт ямочного ремонта на тротуарах. Например, отремонтированная выбоина на тротуаре на Беговом проезде служит более 17 лет. В данном случае с целью ускорения формирования покрытия в неблагоприятных погодных условиях (температура воздуха днем $+5-10^{\circ}\text{C}$, ночью – около 0°C , небольшие дожди), для приготовления смеси применялся битум марки БНД 200/300.

Учитывая большую глубину выбоины (до 9,0 см), на дно ее был уложен выравнивающий слой щебня фракции 5-10 мм. После укладки выравнивающего слоя толщина уложенного слоя асфальта составила 2-4 см. Визуальные наблюдения показали, что до наступления устойчивых морозов смесь не сформирова-

лась полностью. Ее формирование продолжалось весной следующего года. Последующие наблюдения показали, что заделанная выбоина находится в хорошем состоянии, имеется нарушение монолитности покрытия в месте сопряжения старого и отремонтированного покрытия.

Опыт показывает, что регенерированную смесь с дисперсным битумом можно применять для заделки выбоин на тротуарах с ранней весны до поздней осени.

Выполненные производственные эксперименты позволяют сделать следующие выводы:

1. Регенерированный асфальт с дисперсным битумом является эффективным материалом для ямочного ремонта на проезжей части и тротуарах. Его применение позволяет производить ремонт выбоин с любой конфигурацией в плане. Благодаря достигаемой монолитности шва сопряжения можно отказаться от предварительной подгрунтовки битумом.

2. При необходимости обеспечения работы покрытия в тяжелых условиях эксплуатации, а также для ускорения сроков его формирования, рекомендуется применять регенерированный асфальт с комплексным (битум и цемент) вяжущим. Сокращение сроков формирования покрытия также может быть достигнуто применением регенерированных смесей с составленными вяжущими (нефтяной битум и маловязкий сланцевый битум или сланцевое масло).

3. Благодаря простоте инструментов для ручной укладки и несложной технологии ремонта все работы могут выполняться одним человеком на площади до 1 м². Удобноукладываемость смеси обеспечивается при содержании в регенерированной смеси 7-9 % воды.

Существующие разновидности холодных асфальтобетонных смесей соответствуют современным требованиям к материалам для строительства и ремонта автомобильных дорог и с учетом более низкой стоимости должны рассматриваться в качестве альтернативы традиционным горячим смесям.

Список литературы

1. ГОСТ 9128-2013 Смеси асфальтобетонные, полимерасфальтобетонные, асфальтобетон, полимерасфальтобетон для автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия.
2. Руденский А.В. Холодный асфальтобетон. Возможности продления сезона строительных и ремонтных работ Новости в дор. деле: Науч.-техн. информ. сб. / Информавтордор. М., 2006. Вып. 1. С. 11-42.
3. Ямочный ремонт холодным регенерированным асфальтом / Никишин В.Е., Евтеева С.М., Андронов С.Ю., Пыжов А.С. // Проблемы транспорта и транспортного строительства : сб. науч. тр. Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2008. С. 148-153.

УДК 624.042

МОДЕЛЬ ВОЗДЕЙСТВИЯ ХЛОРИДСОДЕРЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ЖЕЛЕЗОБЕТОННУЮ БАЛКУ ПРОЛЕТНОГО СТРОЕНИЯ МОСТА

В. В. Раткин*, А. В. Кокодеев*

** Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Россия, Саратов*

Освещаются вопросы прогнозирования долговечности конструкций железобетонных пролетных строений мостов с учетом воздействия на них фактора агрессивной хлоридсодержащей среды. Предлагается модель деформирования железобетонной балки пролетного строе-

ния моста. Рассматривается проблема идентификации построенной модели и требования к минимально необходимому набору экспериментальных данных.

Ключевые слова: мост, пролетное строение, балка, железобетон, арматура, бетон, коррозия, деформирование, напряжения, дефект, повреждение, агрессивная среда, хлориды, модель

THE MODEL OF THE IMPACT OF CHLORIDE ENVIRONMENT ON THE REINFORCED CONCRETE GIRDER OF THE BRIDGE SUPERSTRUCTURE

V. V. Ratkin, A. V. Kokodeev**

** Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia, Saratov*

The article highlights the issues of prediction of durability of structures of the concrete bridge superstructures with regard to exposure to factor in aggressive chloride environment. Proposed model of deformation of a reinforced concrete beam spans of the bridge. The problem of identification of the constructed model and requirements to the minimum necessary set of experimental data.

Keywords: bridge, superstructure, girder, reinforced concrete, reinforcement, concrete, corrosion, deformation, stresses, defect, damage, aggressive environment, chlorides, model

Подавляющее большинство малых мостов в России построено из железобетона. В процессе эксплуатации под влиянием подвижной нагрузки и агрессивной внешней среды механические характеристики бетона и арматуры в той или иной степени ухудшаются, приводя к перераспределению напряжений, появлению дефектов и повреждений различного характера и, как следствие, сокращению долговечности сооружений [1]. Поэтому в последнее время вопросы прогнозирования долговечности железобетонных мостов, подвергающихся воздействию агрессивных сред, приобретают особо актуальное значение.

В данной работе предлагается модель деформирования балки пролетного строения моста из композиционного строительного материала – железобетона. Физические соотношения приняты в форме, учитывающей нелинейность и бетона, и арматуры, а также влияние агрессивной среды, которая приводит к изменению значений механических характеристик материала. Считается, что агрессивная среда проникает в материал балки по закону диффузии, а процесс коррозии арматуры начинается в момент, когда концентрация хлоридов на поверхности арматуры достигнет критического значения [2].

Модель деформирования балки под воздействием нагрузки и агрессивной среды включает в себя несколько подмоделей: модель конструктивного элемента; модель материала; модель воздействия среды; модель наступления предельного состояния.

Ниже будет приведено обобщенное выражение (или описание) для каждой подмодели.

В качестве модели конструктивного элемента принимаем балку прямоугольного поперечного сечения с симметрично расположенной арматурой.

Модель материала принимаем:

■ для бетона – в виде модели нелинейного материала, по-разному сопротивляющегося растяжению и сжатию:

$$\sigma = A_j \cdot \varepsilon^k - B_j \cdot \varepsilon^n, \quad (1)$$

где σ – напряжение; ε – деформация; A , B , K , n – коэффициенты, определяемые по экспериментальным данным; j – индекс при коэффициентах A и B , равный 1 при растяжении и 2 при сжатии;

■ для арматуры – в виде модели нелинейного материала:

$$\sigma = A \cdot \varepsilon^m, \quad (2)$$

где σ – напряжение; ε – деформация; A, m – коэффициенты, зависящие от концентрации среды в точке материала и определяемые по экспериментальным данным.

При проникании хлоридов в бетон по закону диффузии, имеем модель воздействия агрессивной среды в виде

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \nabla^2 C, \quad (3)$$

где C – концентрация хлоридов в точке материала, зависящая от координаты точки и времени; t – время; D – коэффициент диффузии, зависящий от водоцементного отношения бетонной составляющей.

Считаем, что известна начальная концентрация хлоридов в бетоне C_0 , концентрация хлоридов в окружающей среде C_∞ и критическая концентрация хлоридов, при которой начинается коррозия арматуры C_{cr} . Тогда время, за которое концентрация хлоридов в месте расположения арматуры изменится от начальной C_0 до критической C_{cr} , будет представлять собой инкубационный период t_i , который будет различным для разных точек поперечного сечения железобетонной балки.

После достижения критической концентрации хлоридов на поверхности арматуры (за время t_i) начинается процесс коррозии, протекающий по закону [3]:

$$\delta = \begin{cases} 0, & t < t_i \\ k \cdot (t - t_i), & t > t_i \end{cases} \quad (4)$$

где δ – толщина прокорродировавшего металла; k – скорость коррозии арматурной стали в присутствии хлоридов.

Возможны различные виды коррозионного поражения арматуры в бетоне под воздействием хлоридов. Рассмотрим некоторые из них [4]:

а) равномерная по периметру арматурного стержня коррозия: в этом случае площадь арматуры, не подвергшейся коррозии, будет:

$$A(t) = \begin{cases} \frac{\pi}{4} \cdot d_0^2, & t < t_i \\ \frac{\pi}{4} \cdot (d_0 - 2\delta)^2, & t > t_i \end{cases} \quad (5)$$

где d_0 – изначальный диаметр арматуры.

Считаем, что коррозия арматуры начинается при достижении концентрации C_{cr} в точке центра тяжести арматурного стержня.

б) локальная по хорде коррозия: в этом случае площадь арматуры, не подвергшейся коррозии, будет

$$A(t) = \begin{cases} \frac{\pi}{4} \cdot d_0^2, & t < t_i \\ \frac{\pi}{4} \cdot d_0^2 - \frac{d_0^2}{8} \cdot (\alpha - \sin \alpha), & t_i < t < t_i + \frac{d_0}{k} \\ 0, & t > t_i + \frac{d_0}{k} \end{cases} \quad (6)$$

где $\alpha = 2 \arccos(1 - \frac{2k(t - t_i)}{d_0})$.

Считается, что коррозия арматуры начинается при достижении концентрации C_{cr} в нижней точке сечения арматурного стержня.

и в) серповидная коррозия: в этом случае площадь арматуры, не подвергшейся коррозии, будет

$$A(t) = \begin{cases} \frac{\pi}{4} \cdot d_0^2, & t \leq t_i \\ \frac{\pi}{4} \cdot d_0^2 - \left[\frac{d_0^2}{8} \cdot (\alpha_i - \sin \alpha_i) - \frac{(R_k + d_0 - \delta)^2}{2} \cdot (\beta_i - \sin \beta_i) \right], & t_i < t < t_i + \frac{d_0}{k} \\ \frac{d_0^2}{8} \cdot (2\pi - \alpha_i - \sin(2\pi - \alpha_i)) + \frac{(R_k + d_0 - \delta)^2}{2} \cdot (\beta_i - \sin \beta_i), & t_i < t < t_i + \frac{d_0}{k} \\ 0, & t \geq t_i + \frac{d_0}{k} \end{cases} \quad (7)$$

Здесь R_k – радиус окружности, расположенной вертикально над арматурным стержнем, и касающейся его.

Значение параметра β_i следует определять:

для второй формулы из (7), когда глубина коррозии меньше радиуса арматуры:

$$\beta_i = 2 \arcsin\left(\frac{d_0 \sin \frac{\alpha_i}{2}}{2(R_k + d_0 - \delta)}\right);$$

для третьей формулы из (7), когда глубина коррозии превышает радиус арматуры:

$$\beta_i = 2 \arcsin\left(\frac{d_0 \sin(\pi - \frac{\alpha_i}{2})}{2(R_k + d_0 - \delta)}\right);$$

где α_i – угол, образуемый радиусами арматурного стержня, проходящими через крайние точки серпа. Его величина зависит от времени: в момент начала коррозии стержня $\alpha_i = 0$; во время, когда весь стержень прокорродировал, $\alpha_i = 2\pi$.

Полагаем, что коррозия арматуры начинается при достижении концентрации C_{cr} в нижней точке сечения арматурного стержня. Под предельным состоянием балки (модель наступления предельного состояния) будем понимать превышение ее прогибом допустимой величины, равной 1/400 от пролета, вследствие коррозии арматуры и потери несущей способности.

Список литературы

1. Овчинников И.Г., Раткин В.В., Землянский А.А. Моделирование поведения железобетонных элементов конструкций в условиях воздействия хлоридосодержащих сред. Саратов: СГТУ, 2000. 232 с.
2. Will D. Lindquist Effect of Cracking on Chloride Content in Concrete Bridge Decks // Will D. Lindquist, David Darwin, JoAnn Browning, Gerald G. Miller. ACI Materials Journal, November-December, 2006. P. 467-473.
3. Раткин В.В., Кокодеев А.В. Построение модели деформирования сжимаемых железобетонных конструктивных элементов транспортных сооружений, эксплуатируемых в агрессивных средах // техническое регулирование в транспортном строительстве. 2015. № 1 (9); URL: trts.esrae.ru/15-64
4. Раткин В.В., Шеин А.А. Кокодеев А.В. О применимости моделей деформирования для описания поведения железобетонных конструкций транспортных сооружений, подвергающихся воздействию агрессивных сред // Актуальные проблемы технических наук в России и за рубежом: сб. тр. II Междунар. науч.-практ. конф. Новосибирск, 8 февраля 2015 г. Новосибирск: ИЦРОН, 2015. С. 87-89.

О СНИЖЕНИИ РИСКА РАЗРУШЕНИЯ ДОРОЖНЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИМИ МАТЕРИАЛАМИ

Е. В. Малышев*, Н. Е. Кокодеева*

** Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Россия, Саратов, sigrein@yandex.ru, kokodeewa@mail.ru*

Рассмотрено влияние геоячеек на срок службы дорожных одежд переходного типа. В качестве примера приведена типовая конструкция дорожной одежды без геоячеек и с геоячейками. Произведен расчет на прочность и выполнен сравнительный анализ риска разрушения и сроков службы указанных дорожных конструкций. Установлен положительный эффект от применения геосинтетического материала, выраженный в снижении риска разрушения и повышении долговечности дорожных конструкций.

Ключевые слова: дорожная одежды, геосинтетический материал, срок службы, риск разрушения, качество, надежность, оптимальное решение

ON REDUCING THE RISK OF DESTRUCTION OF ROAD STRUCTURES WITH GEOSYNTHETIC MATERIALS

E. V. Malyshev*, N. E. Kokodeeva*

** Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia, Saratov,
sigrein@yandex.ru, kokodeewa@mail.ru*

The influence of geogeeek on the service life of road pavements transition type. As an example, a typical construction of the pavement without joyceec and geocache. A calculation for strength and a comparative analysis of the risk of destruction and terms of service of the road structures. Set a positive effect of the use of geosynthetic material, expressed in reducing the risk of fracture and increase the durability of road structures.

Keywords: pavement, geosynthetic material, the lifetime risk of fracture, quality, reliability, optimal solution

С 15 февраля 2015 г. дорожное хозяйство стран-участников Таможенного союза, в том числе Российской Федерации, начало работать в условиях правоприменения Технического регламента Таможенного Союза 014/2011 «Безопасность автомобильных дорог» и комплекса новых государственных стандартов, подтверждающих соответствие продукции положениям технического регламента. В связи с этим, неизбежно ожидается освоение новых нормативных документов и процедур, связанных с подтверждением соответствия, получение подтверждающих документов по новым формам. Оценка соответствия в форме регистрации, экспертизы, оценки пригодности, государственного контроля (надзора) и (или) в иной форме устанавливается разработчиком в конкретных технических регламентах с учетом специфики продукции, а также объекта технического регулирования, степени риска причинения вреда и осуществляется соответствующими уполномоченными органами государств-членов Таможенного союза.

Согласно решению Комиссии Таможенного союза от 7 апреля 2011 года № 621 выбор форм и схем оценки соответствия должен осуществляться с учетом суммарного риска от недостоверной оценки соответствия и вреда от применения продукции, прошедшей оценку соответствия.

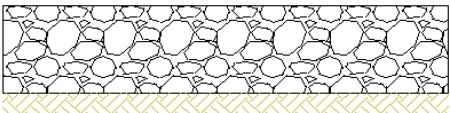
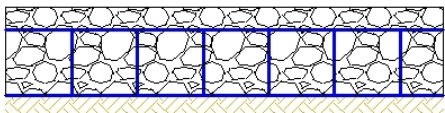
В рамках научной школы проф. Столярова В.В. на кафедре «Транспортное строительство» СГТУ имени Гагарина Ю.А. разработаны методические подходы

по оценке риска причинения вреда человеку, окружающей среде и имуществу любой формы собственности, которые в достаточной мере обеспечивают реализацию Федерального закона №184-ФЗ «О техническом регулировании», основными критериями которого являются риск и безопасность. В данной статье предложена одна из моделей этого актуального научного направления, получившего название «теория риска».

В [1] рассмотрена типовая дорожная конструкция в соответствии с типовой серией 3.503-71 «Дорожные одежды автомобильных дорог общего пользования» и ВСН 26-90 «Инструкция по проектированию и строительству автомобильных дорог нефтяных и газовых промыслов Западной Сибири», и рассчитана по МОДН 2-2001 «Проектирование нежестких дорожных одежд». Как показывает практика, такие конструкции используются на промысловых дорогах в Западной Сибири.

В качестве усиления этой дорожной конструкции был применен геосинтетический материал (см. табл. 1), при этом расчет на прочность в данной статье в отличие от работы [1] выполнен в соответствии с ОДН 218.3.032-2013.

Таблица 1 – Схемы конструкций дорожных одежд

Конструкция дорожной одежды	
без геоячеек	с геоячейками
 1. Покрытие – щебень легкоуплотняемый фракционированный 40-80 мм с заклиновкой мелким щебнем, $h=20$ см; 2. Подстилающий слой – песок пылеватый, расчётной влажностью $W_p=0,59W_T$.	 1. Покрытие – щебень легкоуплотняемый фракционированный 40-80 мм с заклиновкой мелким щебнем, уложенный в геоячейки высотой 15 см, со стороны ячейки 21 см, $h=20$ см; 2. Подстилающий слой – песок пылеватый, расчётной влажностью $W_p=0,59W_T$.

По результатам расчета общий эквивалентный модуль упругости конструкции без геоячеек составил $E_{ЭТ}=162$ МПа, при минимальном требуемом модуле упругости для дорожных одежд переходного типа равном 100 МПа.

Расчётный модуль упругости конструкции с геоячейками может быть вычислен исходя из результатов испытаний, проведённых СоюздорНИИ, которые показали, что модуль упругости щебня, помещённого в геоячейки, увеличивается в 1,2 раза. В этом случае, расчётный модуль упругости рассмотренной в примере конструкции с геоячейками составит $E_{ЭТ}^a=194,4$ МПа, т.е. $162 \times 1,2=194,4$ МПа [1].

В то же время, учитывая рекомендации ОДН 218.3.032-2013, в конструкции с геоячейками модуль упругости композита «щебень легкоуплотняемый фракционированный 40-80 мм с заклиновкой мелким щебнем, уложенный в геоячейки» равен 580 МПа. Получаем модуль упругости на поверхности конструкции $E_{ЭТ}^a=209$ МПа, что несколько выше, чем 194,4 МПа.

Дальнейшее исследование направим на сравнительную вероятностную оценку срока службы этих дорожных конструкций, математический аппарат которой предложен ниже. Также проведем анализ результатов расчета и установим, существует ли положительный эффект от предлагаемого в данной работе коэффициента γ_a , учитывающего наличие геосинтетического материала в дорожной одежде.

Последовательность расчёта срока службы дорожной одежды

1. Устанавливаем коэффициент вариации эквивалентного модуля упругости, соответствующий текущему году эксплуатации $C_{V(t)}^{\text{ЭТ}}$ [1-3], для дорожных одежд с армированными слоями ($C_{V(t)}^{\text{ЭТ}_a}$) и без армирования ($C_{V(t)}^{\text{ЭТ}}$). Особое внимание следует уделить назначению величины коэффициента γ , учитывающего снижение однородности эквивалентного модуля упругости во времени [4]. Для данной дорожной конструкции без георешетки принят $\gamma=0,22$; для дорожной конструкции с георешеткой принят $\gamma_a=0,17$. Коэффициент вариации приведенного к расчетной температуре эквивалентного модуля упругости на момент пуска дороги в эксплуатацию при отличном качестве строительства автомобильной дороги примем $C_V^{\text{ЭТ}} = C_V^{\text{ЭТ}_a} = 0,05$.

2. Вычисляем среднее значение эквивалентного модуля упругости $E_{\text{ЭТ}(t)}$, приведенное к расчетной температуре, спустя t лет после обследования дорожной одежды по формуле (т.е. с учетом снижения эквивалентного модуля упругости во времени):

а) для дорожных одежд без геоячеек:

$$E_{\text{ЭТ}(t)} = E_{\text{ЭТ}} \cdot \left(1 - \frac{C_V^{\text{ЭТ}}}{C_{V(t)}^{\text{ЭТ}}} \cdot \gamma \cdot t\right), \quad (1)$$

б) для дорожных одежд, содержащих геоячейки:

$$E_{\text{ЭТ}(t)}^a = E_{\text{ЭТ}}^a \cdot \left(1 - \frac{C_V^{\text{ЭТ}_a}}{C_{V(t)}^{\text{ЭТ}_a}} \cdot \gamma_a \cdot t\right), \quad (2)$$

3. Определяем среднее квадратическое отклонение эквивалентного (общего) модуля упругости после t лет эксплуатации дороги:

а) для дорожных одежд без геоячеек:

$$\sigma_{\text{ЭТ}(t)} = C_{V(t)}^{\text{ЭТ}} \cdot E_{\text{ЭТ}(t)}. \quad (3)$$

б) для дорожных одежд, содержащих геоячейки:

$$\sigma_{\text{ЭТ}(t)}^a = C_{V(t)}^{\text{ЭТ}_a} \cdot E_{\text{ЭТ}(t)}^a. \quad (4)$$

3. Устанавливаем значение минимального модуля упругости, при котором разрушение одежды будет достигать 50%:

– при $C_V^{\text{ЭТ}} = 0,2$

$$E_{\text{кр}} = \frac{\sqrt{E_{\text{ТР}}^2 + [25(C_V^{\text{ЭТ}})^2 - 1] \cdot (E_{\text{ТР}}^2 - 25\sigma_{\text{ТР}}^2)} - E_{\text{ТР}}}{25(C_V^{\text{ЭТ}})^2 - 1}; \quad (5)$$

– при $C_V^{\text{ЭТ}} = 0,2$ используется другая зависимость:

$$E_{KP} = \frac{E_{TP}^2 - 25\sigma_{TP}^2}{2E_{TP}}, \quad (6)$$

5. Вычисляем среднее квадратическое отклонение минимального модуля упругости:

$$\sigma_{KP} = C_V^{KP} \cdot E_{KP} = C_V^{\mathcal{E}T} \cdot E_{KP} = C_V^{\mathcal{E}T_a} \cdot E_{KP}, \quad (7)$$

6. Определяем риск разрушения дорожной одежды спустя t лет эксплуатации дороги:

а) для дорожных одежд без геоячеек:

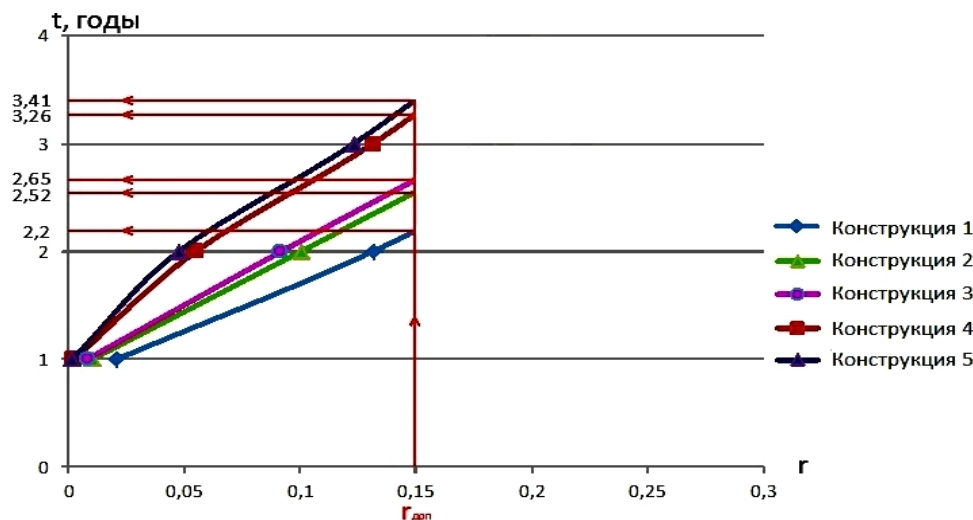
$$r = 0,5 - \Phi \left(\frac{E_{\mathcal{E}T} - E_{KP}}{\sqrt{(\sigma_{\mathcal{E}T})^2 + (\sigma_{KP})^2}} \right), \quad (8)$$

б) для дорожных одежд, содержащих геоячейки:

$$r = 0,5 - \Phi \left(\frac{E_{\mathcal{E}T}^a - E_{KP}}{\sqrt{(\sigma_{\mathcal{E}T}^a)^2 + (\sigma_{KP})^2}} \right), \quad (9)$$

Если в результате расчета риск разрушения дорожной одежды в какой-либо год эксплуатации достигнет величины допустимого риска, то период до этого года следует считать фактическим сроком службы дорожной одежды. В данном примере приняли дорожную одежду переходного типа с уровнем надежности 0,85. Следовательно, допустимый риск разрушения конструкций (с геоячейками и без них) составит 0,15.

Результаты расчета представлены на рисунке.



Зависимость срока службы дорожной одежды от риска её разрушения для дорожных конструкций:
 конструкция 1 – $E=162$ МПа, $\gamma=0,22$, срок службы 2,2 года;
 конструкция 2 – $E=194,4$ МПа, $\gamma=0,22$, срок службы 2,52 года;
 конструкция 3 – $E=209$ МПа, $\gamma=0,22$, срок службы 2,65 года;
 конструкция 4 – $E=194,4$ МПа, $\gamma_a=0,17$, срок службы 3,26 года;
 конструкция 5 – $E=209$ МПа, $\gamma_a=0,17$, срок службы 3,41 года.

В результате проведенных расчетов при совместном использовании предложенной выше методики и исследований СоюздорНИИ, а также рекомендаций ОДМ 218.3.032-2013, можно сделать следующие выводы:

1) срок службы дорожных одежд увеличивается на 20-30 % при наличии в них геоячеек;

2) введение коэффициентов γ_a позволяет определить величину усиления (армирования) зернистого материала в геоячейке и установить эффективность применения того или иного зернистого материала.

Список литературы

1. Кокодеева Н.Е., Москалев О.Ю. Расчет срока службы дорожной одежды переходного типа, армированной геоячейками (на основе теории риска) // Строительные материалы. 2012. № 1. С. 58-59.

2. Москалев О.Ю., Малышев Е.В., Кокодеева Н.Е. О влиянии слоя композита на основе геосотого материала на работу дорожной одежды // Дороги и мосты. 2014. № 32/4. С. 55-69.

3. Москалев О.Ю., Кокодеева Н.Е. Учет слоя композита «геоячейки+материал» при прогнозировании коэффициента вариации эквивалентного модуля упругости // Строительные материалы. 2014. № 11. С. 12-15.

4. Кокодеева Н.Е., Столяров В.В. Влияние влажности на прочностные характеристики дорожной одежды с позиции теории риска // Эксплуатация современного транспорта: межвуз. науч. сб. Саратов: СГТУ, 1997. С. 150-155.

УДК 624.15

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОСНОВАНИЙ ПРИ УСИЛЕНИИ И РЕКОНСТРУКЦИИ ФУНДАМЕНТОВ ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

А. А. Шейн*, А. В. Кокодеев*

** Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Россия, Саратов*

Рассматривается методика проектирования оснований при реконструкции фундаментов транспортных сооружений. Проводится обзор причин возникновения и развития дефектов и повреждений конструкций фундаментов. Отмечается взаимосвязь между длительными эксплуатационными нагрузками транспортных сооружений и изменениями грунтов оснований.

Ключевые слова: транспортное сооружение, эксплуатация, фундамент, основание, грунт, дефект, повреждение, реконструкция, усиление, методика, расчетное сопротивление, модуль деформации

THE DESIGN SOILS FOR STRENGTHENING AND RECONSTRUCTION OF THE FOUNDATIONS OF TRANSPORT CONSTRUCTIONS

A. A. Shein*, A. V. Kokodeev*

** Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia, Saratov*

The technique of design of the grounds for reconstruction of the foundations of transport constructions is considered. Review the causes of the emergence and development of defects and damages of foundations. The relationship observed between long maintenance loads transport constructions and changes in soils.

Keywords: transport construction, maintenance, foundation, soil, ground, defect, damage, reconstruction, reinforcement, methods, design resistance, modulus of deformation

В практике транспортного строительства зачастую приходится встречаться с необходимостью исправления или усиления фундаментов сооружений, что

обусловлено обнаруженными как в самих фундаментах, так и в поддерживаемых ими конструкциях, дефектами и повреждениями. Причинами их возникновения и развития могут служить [1]:

- Недоброкачественное выполнение строительных работ.
- Нарушение режима технической эксплуатации.
- Ошибки, допущенные при проектировании (в т.ч. недоучет природных условий).

Также нередко приходится переустраивать существующие фундаменты при реконструкции транспортных сооружений в связи с тем, что в существующем виде они не удовлетворяют эксплуатационным требованиям.

Как показывает практика, результаты проведенных усиления и переустройства фундаментов вполне оправдывают экономические и произведенные затраты, хотя и приходится иногда выполнять работы в исключительно неблагоприятных условиях. При этом основным условием эффективного выполнения работ по реконструкции или усилению фундаментов транспортных сооружений является правильный выбор схемы переустройства и способа выполнения работ, а также выполнение всех операций по переустройству при полном соблюдении требований проекта.

Отметим, что длительное воздействие нагрузок при эксплуатации транспортных сооружений приводит к следующим изменениям грунтов оснований:

1) коэффициент пористости уменьшается, что обуславливает повышение прочности грунтов оснований и уменьшение их сжимаемости;

2) в пределах площади застройки повышается влажность, в результате чего возможно уменьшение несущей способности грунтов, особенно для глинистых.

Проведенные исследования свидетельствуют о том, что основную роль в изменении механических свойств грунтов играет их уплотнение. Отмечается, что при нагрузках 0,22...0,25 МПа удельное сцепление интенсивно увеличивается в зоне глубиной 0,3...0,5 b (b – ширина подошвы фундамента). Что касается угла внутреннего трения, то его величина практически не зависит от ранее действующего давления на грунты основания. Поэтому для глинистых грунтов расчетное сопротивление увеличивается в основном за счет уплотнения и возрастания удельного сцепления, для песчаных грунтов – за счет уплотнения. По данным обследования ряда объектов изменение расчетного сопротивления глинистых грунтов составляет от 0 до 56 %, у песчаных – от 0 до 44 %.

При длительных нагрузках на основание уменьшается сжимаемость грунтов [2]. В табл. 1 приведены показатели отношения модулей деформации грунтов, уплотненных в процессе эксплуатации, $E_{упл}$, к неуплотненным $E_{пр}$ при различных давлениях под подошвой штампов.

Таблица 1 – Отношения модулей общей деформации грунта при различных давлениях уплотнения

Песок	Значения $E_{упл}/E_{пр}$ при давлении, МПа					
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
Мелкий	---	2,7	3,8	3,9	3,9	4,2
Средней крупности	---	2,2	2,1	1,9	1,7	1,6

Модуль общей деформации возрастает за счет уплотнения грунта под действием нагрузки и вибрации от технологического оборудования. В то же время установлено, что модуль деформации возрастает в большей степени, чем уменьшается пористость. Поэтому увеличению модуля деформации способствуют и физико-механические процессы, протекающие в грунте. По табл. 1 видно, что рост модуля деформации в мелких песках больше, чем в песках средней крупности.

- Расчетное сопротивление грунтов основания R определяется по СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений» для различных участков фундаментов. Среднее расчетное сопротивление грунтов основания определяют по формуле

$$R_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n R_i \cdot A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (1)$$

где R_i – расчетное сопротивление грунтов различных участков фундаментов; A_i – площадь фундаментов.

Расчетное сопротивление грунтов основания определяют с учетом уплотнения в период эксплуатации транспортных сооружений. Новую допустимую величину расчетного сопротивления грунтов основания R' определяют по формуле

$$R' = R \cdot m \cdot k, \quad (2)$$

где R – расчетное сопротивление грунта по СП 22.13330.2011 без учета уплотнения грунта; m – коэффициент учета изменений физико-механических свойств грунтов в период эксплуатации транспортного сооружения; k – коэффициент, зависящий от отношения расчетной осадки при расчетном давлении под подошвой фундамента к предельно допустимой осадке S_u .

Коэффициент m определяется отношением фактического давления до настройки p_0 к расчетному сопротивлению грунта R . При p_0/R более 80 % величина $m = 1,3$, при 80...70 % $m = 1,15$, менее 70 % $m = 1,0$.

Коэффициент k принимается по таблице 2.

Таблица 2 – Значения коэффициента k

Пески крупные и средней крупности	1,4
Пески мелкие	1,2
Пески пылеватые	1,1
Пылевато-глинистые грунты	1,2
Пески $J_1 \leq 0,5$ (при сроке эксплуатации более 15 лет)	1,1

Приведенные значения k действительны при $s/S_u = 0,2$; при $s/S_u = 0,7$ величина $k = 1$. Промежуточные значения k принимаются по интерполяции.

Для лессовых просадочных грунтов новое расчетное сопротивление грунта определяют по формуле

$$R' = R \cdot m, \quad (3)$$

где m – коэффициент, принимаемый по табл. 3.

Таблица 3 – Значения коэффициента m для лессовидных суглинков

Влажность, %	R , МПа	Коэффициент m при сроке эксплуатации, годы		
		до 5	5...15	25
5...10	0,3...0,25	1	1	1
10...15	0,25...0,2	1	1	1,1...1,2
15...20	0,15...0,1	1	1,2...1,25	1,3...1,4

Примечания: 1. Максимальные значения m относятся к меньшим значениям R . 2. Значения m не интерполируются по времени и расчетному сопротивлению грунта.

Деформации оснований транспортных сооружений и их стабилизация зависят от вида и состояния грунтов, интенсивности роста нагрузок на грунты основания [3]. В период строительства практически заканчивается осадка оснований из песчаных и глинистых грунтов твердой консистенции. Стабилизация осадок оснований из глинистых грунтов с показателем текучести $J_l > 0$ протекает длительное время. Допускается принимать величину осадки за период строительства на этих грунтах в размере 50 % от полной осадки.

Основная доля неравномерности осадок падает на период строительства, при этом максимальная величина неравномерности осадок зависит от средней осадки. С ростом ее увеличивается разность осадок и стремится к своей определенной величине, зависящей от жесткости сооружения. Отмечается, что замеренные осадки сооружений составляют 25...30 % расчетных и только в отдельных случаях достигают 70...80%. Только сооружения, возведенные на слабых грунтах, по расчетным осадкам оказываются близки к предельно допустимым.

Согласно СП 22.13330.2011 определяется метод расчета деформаций (с учетом давлений в условиях реконструкции сооружения), а также резерв несущей способности, при этом все значения уточняются соответствующими расчетами.

Список литературы

1. Овчинников И.Г., Шеин А.А., Пискунов А.А. Обследования, ремонт и усиление оснований и фундаментов транспортных сооружений: учеб. пособие. Казань: Изд-во КГАСА, 2005. 00 с.
2. Шеин А.А., Овчинников И.Г., Землянский А.А. Свайные фундаменты и фундаменты глубокого заложения: учеб. пособие. Саратов: СГТУ, 2000. 111 с.
3. Neves, M. Underpinning techniques and foundations strengthening – methods, dimensioning and safety verification. Master in Civil Engineering, IST, Lisbon, Out. 2010. P. 32-35.

УДК 624.15

ПУТЬ К ПОВЫШЕНИЮ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Л. И. Высоцкий*

** Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Россия, Саратов*

Заинтересованным учреждениям г. Саратова предлагается организовать внедрение предложенного СГТУ способа повышения экологической безопасности и срока службы автомобильных дорог.

Ключевые слова: автомобильные дороги, экология, безопасность

THE PATH TO IMPROVING ENVIRONMENTAL SAFETY HIGHWAYS

L. I. Vysotsky*

** Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia, Saratov*

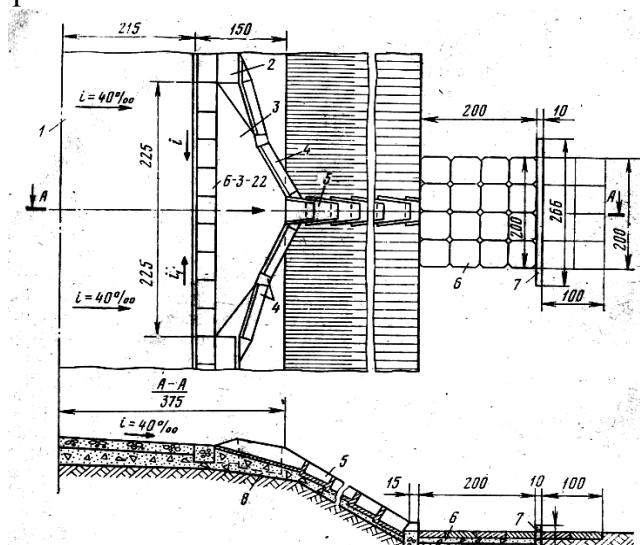
The article concerned agencies Saratov offers organize the implementation of the proposed SSTU ways of improving environmental safety and service life of roads.

Keywords: roads, environment, security

Экологическая безопасность и долговечность функционирования автомобильных дорог во многом определяются эффективностью работы устройств по ор-

ганизации водоотведения с дорожного полотна.

Необходимость скорейшего удаления воды с проезжей части не только обеспечивает сохранность элементов собственно дороги, но и удалению разнообразных загрязнений минерального и органического происхождения. Исследованию этой проблемы было посвящено достаточно много работ. В надлежащей мере они были обобщены и изложены в [2]. В частности, в [2] описываются некоторые конструкции входных участков для перехвата и отвода дождевых вод в водоотводящие лотки. Основная методика расчета конструкций используемых на автомобильных дорогах России в настоящее время изложена в [6] наряду с общими данными, конструктивными схемами и примерами применения таких конструкций. Последующий опыт их применения, исследования их работы (как в натурных, так и в лабораторных условиях), анализ полученных данных показали, что применяемые типовые конструкции входных участков и водоотводящих лотков далеко не удовлетворяют требованиям.



Типовая конструктивная схема сброса воды с проезжей части дороги I категории на участке продольного профиля со встречными уклонами: 1 – остановочная полоса; 2 – прикромочный бетонный блок;

3 – переходной лоток из монолитного бетона; 4 – бортовое устройство переходного лотка из монолитного бетона; 5 – бетонные блоки (Б-6) откосного телескопического лотка; 6 – бетонные блоки (Б-8) укрепления за телескопическим лотком; 7 – водобойная стенка; 8 – щебеночная подготовка толщиной 10 см.; 9 – бетонный упор на выходе из телескопического лотка

никова максимальная глубина в прикромочных лотках составляет 8 см [3]. В этом случае поток выходит за пределы лотка и распространяется по проезжей части на ширину 2-4 м [3]. Как указано в [3], при втором режиме гидравлический расчет водоотводящих систем производят исходя из требований пропускания той части расхода, которая приходится на прикромочный лоток, и отведения его с помощью входного участка в водосбросный лоток. Можно полагать, что если водоотводящая система решает задачу при втором режиме, то заведомо будет решена задача и при первом режиме.

Это отчасти подтверждается попытками российских инженеров, тем или иным способом улучшить работу систем водоотвода. Например, в [7] авторы предлагают снабдить водоотводные лотки водосборными устройствами, выполненными в виде колодцев, во внутренних камерах которых установлены вертикальные каркасы из георешетки, заполненные фильтрующим зернистым материалом с горизонтальными прослойками из геотекстиля.

В [8] рекомендуют выполнять систему водоотвода из синтетических армированных смол.

Прикромочные и водоотводящие лотки изготавливаются, как правило, в сборных вариантах, а входные участки – из монолитного бетона.

Как показали результаты исследований, выполненных в МАДИ [3], чаще всего имеет место второй режим работы прикромочных лотков, когда по данным Б.Ф. Перевоз-

Опыты, проведенные в МАДИ и СГТУ [4], свидетельствуют о том, что часть расхода, не попадающая в водосбросный лоток, проскакивает этот участок дороги и попадает в прикромочный лоток далее по уклону. Расходы проскока могут быть существенными и превышать 70% (!).

Уменьшить расход проскока можно рационализацией входного участка, а также пересмотром конструкции типовых прикромочных лотков. Однако эта задача становится комплексной – экологической и технико-экономической, её решение предложено в [1].

При наличии метода гидравлического расчета и исследований работоспособности предлагаемого варианта [1] необходимы усилия по скорейшему её внедрению.

Заключение

В статье предлагается заинтересованным организациям осуществить действия по внедрению предложенного в [1] способа существенного улучшения функционирования системы водоотведения автомобильных дорог. Для широкой реализации предложения необходимо выполнить следующие этапы его повсеместного внедрения:

а) Технопарку СГТУ совместно с кафедрами ТГВ и «Строительство дорог» при поддержке ректора войти в Правительство Саратовской области и её Губернатору с предложением разработать типовые проекты входной части системы водоотведения автомобильных дорог с привлечением Саратовских филиалов Росдортех и Гипродорнии.

б) Провести лабораторную проверку их работоспособности.

в) Осуществить опытное строительство на одном из объектов Саратовской области.

г) Выйти в соответствующие инстанции с предложением о законодательном закреплении внедрения рассмотренного предложения.

Список литературы

1. Высоцкий Л.И., Бабкин И.А. Определение размеров входного участка водоотводящей системы автомобильных дорог // Совершенствование методов расчета и исследования водопропускных и очистных сооружений: межвуз. науч. сб. Саратов: СГТУ. 2012.
2. Перевозников Б. Ф. Водоотвод автомобильных дорог. М.: Транспорт, 1982. 190 с.
3. Константинов Н. М., Петров Н. А., Высоцкий Л. И. Гидравлика, гидрология, гидрометрия: учеб. для вузов: в 2 ч. М.: Высш. шк., 1987. Ч. 1. 304 с. Ч. 2. 431 с.
4. Отчет о научно-исследовательской работе разработка рекомендаций по обеспечению надежности водосбросных телескопических лотков на автомобильной дороге м-9 «Дон» / Л.И. Высоцкий. Саратов: СГТУ, 2004.
5. Высоцкий. Л. И. Управление бурными потоками на водосбросах. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1990. 240 с.
6. Типовые проектные решения 503-09-7.84. Водоотводные сооружения на автомобильных дорогах общей сети Союза ССР.
7. Пат. РФ на изобретение № 2182942. 2002. Система поверхностного водоотвода с автомобильных дорог и искусственных сооружений на них / Подольский В.П., Расстегаева Г.А., Радченко Н.П.
8. Патент РФ на полезную модель № 71663. Водоотвод / Загорский В.П., Ермолаев В.И., Мельхер Ю.А. 2008.

ОСОБЕННОСТИ ОБУСТРОЙСТВА ПЛОЩАДОК ОТДЫХА НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ

Н. В. Щеголева*

** Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Россия, Саратов, shegoleva123@mail.ru*

На участке автомобильной дороги необходимо предусматривать площадку отдыха. Площадки отдыха способствуют уменьшению дорожно-транспортных происшествий, возникающих вследствие утомляемости водителей. Такие площадки устраивают на перегонах для остановок в основном транзитного транспорта, предоставляя водителям, возможность кратковременного отдыха в длительном рейсе, осмотра автомобилей, их используют также для автомобилей, остановленных по неисправности, возникшей в пути.

Ключевые слова: площадки отдыха, санитарно-гигиенические зоны, зона отдыха

DEVELOPMENT OF FEATURES REST AREAS ON HIGHWAYS

N. V. Shegoleva*

** Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia, Saratov,
shegoleva123@mail.ru*

On the section of road is necessary to provide rest areas. Rest areas contribute to the reduction of road accidents resulting from driver fatigue. Such sites arrange on stages for stops mainly transit traffic, providing drivers a short term holiday in a long flight, car inspection, they are used for car stopped on a fault that occurred along the way

Keywords: recreation area, sanitary-hygienic zone, recreation zone

Площадки отдыха способствуют уменьшению дорожно-транспортных происшествий, возникающих вследствие утомляемости водителей, обеспечивают стоянку транспортных средств за пределами земляного полотна дороги.[1]. Размещение площадок определяют по методике, разработанной к.т.н. Орнатским Н.П.

Определение потребной вместимости площадок отдыха при заданном интервале между ними определяется по формуле

$$q = \frac{X_{cp} \cdot f \cdot N_{cym}}{66,4 \cdot V_a},$$

где q – вместимость площадки кратковременного отдыха, шт. автомобилей; X_{cp} – заданный интервал или среднее расстояние между местами отдыха, км; f – средняя продолжительность пребывания пассажиров и водителей для каждого типа площадок, ч. Для площадок отдыха на перегонах, видовых площадках значение f рекомендуется принимать равным 1,0 ч; N_{cym} – среднесуточная годовая интенсивность движения, авт/сут; V_a – расчетная скорость движения, км/ч.

Например, на дорогах II категории площадки отдыха вместимостью 10-15 автомобилей устраивают через 15-20 км.

Площадки отдыха располагают не ближе 1 км от населенных пунктов.

Площадки отдыха устраивают на перегонах для остановок в основном транзитного транспорта, предоставляя водителям возможность кратковременного отдыха в длительном рейсе, осмотра автомобилей, их используют также для автомобилей, остановленных по неисправности, возникшей в пути.

Кроме того, площадки отдыха устраивают в местах, привлекающих автотуристов своим природным ландшафтом и другими достопримечательностями. Их рекомендуется располагать на удалении от дороги. Зона отдыха должна быть изолирована от шума и выхлопных газов проходящих по дороге автомобилей.

Площадки отдыха состоят из трех планировочных зон: стоянки автомобилей с въездом и выездом, зоны отдыха, оборудованной столами, скамейками, навесами, местами для разведения костров, архитектурным оформлением с использованием малых архитектурных форм и т.п. и санитарно-гигиенической зоны. Санитарно-гигиенические зоны должны в обязательном порядке включать установку туалетов и контейнеров для сбора мусора.

В состав площадок часто входят пункты торговли и общественного питания (кафе, буфеты). Дополнительно может быть предусмотрена зона технического осмотра с эстакадой и смотровой канавой, а при наличии пунктов торговли и питания – зона сервиса.

На участке автомобильной дороги необходимо предусматривать площадку отдыха с устройством переходно-скоростной полосы. Место для устройства площадки отдыха по возможности выбирают рядом с водоемом или отделенное от дороги лесопосадками. В состав площадки отдыха могут входить стоянка для грузовых и легковых автомобилей; зона технического осмотра с эстакадой; зона отдыха, оборудованная столами со скамьями, скамейками, цветочницами; туалет, контейнеры для мусора. Вся площадка отдыха оснащена фонарями.

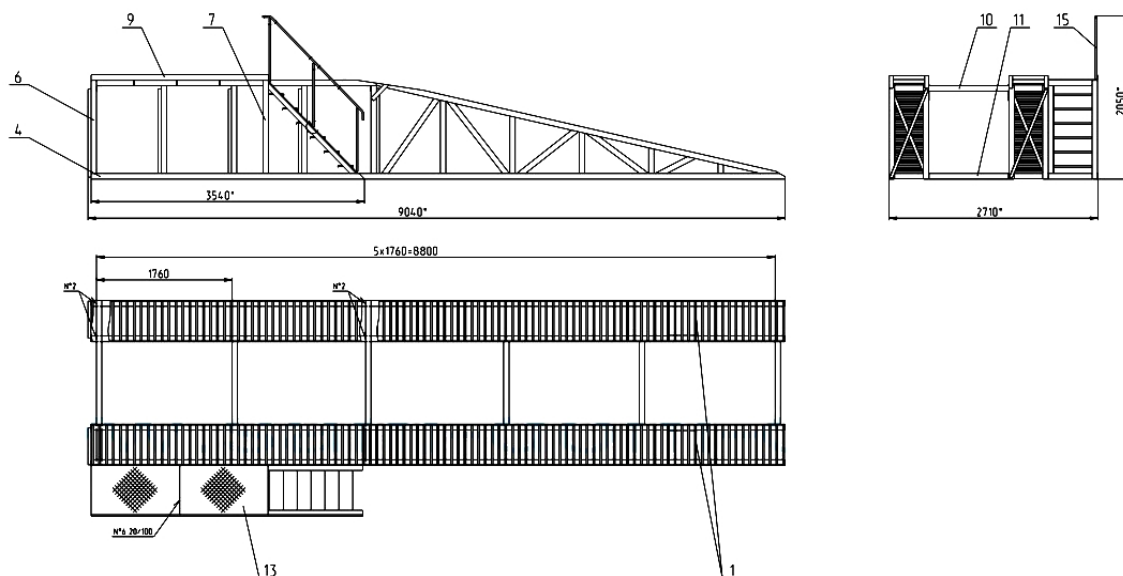


Рисунок 1 – 1 – эстакада; 4 – опора; 6 – стойка;
7 – стойка; 9 – балка; 10 – связь; 11 – связь;
13 – настил; 15 – стойка

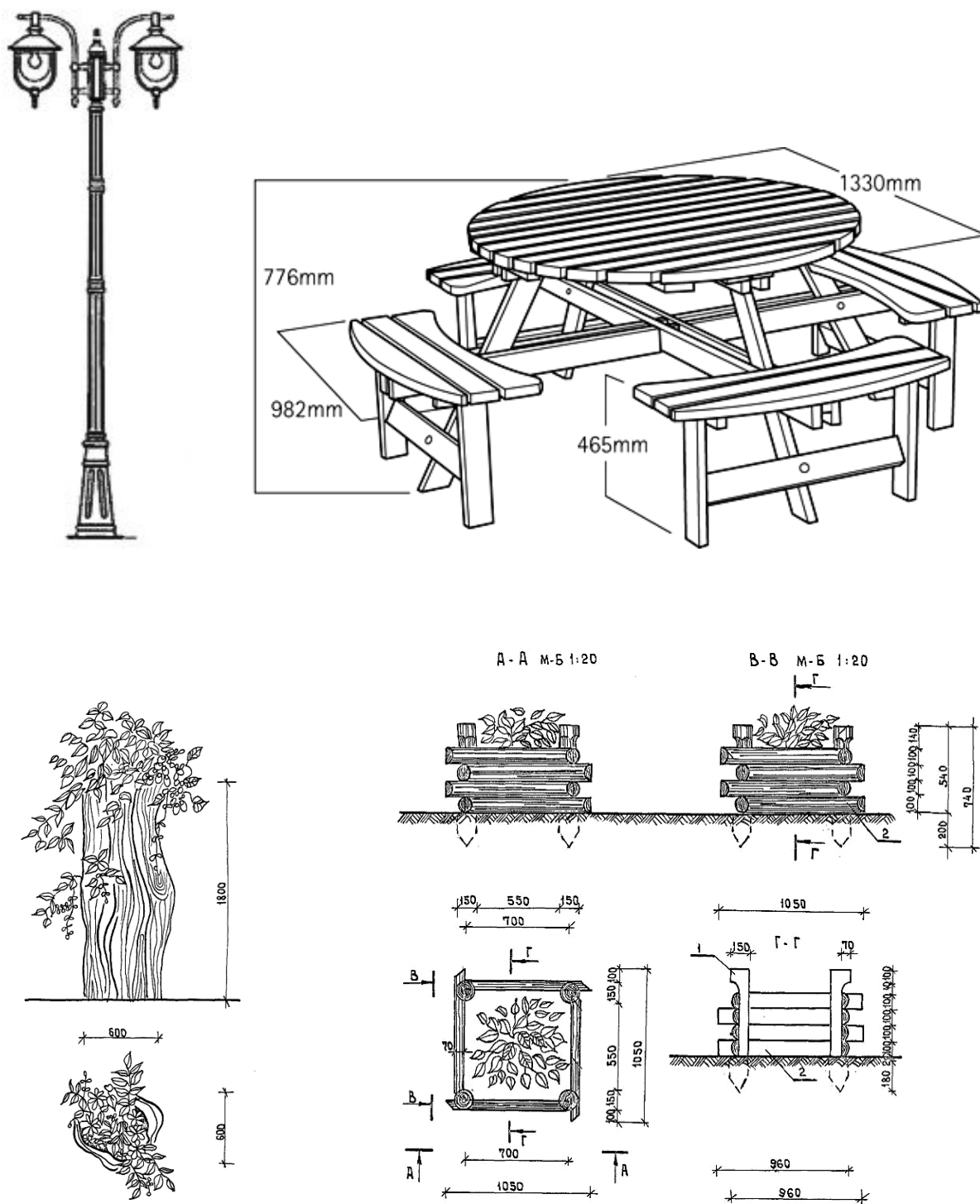


Рис. 2. Элементы обустройства площадки отдыха

Список литературы

1. Зимина Я.С., Щеголева Н.В. Ландшафтное проектирование – современный подход к строительству автомобильных дорог // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона: сб. науч. тр. 2014. № 4. С. 386-389.

ПРИМЕНЕНИЕ АСФАЛЬТА С ДИСПЕРСНЫМ БИТУМОМ ДЛЯ РЕМОНТНЫХ РАБОТ В УСЛОВИЯХ ПОВОЛЖЬЯ

А. Ф. Иванов*

** Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Россия, Саратов, alexandr.ivanov.sgtu@rambler.ru*

В настоящее время необходимо эффективное содержания сети автомобильных дорог с ограниченными ресурсами. В статье описано применение асфальта с дисперсным битумом для ремонтных работ в условиях Поволжья.

Ключевые слова: дисперсный битум, асфальт, формирование структуры, диспергирование битума

APPLYING THE ASPHALT DISPERSED BITUMEN FOR REPAIR WORK IN CONDITIONS VOLGA REGION

A. F. Ivanov*

** Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia, Saratov,
alexandr.ivanov.sgtu@rambler.ru*

Currently requires effective content of the road network with limited resources. The article describes the use of asphalt dispersed bitumen for repairs under the Volga region.

Keywords: dispersed bitumen, asphalt, forming the structure of the dispersion-doping bitumen

В большинстве стран мира уменьшается финансирование дорожной отрасли, что ставит задачу эффективного содержания сети автомобильных дорог с ограниченными ресурсами. Опыт показывает, что выполнение этой задачи возможно с применением спектра материалов, позволяющих устраивать тонкие и сверхтонкие слои. Такие слои обеспечивают обновление покрытий, улучшение свойств их поверхности и позволяют продлить срок службы покрытий без проведения капитального дорогостоящего ремонта.

Зарубежными специалистами сформулированы следующие требования развития спроса на материалы для устройства тонких и сверхтонких слоев, на основе эмульсионного вяжущего:

- наличие достаточно развитой сети автомобильных дорог;
- осознание недостатков классической поверхностной обработки;
- наличие потребности в таких материалах, особенно в области содержания дорог;
- возможность осуществлять все технологические процессы и контроль на достаточно высоком уровне;
- наличие мобильного оборудования по приготовлению и укладке таких материалов, обуславливающих устройство поверхностных обработок в классическом исполнении более трудоемким и дорогим;
- наличие развитого рынка битумных эмульсий высокого качества.

Большие объемы работ по ремонту и содержанию дорог требуют налаживания производства материалов, сохраняющих технологические свойства (подвижность, удобоукладываемость, уплотняемость) длительное время при температуре окружающего воздуха.

Технология производства и применения асфальта с дисперсным битумом разрабатывается в Саратовском государственном техническом университете с 1974 года. В 1981 году она была признана изобретением [1]. Минеральные составляющие естественной температуры и влажности подаются в мешалку. Одновременно вводится дополнительное количество воды. Затем подается битум с рабочей температурой 140-150 °С, при перемешивании происходит его диспергирование, в объеме асфальтовой смеси образуется прямая битумная эмульсия, стабилизированная твердым эмульгатором, роль которого могут выполнять все обычно применяемые в горячем асфальтобетоне минеральные порошки. Это и является существенным отличием новой технологии.

В сравнении с асфальтами на битумных эмульсиях технологии полностью исключает трудоемкую и дорогостоящую необходимость заблаговременного производства битумных эмульсий на специальных заводах (базах), их хранение, транспортирование, дозирование. По отношению к горячему асфальтовому бетону она имеет еще большие достоинства:

- энергосберегающая; позволяет экономить до 25 кг топочного мазута (до 20 м³ природного газа), 4 кВт/ч электроэнергии на 1 тонну асфальтовой смеси;
- экологически чистая; благодаря холодному и влажному приготовлению асфальтовой смеси практически полностью исключается выброс в атмосферу вредных веществ, снижается уровень шума, выделение тепла;
- трудосберегающая; исключается необходимость обслуживать сушильный барабан, форсунку, пылеуловительную установку, топочное хозяйство;
- материалосберегающая; снижается металлоемкость АБЗ, расход минерального порошка, расширяется диапазон использования в асфальте порошкообразных отходов промышленности и др.

Таким образом, технология способствует решению важных социальных проблем. Народнохозяйственный эффект от ее внедрения с учетом других достоинств (снижение себестоимости, холодный способ производства работ, возможность складирования смесей и др.) составляет до 50% по сравнению с горячим асфальтовым бетоном.

На основе результатов многолетних теоретических и экспериментальных исследований осуществлено производственное освоение технологии в различных районах России и ближнего зарубежья.

Результаты проводимых исследований по новой технологии систематически публиковались, докладывались на конференциях.

Специфической особенностью Поволжья является то, что месторождения каменных материалов представлены только осадочными породами. Скальные породы представлены только песчаниками и известняками. Последние преобладают и поэтому наиболее широко применяются. Характерной особенностью месторождений является слоистое, неоднородное залегание породы, обуславливающее большой разброс их качества. В большинстве случаев они имеют малую прочность, проблема их эффективного использования в дорожном строительстве имеет большое народнохозяйственное значение.

Рыхлые каменные материалы представлены песком и гравием. Пески в основном мелкие и очень мелкие, имеются в достаточно большом количестве. Месторождения гравия имеют ограниченное значение.

Учитывая изложенное, при проектировании составов асфальтовых смесей, очевидно, необходимо отдавать предпочтение прерывистой гранулометрии минеральной части.

Итак, особенностями Поволжья с точки зрения дорожного строительства и, в частности, широкого освоения технологии асфальта с дисперсным битумом являются:

- благоприятные погодные условия в течение строительного сезона (высокие температуры, большой дефицит влажности, ветры и др.) для формирования структуры асфальта с дисперсным битумом в покрытии, особенно в левобережье;
- повышенная континентальность климата, обуславливающая повышенные требования к деформативности асфальта (сдвигоустойчивости, трещиностойкости);
- наличие достаточно большого количества месторождений преимущественно слабых известняков, что требует разработки методов их эффективного применения;
- преобладание месторождений мелких и очень мелких песков, что делает предпочтительным применение асфальтов с прерывистой гранулометрией.

При приготовлении асфальтовых смесей и устройств покрытий в небольших объемах может быть применена технологическая схема, когда щебень и песок пропускаются через сушильный барабан без нагрева и сушки, то есть в естественном холодном состоянии. Такая схема может быть реализована в летнее время, когда щебень и песок имеют влажность, позволяющую пропускать их через вращающийся сушильный барабан и горячий элеватор на грохот, не забивая их. При дозировке их по фракциям из накопительных бункеров необходимо вводить коррективы на влажность.

Необходимость разработки технологии производства и применения асфальта с дисперсным битумом для ремонта дорог в Поволжье диктуется, прежде всего, необходимостью решения ряда социальных проблем, из которых наиболее важными являются экономия электроэнергии, теплоносителей (природного газа, топочного мазута), улучшение охраны окружающей среды. Кроме того, Поволжье обладает широким разнообразием природных условий, имеющих решающее значение для дорожного строительства.

Список литературы

1. Иванов А.Ф. Исследование путей направленного структурообразования асфальтовых материалов с дисперсным битумом на стадии объединения составляющих компонентов // Техническое регулирование в транспортном строительстве. 2015. № 2 (10); URL: trts.esrae.ru/16-68 (дата обращения: 20.03.2015).

**МАТЕРИАЛЫ СЕКЦИИ
«НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ
РАБОТЫ СТУДЕНТОВ»**

ОСОБЕННОСТИ И СПОСОБЫ ГИДРОИЗОЛЯЦИИ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Ш. М. Камбулатов*, М. М. Айгунов*

** Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Россия, Саратов, avc.amm@mail.ru*

Рассмотрены типы гидроизоляций подземных сооружений в зависимости от воздействия воды, особенности и область их применения в строительстве.

Ключевые слова: гидроизоляция, подземные сооружения, грунтовая вода, фундамент, грунт, бетон

FEATURES AND METHODS WATERPROOFING OF UNDERGROUND STRUCTURES

Sh. M. Cambulatov*, M. M. Aigumov*

** Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia, Saratov,
avc.amm@mail.ru*

The types of waterproofing of underground structures, depending on the effect of water features and their range of application in construction.

Keywords: waterproofing, underground structures, ground water, foundation, soil, concrete

Под действием агрессивных минерализованных грунтовых вод ограждающие конструкции подземных сооружений и подземные части зданий увлажняются за счет капиллярного подсоса или напорной фильтрации, что приводит к их разрушению. Поэтому гидроизоляция подземных частей зданий служит для обеспечения водонепроницаемости сооружений и долговечности строительных конструкций при физической или химической агрессивности подземных вод. В некоторых случаях гидроизоляцию устраивают для предотвращения фильтрации воды из сооружения в окружающий массив грунта (бассейны, резервуары и т.д.).

Воздействие воды на конструкции подземных сооружений может быть трех видов: а) фильтрационная или просачивающаяся вода; б) почвенная или грунтовая вода; подземная вода.

Фильтрационная вода возникает от дождевых и талых поверхностных вод, а также случайных стоков и утечек из водонесущих коммуникаций. Попадая в грунт, она заполняет пустоты и поры между отдельными частицами почвы и под воздействием силы тяжести опускается в более глубокие слои.

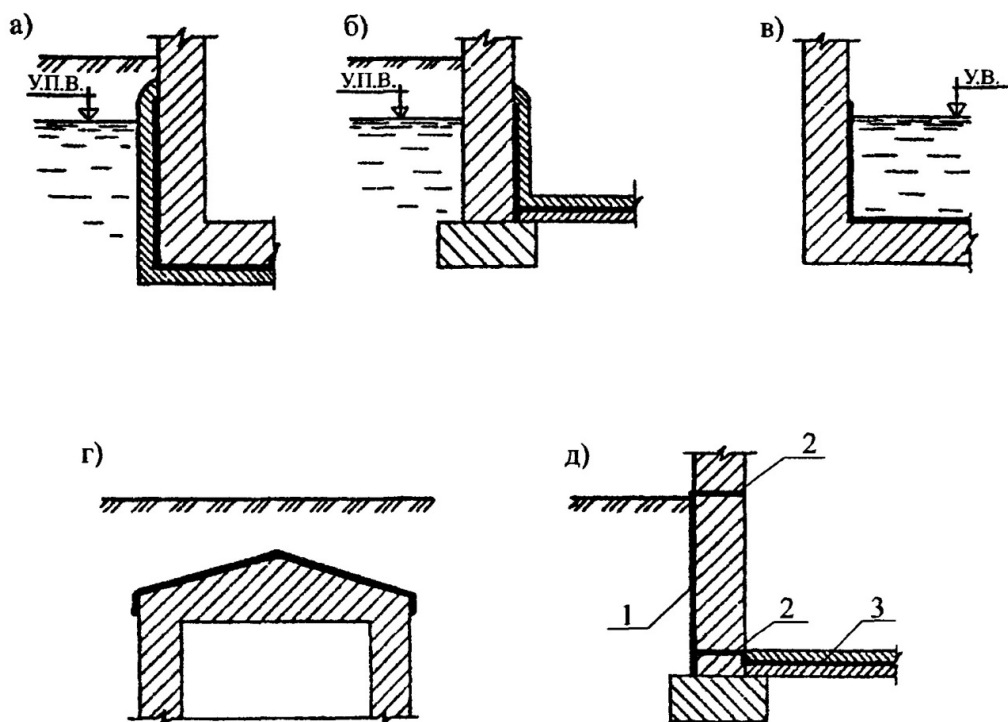
Почвенная влага это вода, которая удерживается в грунте адгезионными или капиллярными силами. Такая влага всегда присутствует в грунте независимо от подземных или фильтрационных вод.

Подземная вода обусловлена уровнем грунтовых вод и зависит от рельефа местности и положения водоупорного слоя.

Если конструктивное решение подземных сооружений обеспечивает беспрепятственное стекание воды без образования застойных зон, то просачивающаяся вода и грунтовая влага в отличие от подземных вод не оказывают на конструкцию гидростатического давления.

Почвенная влага, находясь при пониженном давлении, может проникать в конструкцию, поднимаясь вверх под действием капиллярных сил, противоположных направлению силы тяжести.

В зависимости от воздействия воды различают следующие типы гидроизоляции [1, 2]: наружная противонапорная, внутренняя противонапорная, гидроизоляция водосборников, гидроизоляция от безнапорных поверхностных или фильтрационных вод, гидроизоляция для защиты от капиллярной влаги (рисунок).



Типы гидроизоляций для подземных сооружений:

- а* – наружная противонапорная изоляции; *б* – внутренняя противонапорная гидроизоляция;
в – гидроизоляция водосборников; *г* – гидроизоляция крышевидной формы для защиты от поверхностных или фильтрационных вод; *д* – гидроизоляция для защиты от капиллярной влаги: 1 – вертикальная гидроизоляция; 2 – горизонтальная гидроизоляция; 3 – гидроизоляция пола

Отмеченные выше типы гидроизоляции имеют свои особенности и область применения в строительстве:

- наружная противонапорная гидроизоляция обычно применяется при новом строительстве, т.к. является более экономичной по сравнению с другими видами гидроизоляции;
- внутренняя противонапорная гидроизоляция в основном применяется при реконструкции существующих подвальных помещений. В условиях повышения уровня грунтовых вод такая гидроизоляция должна иметь упоры против всплытия, т.к. должна противостоять напору подземных вод;
- гидроизоляция водосборников отличается от внутренней напорной гидроизоляции направлением силового воздействия воды, поэтому конструкция гидроизоляции может быть более легким;
- гидроизоляция от безнапорных поверхностных или фильтрационных вод не несет силовых нагрузок, но при этом должна быть водонепроницаемой;
- противокapиллярная гидроизоляция не обязательно должна быть водонепроницаемой. С целью прерывания капиллярного потока устраивается слой из

гидрофобного или крупнопористого материала, который не содержит капиллярные каналы.

По способу устройства и виду используемого материала выделяют следующие гидроизоляции: пропиточная, окрасочная, штукатурная, оклеечная, монтируемая. В качестве гидроизоляции может быть использован водонепроницаемый бетон, который получается из обычного бетона путем введения в его состав специальных веществ в жидком, пастообразном или порошковом виде.

Из перечисленных видов гидроизоляции наибольший интерес представляет пропиточная гидроизоляция, которая относится к технологиям проникающего действия и служит для повышения водонепроницаемости пористых камней и бетона путем заполнения их пор водоустойчивым материалом. После пропитки водоустойчивым веществом изделия и строительные конструкции отличаются высокой морозоустойчивостью, повышенной прочностью и стойкостью к агрессивным водам.

В настоящее время на рынке строительных услуг появилось достаточно большое количество гидроизоляционных материалов проникающего действия, которые выпускаются отечественными и зарубежными: «Лахта», «Гидротекс», «Акватрон-8», «Кальматрон», Penetron (США), Schomburg (Германия), Remmers (Германия), Vandex (Бельгия), Ceresit (Германия) и др. [3].

Материалы этой группы имеют в своем составе активные вещества, осмотически проникающие в бетон и повышающие водонепроницаемость приповерхностного слоя бетонных конструкций. Они наносятся тонким слоем (расход – около 1 кг/м^2) и являются надежной и экономичной противонапорной гидроизоляцией на трещиностойких бетонных конструкциях. Допустим их контакт с питьевой водой. Противокапиллярную защиту кирпичных стен не обеспечивают.

Гидроизоляция проникающего действия представляет собой сухую смесь, которая состоит из специального цемента, заполнителей и наполнителей определенной гранулометрии, а также запатентованных активных химических добавок, которые действуют просто, но очень эффективно. При нанесении сухой смеси на тщательно увлажненную бетонную поверхность химические реагенты, взаимодействуя с водой, проникают в защищаемый материал на толщину до нескольких десятков сантиметров, и обеспечивает водонепроницаемость путем образования сети кристаллов, создающих защитный слой, не пропускающий воду.

После окончания процесса схватывания проникающая гидроизоляция становится составной частью бетона, формируя с ним единое целое. Как правило, гидроизоляционная и защитная система на 100% совместима с бетоном. Вновь созданные кристаллические новообразования блокируют проникновение воды, однако бетон сохраняет паропроницаемость.

Проникающая гидроизоляция применяется при устройстве и восстановлении гидроизоляции любых новых и старых монолитных и сборных железобетонных конструкций I и II групп трещиностойкости (с раскрытием трещин до 0,3 мм), в том числе: в резервуарах, бассейнах, колодцах, очистных сооружениях, подвальных помещениях, парковках, убежищах, фундаментах, дамбах, шахтах, производственных зданиях, насосных станциях, гидротехнических сооружениях.

К основным преимуществам гидроизоляции проникающего действия можно отнести следующие:

- повышается марка бетона по водонепроницаемости, увеличиваются показатели прочности и морозостойкости бетона;
- защитный материал навсегда закрепляется внутри бетона, не ослабевая со временем, и становится составной частью конструкции;
- бетон, обработанный материалами гидроизоляции проникающего действия, сохраняет паропроницаемость;
- не требуется предварительная сушка защищаемой поверхности, что снижает затраты на работы;
- способ можно использовать как на старом, так и на новом бетоне;
- применяется независимо от направления давления воды и одинаково эффективен как с внешней, так и с внутренней стороны конструкции;
- в случае повреждения поверхности бетона гидроизоляционные и защитные свойства обработанной конструкции или поверхности не меняются;
- обработанный бетон приобретает способность к «самозалечиванию»;
- защищает арматуру в бетоне от коррозии.

Список литературы

1. Драновский А.Н., Фадеев А.Б. Подземные сооружения в промышленном и гражданском строительстве: учеб. пособие. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1993. 355 с.
2. Пономарев А.Б. Реконструкция подземного пространства: учеб. пособие. М.: Изд-во АСВ, 2006. 232 с.
3. Работы по гидроизоляции [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://mosgidrostoi.ru>.

УДК 624.15

КРЕПЛЕНИЕ СТЕНОК КОТЛОВАНА ПРИ ОТКРЫТОМ СПОСОБЕ ВОЗВЕДЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

А. Р. Сарсеев*, М. М. Айгумов*

** Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Россия, Саратов, avc.amm@mail.ru*

Рассмотрены основные методы крепления стенок котлованов и траншей при открытом способе строительства подземных и заглубленных сооружений. Описаны используемые при креплении стенок материалы и особенности применения технологий.

Ключевые слова: котлован, траншея, подземные сооружения, шпунт, стенка, откос

MOUNT EXCAVATION WALLS WHEN OPEN METHOD OF CONSTRUCTION UNDERGROUND STRUCTURES

A. R. Sarseev*, M. M. Aigumov*

** Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia, Saratov,
avc.amm@mail.ru*

The basic methods of fixing the walls of pits and trenches at the open method of construction of underground and buried structures. Described used when attaching the wall materials and especially the use of technology.

Keywords: pit, trench, underground structures, tongue, wall, slope

При строительстве зданий с подземной парковкой или другими подвальными помещениями требуется разработка глубокого котлована. Строительство

сооружений в открытых котлованах и траншеях в настоящее время является наиболее распространенным способом. В стесненных условиях городской застройки, когда выполнить естественные откосы невозможно, применяют ограждение и крепление стенок котлованов.

При выборе метода крепления стенок котлована должны быть учтены многие факторы: техническое состояние зданий, находящихся в непосредственной близости от строительной площадки, грунтовые и гидрогеологические условия площадки, физико-механические свойства грунтов основания, глубина котлована, требуемая степень сохранности природной структуры грунтов за ограждением [1].

Укрепление стенок котлованов и траншей, возводимых открытым способом, проводится следующими основными способами: распорными, подкосными и анкерными креплениями, шпунтовым ограждением, нагельным креплением, а также использованием этих методов в комбинации.

Распорные, подкосные и анкерные крепления относятся к временным ограждениям стен котлованов. Распорки для крепления ограждений применяют при небольшой ширине выемок и в зависимости от глубины котлована могут устанавливаться в один, два и три яруса. Подкосы применяют для крепления стен широких котлованов, когда использовать распорки или анкера практически невозможно.

Анкерные крепления стен применяют для широких котлованов. При этом способе крепления боковое давление грунта через анкерные тяги передается на массив грунта, расположенный за пределами призмы обрушения. Анкерные крепления имеют ряд преимуществ перед распорными и подкосными креплениями: не занимают рабочее пространство в котловане, не мешают при разработке грунта и возведении конструкций, позволяют получить значительную экономию материала.

Наиболее экономичным способом является нагельное крепление, так как такое крепление не требует устройства свайной, шпунтовой стенки, или другой ограждающей конструкции. Способ применяется в случаях, когда нет условий для разработки котлована с естественными откосами, но при наличии технической возможности выполнения работ по инженерным и гидрогеологическим условиям. Применение нагельного крепления невозможно, например, в галечниковых и песчаных грунтах, а также в случаях, если вплотную к котловану прилегают фундаменты существующих сооружений или инженерные сети.

Нагельное крепление обеспечивает надежность стенок и откосов строительных котлованов за счет внедрения в грунт системы армирующих стержней (нагелей) и образования защитного полотна над поверхностью стенки. В качестве нагеля используется арматура, стальные водогазопроводные трубы, в качестве защитного полотна – обрезная доска.

Шпунтовое ограждение является наиболее надежным, но и самым дорогим из существующих способов крепления стенок выемок. Применяют шпунт при разработке выемок в водонасыщенных грунтах вблизи существующих зданий и сооружений. Шпунт, металлический или деревянный, погружают в грунт на глубину, превышающую глубину будущего котлована (величина заделки определяется расчетом), чем обеспечивает устойчивое и естественное состояние грунта за пределами выемки. В качестве металлических стоек используют про-

катные профили (швеллер, двутавр, трубы) или специально выпускаемый прокат (шпунт «Ларсен») (рис 1).



а



б

Рис. 1 – Ограждение стенок котлована буронабивными сваями с анкерным креплением (а), металлическим шпунтом (б)

В строительстве используются различные технологии устройства и погружения шпунтового ограждения: бурение с последующим бетонированием в скважине сваи, вибропогружение, статическое задавливание, ударный метод погружения, завинчивание.

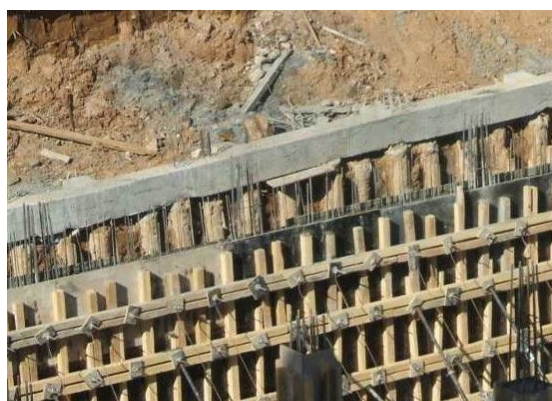
Шпунт может быть сплошным в виде единой стенки, если шпунт прерывистый, то между стойками по мере отрывки котлована забивают деревянную забирку – щиты, отдельные доски, брусья.

Вертикальные стенки котлованов глубиной 6 м и более крепят, как правило, металлическими шпунтами, обладающими большой прочностью и жесткостью. Основное преимущество металлического шпунта – его технологичность. При необходимости из шпунта стандартного профиля можно собрать любые системы с заданными характеристиками по требуемым прочностным характеристикам.

В строительной практике используют различные технологии укрепления откосов котлована: крепление стен траншей шпунтом или трубами. Когда соседние здания находятся слишком близко от нового котлована, чтобы исключить вибрационное воздействие на их фундаменты, используют метод цементации (рис. 2).



а



б

Рис. 2 – Ограждение стенок котлована: трубами (а), цементацией (б)

Ошибки при креплении стенок выемок могут привести к обрушению стенок котлована, частичному или полному обрушению фундаментов прилегающих построек. Это происходит при нарушении технологии разработки грунта, очередности разработки, что грозит увеличением нагрузки на неоконченную крепь и ее последующей деформацией.

Список литературы

1. Кочерженко В.В. Технология возведения подземных сооружений: учеб. пособие. М. : Изд-во АСВ, 2009. 128 с.
2. Строительные технологии большого города: <http://stbg.ru/page.php?57>

УДК 699.86

О ПРОБЛЕМАХ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В РОССИИ

О. В. Кизимова, А. Новикова**

** Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Россия, Саратов*

Рассмотрен вопрос применения теплоизоляционных материалов для энергосбережения в жилых зданиях.

Ключевые слова: энергосбережение, теплоизоляционные материалы, ограждающие конструкции

ABOUT THE PROBLEMS OF ENERGY SAVING IN RUSSIA

O. V. Kizimova, A. Novikova**

** Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia, Saratov*

The article considers of application of thermal insulation materials to energy saving in residential buildings

Keywords: the energy-saving, insulation materials, walling

На территории России во второй половине XX века велось массовое жилищное строительство по типовым проектам. В настоящее время большая часть этих зданий морально и физически устарела. Согласно статистике, в некоторых городах доля зданий старой постройки достигает 80-85%. Эксплуатационное энергопотребление таких зданий в России примерно в 3 раза превышает аналогичные показатели в технически развитых странах с такими же природно-климатическими характеристиками.

Такая ситуация обусловлена тем, что проблемам энергосбережения в СССР уделялось недостаточно внимания: гораздо более важным считалось снижение капитальных затрат на строительство.

В России практически 90% домов не соответствуют современным требованиям по энергопотреблению. Поэтому с целью повышения энергетической эффективности необходима модернизация существующих зданий с учетом действующих норм.

Кроме того, к числу факторов, стимулирующих развитие энергосбережения в России, можно отнести:

- повышение цен на энергоносители;

- увеличение объемов частного домостроения (коттеджей, дач);
- положительный международный опыт в сфере энергосбережения;
- появление новых энергосберегающих материалов и технологий.

Перечисленные выше факторы учитываются при строительстве энерго-сберегающих зданий. Энергосберегающие здания характеризуются не только малым расходом тепловой энергии, что обеспечивает низкую стоимость эксплуатации дома, но и повышенным комфортом, что создает теплый и здоровый микроклимат в помещениях. Кроме того, строительство таких зданий способствует экономии природных ресурсов. Поэтому во всем мире ведутся работы по проектированию энергосберегающих «активных домов», «пассивных домов» и работы по новому направлению «зеленое строительство» [1, 2].

Внедрение энергосберегающих технологий в отечественном строительстве обусловлено суровыми климатическими условиями на большой территории России. Известно, что для оценки суровости климата используется показатель градусо-сутки отопительного периода. Если среднее значение этого показателя для стран Западной Европы составляет 2000, то для европейской части России - 5000.

Строительство энергетически эффективных домов в России находится на начальной стадии развития. Одним из главных факторов, сдерживающих внедрение энергосберегающих технологий, является то, что строительство одного квадратного метра жилой площади в энергетически эффективном жилом доме в среднем на 8-12% дороже, чем строительство традиционного для России жилого помещения.

С целью повышения энергоэффективности зданий в России действуют федеральные целевые программы: программа «Повышение эффективности энергопотребления в Российской Федерации», рассчитанная на период с 2008 по 2015, «Энергетическая стратегия России на период до 2020 года», а также Совместный проект Россия – ЕС «Энергоэффективность на региональном уровне в Архангельской, Астраханской и Калининградской областях».

Реализация федеральных программ должна решить ряд задач:

- провести модернизацию нормативно-технической документации и системы сертификации, включая создание системы энергосберегающих стандартов в строительной отрасли;
- повысить энергетическую и экологическую эффективность продукции массового строительства;
- способствовать развитию экспериментального проектирования и строительства, предусматривающих апробацию эффективных материалов, технологий, оборудования на экспериментальных объектах;
- создать систему научно-технического обеспечения энергосберегающего домостроения и организацию научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок.

Одним из перспективных направлений реализации этих программ является разработка и внедрение энергетически эффективных материалов. Характеристика наиболее известных теплоизоляционных материалов приведена ниже.

Целлюлозный теплоизолятор – на территории стран СНГ этот материал известен под названием «эковата». По структуре целлюлозный утеплитель представляет собой рыхлый, легкий волокнистый изоляционный материал. Технологи-

гия изготовления этого материала способствует утилизации макулатуры. Материал характеризуется хорошими теплоизоляционными свойствами, обладает очень хорошей влагорегуляцией, обеспечивает хорошую защиту от летнего перегрева и надежную защиту от ударного шума.

Полиуретан – для его производства используется сырая нефть. Импортная продукция может содержать галогенизированные фторхлоруглеводороды (HFCW). Процесс производства сопряжен с высокими энергетическими затратами. Материал характеризуется долговечностью, хорошей формоустойчивостью, обладает хорошей влагостойкостью и устойчивостью к образованию плесени.

Полистирол – для его изготовления используется сырая нефть, которая ограниченно доступна, а в процессе производства выделяются опасные продукты реакции – бензол и стирол. Производство этого материала сопряжено с высокими энергетическими затратами. Материал имеет хорошие теплоизолирующие свойства, защиту от ударного шума и умеренную защиту от летнего перегрева. Материал долговечный с хорошей формоустойчивостью, характеризуется влагостойкостью и устойчив к образованию плесени.

Экспандированный (вспененный) перлит – это природный материал, представляющий собой вулканическое стекло. Наиболее крупными производителями вспененного перлита в мире являются США, Германия, Франция, Россия. Иногда вспененный перлит дополнительно пропитывают синтетическими смолами или битумами. Материал характеризуется хорошими теплоизолирующими свойствами и защитой от ударного шума. Он обеспечивает хорошую защиту от летнего перегрева и устойчив против гниения.

Минеральное волокно – влагостойчивый, долговечный материал, характеризующийся хорошими теплоизолирующими свойствами и умеренной защитой от летнего перегрева. Материала характеризуется хорошей формоустойчивостью, не подвержен повреждению насекомыми и устойчив к образованию плесени.

Пробка – получают из пробкового дуба. Пробковый дуб произрастает в 7 странах Средиземноморья, поэтому представляет собой ценное сырье, ресурсы которого ограничены. Материал обладает хорошими теплоизоляционными свойствами и обеспечивает защиту от летнего перегрева. Изделия из натуральной пробки долговечны, устойчивы к образованию плесени, не подвержены повреждению насекомыми.

Кокосовое волокно – сырьем для изготовления служит лубяной слой кожуры кокосовых орехов. Сырье доступно в достаточных количествах и представляет собой ценный материал. Однако его применение связано с большими транспортными расходами. Материал имеет хорошие теплоизоляционные свойства и защищает от ударного шума. Материал устойчив к воздействию влаги, хорошо держит форму, не подвержен повреждению насекомыми, долговечен, устойчив против плесени, но в нем могут поселиться грызуны.

Силикатно-кальциевые плиты – сырьем для их изготовления служат отходы строительных материалов, кварцевый песок, известь, целлюлозное волокно. Материал характеризуется средними теплоизолирующими свойствами, очень хорошая регуляция влажности, хорошо защищает от ударного шума, формоустойчив. Характеризуется высоким показателем РН, что предотвращает образование плесени.

Материал	Теплопроводность	Плотность сырья	Сопротивление диффузии	Класс пожаробезопасности	Толщина [см]	Стоимость [€/м²]	Расход первичной энергии
	X, [Вт/мхК]	[кг/м³]	Ц		Для U = 0,3 [Вт/мг^К]		[кВтч/м³]
Силикатно-кальциевые плиты	0,065	300	5-10	A1	См. сноску*	« 25 (50 мм)	Данные отсутствуют
Кокосовое волокно							
А) в виде рулонов	A) 0,050	A) 75	1	B2	22,5-25	44-50	95
Б) в виде матов	Б) 0,045	Б) 125					
Пробка							
А) гранулят	0,040-0,050	A) 55-60	A) 1-2	B2	20-25	A) 2-25	A) 90
Б) экспандированная гранулированная пробка		Б) 80-500	Б) 5-10				Б) 35-65
В) Пробковые плиты		Б) 80-500					Б) 40-50
Минеральное волокно:							
А) Стекловата	0032–0,040	15-80	1	A2	17,5-25	1-30	100-700
Б) Минеральная вата							
Экспандированный (вспененный) перлит	A) 0,045-0,050	A) 50-100	A) 2-3	A2	22,5-30	10-40	90-235
Жесткий вспененный полистирол							
А) EPS, вспененный полистирол с частицами	0,025-0,04	A) 5-30	A) 30-70	B1 или B2	12,5-20	A) 10-15	A) 530-1050
Б) XPS, экструдированный полистирол		Б) 25–40	Б) 80-300			Б) 40-50	Б) 400-600
Полиуретан (твердые плиты из вспененного материала)	0,020	30	30-100	B1 или B2	10-12,5	20-30	840-1330
Пеностекло	0,040–0,055	110-160	Практическая паронепроницаемость	A2	20-22,5	75-100	320-975
Целлюлозный теплоизолятор							
А) Аморфный	0,040-0,045	A) 25-60	1-2	B2	20-22,5	A) 15-20	55–80
Б) Плиты		Б) 70-100				Б) 25-30	

Аморфный древесно-волокнистый теплоизолятор – сырьем для его изготовления служат отходы переработки древесины пихты, ели, сосны, и борная кислота. Затраты энергии на производство невысоки. Материал характеризуется хорошими теплоизоляционными свойствами, защитой от ударного шума, хорошо защищает от летнего перегрева.

При выборе строительных материалов часто предпочтение отдается экологически чистым стройматериалам, что обеспечивает безопасность проживания людей. К экологически чистым относятся материалы, изготовленные на основе природных компонентов, подверженных минимальной обработке. Некоторые из таких материалов приведены ниже.

Прессованные соломенные блоки – это экологически чистый строительный материал, который в настоящее время набирает популярность. Готовый соломенный блок имеет прямоугольную форму со стандартной шириной 450 мм, длиной от 900 до 1125 мм и высотой 350 мм.

Льноватин – экологически чистый продукт из 100% льняного волокна, используется как межвенцовый утеплитель стен из бруса и оцилиндрованных бревен, а также герметизации дверных и оконных блоков. После укладки льноватин уплотняется, его волокна склеиваются и приобретают устойчивость к воздействию ветра и влаги.

Льняное волокно представляет собой экологически чистый и гибкий материал, легко делящийся на тончайшие волокна при чесании. К его преимуществам относятся большая прочность на разрыв и гигроскопичность. Он обладает хорошими теплоизолирующими свойствами и возможностями по регуляции влажности. Материал хорошо держит форму, устойчив к образованию плесени, не повреждается насекомыми.

Характеристики некоторых материалов приведены в таблице.

Таким образом, большое разнообразие теплоизоляционных материалов позволяет наиболее эффективно выбрать необходимый вариант утепления с учетом конструктивных особенностей здания.

Применение широкого спектра теплоизоляционных материалов для ограждающих конструкций существующих и вновь строящихся зданий позволит значительно уменьшить энергозатраты в России.

Список литературы

1. https://ru.wikipedia.org/wiki/%CF%E0%F1%F1%E8%E2%ED%FB%E9_%E4%EE%EC
2. <http://stroimat.com.ua/news/amerikanske-arhitektory-sozdali-proekt-doma-zero-energy-home.html>

УДК 69.698

ПРОБЛЕМА ДРЕНАЖНОЙ СИСТЕМЫ В ГОРОДЕ САРАТОВЕ

К. А. Стрельникова, В. А. Курантов**

** Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., Россия, Саратов, strelnikova.k.a@yandex.ru, kurantovvik@bk.ru*

Рассмотрены проблемы дренажной системы Саратова на данный момент. Проанализированы характерные особенности расположения Саратова и уровня грунтовых вод. Выявлены

основные проблемы существующей искусственной дренажной системы. На основе проведенного исследования предлагаются основные пути улучшения сложившейся ситуации и развитию водоотводной сети Саратова.

Ключевые слова: дренаж, система, урбогенез

THE PROBLEM OF DRAINAGE SYSTEM IN THE CITY OF SARATOV

K. A. Strelnikova, V. K. Kurantov**

** Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia, Saratov,
strelnikova.k.a@yandex.ru, kurantovvik@bk.ru*

This article discusses the problem of the drainage system at the moment of Saratov. Analyzed the characteristics and location of Saratov groundwater level. The main problems of the current artificial drainage system. Based on the research offers basic ways to improve the current situation and development of the drainage network of Saratov.

Keywords: drainage, system, urbulent

Дренажные сооружения являются неотъемлемой частью городской системы. Без их наличия город не может нормально функционировать, т.к. их отсутствие приводит к серьезным последствиям, и иногда необратимым. Дренажи делятся на два типа – естественные и искусственные. Саратов имеет особое расположение – в низине, из-за чего уровень грунтовых вод имеет высокое значение. Данный факт не оказывал серьезных последствий до начала 20-го века, до тех пор на территории Саратова здания и сооружения имели только фундамент мелкого заложения. Генеральный план застройки города, составленный при Николае II, учитывал «пойменный» характер саратовских грунтов, потому оставлял нетронутыми все овраги в качестве естественных водосборников. По словам историка Дмитрия Чернышевского: «Именно овраги определили странное направление наших улиц, идущих под углом к Волге: Московская, Немецкая и другие магистрали специально были заложены параллельно оврагам, чтобы отходящие от них уличные застройки упирались в овраги перпендикулярно и «отводили» в них излишки воды». В Сталинские времена, в Саратове были проложены 42 километра городских водоотводов, осушив район от улицы Чапаева до вокзала. Но времена Хрущева эта проблема была забыта. В Саратове были изуродована естественная овражно-балочная сеть (засыпали с помощью строительных и бытовых отходов), и попытались заменить ее ливневыми коллекторами.

Прогрессирующий рост городской территории через разравнивание новых площадей земли под строительство зданий и сооружений, прокладку новых дорог приводит к нарушению работы естественной дренажной системы. В мире есть примеры успешного применения бытовых и строительных отходов в качестве искусственного грунта. В Японии на техногенных толщах возводят производственные комплексы – этот метод применяется при строительстве на береговых территориях. Таким образом, японцы увеличивают территорию страны, отвоевывая у океана участки суши. Основными факторами, оказывающими негативное влияние на функционирование городской дренажной сети Саратова, являются:

- 1) естественной дренажной сети:
 - естественное и антропогенное нивелирование ОБС в результате урбогенеза;

– строительство жилых домов и сооружений, транспортных сетей поперек основному естественному стоку поверхностных и грунтовых вод;

– строительство жилых домов и сооружений, транспортных сетей на насыпных грунтах;

– малое озеленение овражных систем

– сброс бытового мусора, жидких и твердых отходов в долины оврагов.

2) искусственной дренажной сети:

- отсутствие необходимой сети городской ливневой канализации (около 250 км из необходимых 1000 км);

- износ до 90 % всех ливневых сетей города;

- неполная рабочая мощность ливневой сети (до 50 % от проектных расчетов).

- сброс бытового мусора и канализационных вод в коллекторы

- незаконные врезки канализационных труб частного жилого сектора в городские коллекторы.

Овраги, засыпанные бытовым мусором или залитые водой, приводят к тому, что водные потоки вынуждены искать новые пути разгрузки, проникая в подвалы и нижние этажи зданий, разрушая фундамент и стены, в таких случаях разрушается также асфальтовое покрытие дорог, размывается грунт у основы опор линий электропередач.

На данный момент естественная и искусственная дренажные сети переносят мусор и фекальные воды. При строительстве новых многоэтажных домов канализационные трубы часто подводят к ливневым сетям или выходят непосредственно в долины оврагов. Примером являются дома поселка Шарковка в Заводском районе, дома на улице Кавказской в районе Заводского ЗАГСа. Аналогичная ситуация складывается и в частном жилом секторе города Саратова. Надо ли говорить, что таким образом эффективность имеющихся ливневых коллекторов сводится к нулю. Многочисленные глубокие овраги, которые заложены по разрывным нарушениям, ныне засыпаны и застроены. По тектоническим нарушениям распространяются все напряжения в земной коре и многочисленные многоэтажные дома, построенные в долинах засыпанных Белоглинского, Рокотовского, Токмаковского, Дегтярного, Кладбищенского оврагов, Мутного ключа, расположены в зонах повышенной экологической опасности. Особое место в экологическом каркасе занимает Глебучев овраг. Он заложен по тектоническому нарушению, разделяющему Соколовогорский массив и Приволжскую котловину, и является концентратом практически всех экологических опасностей, которые отмечаются на территории Саратова. Здесь зафиксированы просадки, небольшие землетрясения, оползневая и эрозионная опасности, плохая проветриваемость. Таким образом, Заводской, Фрунзенский, Октябрьский, значительные части Кировского и Волжского районов находятся в зоне высокой экологической опасности. Важными критериями для выделения эрозионноопасных зон также стали большие мощности техногенных отложений, которыми засыпали долины оврагов и балок, отсутствие грамотно спланированных ливневых сетей, наличие крупных комплексов гаражных строений, садово-огородных участков, строительство многоэтажных домов поперек склонов, несанкционированные свалки бытовых и строительных отходов. Эти территории названы сигналом бедствия

для жизнедеятельности людей, их домов, социальных учреждений, коммуникаций и других элементов городской структуры.

Все процессы, характерные для современной эрозионной и ливневой систем г. Саратова, происходят в результате развития городских урбосистем. [1]. Здесь имеет место влияние урбогенеза, т.е. одновременно и процесса, и результата сложного взаимодействия техногенеза и ландшафтогенеза в условиях города. Урбогенез не остановить, но его негативное влияние можно снизить до оптимального, если выполнять мероприятия по сохранению устойчивости этой системы.

Список литературы

1. Яшков И.А. Овражно-балочная сеть урбанизированной территории: строение, развитие, геоэкологическая опасность (на примере Саратова): дис....канд. геогр. наук / Яшков Иван Александрович. М., 2008.
2. Пугачев Е.А. Водоотведение поверхностного стока современных мегаполисов: монография. М.: АСВ, 2013. 96 с.

УДК 624.01

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ОВОЩЕХРАНИЛИЩ

К. А. Стрельникова*, А. С. Ошменский*

** Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Россия, Саратов, strelnikova.k.a@yandex.ru, alexoch@yandex.ru*

Рассмотрены различные виды овощехранилищ, конструкции и конструктивные схемы. Приведен обзор современных овощехранилищ. Сделан сравнительный анализ целесообразности строительства овощехранилищ и необходимость их на сегодняшний день.

Ключевые слова: конструкции, каркас, овощехранилище

COMPARATIVE ANALYSIS OF STRUCTURES FOR THE CONSTRUCTION OF VEGETABLE STORES

К. А. Strelnikova*, A. S. Oshmensky*

** Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia, Saratov,
strelnikova.k.a@yandex.ru, alexoch@yandex.ru*

In article different types of vegetable storehouses, designs and constructive schemes are considered. The review of modern vegetable storehouses is provided. The comparative analysis of expediency of construction of vegetable storehouses and their need is made today.

Keywords: cover, design, frame, vegetable storage

Сегодня мир развивается бурными темпами. В самые разные сферы деятельности человека проникли новейшие технологии. Не стало исключением и хранение овощей. Современные овощехранилища представляют собой высокотехнологичные здания, оснащённые передовым климатическим оборудованием, которое автоматизирует процессы хранения и минимизирует потери продукции. Новейшие овощехранилища позволяют хранить овощи длительное время без

существенного снижения их качества. Эти факторы позволяют получать бóльшую прибыль, чем от овощехранилищ прошлого поколения.

Возведение современных овощехранилищ – сложный процесс, требующий значительных специальных знаний на всех этапах. От замысла до начала эксплуатации возведение овощехранилища проходит следующие стадии:

- разработка концепции овощехранилища. Составление бизнес-плана и технического задания на проектирование
- проектирование
- строительно-монтажные работы
- оснащение климатическим и технологическим оборудованием

Основа будущего овощехранилища задаётся при разработке его концепции, где важнейшей работой является анализ путей и мест сбыта продукции. Ошибки и неточности в разработке концепции ведут к неэффективности овощехранилища, как бы хорошо ни построили и оснастили здание. Каждый последующий этап зависит от предыдущего. Проект овощехранилища полагается на концепцию, строительство – на проект, а оснащение – на проект и строительство. Если изначально запроектировать и построить здание, не соответствующее требованиям, то даже самое качественное оборудование не будет выдавать ту же результативность, что и в подходящем для него овощехранилище.

Современные предприятия аграрного комплекса работают в условиях жесткой конкуренции. Рынок переполнен сельскохозяйственной продукцией разного качества. Поскольку она имеет свою специфику, ее необходимо хранить в особых условиях, чтобы представить потребителю в наилучшем виде. Вопросы хранения овощей и фруктов человек занимается с древних времен. В наши дни ему на помощь приходят инновационные технологии, в соответствии с которыми строится овощехранилище под разные виды плодов и овощей.

Хранение сельскохозяйственной продукции, ее конечное качество и минимизация потерь всецело зависят от того, как было проведено строительство овощехранилища. Важно не только вырастить урожай, но и сохранить его до поступления к потребителю. Продумывают вопросы хранения аграрной продукции еще на этапе проектирования соответствующего строения.

Существующие сегодня технологии строительства овощехранилища позволяют:

- создать благоприятные условия для содержания любых культур;
- защитить продукцию от негативного воздействия природных явлений (влаго- и теплоизоляция овощехранилища);
- предохранить урожаи от уничтожения птицами и грызунами;
- вести постоянный и простой контроль за текущим состоянием сельхозпродукции;
- создавать оптимальные режимы, в том числе зонированно;
- создать условия для сортировки товаров, их калибровки, дифференциального хранения;
- обеспечить наибольший комфорт для проведения закладки продукции и отгрузки товара;
- гарантировать быстрый и качественный процесс дезинфекции;
- обеспечить максимальную эффективность хранения;
- обеспечить длительность хранения продукции без ощутимых потерь.

Существует несколько вариантов классификации конструкций и систем хранения результатов труда сельскохозяйственных предприятий. Овощехранилища подразделяются на универсальные, где можно хранить любые виды овощей и фруктов, меняя режимы, или специализированные, предназначенные для определенного типа продукции. Оборудуются постоянные или стационарные конструкции; бескаркасные (ангары); временные зоны хранения (траншеи, бурты, оборудуемые для короткого периода хранения после закладки); каркасные: овощехранилища из ЛСТК и овощехранилища из металлоконструкций.

По отношению к уровню почвы конструкции могут быть: заглубленными, полузаглубленными и незаглубленными (наземными).

Возведение здания овощехранилища может быть из разных материалов: металла, бетонных блоков или более современных газобетонных аналогов, стеновых панелей разного типа, камня натурального или искусственного, кирпича, а также других материалов.

На территории Российской Федерации достаточно распространены советские овощехранилища. Это устаревшие постройки из бетона или кирпича, которые могут иметь разную степень заглубления. Технологии их возведения остались в том самом далеком прошлом. Сегодня они практически не приспособлены для достижения требуемых результатов. Для того чтобы переоснастить их новейшими климатическими системами, потребуется вложить слишком много средств, что сделает дальнейшее использование нерентабельным и неэффективным. Возводить аналогичные конструкции из тех же материалов с использованием прежних технологий сегодня затратно. Результаты не удовлетворяют современного предпринимателя.

Многие заказчики обращают внимание на технологию строительства бескаркасных ангаров, возводимых с использованием прокатной листовой стали. Они привлекательны сжатыми сроками возведения и низкой стоимостью строительно-монтажных работ. Стоит понимать, однако, что такие конструкции затратны в эксплуатации и недостаточно эффективны. Они имеют следующие недостатки:

- сложный монтаж покрытия и системы утепления;
- бескаркасные конструкции рассчитаны на временный период хранения аграрной продукции, а при более длительном времени потери становятся несоизмеримыми вложениям;
- недолговечность, т.е. их можно относить к разряду временных овощехранилищ, рентабельность которых сомнительна.

Становятся привлекательными овощехранилища из ЛСТК (лёгких стальных тонкостенных конструкций) из-за небольшой металлоемкости и невысоких требований к оборудованию фундамента. Цена каркаса и фундамента ниже, чем при возведении овощехранилищ из металлоконструкций, но они еще не получили широкого распространения в России по нескольким причинам:

- высокие трудозатраты при возведении;
- высокие требования к качеству монтажа;
- недостаточный опыт возведения конструкций данного типа и недостаточное количество специалистов;
- при сборке требуется использование особых болтов, которые со временем не разрушатся.

Установить каркас необходимо так, чтобы он не деформировался под воздействием негативных явлений окружающей среды – ветра, града, снега. В России мало производителей действительно качественных ЛСТК, имеющих хорошую оцинковку. Максимальная высота каркаса из этого материала не позволяет строить высотные здания для хранения в высоту 7-8 контейнеров. В связи с этим такие хранилища неактуальны для регионов с дефицитом свободных земельных участков и с очень дорогими участками, такими как Московская и Ленинградская области.

Каркасные овощехранилища из металлоконструкций или МК выполняются из черного металла с обшивкой сэндвич-панелями. Среди преимуществ таких сооружений:

- значительно более простой и быстрый монтаж, чем при создании конструкции овощехранилища из ЛСТК;
- возможность монтировать сэндвич-панели любой толщины и с любым утеплителем, что расширяет географию применения МК в России;
- возможность строительства каркаса большой высоты (характеристика соотношения прочности и высоты рассчитывается индивидуально в соответствии с условиями эксплуатации);
- минимальные риски получения некачественной сборки каркаса в сравнении с аналогами ЛСТК;
- работа на перспективу и простота наращивания площади овощехранилища без прекращения его функционирования;
- возможность монтажа любого оборудования (двери, лестницы, люки, системы обеспечения климата, загрузки-выгрузки (транспортёры, самоподаватели и пр.), автоматизации (датчики, блокировки и пр.), сортировки, сушки, и так далее);
- высокая степень герметичности и максимальное обеспечение микроклимата, включая зональный, для эффективного использования энергоресурсов и минимизации потерь.

При строительстве крупного сооружения, логистического центра, подойдут овощехранилища из металлоконструкций. Технология ЛСТК не позволит выполнить надежные, качественные и долгосрочные масштабные проекты. Если заказчик-аграрий выбирает строительство овощехранилищ из металлоконструкций, он гарантированно получает надежное и очень выгодное строение.

Исходя из выше изложенного, можно провести сравнительный анализ по типам овощехранилищ:

- овощехранилища советского типа – затратны в строительстве, приспособлены только для краткосрочного хранения.
- бескаркасные ангары – относительно дешёвы в строительстве, приспособлены только для краткосрочного хранения;
- каркасные овощехранилища из ЛСТК – небольшие затраты на строительство, приспособлены для краткосрочного и долгосрочного хранения, но велик риск столкнуться с некомпетентностью проектных и подрядных организаций, реализующих овощехранилище;
- каркасные овощехранилища из металлоконструкций чёрного металла – небольшие затраты на строительство, приспособлены для краткосрочного и долгосрочного хранения.

ТЕХНОЛОГИИ МОНТАЖА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ОБОЛОЧЕК

К. А. Стрельникова*, С. М. Зинченко*, И. С. Бурдеев*

** Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Россия, Саратов, strelnikova.k.a@yandex.ru, sergei_zinchenko@bk.ru,
vburdeev@yandex.ru*

Рассмотрены различные виды железобетонных оболочек и технологии их монтажа. Приведены виды техники, используемой при монтаже. Сделан вывод о целесообразности применения железобетонных оболочек.

Ключевые слова: оболочка, технология, монтаж, покрытие

TECHNOLOGIES OF INSTALLATION OF FERROCONCRETE COVERS

K. A. Strelnikova*, S. M. Zinshenko*, I. S. Burdeev*

** Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia, Saratov,
strelnikova.k.a@yandex.ru, sergei_zinchenko@bk.ru, vburdeev@yandex.ru*

In article different types of ferroconcrete covers and technology of their installation are considered. Types of the equipment used at installation are given. The conclusion is drawn on expediency of application of ferroconcrete covers.

Keywords: cover, technology, installation, covering

Покрытия в виде железобетонных оболочек служат для перекрытий различного рода транспортных, спортивных, зрелищных и торговых сооружений. Оболочками можно перекрывать значительные площади (до 100 м и более) без промежуточных опор при минимальном расходе материалов, так как в них наиболее полно используются пластические и прочностные возможности железобетона. Конструктивное решение в виде оболочек снижает по сравнению с покрытиями из линейных и плоских конструкций расход бетона на 30...35% и стали на 20...25%. Особое распространение получили цилиндрические оболочки КЖС, которые значительно экономичнее плоских плит покрытия.

В настоящее время в строительстве применяют железобетонные оболочки следующих типов: длинные цилиндрические оболочки, короткие цилиндрические оболочки, оболочки двоякой положительной кривизны, оболочки отрицательной кривизны.

Различают две основные технологии монтажа сборно-монолитных оболочек: укрупнение конструкций в пространственные блоки с последующей установкой в проектное положение и сборка в проектном положении из отдельных конструкций.

Длинные цилиндрические оболочки собирают из плит размером 3×6 м и 3×12 м, выпускаемых двух типов – средних и торцевых; бортовых элементов и торцевых диафрагм. Монтаж оболочки начинают с установки временных стоек под бортовые элементы, которые крепят к колоннам сваркой. Плиты укрупняют в пространственные блоки в виде цилиндрических панелей на площадке укрупнительной сборки, к монтажным петлям этих блоков крепят строповочное устройство, после чего укрупненные конструкции поднимают и в четвертях опирают на временные опоры с домкратами. Затем проводятся сварка и замоноличивание всех стыковых выпусков в пределах пролета. При этом затяжку торцо-

вой плиты приваривают к оголовку колонны, а плиту – к бортовому элементу. Монтаж начинается с торцевой цилиндрической панели. Затем устанавливают и приваривают четыре рядовые плиты, а потом – торцевую плиту с затяжкой. Монтаж выполняют гусеничным краном грузоподъемностью 10 т на требуемом вылете стрелы. После сварки стыков, замоноличивания всех швов и выдержки бетона бортовые элементы раскружаливают. Нагрузку с временных опор снимают и опоры удаляют, после чего оболочка работает совместно с бортовыми элементами и затяжками.

Короткие цилиндрические предварительно напряженные панели типа КЖС широко применяют для пространственных покрытий промышленных и гражданских зданий. Плиты КЖС выпускают длиной 12, 18 и 24 м, равной перекрываемому пролету. Ширина плиты 3 и 6 м, масса до 2 т. Плиты выпускают с торцевыми затяжками, что позволяет их устанавливать непосредственно на заранее смонтированные колонны. Монтаж плит производят гусеничным краном. Плиты предварительно подают в пролет или непосредственно к моменту подъема под кран. Строповку плит осуществляют траверсой за 4 точки. После установки плиты ее приваривают к закладным элементам на колонне.

Оболочки двоякой кривизны применяют как для перекрытия однопролетных, так и многопролетных зданий. По расходу материала такие оболочки экономичнее цилиндрических. Данная оболочка состоит из контурных арок-диафрагм с предварительно напряженным нижним поясом и скорлупы. У сборно-монолитных оболочек скорлупа образует многогранник, набираемый из плоских плит ромбической и треугольной формы. Сборные оболочки перекрывают ребристыми цилиндрическими панелями размером 3×4 м и 3×6 м. Монтаж сборно-монолитных оболочек со скорлупой из плоских плит требует применения подмостей или кондукторов.

При большом пролете монтаж выполняют в следующем порядке. Контурные арки устанавливают на колоннах гусеничным краном и закрепляют. Для установки плит скорлупы применяют башенные краны грузоподъемностью 5 т или гусеничные с башенно-стреловым оборудованием. Каждый угол установленной плиты должен опираться на подмости или кондуктор. В швы закладывают арматуру, натягиваемую после сварки выпусков, и замоноличивают их. Верхние пояса арок окончательно бетонируют после установки всех плит и заварки выпусков арматуры. Раскружаливание оболочки выполняют после достижения бетоном в угловых зонах и швах между плитами 70% проектной прочности. Раскружаливание достигается путем опускания винтовых или гидравлических домкратов, включенных в стойки подмостей или опоры кондуктора (рис. 1).

Такой метод трудоемок в процессе монтажа и демонтажа подмостей или кондукторов и выполнения технологических операций монтажа плит и замоноличивания стыков, поэтому обычно плиты до начала монтажа укрупняют по 3-4 шт. на стенде, превращая их тем самым самонесущие шпренгельные секции с помощью затяжек. Это позволяет уменьшить количество устанавливаемых временных опор, а следовательно и время на их монтаж и демонтаж.

При небольших пролетах монтаж можно выполнить двумя способами: на уровне земли и с использованием инвентарных кондукторов.

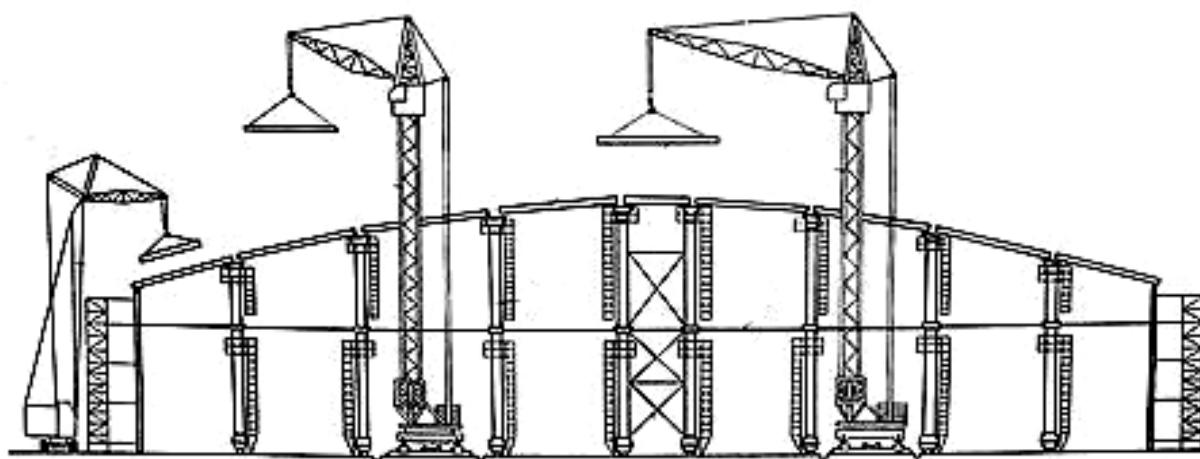


Рис. 1. Схема монтажа покрытия

При монтаже на уровне земли сборку оболочки выполняют на стенде внутри пролета, после чего собранную конструкцию покрытия с помощью двух гусеничных кранов, поднимая и поворачивая, устанавливают в проектное положение. Затем арки-диафрагмы приваривают к закладным деталям на колонне. Этот вид монтажа применяется при пролете до 24 м (рис. 2).

При пролетах 24×24 или 36×36 м применяют инвентарные кондукторы, передвигающиеся с позиции на позицию по рельсам. Работы ведут в такой последовательности. В пролете (или одновременно в нескольких пролетах) устанавливают, а затем поднимают на проектные отметки кондукторы, которые представляют собой сетчатые кружальные конструкции, повторяющие очертания оболочки. На колонны с помощью монтажных кранов устанавливают контурные фермы оболочки. После укладки сборных плит, которую производят от контуров оболочки к центру, и выверки их положения сваривают стыковые соединения и замоноличивают швы. После того как бетон в стыках достигнет 70 % проектной прочности, оболочку раскружаливают, кондуктор опускают в транспортное положение и передвигают по рельсам на смежную позицию.

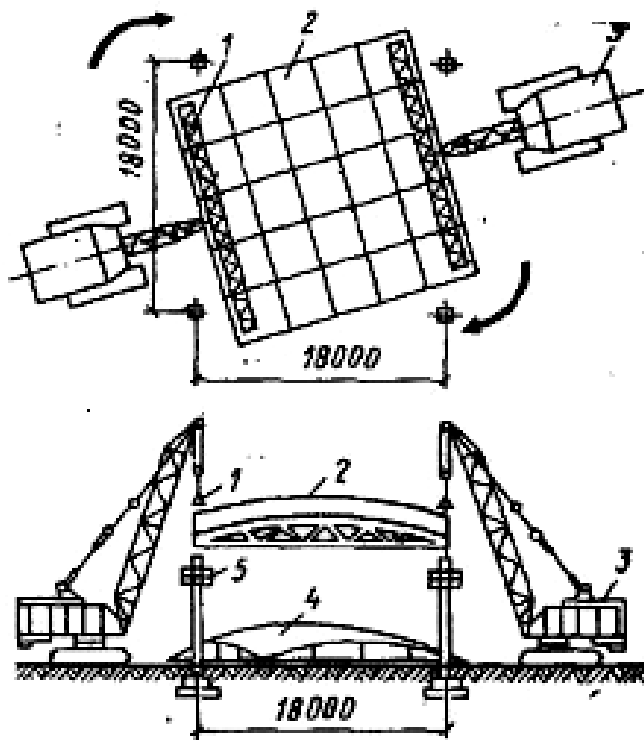


Рис. 2. Схема монтажа оболочки, собираемой на уровне земли:

- 1 — траверса, 2 — оболочки; 3 — монтажный кран;
- 4 — оболочка в наземном положении;
- 5 — рабочая люлька

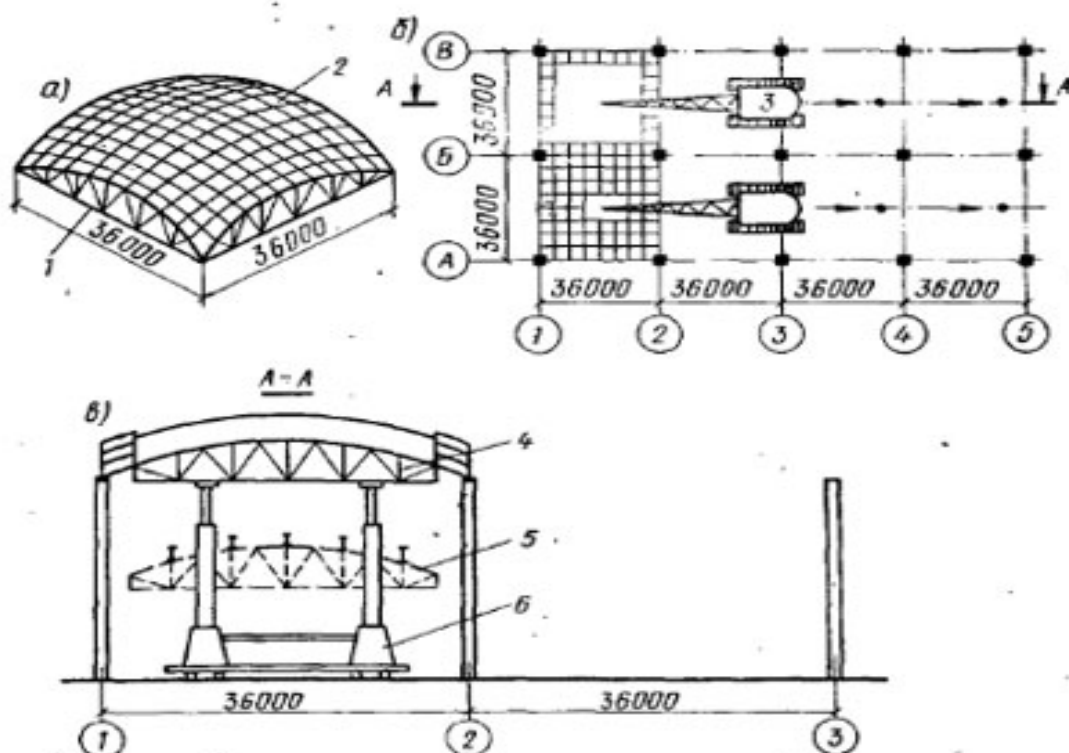


Рис. 3 – Схема монтажа покрытия промышленного здания из сборных оболочек с помощью инвентарных кондукторов:

а – общий вид оболочки; б – схема монтажа; в – схема установки кондуктора; 1 – контурная ферма; 2 – плита покрытия; 3 – монтажный кран; 4 – кондуктор в рабочем положении; 5 – кондуктор в транспортном положении; 6 – телескопический подъемник

Подводя итог, можно прийти к выводу, что покрытия в виде оболочек экономичны по расходу материалов, но несмотря на это, в сравнении с плоскими видами покрытия с увеличением перекрываемого пролета значительно усложняется технология монтажа оболочек.

Список литературы

1. Диамант М.И., Белова Е.М. Технология возведения сложных сооружений: учеб. пособие. Кемерово: КузГТУ, 2007. 198 с.
2. Снарский В.И., Снарский С.В. Технология возведения большепролетных конструкций : учеб. пособие. Саратов: Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2009.

УДК 697.4:697.343

НАДЕЖНОСТЬ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ

Э. М. Малая*, С. Г. Культяев*, Н. В. Мазаева*

* Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Россия, Саратов

Изложено обоснование научной идеи об определении надежности распределительных систем газоснабжения.

Ключевые слова: надежность, безотказность, системы газоснабжения

RELIABILITY OF DISTRIBUTION GAS SUPPLY SYSTEMS

E. M. Malaya, S. G. Kyltyaev*, N. V. Mazaeva**

** Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia, Saratov*

Justification of scientific idea about the determination reliability of gas distribution systems.

Keywords: reliability, infallibility, gas supply system

К настоящему времени в газовой промышленности России возникла насущная необходимость полномасштабного перевооружения ряда основного технического оборудования с учетом надежности.

Надежность – это свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах все параметры, характеризующие способность выполнять требуемые функции в заданных режимах в условиях применения, технического обслуживания, ремонта и транспортирования. Для систем газоснабжения и газопотребляющих агрегатов такими параметрами являются пропускная способность, мощность, давление, расход газа и др.

Характерная черта распределительных систем газоснабжения – длительность действия, т.к. они существуют в городах до тех пор, пока не появится новый энергоноситель, способный заменить газ.

Особенностью распределительных систем является ограниченная возможность резервирования. Газовые сети имеют ничтожно малую аккумулирующую способность, поэтому связь между подачей газа в сеть и его потреблением жесткая. Следовательно, емкость газовой сети не может служить резервом для повышения надежности системы. Рассредоточенность потребителей газа у распределительных систем существенно ограничивает использование аварийных источников газа.

Основными средствами резервирования служат кольцевание сетей и дублирование отдельных ее участков.

Интенсивность отказов $\lambda(t)$ – это условная плотность вероятности возникновения отказа объекта, определяемая для рассматриваемого момента времени при условии, что до этого момента отказ не возник. Под плотностью понимают предел отношения вероятности отказа в интервале времени от t до $t + \Delta t$ к значению интервала Δt при $\Delta t \rightarrow 0$. Физический смысл вероятности отказа – это вероятность отказа в достаточно малую единицу времени:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{p(t)} \quad (1),$$

где $p(t)$ – вероятность безотказной работы за время t , $f(t)$ – плотность распределения наработки до отказа.

Наработка на отказ τ_0 представляет собой отношение наработки объекта к математическому ожиданию количества его отказов в течение этой наработки. При экспоненциальном распределении наработки между отказами наработка на отказ оценивается выражением $\tau_0 = \lambda^{-1}$. Среднее время восстановления является математическим ожиданием времени восстановления работоспособности. При

наличии статистических данных о длительности восстановления n объектов $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n$ среднее время восстановления оценивается выражением

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{(\tau_1 + \tau_2 + \dots + \tau_n)}{n} \quad (2)$$

Вероятность безотказной работы объектов (газопроводов, ГРП и др.)

$$p(t) = 2,72^{-\lambda t} \quad (3)$$

Определение надежности газопроводов. При тупиковом (последовательном) соединении элементов (рис. 1, а)

$$H = 1 - \left[(1 - P_1) + (1 - P_2) \frac{q - q_1}{q} + (1 - P_3) \frac{q - q_1 - q_2}{q} + \dots \right] \quad (4)$$

где P_1, P_2, P_3 – надежность 1-го, 2-го, 3-го и т.д. по ходу газа участков; q – общий объем газа, проходящего через газопровод; q_1, q_2 – путевые расходы газа в 1-м, 2-м и т.д. по ходу газа участках.

При параллельном соединении (рис. 1, б) с суммируемыми показателями эффективности отдельных элементов, если надежность и пропускная способность всех газопроводов одинаковы, т.е. если

$$H_1 = H_2 = H_3 = \dots = P; \quad q_1 = q_2 = q_3, \quad H = P; \quad (5)$$

если надежность и пропускная способность газопроводов различны.

$$H = \sum P_i = \frac{q_1}{q_2}, \quad (6)$$

Схемы соединения элементов системы газоснабжения

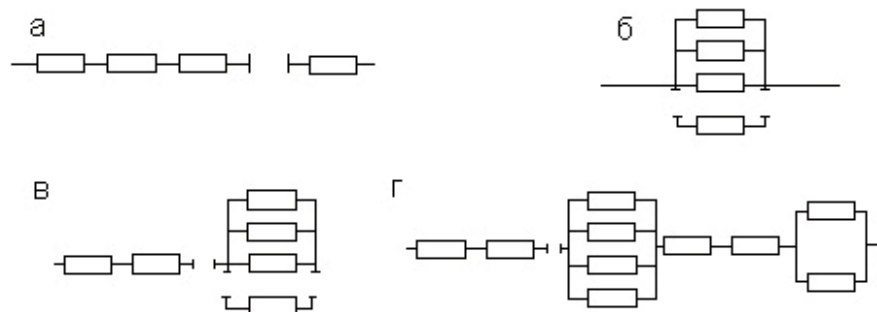


Рис.1

а - последовательное; **б** - параллельное; **в, г** - смешанное

где q_i – путевые расходы газа в каждом газопроводе, входящем в соединение.

В случае смешанного (параллельно-последовательного) соединения (рис. 1, в) сначала по формуле (4) определяют надежность последовательного соединения H_1 , затем по формуле (5) или (6) – надежность параллельного соединения H_2 . Надежность смешанного соединения:

$$H = H_1 H_2 \quad (7)$$

Для закольцованной сети с ГРП, находящимся в центре нагрузки (в центре микрорайона, обслуживаемого газом от данного ГРП:

$$H = \frac{(96 - N + 0,50 \text{ ср})}{100} \quad (8)$$

где N – число участков, составляющих радиус действия ГРП; $D_{\text{ср}}$ – средний диаметр газораспределительной сети, мм; q – удельная нагрузка на газопроводах низкого давления, $\text{м}^3/\text{ч}$ на 1 м; l – средняя длина участка газораспределительной сети, м.

Для повышения надежности используют два пути. Первый – повышение надежности и качества элементов, из которых состоит система, но когда возможности повышения качества элементов исчерпаны, идут по второму пути – пути резервирования, который позволяет построить систему с надежностью выше надежности элементов, из которых она состоит.

Под безотказностью понимают свойство системы непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторого времени или некоторой наработки, под долговечностью – свойство сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта. Ремонтпригодность заключается в приспособлении объекта к предупреждению и обнаружению причин возникновения отказов и повреждений, а также к поддержанию и восстановлению работоспособного состояния проведением технического обслуживания и ремонтов. Свойство объекта сохранять безотказность, долговечность и ремонтпригодность в течение и после хранения и (или) транспортирования является сохраняемостью. К единичным показателям безотказности систем газоснабжения относятся вероятность безотказной работы, интенсивность отказов и наработка на отказ. Вероятность безотказной работы, т.е. вероятность того, что в пределах заданной наработки отказ не произойдет, определяется отношением количества объектов, безотказно проработавших до момента времени t , к количеству объектов, работоспособных в начальный момент времени $t = 0$.

Надежность элементов характеризуется параметром потока отказов. После отказа элемент выключают из системы, ремонтируют (заменяют) и вновь включают в работу. Последовательность отказов элементов во времени и составляет поток отказов, который определяют экспериментально или из статистических данных повреждений, фиксируемых службами эксплуатации. Основными видами повреждений распределит, газопроводов являются механические, коррозионные и разрывы сварных швов. В расчетах учитывают только повреждения, требующие немедленного отключения участка, т.е. приводящие к внезапным отказам. Это обусловлено тем, что если ремонт поврежденных элемента возможно отложить, то его можно провести в удобное время при спаде нагрузки и ущерб будет или весьма малый или совсем отсутствовать. Поэтому важно знать интенсивность отказов $\lambda(t)$ [2].

Проектные решения, обеспечивающие надежность газораспределительных систем. Для повышения надежности системы можно применять различные проектные решения, в том числе: использование более надежных элементов или организацию мероприятий, повышающих их надежность (защита от коррозии, установка компенсаторов и др.); введение в схему избыточных элементов для организации резервов (параллельные прокладки, кольцевание газопроводов и др.); установку дополнительных ГРП с целью уменьшения их радиуса действия; организация кольца газопроводов вокруг ГРП с равнопропускными полукольцами большого диаметра (если в радиусе действия ГРП менее 8 участков, то кольцо разделит зону действия ГРП на две подзоны – каждую с числом участков менее 4; если в радиусе действия ГРП более 8 участков, число таких колец может

увеличиваться до 3); увеличение диаметров некоторых участков сети против их расчетных значений, полученных из условий оптимизации этой сети, главным образом за счет отказа от газопроводов диаметром 80 мм и менее с надежностью, на порядок меньшей, чем газопроводы диаметром более 80 мм (поскольку отказы участков с данным диаметром равновероятны, то при реализации этого мероприятия необходимо увеличивать диаметры всех участков данного диаметра).

Для обеспечения надежности и долговечности работы котла необходимы:

- тщательная докотловая обработка питательной воды с целью обеспечения безнакипного состояния поверхностей нагрева при сжигании газа;
- тщательная очистка котлов от шлама, накипи, золы и сажи;
- исключение ударного воздействия факела на поверхность нагрева;
- обеспечение в топке максимально возможной равномерности распределения тепловых потоков;
- применение газогорелочных устройств, размеры факела которых при любых режимах работы меньше соответствующих габаритов топки;
- в неэкранированных или частично экранированных топках поддержание таких температур, которые не приводят к быстрому разрушению не защищенных, экранами частей топки;
- обеспечение надежного розжига газогорелочных устройств и устойчивого факела во всем диапазоне регулирования тепловой мощности;
- защита от перегрева со стороны топки тех элементов котла, где возможно нарушение циркуляции воды, отложение шлама и накипи, а также участков, которые больше выступают в топку и подвергаются опасности местного перегрева, особенно при сжигании резервного жидкого топлива [1].

Список литературы

1. Исаев В.Н., Калинин В.М. Оценка эффективности эксплуатационного внеквартальных инженерных систем // Сантехника. 2004. № 2. С. 36-41.
2. <http://www.bibliotekar.ru/spravochnik-144-2/90.htm>

УДК 696.2

ПРОВЕРКА ВЛАЖНОСТНОГО СОСТОЯНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ПОВЫШЕНИИ СОПРОТИВЛЕНИЙ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ

Ю. С. Ряписова*, Н. Н. Осипова*

** Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Россия, Саратов, osnat75@mail.ru*

Приведены значения сопротивлений теплопередаче ограждающих конструкций. Проведена проверка влажного режима ограждений при внедрении рекомендуемых значений.

Ключевые слова: сопротивление теплопередаче, рекомендации, влажностный режим, конденсация

CHECK THE STATUS OF HUMIDITY DESIGNS AT ELEVATED RESISTANCE TO HEAT

Y. S. Ryapisova*, N. N. Osipova*

** Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia, Saratov,
osnat75@mail.ru*

Shows the values of R-value. Audited wet mode fences in implementing the recommended values.

Keywords: resistance to heat, recommendations, humidity conditions, condensation

В настоящее время в РФ большое внимание уделяется проблеме сбережения энергетических ресурсов. В крупных населенных пунктах различные программы реализуются путем внедрения комплекса энергосберегающих мероприятий в жилищно-коммунальную сферу, позволяющих достичь желаемого результата – повышения энергетической эффективности жилищного фонда и систем коммунальной инфраструктуры. В сельских населенных пунктах, имеющих в основном децентрализованные системы энергообеспечения, вопросы экономии энергетических ресурсов являются заботой собственника здания, т.к. требования [1] на объекты индивидуального жилищного строительства не распространяются.

Как показывают различные исследования, энергозатраты отапливаемых зданий распределяются следующим образом: 7% – расход энергии для горячего водоснабжения, 13% – затраты электроэнергии, 80% – затраты на восполнение тепловых потерь через ограждающие конструкции, в том числе нагрев инфильтрационного воздуха.

Уменьшение последней составляющей энергозатрат для жилых зданий возможно за счет внедрения ряда энергосберегающих мероприятий, главным из которых является повышение сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций до уровня, определяемого на основании технико-экономических расчетов. В этой связи обоснование необходимого и достаточного уровня тепловой защиты ограждающих конструкций является весьма актуальной задачей.

Автором проведены исследования по повышению тепловой защиты зданий, основные положения которых подробно изложены в [2]. На основании проведенных исследований предлагается в проектной практике использовать значения сопротивлений теплопередаче, представленные в таблице. Для сравнения в данной таблице приведены значения сопротивлений теплопередаче, рассчитанные по рекомендациям СНиП [3].

Значения сопротивлений теплопередаче ограждающих конструкций

Сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций, $\text{м}^2\text{К/Вт}$	Климатическая зона эксплуатации здания	
	умеренно-теплая	холодная
наружная стена		
согласно [3]	2,23	3,4
рекомендуемое	3,98	5,77
перекрытие над холодным подвалом		
согласно [3]	2,97	4,47
рекомендуемое	4,75	7,24
перекрытие с чердаком		
согласно [3]	2,97	4,47
рекомендуемое	5,67	7,53
оконное заполнение		
согласно [3]	0,33	0,58
рекомендуемое	0,56	0,9

Анализ таблицы показывает, что рекомендуемые авторами значения сопротивлений теплопередаче ограждающих конструкций существенно (в 1,7-1,8 раза) превышают нормативные значения. Данное обстоятельство вполне закономерно ввиду высокой стоимости используемого энергоресурса (сжиженный углеводородный газ) и вскрывает дополнительные резервы энергосбережения в части газопотребления жилыми зданиями. В то же время для нормальной эксплуатации ограждающей конструкции и поддержания заданного микроклимата в по-

мещении необходимо при проектировании конструкции учитывать изменение температур в толще ограждения, т.е. контролировать границы зоны конденсатообразования в толще конструкции. Наиболее предпочтительным режимом эксплуатации ограждений в этом случае, является режим, при котором зона возможной конденсации смещается ближе к наружному слою ограждающей конструкции, что стабилизирует состояние стены в холодный период времени года и, следовательно, обеспечивает нормальную эксплуатацию и более длительный срок службы ограждения в целом.

Для оценки влажностного состояния ограждающей конструкции (наружной стены) были проведены дополнительные исследования. Определение зоны конденсации водяных паров производилось графическим способом по алгоритму, представленному в [3]. Температуры в толще стены определялись на границах конструктивных слоев и в двух сечениях теплоизоляционного слоя (1/3 и 2/3 толщины утеплителя по ходу движения теплового потока). Расчет значений температур в характерных сечениях производился с помощью программы на ЭВМ, разработанной автором [4]. Результаты соответствующих расчетов представлены на графиках (рис. 1, 2).

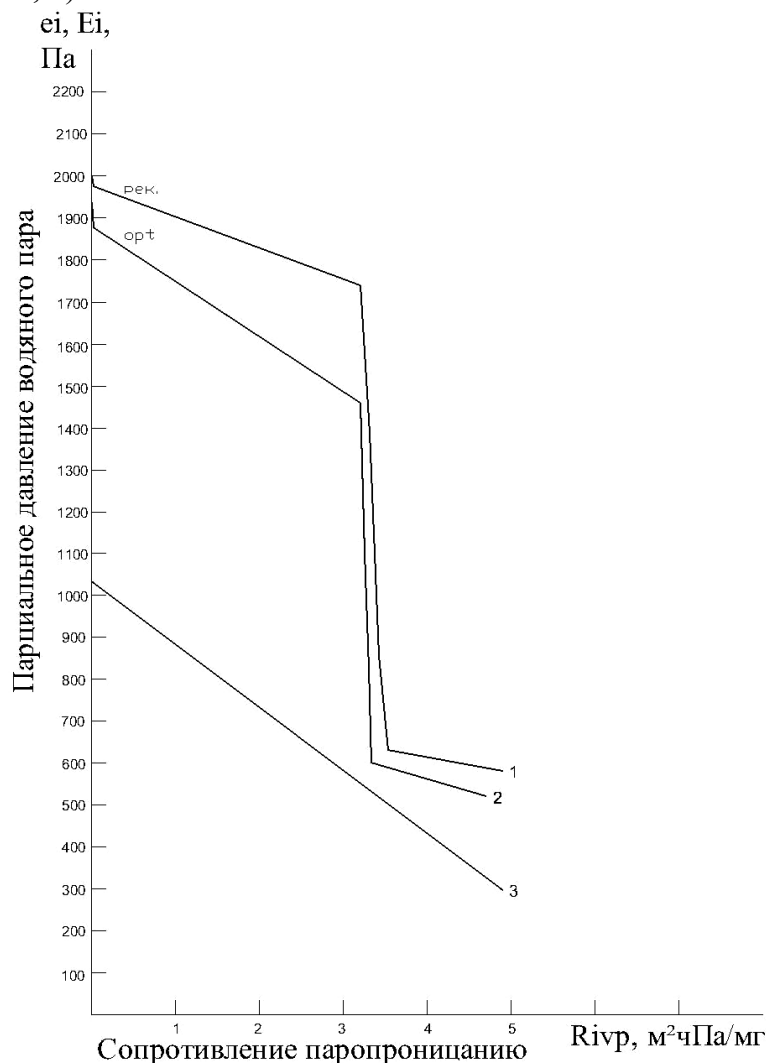


Рис. 1 – Определение зоны возможной конденсации водяных паров в толще наружной стены (климатическая зона эксплуатации ограждения: умеренно-теплая):

1 – парциальное давление насыщенного водяного пара при сопротивлении теплопередаче,

рекомендуемом авторами; 2 – то же, рекомендуемое СНиП [3]; 3 – парциальное давление водяного пара

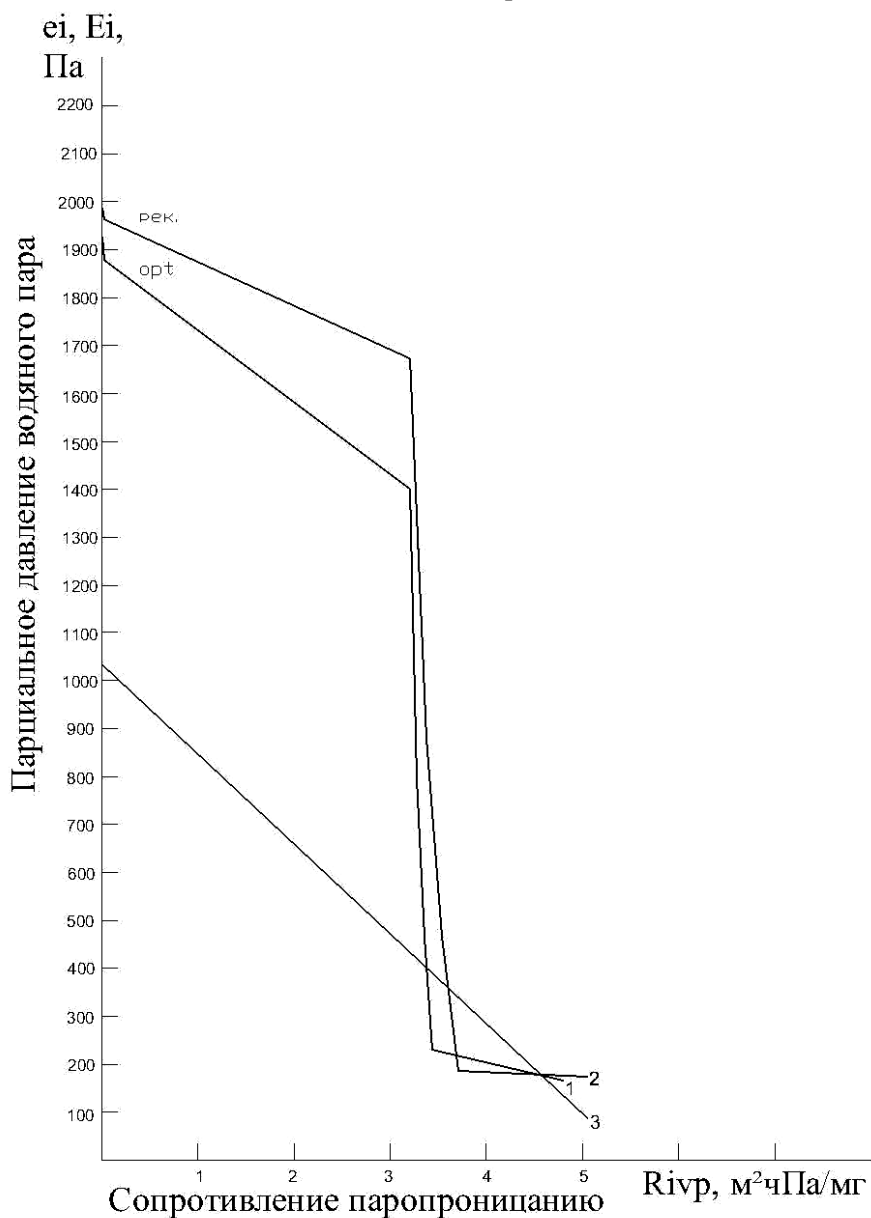


Рис. 2 – Определение зоны возможной конденсации водяных паров в толще наружной стены (климатическая зона эксплуатации ограждения: холодная):

1 – парциальное давление насыщенного водяного пара при сопротивлении теплопередаче, рекомендуемое авторами; 2 – то же, рекомендуемое СНиП [3]; 3 – парциальное давление водяного пара

Анализ графиков (рис. 1, 2) позволяет сделать вывод, что увеличение сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции позволяет отодвинуть конденсацию водяных паров ближе к ограждающему слою многослойного ограждения. Следовательно, режимы эксплуатации наружной стены будут более стабильными. Это обстоятельство позволит увеличить срок службы утеплителя и ограждения в целом за счет выравнивания амплитуды колебаний в толще ограждения и исключения конденсации водяных паров в толще утеплителя.

Список литературы

1. Федеральный закон № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации от 23 ноября 2009 г.». Принят Государственной Думой от 18 ноября 2009. Одобрен Советом Федерации от 18 ноября 2009.

2. Осипова Н.Н., Рогова Н.С. Оптимизация энергопотребления индивидуальных жилых зданий // Вестник СГТУ. 2010. № 4. Вып. 3. С. 133-140.

3. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23.02-2003. Введ. 2012-01-01. М.: Минрегион России, 2012. 96 с.

4. Свидетельство № 2009612723 о государственной регистрации программы для ЭВМ. Расчет температурного распределения в наружной ограждающей конструкции / Осипова Н.Н. зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 28.05.2009

УДК 656.13

АНАЛИЗ ВЕРТИКАЛЬНЫХ КРИВЫХ НА АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГЕ МЕТОДАМИ ТЕОРИИ РИСКА

М. В. Рязанцева*, М. А. Ворожейкин*, Н. В. Щеголева*

** Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Россия, Саратов, shegoleva123@mail.ru*

Важнейшими задачами экономического развития России являются повышение эффективности инвестиций и улучшение качества продукции. Высокие требования предъявляются и к автодорожному строительству. При применении теории риска в оценке потери видимости дороги в продольном профиле используют математические ожидания фактических параметров существующих участков дорог и средние квадратические отклонения этих параметров.

Ключевые слова: теория риска, вертикальные кривые, видимость поверхности дороги, коэффициент сцепления

ANALYSIS OF VERTICAL CURVES ON THE ROAD USING THE THEORY OF RISK

M. V. Ryazantseva*, M. A. Vorobeikin*, N. V. Shchegoleva*

** Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia, Saratov,
shegoleva123@mail.ru*

The most important objectives of economic development of Russia are increase of efficiency of investments and improvement of the product quality. High requirements for road construction. When applying the theory of risk in assessing loss of visibility of the road in the longitudinal profile using the mathematical expectation of the actual parameters of existing roads and the average square deviation of these parameters.

Keywords: risk theory, vertical curves, the visibility of the road surface coefficient of adhesion

Автомобильные дороги – весьма капиталоемкие и в то же время одни из наиболее рентабельных инженерных сооружений. Проектирование автомобильных дорог должно быть направлено на достижение их высоких транспортно-эксплуатационных качеств при минимуме материалоемкости строительства и строительных затрат. Правильно запроектированная дорога обеспечивает безопасность движения как одиночных автомобилей с расчетными скоростями, так и транспортных потоков с высокими уровнями удобства даже в самые напряженные периоды работы дорог, надежность и долговечность земляного полотна, дорожных одежд, искусственных сооружений и т.д.

Математические методы теории риска применяются при строительстве, эксплуатации и реконструкции автомобильных дорог. Риск (как вероятность причинения вреда) можно устанавливать статистическими методами – на основе обработки натурных данных, можно определять с использованием той же статистики по формулам теории риска, основанным на анализе законов распределения изучаемых параметров. При этом риск устанавливают отдельно: для проектных условий, с обоснованными допусками на отклонение проектных параметров; и для только что построенных на местности объектов, перед пуском их в эксплуатацию, с фактическими отклонениями анализируемых параметров. Фактические отклонения параметров могут быть больше, чем установленные в проекте допуски на отклонения, что может привести и при некачественном строительстве дороги приводит к возникновению недопустимых рисков.

При некачественном строительстве вертикальных кривых радиусы в пределах одной выпуклой произвольно изменяются. На выпуклых кривых возникают участки локального уменьшения радиуса, на которых видимость поверхности дороги и встречного автомобиля уменьшается пропорционально уменьшению радиуса.

Устранение таких элементов достигается в результате исправления параметров геометрических элементов дороги в процессе капитального ремонта или реконструкции. Расчет численных величин параметров реконструкции выполняется с применением математических моделей для расчета риска дорожных условий [1].

Последовательность расчетов рассмотрим ниже в виде поэтапного алгоритма:

1. Определим среднюю видимость поверхности дороги по формуле

$$L_{\text{ПР}} = \sqrt{2 \cdot h \cdot R_{\text{ПР}}}, \quad (1)$$

где h – высота глаз водителя, м;

$R_{\text{ПР}}$ – проектное значение радиуса выпуклой кривой, м.

2. Определим расчетные значения:

– коэффициент сцепления по формуле проф. А.П. Васильева

$$\varphi_V = \varphi_{20} - \beta_\varphi \cdot (V - 20), \quad (2)$$

– коэффициент сопротивления качению

$$f = f_{20} + K_f (V - 20). \quad (3)$$

3. Установим математическое ожидание длины остановочного пути автомобиля по формуле

$$S_{\text{КР}} = \frac{V \cdot t_p}{3,6} + \frac{K_\gamma \cdot V^2}{254 \cdot (\varphi + i + f)}. \quad (4)$$

4. Определим среднее квадратическое отклонение расчетных параметров:

– фактической видимости дороги по формуле

$$\sigma_l = \frac{h \cdot \sigma_R}{\sqrt{2 \cdot R \cdot h}} \quad (5)$$

– скорости движения по формуле

$$\sigma_V = 0,05 \cdot V + 0,5 \quad (6)$$

– коэффициента сцепления по формуле

$$\sigma_{\varphi} = 10 \cdot \varphi_V \left(1 - \varphi_V^2\right) \left(\frac{V + 5}{V^2}\right) \quad (7)$$

– длины остановочного пути автомобиля по формуле

$$\sigma_{S_{KP}} = \sqrt{\left[\frac{t_p}{3,6} + \frac{K_{\vartheta} \cdot V}{127 \cdot (\varphi + i + f)}\right]^2 \sigma_V^2 + \left[\frac{K_{\vartheta} \cdot V^2}{254 (\varphi + i + f)^2}\right]^2 \sigma_{\varphi}^2 + \left[\frac{V}{3,6}\right]^2 \sigma_{T_p}^2}, \quad (8)$$

V – расчётная скорость движения легкового автомобиля на данной категории дороги (при движении данного автомобиля по восходящей ветви выпуклой кривой), км/ч;

φ – коэффициент сцепления при расчётной скорости движения, определяемый в зависимости от типа и состояния покрытия;

t_p – расчётное время реакции водителя, с;

i – величина продольного уклона на восходящей ветви выпуклой кривой (в точке, соответствующей проектному расстоянию видимости поверхности дороги);

f – коэффициент сопротивления качению;

K_{ϑ} – коэффициент эффективности торможения;

σ_V , σ_{φ} , σ_{T_p} – средние квадратические отклонения, соответственно, скорости движения, коэффициента сцепления и времени реакции водителя.

5. Установим риск наезда на препятствие, расположенное на расстоянии фактической видимости по формуле

$$r_{ДВ} = 0,5 - \Phi \left(\frac{L_{MAX} - S_{KP}}{\sqrt{\sigma_{L_{MAX}}^2 + \sigma_{S_{KP}}^2}} \right) \quad (9)$$

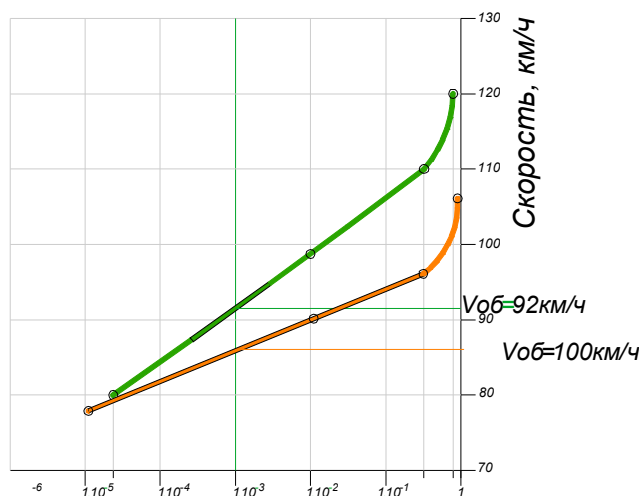
Ведомость расчетов кривых в плане по представленному алгоритму

По результатам расчетов строятся графики определения обеспеченной скорости движения.

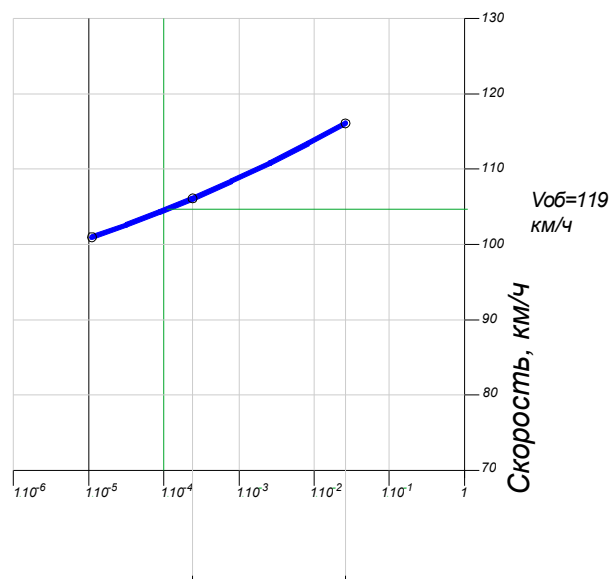
Расчетная скорость V_p	R_{cp}	σ_R	L_{cp}	φ	f	S	σ_s	r
80	10000	2200	154,92	0,64	0,013	77,60	8,38	0,000023362
110	10000	2200	154,92	0,535	0,016	144,22	15,39	0,3206875515
120	10000	2200	154,92	0,5	0,017	174,37	18,57	0,779843259
80	10000	1429,3	154,92	0,64	0,013	77,60	19,25	0,00000000128
110	10000	1429,3	154,92	0,535	0,016	144,22	15,39	0,28632924
120	10000	1429,3	154,92	0,5	0,017	174,37	18,57	0,815836149
100	30000	4287,5	268,33	0,535	0,016	118,48	12,67	0,00000000004
110	30000	4287,5	268,33	0,535	0,016	144,22	15,39	0,000000223
120	30000	4287,5	268,33	0,5	0,017	174,37	18,57	0,0002163107

$R=10000\text{м}, \sigma r=2200\text{м}$
 $R=10000\text{м}, \sigma r=1429,3\text{м}$

$R=30000\text{м}, \sigma r=4287,5\text{м}$



Риск наезда на препятствие



Риск наезда на препятствие

Вывод. Данный метод позволяет сэкономить время расчетов и обосновать с позиции безопасности движения решение о необходимости проведения полной или частичной реконструкции автомобильной дороги, т.е. утвердить к строительству исправленную вертикальную кривую см. п. 4.1 или перепроектировать ее по более высоким техническим нормативам табл. 10 СНиП 2.05.02.85

Список литературы

1. Щеголева Н.В., Гусев В.А. Оценка необходимости реконструкции автомобильной дороги на выпуклой кривой // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона; сб. науч. тр. 2012. № 2. С. 248-251.

УДК 725.39

АРХИТЕКТУРА СОВРЕМЕННЫХ АЭРОПОРТОВ

К. А. Стрельникова*, Е. Г. Соколова*

* Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
 Россия, Саратов, strelnikova.k.a@yandex.ru, 31zorom@mail.ru

Рассматривается архитектура современных аэропортов. Приведен обзор современных аэропортов. Описаны особенности каждого из аэропортов. Описаны назначение аэропортов и инновации для комфортного времяпровождения в них.

Ключевые слова: архитектура, инновации, назначение, функционал, аэропорт

ARCHITECTURE MODERN AIRPORTS

K. A. Strelnikova*, E. G. Sokolova*

* Yuri Gagarin State Technical University of Saratov,
 Russia, Saratov, strelnikova.k.a@yandex.ru, 31zorom@mail.ru

The article discusses the architecture of modern airports. An overview of modern airports. Describes the features of each of the airports. Also describes the purpose of the airports and innovation for a good time in them.

Keywords: architecture, innovation, purpose, functionality and the airport

Назначение и функционал современных аэропортов

Ритм современной жизни не позволяет тратить несколько дней из жизни лишь на то, чтобы добраться до другого конца земного шара более щадящим для психики способом вроде железнодорожного экспресса или океанского лайнера. Но, даже став неотъемлемой частью нашей жизни, авиация осталась символом воплощенной мечты. Она объединила мир, превратив пространство в чистую условность: расстояния стали измеряться не тысячами миль, а часами перелета и стоимостью билета. Впрочем, аэропорт не только оторван от пространства: он существует вне времени.

У частной и общественной архитектуры богатая история, да и за плечами промышленного строительства весьма почтенные три сотни лет. Авиация – дитя новейшего времени. Поэтому даже самые революционные и неожиданные идеи для архитектуры аэропортов вполне уместны и совершенно естественны. А вот все привычное, одобренное традицией, общепринятое – исключено: на фоне «боингов» и «лайнеров» классика выглядит весьма нелепо. Архитектор, строящий для авиации, обречен на эксперимент, там, где вместо истории – футурология, сегодня кажется не более чем эмиссаром завтра, иного не дано.

Аэропорт – место взаимодействия трех основных элементов интегрированной воздушно-транспортной системы: аэропорта, авиалиний, пользователей. Система учитывает интересы не только авиакомпаний, но и обслуживающих аэропорт сервисных предприятий и авиапассажиров.

Взаимное расположение различных объектов в пространстве и формирование их связей отражается в геометрии генерального плана аэропорта, увязанного с планами города и схемами расселения.

Основная задача такого плана – градостроительная оптимизация окружающей среды и выбор схемы, основных условий, позволяющих экономить территорию, затраты на коммуникации, добиваться компактности данной градостроительной системы.

Современная архитектура как нельзя лучше отражается в архитектуре аэропортов, которые давно уже стали для многих стран или мегаполисов своеобразной визитной карточкой. Архитектура современных аэропортов с каждым днем становится все более изысканной и индивидуальной, социальная функция – разнообразной. Основная задача аэропорта – внегородское обслуживание населения и создание условий для пересадки с одного вида транспорта на другой: с железнодорожного или автомобильного – на воздушный (и наоборот). Однако организация авиаперелетов устроена таким образом, что процедура прохождения регистрации, сдачи багажа и посадки на борт является довольно продолжительной, в ходе которой у пассажиров появляется свободное время, которое можно использовать по-разному.

Современный аэропорт как раз и представляет собой своеобразный набор вариантов интересного и полезного времяпрепровождения, организованного по принципу «сотрудники авиакомпании работают, пассажиры отдыхают». Для современной архитектуры аэровокзальный комплекс – новый тип объекта, объеди-

няющий, транспортные, торговые и развлекательные функции, и оснащенный множеством коммуникаций, а также оборудованием, обеспечивающим безопасность и комфорт пассажиров. Вместить все это в логически четкую пространственную структуру и яркий архитектурный образ – задача, достойная лучших проектировщиков планеты. Аэропорты включены на сегодняшний день в портфолио самых известных архитектурных мастерских мира, многие комплексы уже стали признанными достопримечательностями стран, в которых построены.

Аэропорт, как ни один другой комплекс, развивается постоянно и по всем направлениям, используя все самые последние технические достижения.

Тенденция создания максимального удобства для пассажиров, характерная для всех этапов аэропортостроения, привела к тому, что появились вокзалы принципиально новых типов. Одним из популярных и до сих пор решений стала фингерная схема, позволяющая обеспечить удобный доступ от автотранспорта до самолета без выхода из аэровокзала. Архитектура аэропортов всегда отражала тенденции своего времени. Так появились «стекло и бетон», использование которых позволило создать светлые, прозрачные залы, обеспечить постоянную визуальную связь с окружающим пространством, четкую ориентацию, что немало важно при быстро растущих объемах перевозок, и хороший обзор летного поля, всегда привлекательный для пассажиров.

Постоянное усложнение технологических функций неизбежно привело к усложнению форм аэровокзала.

Приведем обзор некоторых современных аэропортов.

- Один из первых аэропортов в мире – Международный аэропорт в столице Катара, изначально построенный с учетом требований, предъявляемых к аэропортам, в котором будут совершать посадку двупалубные лайнеры Airbus A380-800. Расположился новый аэропорт на площади 1700 гектаров, значительная часть которой представляет собой искусственный остров в Персидском заливе.

- При работе на полную мощность пропускная способность аэропорта составит 50 млн пассажиров, 2 млн тонн грузов и 320 000 рейсов в год.

- Главный терминал станет самым большим сооружением в Дохе: его площадь составит 350 000 м², или 50 футбольных полей стандартного размера.

- Зоны регистрации и беспошлинной торговли будут в 12 раз больше, чем в действующем аэропорту Дохи.



Рис. 1. Международный аэропорт в столице Катара

- Главный терминал планируется как энергосберегающий и будет оборудован солнцезащитными покрытиями, навесами для создания тени, датчиками углекислого газа, мониторами дневного света и заполненности помещений.

– Конструкция сочетает в себе прогрессивный дизайн, высокие технологии и многолетний опыт проектирования и является одним из крупнейших масштабных проектов такого рода в мире.

Инновации и внимание к деталям характеризуют размещенные по всему аэропорту уникальные «уголки» развлечений – оборудованные по высшему разряду, где каждый из пассажиров найдет развлечения по своему вкусу. Так например, в вашем распоряжении стильные компьютеры, установленные в элегантные рабочие станции, а специально для детей есть интересные скульптуры, которые дадут им уникальный опыт знакомства с миром. По всему аэропорту расположены «тихие комнаты», где наши пассажиры могут отдохнуть на удобных откидывающихся креслах-кроватях в спокойной атмосфере, а также душевые, где можно освежиться перед следующим рейсом.

- Международный аэропорт в Исламабаде, Пакистан

Международный аэропорт имени Беназир Бхутто – международный аэропорт совместного базирования в городе Исламабаде в Пакистане; третий по величине аэропорт страны. Является базовым для крупных национальных авиакомпаний: «Pakistan International Airlines», «Airblue» и «Shaheen Air International». Аэропорт имеет одну основную взлётно-посадочную полосу длиной 3000 метров и одну для небольших самолётов. У терминала располагается перрон на стоянку и обслуживание 11 широкофюзеляжных самолётов.

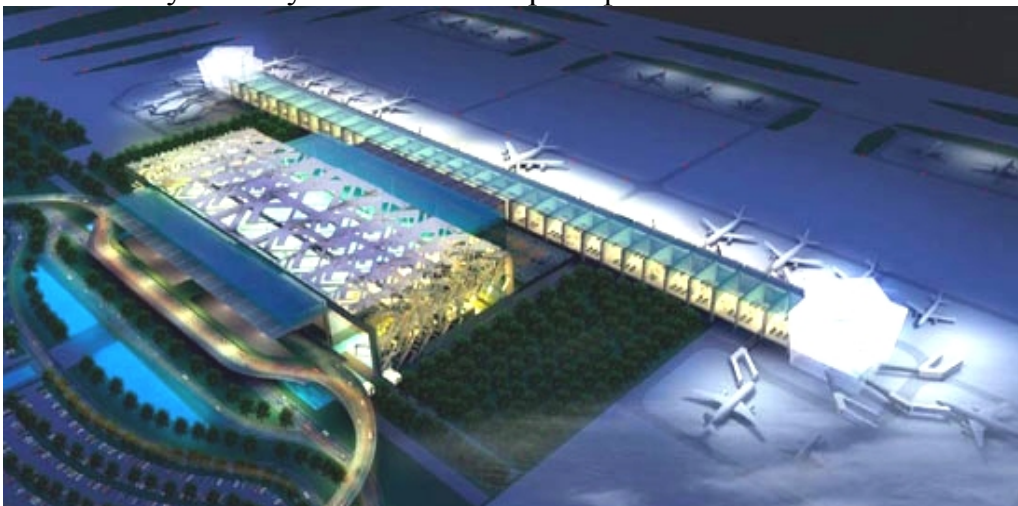


Рис. 2. Международный аэропорт в Исламабаде, Пакистан

- Международный аэропорт и транспортный центр в Инчхоне, Южная Корея (рис. 3).

Построен аэропорт по проекту известного французского архитектора Жана Мишеля Вильмонта. Комплекс общей площадью 496 000 м² включает два подземных и четыре наземных этажа и имеет третью по высоте в мире контрольную диспетчерскую вышку (100,4 м), работающую 24 часа в сутки. Кроме того, при аэропорте построен современный медицинский центр, развита сеть магазинов, банков и прочих предприятий сферы услуг. Украшено здание аэропорта цветущими зимними садами, позволяющими отдохнуть в период ожидания рейса. Можно даже отправиться на специально сконструированные площадки для гольфа, чтобы разнообразить свой досуг.

- Аэропорт Гонконг, Китай

Аэропорт «Чек Лап Кок», построенный знаменитым британцем лордом Норманом Фостером в 1998 году. Из иллюминатора самолета это сооружение напоминает гигантскую птицу, чьи ребристые крылья заботливо укрыли часть гонконгской земли (пассажирский терминал занимает площадь в 54 га), а клюв устало вытянулся вдоль береговой линии. Фостеру принадлежит идея принципиально нового типа аэровокзальной архитектуры – насквозь пронизанной светом и воздухом.

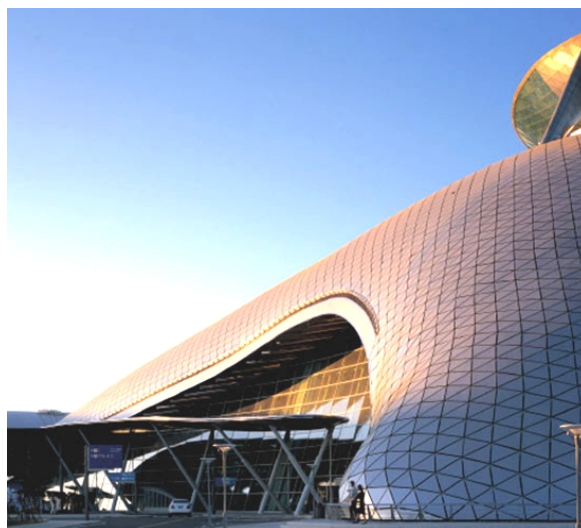


Рис. 3. Аэропорт Гонконг, Китай

Такой эффект достигается с помощью полупрозрачной кровли, высоких опор во внутренних помещениях и посредством перемещения технических служб аэропорта в подземный этаж. Большое внимание при проектировании и строительстве аэропорта обращалось на то, чтобы создать легкую, «воздушную» конструкцию, которая бы нравилась как работникам аэропорта, так и пассажирам. Помимо этого, аэропорт был спроектирован так, чтобы обслуживать пассажиров как можно быстрее. Пассажиры смогут занять свои места в самолете через 30 минут после регистрации. Чтобы упростить передвижение по аэропорту, из одного конца здания в другой пассажиров перевозит поезд без машиниста. 2,8 километра движущихся дорожек облегчают посадку пассажиров.



Рис. 4. Аэропорт Гонконг. Вид сверху



Рис. 5. Аэропорт Гонконг.
Терминал изнутри

- Международный аэропорт в Бангкоке, Таиланд.

Аэропорт Суваннапум, который начал функционировать в 2006 году, является крупнейшим в Юго-Восточной Азии. Аэропорт, спроектированный Хельмутом Яном (Helmut Jahn) из архитектурного бюро MurphyJahn Architects, имеет самую высокую в мире диспетчерскую вышку (132,2 м) и третий по величине аэропортовый терминал в виде отдельного здания (563 тыс. м²).



Рис. 6. Международный аэропорт в Бангкоке, Таиланд



Рис. 7. Международный аэропорт в Бангкоке. Конструкции покрытия

- Пекинский международный аэропорт, Китай

Терминал 3 Пекинского Международного аэропорта – самое большое здание в мире (длина 3,25 км, площадь 1,3 млн. м²). Он состоит из трех расположенных на одной оси объемов – субтерминалов Т3А, Т3С (местные рейсы) и Т3В (международные рейсы). Такая вытянутая схема позволила максимизировать периметр здания, что дает возможность для парковки наибольшего числа самолетов. Чтобы быстро попасть из одного конца постройки в другой, создана автоматическая транспортная система, передвигающаяся со скоростью до 80 км/ч. Ее линия проходит по центральной оси постройки, вдоль линии озеленения.

Сооружение отличается высоким уровнем ресурсосбережения. Все его помещения освещаются солнцем через застекленные участки в стальной крыше и через стеклянные навесные стены. Окна в перекрытиях ориентированы так, чтобы они давали максимальный доступ внутрь солнечным лучам только ранним утром, чтобы избежать перегрева здания. Объединение всех функциональных частей терминала под одной крышей позволило сэкономить использованную под строительство землю.



Рис. 8. Пекинский международный аэропорт, Китай

- Международный аэропорт в Джидде, Саудовская Аравия

Терминал в Джидде имеет форму кольца. Он открывается только на 6 недель в году, поскольку его основная задача – обеспечение сервисом паломников, приезжающих для того, чтобы совершить Хадж. Концепция «религиозного терминала» принадлежит ОМА (Office for Metropolitan Architecture). Форма призвана подчеркнуть религиозность. Центры колец содержат островки оазиса. Конструкции выполнены из современных материалов, подходящих для данной климатической зоны.



Рис. 9. Международный аэропорт в Джидде, Саудовская Аравия

Из приведенного обзора можно сделать вывод о том, что архитектура аэропортов не перестает удивлять нас. Многообразие форм наблюдается как конструкций, так и всего здания в целом. Кроме того, назначение аэропортов заключается не только в перелетах, но и в отдыхе и развлечении пассажиров. Также видна задача архитекторов – ресурсосбережение, что является особенно актуальным на сегодняшний день.

УДК 699.8

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ В МНОГОКВАРТИРНОМ ДОМЕ

А. В. Черненко*, Н. А. Козлов*

** Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Россия, Саратов, kozlovnikolai1@rambler.ru*

Приведены причины неэффективного использования ресурсов, пути энергосбережения и ресурсосбережения в многоквартирном жилом доме, а также рассчитаны сроки окупаемости вложений и объем сэкономленных.

Ключевые слова: энергосбережение, ресурсосбережение, срок окупаемости, монтаж

ENERGY EFFICIENCY AND RESOURCE CONSERVATION IN MULTIFAMILY HOUSING

A. B. Chernenko*, N. A. Kozlov*

** Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia, Saratov,
kozlovnikolai1@rambler.ru*

The reasons of inefficient use of resources, ways of energy saving and resource-saving are given in a multiroom house, and also payback periods of investments and volume of the saved are calculated.

Keywords: energy saving, resource saving, payback period, installation

Жилой многоквартирный фонд потребляет 33% энергии производимой на территории страны, в свою очередь, 66-75% энергии от всего потребления уходит на отопление и снабжение горячей воды. Отметим основные факторы, кото-

рые оказывают прямое воздействие на отопление – это климат, размеры отапливаемых площадей, наличие и вид утепления фасада здания, система отопления и т.д.

Большая часть жилого фонда не отвечает современным нормам [1-3] энерго- и ресурсосбережения. В связи с этим тема энергосбережения и ресурсосбережения становится все более актуальной, а так же пути ее решения.

Проблема энергосбережения в жилом фонде в настоящее время в основном касается многоквартирных домов, достигается за счет утепления ограждающих конструкций, поквартирного и домового внедрения средств контроля.

Для повышения энергосбережения в многоквартирном доме также необходимы:

- составление энергетического паспорта дома, который покажет области потерь тепла в многоквартирном доме;

- учет всех потребляемых коммунальных услуг;

- оборудование системами водоснабжения (холодного и горячего), канализации, газоснабжения, устройство водоподкачек, бойлерных, газоходов;

- утепление многоквартирных домов;

- установка общедомовых приборов учета и квартирных приборов учета холодной и горячей воды;

- информирование населения о пользе внедрения ресурсосберегающих технологий, новых материалов и т.д.

В настоящее время уже проведены многие исследования в области энерго- и ресурсосбережения, которые указывают на энергетическую эффективность и целесообразность проведения предлагаемых нововведений.

Расчет сроков окупаемости производился по формуле [4]:

$$PP = \frac{I_0}{CF_{\text{ст}} - I_1},$$

где PP – срок окупаемости инвестиций (лет); I_0 – первоначальные вложения; $CF_{\text{ст}}$ – среднегодовая стоимость денежных поступлений от реализации вложений; I_1 – среднегодовые издержки (затраты) на эксплуатацию технических средств энергосбережения.

Учет потребления ресурсов:

- Установка счетчиков потребления газа, воды (холодной и горячей) и тепла в здании. Позволяет сократить расходы до 49%, срок окупаемости 1,4 года.

- Установка двухтарифного счетчика электроэнергии в квартирах здания. Позволяет сократить расходы до 38%, срок окупаемости 4 мес.

Теплоизоляция здания:

- Монтаж стеклопакетов в помещениях общего пользования взамен старых оконных рам, оптимизация вентиляции. Снижает расход теплотребления дома до 19% – экономит 3-9 кВт/м³.

- Восстановление межпанельных швов. Экономия тепла 2-3 кВт/м³ в год.

- Теплоизоляция технических помещений и помещений общего назначения (подвал, чердак) – экономия тепла до 11%.

- Теплоизоляция ограждающих вертикальных и горизонтальных элементов (стены, перекрытия) – экономия энергии 5 – 13 кВт/м³ в год.

- Утепление крыши, экономия энергии до 17%, срок окупаемости 10 лет.

Экономия электроэнергии:

– Применение светодиодных ламп в помещениях общего назначения, экономия на 18-25%, срок окупаемости 2 мес.

Усовершенствование системы теплоснабжения:

– Восстановление теплоизоляционного слоя на трубы-носители горячей воды, экономия энергии на 3-4 кВт/м³ в год.

– Установка ИТП. Регулировка по времени суток и года расходы тепловой энергии, экономия энергии на 32%. Устройство постоянной, бесперебойной циркуляции горячей воды, снижение затрат воды на 30%, срок окупаемости 3-4 года.

– Монтаж реле времени циркуляционного насоса – экономия тепла до 15%, вместе с термостатными вентилями на отопительных элементах – до 25%.

Реконструкция системы отопления:

– Регулировка стояков системы отопления, установка термостатных вентилей на опускных и подъемных разводящих трубопроводах системы отопления – экономия 6-16 кВт/м³ в год. Срок окупаемости 8 лет.

Устройство местной системы теплоснабжения:

– Установка крышной котельной в доме или постройка надземной (рядом стоящей) котельной на несколько зданий. Такое решение сэкономит средства всего многоквартирного дома.

Из приведенных расчетных значений сэкономленных ресурсов и срока возврата вложенных средств следует выгодность применяемых технологий. Применяя современные технологии, можно грамотно использовать ресурсы многоквартирного дома, в соответствующее количество раз сократив затраты на оплату этих ресурсов при относительно быстрых сроках окупаемости.

Список литературы

1. Энергосбережение России: Постановление Совета Федерации Федерального Собрания Российской Федерации от 24 января 1998 г. № 80.

2. Положение о Министерстве топлива и энергетики Российской Федерации: Постановление Совета Федерации Федерального Собрания Российской Федерации от 27 января 1996 г., № 60.

3. О государственном энергетическом надзоре в Российской Федерации: Постановления Совета Федерации Федерального Собрания Российской Федерации от 12 августа 1998 г. № 938.

4. Бузова И.А., Маховикова Г.А., Терехова В.В. Коммерческая оценка инвестиций : учеб. для студентов высших и средних заведений. М.: Логистика, 2003;

5. Жуков А.А. Создание условий для управления многоквартирными домами // Стратегический менеджмент. М., 2005. С. 7-10.

УДК 69.003.12

ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ РЫНОЧНОЙ СТОИМОСТИ ЖИЛОЙ НЕДВИЖИМОСТИ ПРИ ЕЁ ПЕРЕВОДЕ В НЕЖИЛУЮ

Д. А. Пешикова, С. М. Зинченко**

** Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Россия, Саратов, ontosstu@mail.ru*

Рассмотрена процедура перевода жилого помещения в нежилой фонд с описанием основных этапов, характеристика существующих подходов применительно к исследуемым объек-

там оценки и необходимые виды корректировок к стоимости объектов-аналогов при подсчете итоговой величины рыночной стоимости объекта оценки.

Ключевые слова: нежилой фонд, рыночная стоимость, сравнительный подход, элементы сравнения, корректировка, объект-аналог

FEATURES ASSESSMENT OF THE MARKET VALUE OF RESIDENTIAL REAL ESTATE IN ITS TRANSFERS TO NON-RESIDENTIAL

D. A. Peshkova*, S. M. Zinchenko*

**Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia, Saratov,
sntosstu@mail.ru*

The procedure of transfer of premises to non-residential Fund with a description of the main stages, characteristics of existing approaches to the study assessed and necessary adjustments to the cost of similar projects, when calculating the total market value of the object of evaluation

Keywords: non-residential, market value, comparative approach, elements of comparison, correction, object-analogue

Перевод в нежилой фонд объекта недвижимости – это изменение юридического статуса жилого помещения.

Понятие «нежилое помещение» действующим законодательством не раскрывается. Это понятие содержалось в ЖК РСФСР ч. 2 ст. 4, где было установлено, что нежилые помещения – это помещения в жилых домах, предназначенные для торговых, бытовых и иных нужд непромышленного характера. Как правило, такие помещения находятся на первых этажах и (или) в подвальных (цокольных) этажах [1].

В общем виде процедура перевода жилого помещения в нежилой фонд состоит из пяти этапов и выглядит следующим образом:

Этап 1. Определение возможности перевода жилого помещения в нежилое. Согласно действующему российскому законодательству нежилые помещения должны соответствовать следующим требованиям: иметь изолированный от жилой части здания вход; под переводимым помещением должно находиться нежилое помещение; чтобы дом, в котором расположено жилое помещение, не стоял в планах капитального ремонта и не был признан аварийным; в квартире никто не зарегистрирован.

Этап 2. Подготовка и сбор необходимых документов. На данном этапе производится сбор пакета документов для получения разрешения на перевод и переустройство помещения, в следующем составе: копии правоустанавливающих документов на жилое помещение; справка об отсутствии зарегистрированных в данном помещении граждан; технический паспорт помещения, поэтажный план дома, в котором находится помещение; согласованный эскизный проект. Отдельно необходимо отметить процедуру создания и согласования эскизного проекта, в нее обязательно входят такие этапы: получение технического заключения на перепланировку помещения и организацию отдельного входа; получение необходимых технических условий от надзорных служб, таких как Санэпидемнадзор, Пожарная инспекция, Водоканал. Эскизный проект с техническими условиями согласовывается с районным и главным архитекторами города.

Этап 3. Реализация проекта.

Этап 4. Подписание акта приемочной комиссии.

После проведения планировочных и ремонтных работ в помещении изготавливается техническая документация (технический и кадастровый паспорта помещения) и наступает этап согласования Акта приемочной комиссии, подтверждающего завершение переустройства или перепланировки помещения.

Этап 5. Внесение изменений в Государственный кадастр недвижимости и регистрации прав собственника на нежилое помещение [2].

В настоящее время на рынке недвижимости заметна тенденция спроса на квартиры, находящиеся на первых этажах многоквартирных домов, для использования их в коммерческих целях.

Соответственно рыночная стоимость такого помещения будет в несколько раз выше стоимости аналогичного жилого помещения в этом же доме в силу ряда причин.

В связи с этим возникла потребность в оценке объектов недвижимого имущества при переводе их из жилого фонда в нежилой.

В соответствии с Федеральными стандартами оценки существуют три основных подхода к оценке рыночной стоимости недвижимого имущества: сравнительный (рыночный), затратный и доходный.

Областью применения **затратного подхода** является оценка уникальных объектов, особенно недоходного назначения (например, больниц, пенитенциарных учреждений, объектов коммунального хозяйства, музеев, библиотек, храмов и т.п.). Затратный подход целесообразно применять для проведения оценки недвижимого имущества, рынок купли-продажи или аренда которого ограничен, так как для таких объектов весьма затруднительно найти сопоставимые продажи. Для определения рыночной стоимости других объектов оценки затратный подход применяется в случае, если их замещения или воспроизведение физически возможно и (или) экономически целесообразно. На основании вышесказанного можно сделать вывод, что для оценки подобных объектов оценки затратный подход не применяется.

Доходный подход применяется, когда существует достоверная информация, позволяющая прогнозировать будущие доходы, которые объект оценки способен приносить, а также связанные с объектом оценки расходы. Отсутствие объективной информации об арендных показателях, и их трудно спрогнозировать во времени, отсутствие информации об операционных издержках, условиях финансирования, режиме пользования, ремонтном регламенте и налоговом режиме – вся перечисленная информация, как правило, разбалансирована, а ее использование приведет к не корректным результатам стоимости.

Принимая во внимание приведённые выше аргументы против использования затратного и доходного подходов, расчет рыночной стоимости объектов нежилого фонда чаще всего ведут с использованием методов сравнительного подхода.

Сравнительный подход применяется, когда существует достоверная и доступная для анализа информация о ценах и характеристиках объектов-аналогов [4].

Ни один из выбранных объектов сравнения (аналогов) не может практически полностью соответствовать оцениваемому объекту. Поэтому сравнению подлежат какие-то общие единицы, которые могут быть физическими или экономическими.

В качестве *элементов сравнения* принимают характеристики объектов и условия сделок, которые существенно влияют на цену объектов.

Для анализа объектов сравнения и корректировок единиц сравнения по элементам сравнения применяются количественные и качественные методы. Основными из них являются *анализ парных продаж* (парного набора данных) и *метод экспертных оценок* (экспертный метод).

На выявленные различия в элементах сравнения осуществляется корректировка.

Основными *видами корректировок*, применяемыми к объектам-аналогам при расчете рыночной стоимости нежилой квартиры, являются [3]:

1. *Передаваемые имущественные права*: по аналогам и объектам оценки в случае сделки передаются права собственности, аренды, сервитута.

2. *Цена предложения*: из интервью с продавцами подобранных аналогов выявлена возможность торга до 5%. В стоимость 1 м² аналогов вводим понижающую корректировку в размере «-5%».

3. *Условия сделки*: в качестве условий сделки возможны типичная продажа, срочная продажа, ликвидация.

4. *Дата продажи*: если аналоги выставлены на продажу в текущем периоде, корректировка по ним не вносится.

5. *Функциональное назначение*: предполагается, что предъявленный к оценке объект относится к нежилому фонду. В случае если функциональное назначение оцениваемого объекта и подобранных аналогов сопоставимо, стоимостной корректировки не требуется.

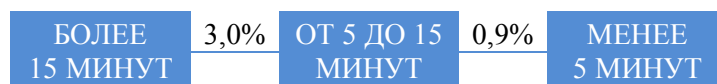
6. *Площадь*: чем больше площадь помещения, тем меньше может быть цена из расчета за 1 м². Однако существенное влияние на стоимость квартир с одним количеством комнат начинается при расхождении общей площади более чем на 20 %.

7. *Местоположение*. Фактор местоположения включает множество характеристик, таких как: уровень развития инфраструктуры, транспортная доступность, преобладающая застройка района и др. Оптимален подбор объектов в радиусе нескольких кварталов от точки нахождения объекта оценки, при этом стоимостные отклонения, вызванные фактором местоположения, будут минимальны или вовсе пренебрежимо малы.

8. *Техническое состояние*: корректировка на состояние и уровень отделки квартиры производится таким образом:



9. *Пешеходная и транспортная доступность*: корректировка на удаленность от остановки рассчитывается следующим образом:



10. *Ориентация окон*: корректировка на вид из окон определяется следующим образом:



11. *Наличие отдельного входа*: для подобных объектов оценки наличие отдельного входа с улицы имеет обязательное условие. Однако корректировка на данную характеристику объекта присутствует на случай отсутствия необходимой информации об объекте-аналоге.

12. *Наличие телекоммуникаций*: данная корректировка применяется в том случае, если рассматриваемые объекты обладают неодинаковым набором коммуникаций, но поскольку для жилых помещений данного класса набор коммуникаций стандартен в подавляющем количестве случаев, данная корректировка будет равна 0 %.

Таким образом, рассмотрены основные группы корректировок стоимости объектов-аналогов относительно объекта оценки при определении рыночной стоимости жилого помещения при его переводе в нежилое.

Список литературы

1. Постановление Правительства РФ от 10 августа 2005 г. № 502 «Об утверждении формы уведомления о переводе (отказе в переводе) жилого (нежилого) помещения в нежилое (жилое) помещение»;
2. Решение Саратовской городской Думы от 21.06.2005 № 58-553 «Об организации перевода жилого помещения в нежилое помещение и нежилого помещения в жилое помещение в городе Саратов».
3. Методы оценки объектов недвижимости: метод. указ. / сост. Е.В. Аленичева. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2005. 235 с.
4. Федеральные стандарты оценки от 7 ноября 2011 года ФСО № 1, ФСО № 2, ФСО № 3.

УДК 69.003.12

СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТОИМОСТИ УЩЕРБА: НЕЗАВИСИМАЯ ОЦЕНКА ИЛИ ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА

Д. А. Пешкова*, С. М. Зинченко*

** Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Россия, Саратов, sntosstu@mail.ru*

Рассматривается основная методика производства судебно-технической экспертизы, организация и проведение экспертного осмотра квартиры, пострадавшей от залива. Исследуется процесс оценки рыночной стоимости восстановительного ремонта квартиры и его основные этапы, а именно – определение затрат на ремонт, состоящих из двух основных частей: затраты на ремонтные и отделочные работы и затраты на материалы, использованные для проведения ремонта. Тем самым преследуется общая цель – определение рыночной стоимости восстановительного ремонта квартиры, поврежденной заливом.

Ключевые слова: ущерб, акт затопления квартиры, дефект, ремонтно-восстановительные работы, смета, рыночная стоимость

INDEPENDENT EVALUATION OR TECHNICAL EXPERTISE – METHODS OF DETERMINING THE VALUE OF DAMAGE

D. A. Peshkova*, S. M. Zinchenko*

** Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia, Saratov,
sntosstu@mail.ru*

Considered the main method of production of forensic and technical expertise, organization of expert inspection of the apartment, the victim of the Gulf. In addition, we investigate the process of

assessing the market value of repair of apartment and its main stages, namely – the definition of repair costs, consisting of two main parts: the cost of repairs and finishing works and the cost of materials used for repair. This serves the common goal – to definition market value of repair apartments, damaged the bay.

Keywords: damage, the act of flooding the apartment, defect, repair work, the estimate of the market value

Ущерб – это потеря части или всех ценностей, принадлежащих субъекту, в результате нанесенного вреда. Акт затопления квартиры – первый документ, который потребуется при экспертизе залива, в том числе и судебной. Он составляется эксплуатирующей организацией по результатам осмотра квартиры в день залива. В нём должно содержаться указание на техническую причину залива, также необходимо указать объем и характер повреждений.

Рассмотрим методику проведения экспертного осмотра комплексной строительно-технической экспертизы, в том числе и судебной. Основные этапы деятельности эксперта состоят из трех частей [1].

Первый этап: Изучение обстоятельств или материалов гражданского дела. Полноту исходных данных в этой части обеспечивает наличие копии плана квартиры, а также Акта обследования состояния квартиры.

Второй этап: Организация и проведение экспертного осмотра квартиры, пострадавшей от залива.

Экспертный осмотр подразделяется на две составляющие.

Первая составляющая. Установление наличия и характера дефектов, обусловленных заливом квартиры.

Вторая составляющая. Проведение замеров конструктивных элементов квартиры, отделка которых пострадала от залива. Сначала выполняются «общие» замеры – определяются длина, ширина и высота помещений. Далее устанавливаются размеры дверных и оконных проемов.

Третий этап: Проведение расчетов, направленных на установление стоимости восстановительного ремонта квартиры, пострадавшей от залива.

В первой части работы эксперта в табличной форме дается описание основных конструктивных элементов с указанием их габаритов, вида отделки, состояния элементов отделки на момент экспертного осмотра. Здесь же перечисляются необходимые мероприятия, направленные на ликвидацию последствий залива (табл. 1).

Таблица 1 – Сведения о дефектах в квартире, поврежденной заливом, и мероприятиях, направленных на их ликвидацию

№ п/п	Наименование пострадавшего элемента отделки, его габариты	Использованные материалы (вид отделки)	Состояние элементов отделки на момент экспертного осмотра	Сведения о состоянии элемента отделки, отраженные в Акте обследования	Необходимые мероприятия по ликвидации последствий залива
1	2	3	4	5	6

Данные о площади поверхности конструктивных элементов квартиры служат основанием для расчета объемов ремонтно-восстановительных работ. По окончании проведения расчетов на данном этапе их результаты заносятся в табл. 2.

Таблица 2 – Сведения о видах и объемах работ, направленных на восстановление квартиры, поврежденной заливом

№ п/п	Наименование работ	Единица измерения	Объем
1	2	3	4

Вторым шагом служит выбор метода определения стоимости восстановительного ремонта квартиры и составление локальной сметы.

В том случае, если отделка квартиры улучшенная типовая, целесообразно применение *базисно-индексного метода*, основанного на использовании системы текущих и прогнозных индексов по отношению к стоимости, определенной в базисном уровне цен [3]. В том случае, если отделка является результатом высококачественного ремонта с применением передовых технологий и оборудования, применяется *ресурсный «рыночный» метод* определения стоимости восстановительного ремонта. Правила составления локальной сметы подробно рассмотрены мною в данной работе. Однако стоимость, полученная в ходе проведения технической экспертизы, может быть в несколько раз ниже рыночной в силу ряда причин, тогда как стоимость, полученная оценщиком, основывается на конкретных рыночных предложениях и зачастую более объективна.

Поэтому перейдем к рассмотрению процесса *оценки рыночной стоимости ущерба*.

Итак, методика оценки ущерба должна основываться на определении размера затрат, понесенных пострадавшей стороной.

В Отчете об оценке стоимость ремонтно-отделочных работ целесообразно проводить с применением методов затратного подхода. Этапы проведения оценки стоимости ущерба имеют следующее содержание.

На первом этапе рассчитывается стоимость ремонтно-отделочных работ, при этом учитываются существующие на сегодняшний день технологии ремонта. Каждый вид работ учитывается отдельно для каждого конструктивного элемента. При расчете стоимости ремонтно-строительных работ необходимо учитывать также затраты на дополнительные работы/услуги, которые неизбежно возникают у пострадавшей стороны.

На втором этапе оценка ущерба от залива предполагает расчет стоимости материалов, необходимых для проведения ремонтно-отделочных работ. Для данного расчета необходим учет рыночной стоимости материала, расхода материала на одну единицу работ, объема работ, который предстоит выполнить в ходе ремонта. Стоимость одной и той же работы в разных строительных компаниях может быть разной, поэтому для выведения среднерыночной цены необходимо взять для сравнения цены на ремонт трех-пяти строительных компаний [2].

Описанная выше методика оценки ущерба позволяет учесть каждую деталь и рассчитать ту стоимость ремонтно-восстановительных работ, которая действительно имеет место на рынке.

Таким образом, рассмотрены основные методы определения стоимости восстановительного ремонта как при проведении строительно-технической экспертизы, так и при проведении независимой оценки.

Подводя итог, можно заключить следующее – от грамотного и корректного определения стоимости восстановительного ремонта квартиры зависит разрешение конфликтных вопросов, связанных с причинением ущерба при заливе квартиры.

Список литературы

1. Бутырин А.Ю. Методики исследования объектов судебной строительно-технической экспертизы. М.: Библиотека эксперта, 2009.
2. Каменев С.А. Оценка недвижимости : учеб. Саратов: КУБиК, 2013. 254 с.
3. МДС 81-30. 2002 Методические указания по применению ГЭСНр-2001 на ремонтно-строительные работы (ТЕРр). М. : Изд-во стандартов, 2008.

УДК 624.04:539.3

РАСЧЕТ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ НА ПОЛОСОВУЮ ТАНГЕНЦИАЛЬНУЮ НАГРУЗКУ

Е. К. Сурнина*, А. В. Мочинина*

** Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Россия, Саратов, eksurnina@mail.ru, lin2599@yandex.ru*

Приведен расчет замкнутой цилиндрической оболочки с шарнирными закреплениями, которая находится под действием полосовой тангенциальной нагрузки.

Ключевые слова: цилиндрическая оболочка, нагрузка, дифференциальное уравнение, функция, изгиб

CALCULATION OF A CLOSED CYLINDRICAL SHELL ON BANDPASS TANGENTIAL LOAD

E. K. Surnina*, A. V. Mochinina*

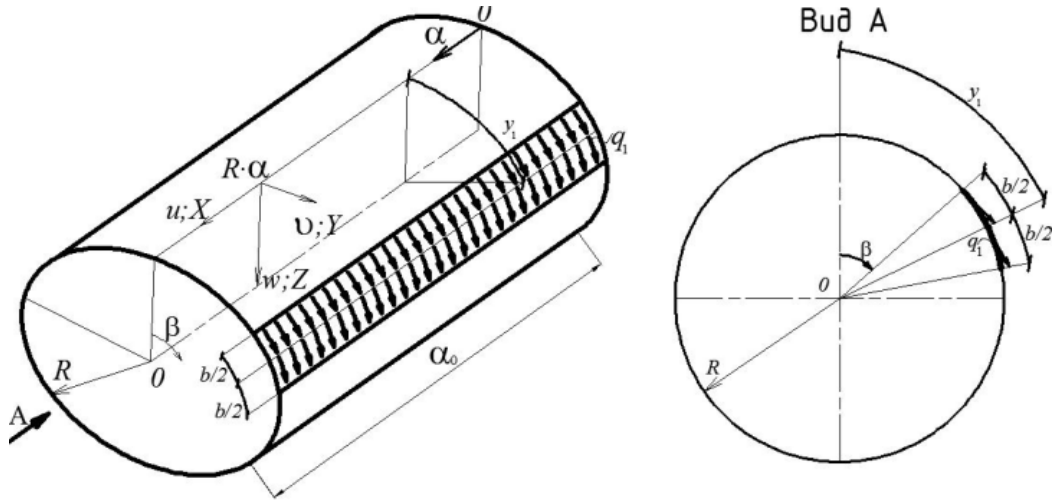
** Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia, Saratov,
eksurnina@mail.ru, lin2599@yandex.ru*

Presents a calculation of a closed cylindrical shell with hinged, which is under the influence of a bandpass tangential load.

Keywords: cylindrical cover, loading, differential equation, function, bending

Конструкции в виде толсто- и тонкостенных оболочек находят широкое применение в транспортном строительстве. Например, в мостостроении – это опускные колодцы и сваи-оболочки; в тоннелестроении – обделки тоннелей.

Рассмотрим замкнутую цилиндрическую оболочку под действием полосовой тангенциальной нагрузки q_1 (рисунок).



Оболочка по концам имеет шарнирные закрепления ($w = 0$; $N_1 = 0$).

Разложим полосовую нагрузку в тригонометрический ряд по переменной β [1]:

$$q_1(\alpha, \beta) = \frac{2q}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \sin n \beta_1 \sin n e_1 \sin n \beta, \text{ где } \beta_1 = \frac{b}{2R}; \quad (1)$$

В [2] получены аналитические выражения для определения основной разрешающей функции, перемещений, усилий и моментов в замкнутой цилиндрической оболочке при действии нагрузки, равномерно распределенной на участке α_1 вдоль образующей, а в кольцевом направлении по $\sin n \beta$.

Поэтому при решении рассматриваемой задачи воспользуемся выражениями, приведенными в [2]. Положив $\tau = 0$ и $\alpha_1 = \alpha_0$, будем иметь

$$\Phi(\alpha, \beta) = -\frac{q_1 R^2}{2\pi E h} \sum_{n=2}^{\infty} \frac{1}{n \chi^4} \sin n \beta_1 \sin n e_1 \sin n \beta \times [1 - X_1 + t_9 X_2 + t_{10} X_3];$$

$$u(\alpha, \beta) = -\frac{\partial^2 \Phi}{\partial \alpha \partial \beta} = \frac{q_1 R^2}{2\pi E h} \sum_{n=2}^{\infty} \frac{1}{\chi^3} \sin n \beta_1 \sin n e_1 \cos n \beta \times \\ \times [X_2 - X_3 + t_9 (X_1 + X_4) + t_{10} (X_1 - X_4)];$$

$$v(\alpha, \beta) = \frac{\partial^2 \Phi}{\partial \beta^2} = \frac{q_1 R^2}{2\pi E h} \sum_{n=2}^{\infty} \frac{n}{\chi^4} \sin n \beta_1 \sin n e_1 \sin n \beta \times (1 - X_1 + t_9 X_2 + t_{10} X_3);$$

$$w(\alpha, \beta) = \frac{\partial^3 \Phi}{\partial \beta^3} = \frac{q_1 R^2}{2\pi E h} \sum_{n=2}^{\infty} \frac{n^2}{\chi^4} \sin n \beta_1 \sin n e_1 \cos n \beta \times (1 - X_1 + t_9 X_2 + t_{10} X_3);$$

$$N_1(\alpha, \beta) = -\frac{E h}{R} \frac{\partial^3 \Phi}{\partial \alpha^2 \partial \beta} = \frac{q_1 R}{\pi} \sum_{n=2}^{\infty} \frac{1}{\chi^2} \sin n \beta_1 \sin n e_1 \cos n \beta \times (X_4 + t_9 X_3 - t_{10} X_2);$$

$$N_2(\alpha, \beta) = \frac{E h}{4\omega^4 R} \left(\frac{\partial^7 \Phi}{\partial \beta^7} + \frac{\partial^5 \Phi}{\partial \beta^5} \right) = \frac{2q_1 R}{\pi} \sum_{n=2}^{\infty} \frac{1}{n^2 - 1} \sin n \beta_1 \sin n e_1 \cos n \beta \times$$

$$\begin{aligned}
& \times (1 - X_1 + t_9 X_2 + t_{10} X_3); \\
S(\alpha, \beta) &= \frac{E h}{R} \frac{\partial^3 \Phi}{\partial \alpha^3} = -\frac{q_1 R}{\pi} \sum_{n=2}^{\infty} \frac{1}{n \chi} \sin n \beta_1 \sin n e_1 \sin n \beta \times \\
& \times [X_2 + X_3 + t_9 (X_1 - X_4) - t_{10} (X_1 + X_4)]; \\
M_1(\alpha, \beta) &= -\nu \frac{D}{R^2} \left(\frac{\partial^5 \Phi}{\partial \beta^5} + \frac{\partial^3 \Phi}{\partial \beta^3} \right) = \nu \frac{2 q_1 R^2}{\pi} \sum_{n=2}^{\infty} \frac{1}{n^2 (n^2 - 1)} \sin n \beta_1 \sin n e_1 \cos n \beta \times \\
& \times (1 - X_1 + t_9 X_2 + t_{10} X_3); \\
M_2(\alpha, \beta) &= -\frac{D}{R^2} \left(\frac{\partial^5 \Phi}{\partial \beta^5} + \frac{\partial^3 \Phi}{\partial \beta^3} \right) = \frac{2 q_1 R^2}{\pi} \sum_{n=2}^{\infty} \frac{1}{n^2 (n^2 - 1)} \sin n \beta_1 \sin n e_1 \cos n \beta \times \\
& \times (1 - X_1 + t_9 X_2 + t_{10} X_3); \\
M_{12}(\alpha, \beta) &= \frac{D(1-\nu)}{R^2} \left(\frac{\partial^5 \Phi}{\partial \alpha \partial \beta^4} + \frac{\partial^3 \Phi}{\partial \alpha \partial \beta^2} \right) = -(1-\nu) \frac{2 q_1 R^2}{\pi} \times \\
& \times \sum_{n=2}^{\infty} \frac{1}{n^3 (n^2 - 1)} \sin n \beta_1 \sin n e_1 \sin n \beta \times [X_2 - X_3 + t_9 (X_1 + X_4) + t_{10} (X_1 - X_4)]; \\
Q_1(\alpha, \beta) &= \frac{D}{R^3} \left(\frac{\partial^6 \Phi}{\partial \alpha \partial \beta^5} + \frac{\partial^4 \Phi}{\partial \alpha \partial \beta^3} \right) = -\frac{2 q_1 R}{\pi} \sum_{n=2}^{\infty} \frac{\chi}{n^2 (n^2 - 1)} \sin n \beta_1 \sin n e_1 \cos n \beta \times \\
& \times [X_2 - X_3 + t_9 (X_1 + X_4) + t_{10} (X_1 - X_4)]; \\
Q_2(\alpha, \beta) &= \frac{E h}{4 \omega^4 R} \left(\frac{\partial^6 \Phi}{\partial \beta^6} + \frac{\partial^4 \Phi}{\partial \beta^4} \right) = \frac{2 q_1 R}{\pi} \sum_{n=2}^{\infty} \frac{1}{n (n^2 - 1)} \sin n \beta_1 \sin n e_1 \sin n \beta \times \\
& \times (1 - X_1 + t_9 X_2 + t_{10} X_3),
\end{aligned}$$

где

$$X_1 = \cos \chi \alpha \operatorname{ch} \chi \alpha; X_2 = \sin \chi \alpha \operatorname{ch} \chi \alpha; X_3 = \cos \chi \alpha \operatorname{sh} \chi \alpha; X_4 = \sin \chi \alpha \operatorname{sh} \chi \alpha;$$

$$t_9 = -\sin \chi \alpha_0 \times (\cos \chi \alpha_0 + \operatorname{ch} \chi \alpha_0)^{-1}; t_{10} = \operatorname{sh} \chi \alpha_0 \times (\cos \chi \alpha_0 + \operatorname{ch} \chi \alpha_0)^{-1};$$

$$4 \chi^4 = \frac{n^4 (n^2 - 1)^2}{4 \omega^4}; \quad 4 \omega^4 = \frac{1 - \nu^2}{c^2}; \quad c^2 = \frac{h^2}{12 R^2}.$$

Из всех членов ряда (1) первый член является особым, так как при $n=1$, $\chi=1$ и основное разрешающее дифференциальное уравнение [2] по своему виду совпадает с уравнением изгиба обыкновенной балки.

Решения дифференциального уравнения изгиба обыкновенной балки при разных вариантах граничных условий приведены в [3].

Результаты работы могут найти применение в научных и проектных организациях.

Список литературы

1. Справочник проектировщика промышленных, жилых и общественных зданий и сооружений. Расчетно-теоретический: в 2 кн. Кн. 1 / под ред. А.А. Уманского. М.: Стройиздат, 1972. 599 с.
2. Шагивалеев К.Ф. Расчет замкнутой цилиндрической оболочки по приближенной теории на нагрузку, действующую в тангенциальном направлении / К.Ф. Шагивалеев, Е.К. Сурнина, С.В. Васильцов // Проблемы прочности элементов конструкций под действием нагрузок и рабочих сред: сб. науч. тр. Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2012. С. 31-34.
3. Шагивалеев К.Ф. Расчет балок. Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 1994. 84 с.

УДК 691.32

ДРОБЛЕННЫЕ ОТХОДЫ СТЕКЛА КАК ЗАПОЛНИТЕЛЬ ДЛЯ ДЕКОРАТИВНЫХ ЦЕМЕНТНЫХ БЕТОНОВ

Д. К. Тимохин*, Ю. С. Геранина*

** Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Россия, Саратов, voiced@list.ru, geranina.julia@yandex.ru*

Утилизация отходов, представленных листовым и бутылочным стеклом, является одной из важнейших экологических проблем в нашей стране и за рубежом. Использование стеклобоя при изготовлении декоративных композиционных материалов на основе цементных вяжущих является актуальным направлением, решающим нескольких важных задач – экологическую, связанную с переработкой отходов, и задачу, связанную со снижением стоимости готовой продукции. Данная статья посвящена возможности применения боя стекла в производстве декоративных строительных материалов.

Ключевые слова: стеклобой, отходы, переработка, декоративный бетон

CRUSHED GLASS WASTE, AS A FILLER FOR DECORATIVE CEMENT CONCRETE

D. K. Timokhin*, Y. S. Geranina*

** Yuri Gagarin State Technical University Of Saratov, Russia, Saratov,
voiced@list.ru, geranina.julia@yandex.ru*

Waste management, a sheet-fed and bottle-glass, is one of the most important environmental problems in our country and abroad. The use of cullet in the manufacture of decorative composite materials based on cement binders is actual direction solves several important problems – environmental, associated with the processing of waste and the problem associated with a reduction in the value of the finished product. This article focuses on the possibility of using glass breakage in the production of decorative building materials.

Keywords: glass, waste, recycling, decorative concrete

Сокращение отходов и их переработка являются очень важными экологическими задачами современных городов, это обеспечивает сохранность природных ресурсов и снижение пространственно-территориальных зон городских свалок. Стекланные бутылки из под напитков являются одним из основных мун-

ципальных видов отходов в современных городах. Помимо них, существуют отходы листового стекла, используемого в строительстве и многих других областях. Часть листовых отходов используется стекольными заводами вторично, при производстве нового товарного листового стекла в шихте, тем самым практически не образуя отходов, способных загрязнять окружающую среду. В среднем почти 90% всех стеклянных отходов – это отходы потребления (стеклотара), остальное – отходы производства, переработки листового стекла [1-4].

Отходы стекла в сравнении с другими видами бытовых и промышленных отходов хорошо поддаются сортировке и переработке. В зависимости от основных свойств и качества отходов стекла можно выделить два основных способа утилизации [1]: *повторное использование* и *рециклинг* (переработка), т.е. выпуск продукции на основе или с использованием вторичного сырья.

При рециклинге можно выделить следующие основные операции:

- сортировка по цвету
- промывка
- дробление
- рассев (классификация) по размерам частиц.

После подготовительных работ стекломасса может быть использована для изготовления изделий различного назначения:

- стеклянная тара;
- строительные материалы – стеклоблоки, стекловата, пеностекло;
- композитные материалы (декоративные бетоны).

В настоящее время существует актуальная задача – использовать новые стратегии утилизации отходов стекла из городского потока твердых бытовых отходов, направленная на их эффективную переработку [2-4]. Технологическая схема переработки и использования отходов стекла для цементных композиционных материалов представлена на рис. 1.

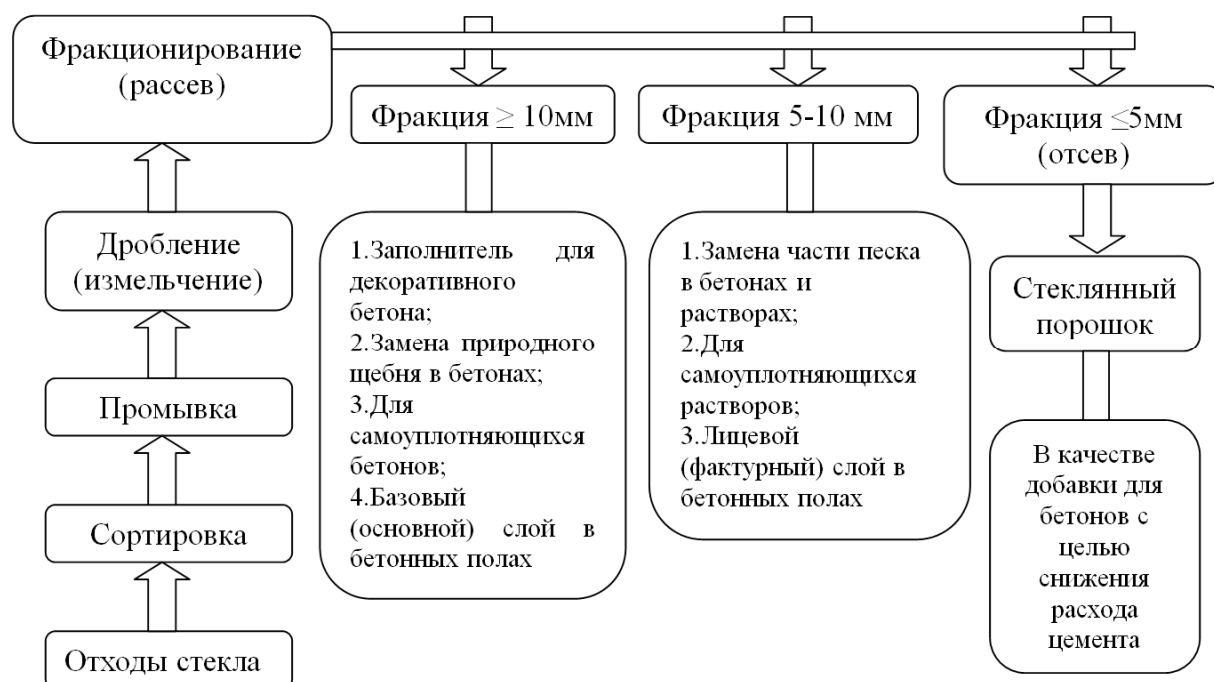


Рис. 1. Технологическая схема переработки и использования отходов стекла для цементных композиционных материалов

Отходы стеклотары доставляются для сортировки, промывки и последующего дробления. При фракционировании частицы стеклобоя должны пройти через сита с размером 5 или 10 мм в зависимости от дальнейшего использования.

Стеклобой фракцией менее 5 мм измельчают в порошок со средним диаметром зерен 75-150 мкм, которые могут быть использованы в качестве минеральной добавки для цемента.

По результатам просеивания определяется частный остаток на каждом из сит в процентах, а затем полный остаток на каждом из сит в процентах.

Следует отметить, что зерновой состав полученного стеклобоя во многом зависит от типа дробилки.

Были проведены соответствующие эксперименты с использованием двух типов дробилок: конусной и щековой, определен зерновой состав и модуль крупности полученного стеклобоя.

Результаты определения зернового состава стеклобоя полученного на конусной дробилке представлены в таблице 1 и на кривой просеивания (рис. 2).

Таблица 1 – Зерновой состав стеклобоя, полученного на конусной дробилке

Наименование остатка	Остатки, % по массе на ситах					Проход через сито с сеткой № 0,16, % по массе
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	
Частный	50,3	27,2	15,6	23,1	16,8	9,9
Полный	50,3	77,5	93,1	116,2	133,0	-

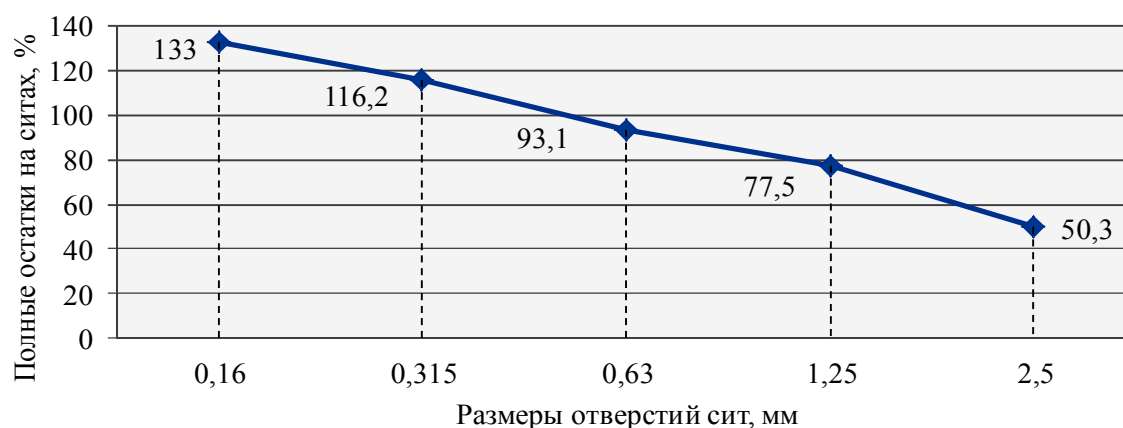


Рис. 2. Кривая просеивания

Исходя из данных, полученных при определении полного остатка на ситах, модуль крупности полученного дробленного стеклобоя равен $M_k = 4,7$, что характеризует его как очень крупный.

Результаты определения зернового состава стеклобоя, полученного на щековой дробилке, представлены в таблице 2 и на кривой просеивания (рис. 3).

Модуль крупности стеклобоя, дробленного на щековой дробилке, составляет $M_k = 5,1$ – очень крупный.

По полученным результатам можно сделать вывод, что стеклобой после щековой дробилки имеет повышенное содержание крупных частиц игольчатой формы (более 50%). Конусная дробилка позволяет получить стеклобой с более однородным зерновым составом и частицами правильной формы.

Таблица 2 – Зерновой состав стеклобоя, полученного на щековой дробилке

Наименование остатка	Остатки, % по массе на ситах					Проход через сито с сеткой № 0,16, % по массе
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	
Частный	55,5	28,5	21,3	21,8	14,6	2,2
Полный	55,5	84,0	105,3	127,1	141,7	-

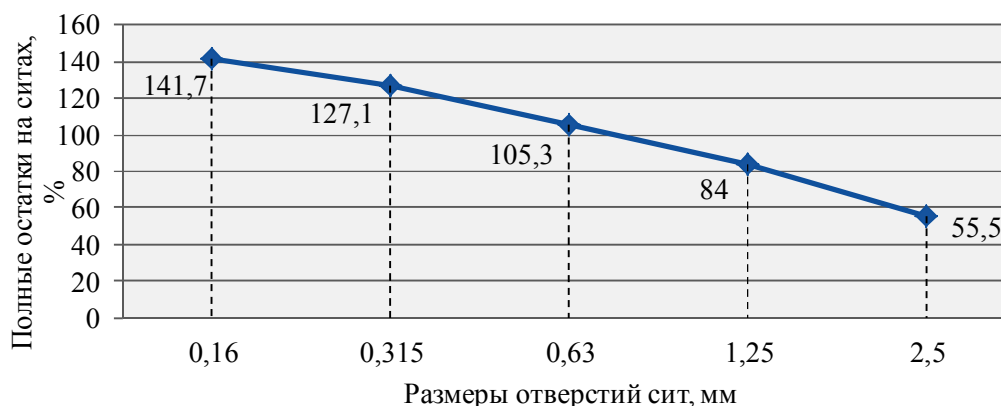


Рис. 3. Кривая просеивания

Оба типа дробилок дают возможность получения очень крупного боя стекла ($M_k = 4,7-5,1$).

Измельченный стеклобой обладает достаточной прочностью, низким водопоглощением и способностью выдерживать значительные температуры без признаков разрушения.

Разработки по использованию стеклобоя в качестве сырьевого материала для строительных композиционных материалов в основном относятся к зарубежным странам, таким как США, Канада, Германия, Япония и Китай.

Рассматривая проблему утилизации отходов стекла путем использования в качестве сырьевого компонента при изготовлении бетонных изделий различной номенклатуры, следует отметить, что данная тематика в России является весьма актуальной и перспективной и поможет, в том числе, улучшить экологическую составляющую в стране.

Список литературы

1. Research. Techart. Рынок переработки отходов стекла // [www.techart.ru](http://www.techart.ru/files/publications/publication_469.pdf): Маркетинговый консалтинг и аутсорсинг. 2011. URL:http://www.techart.ru/files/publications/publication_469.pdf (дата обращения 15.01.2014)
2. Shi C, Zheng K. A review on the use of waste glasses in the production of cement and concrete. *Resour Conserv Recycle* 2007;52(2):234-47.
3. Turgut P, Yahlizade ES. Research into concrete blocks with waste glass. *International J Envir Sci Eng* 2009;1(4):202-8.
4. Ling T.C., Poon C.S., Kou, S.C.. Feasibility of using recycled glass in architectural cement mortars // *Cem. Concr. Comp.* 2011; 33 (8) :848-54.
5. Механоактивированные модифицирующие добавки для строительных композитов / Ю.Г. Иващенко, С.А. Евстигнеев, А.В. Страхов, Д.К. Тимохин // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. 2013. № 3. С. 47-52.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ДОБАВОК НА СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНОГО ГИПСА

Н. Н. Фомина*, А. С. Фомин*, М. М. Полянский*, Д. С. Царапкин*

** Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Россия, Саратов, fominanani@rambler.ru*

Рассмотрено влияние химических добавок на свойства строительного гипса. Установлено, что, варьируя концентрацию добавок, можно регулировать сроки схватывания и процесс твердения гипсовых композиций.

Ключевые слова: гипс, химические добавки, сроки схватывания, прочность, замедлитель, ускоритель

INVESTIGATION OF CHEMICAL ADDITIVES ON GYPSUM PROPERTIES

N. N. Fomina*, A. S. Fomin*, M. M. Polyanskiy*, D. S. Tsarapkin*

** Yuri Gagarin state technical university of Saratov, Russia, Saratov, fominanani@rambler.ru*

The influence of chemical additives on the properties of gypsum. Found that by varying the concentration of the additives, setting time can be controlled and the curing process of gypsum compositions.

Keywords: gypsum, chemical additives, setting time, strength, retarder, accelerator

Мировые разведанные запасы природного сырья для получения гипсовых вяжущих составляют порядка 7,5 млрд. т. [1], около половины которых приходится на Российскую Федерацию. Кроме того, в последнее время значительное внимание уделяют развитию технологий получения гипсовых вяжущих из гипсосодержащих отходов промышленности (фосфогипс, борогипс, титаногипс и др.). Имеющиеся запасы, например, фосфогипса по России составляют более 200 млн. т и увеличиваются ежегодно. Поэтому расширение производства гипсовых вяжущих в России является эффективным направлением в получении современных строительных материалов.

По данным ФСГС, в России действуют не менее 19 крупных производителей гипса. Основными производителями гипсовых вяжущих в России является концерн Кнауф, на предприятия которого приходится более половины производства гипса и изделий из него. Также следует отметить такие компании – производители гипсовых изделий, как корпорация «Волма», Самарский гипсовый комбинат, Пешеланский завод «Декор-1», компания «Гипсополимер».

Среди широкой номенклатуры материалов и изделий на основе гипса большую часть составляют гипсокартонные листы, гипсовые сухие строительные смеси, пазогребневые перегородочные плиты. Также в меньших объемах производятся гипсоволокнистые листы, гипсостружечные панели, декоративные гипсовые плиты и др.

Для изготовления материалов и изделий в России применяется в основном строительный гипс – быстросхватывающееся и быстротвердеющее вяжущее. Быстрое схватывание гипса является в большинстве случаев положительным его

свойством, позволяющим быстро извлекать изделия из форм. Однако в ряде случаев быстрое схватывание нежелательно. Для регулирования сроков схватывания (ускорения и замедления) в гипс при затворении вводят различные добавки.

Согласно В.Б. Ратинову, добавки, регулирующие сроки схватывания гипсовых вяжущих, можно разделить на пять классов [2]: I – добавки, изменяющие растворимость полугидрата и двугидрата и не вступающие с ними в химические реакции. В зависимости от вида таких добавок и их концентрации они могут выступать как в роли замедлителей, так и в роли ускорителей; II – вещества, реагирующие с гипсом с образованием труднорастворимых или малодиссоциирующих соединений. Добавки этого класса образуют на поверхности полугидрата защитные пленки, в результате чего схватывание гипса замедляется; III – вещества, являющиеся готовыми центрами кристаллизации, ускоряющими схватывание; IV – поверхностно-активные добавки, которые адсорбируются частичками полуводного и двуводного гипса и уменьшают скорость образования зародышей кристаллов, замедляя схватывание; V – Комплексные добавки, состоящие из веществ, принадлежащих к разным классам.

У каждого из первых трех классов добавок имеется «порог эффективности», при котором наблюдается максимальный замедляющий или ускоряющий эффект. Следует отметить, что многие замедлители и ускорители схватывания отрицательно влияют на конечную прочность изделий. Более эффективное воздействие оказывают добавки суперпластификаторов. Для регулирования процесса твердения используют также различные полимеры, иногда совместно с ПАВ и стабилизаторами [3].

Аналитический обзор информации показывает, что многочисленные исследования направлены на модификацию свойств гипсовых смесей при помощи различных добавок. Так, авторы [4] исследовали влияние пластификаторов С-3, Melment F15G, Stachement 2280 на твердение гипсового вяжущего Челябинского завода «Биопласт». Показано, что наибольшее влияние на процессы твердения гипсового вяжущего оказывает пластификатор поликарбоксилатного типа Stachement 2280.

В [5] исследовалось влияние стирол-акрилатной эмульсии на свойства гипса. Установлена оптимальная (5% по массе гипса) дозировка эмульсии, обеспечивающая максимальную прочность образцов.

Авторами [6] установлено влияние минерального модификатора – калий-силикатного цемента (авт. свид. №571458) на прочность сцепления гипсовых смесей с основанием. С увеличением содержания модификатора растут прочностные показатели образцов, а также ускоряется схватывание. Для замедления схватывания предложены пластификатор №1, винная кислота, Retardan.

В исследовании [7] предложена модификация цитрогипса (шламового отхода производства лимонной кислоты) полиакриламидом, введение которого в пульпу цитрогипса способствует замедлению сроков схватывания. Наблюдается некоторое расслоение смеси с водоотделением, однако конечная прочность на сжатие готовых изделий из модифицированной смеси возрастает.

В [8] исследовано влияние отечественных пластификаторов (в частности, С-3) на структуру и свойства гипса, в том числе в присутствии минеральных добавок. Установлены зависимости основных физико-технических свойств вяжущих, структуры и долговечности гипсового камня на его основе от количества и

тонкости помола болотной железной руды, показана эффективность ее использования в качестве наполнителя в гипсовые вяжущие. Автором предложено многокомпонентное модифицированное гипсовое вяжущее. Показано влияние вида, количества и дисперсности болотной железной руды на физико-технические свойства гипсового вяжущего и структуру гипсового камня.

В исследовании [9] установлено влияние пластифицирующей добавки поликарбоксилатного типа на прочность и водостойкость гипса. Также показано, что пластификаторы на основе нафталинформальдегида и меламинформальдегида способствуют усилению процесса гидратации за счет изменения структуры жидкой фазы, а пластификатор поликарбоксилатного типа – за счет возбуждения активных поверхностных центров.

В данной студенческой научно-исследовательской работе изучалось влияние модифицирующих добавок на технические свойства гипсового вяжущего. В качестве основного объекта исследования выбран строительный гипс производства ОАО «Ульяновский комбинат строительных материалов». Стандартные испытания данного вяжущего показали, что гипс быстротвердеющий (начало схватывания – 7,3 мин, конец схватывания – 12 мин), соответствует марке по прочности Г-5, имеет водопотребность 60%.

В качестве модифицирующих добавок выбраны: регуляторы сроков схватывания I класса – соль поваренная (NaCl) и этиловый спирт, а также III класса – гипсовый камень ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$); пластификатор – СП-1; полимерная добавка – поливинилацетатная дисперсия (ПВА).

Гипсовый камень тонко измельчался и смешивался с вяжущим в сухом виде, остальные добавки вводились в воду затворения. Водогипсовое соотношение во всех случаях составляло $\text{В/Г}=0,6$. На рис. 1-5 показаны зависимости сроков схватывания гипсового теста от концентрации добавок в нем.

Анализ зависимостей показывает, что добавка гипсового камня дает ощутимый эффект, ускоряя схватывание при 1,5% (от массы вяжущего) содержания в смеси. Дальнейшее увеличение концентрации лишь незначительно сокращает схватывание. Добавка NaCl в гипсовое тесто, согласно экспериментальным данным, в концентрациях до 0,5% (от массы вяжущего) выступает в роли замедлителя. Дальнейшее увеличение концентрации добавки приводит к ускорению схватывания. Этиловый спирт как замедлитель схватывания дает эффект при содержании его в количестве 2% (от массы вяжущего). Пластифицирующая добавка СП-1 замедляет схватывание, давая существенный эффект при содержании ее в количестве 0,2% (от массы вяжущего). Полимерная добавка ПВА оказывает существенное влияние на сроки схватывания гипса при 5%-м введении ее в гипсовое тесто.

Далее исследовалась прочность затвердевшего гипсового теста, содержащего модифицирующие добавки в оптимальных, указанных выше, концентрациях. При этом изготавливались стандартные образцы и испытывались в возрасте 2 ч, а также после полного высыхания. Установлено (см. рис. 6), что добавка этилового спирта способствует увеличению ранней прочности гипсового камня, а добавка гипсового камня увеличивает конечную прочность. Остальные добавки несколько снижают прочность образцов.

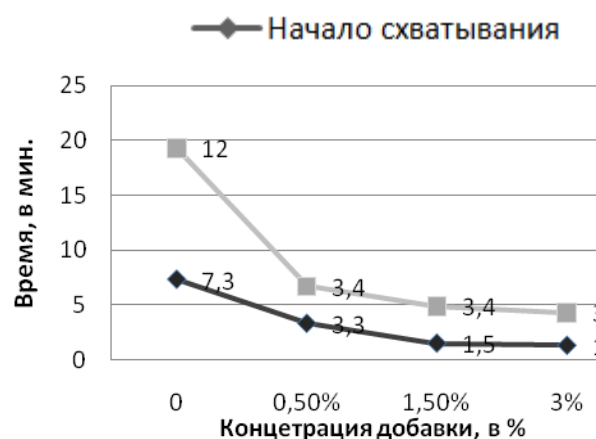


Рис. 1. Зависимость сроков схватывания гипсового теста от концентрации $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

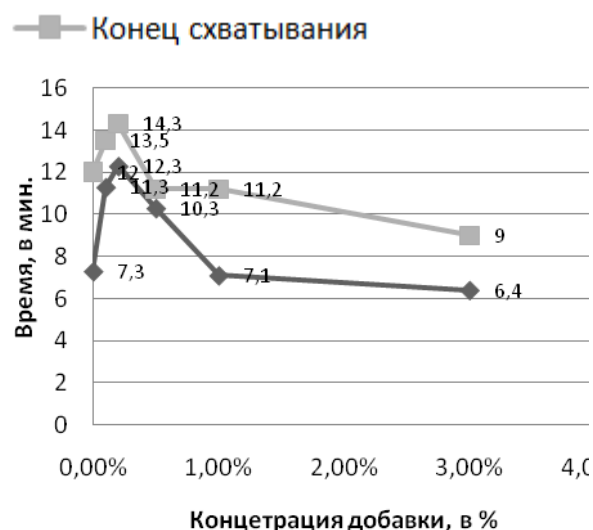


Рис. 2. Зависимость сроков схватывания гипсового теста от концентрации NaCl

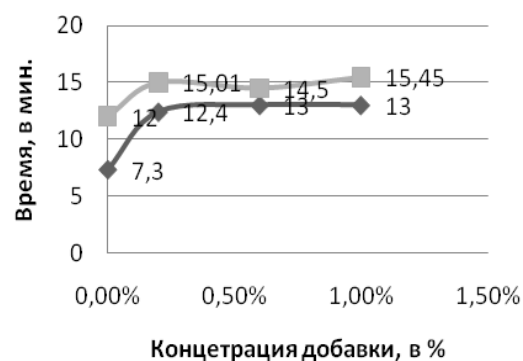


Рис. 3. Зависимость сроков схватывания гипсового теста от концентрации пластификатора СП-1

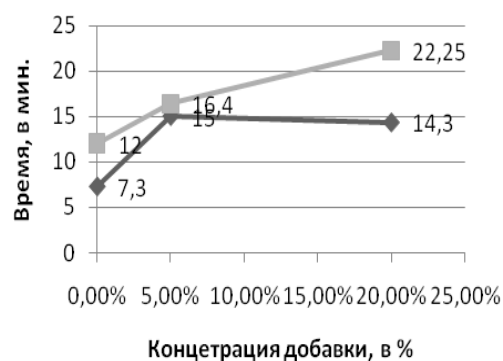


Рис. 4. Зависимость сроков схватывания гипсового теста от концентрации ПВА

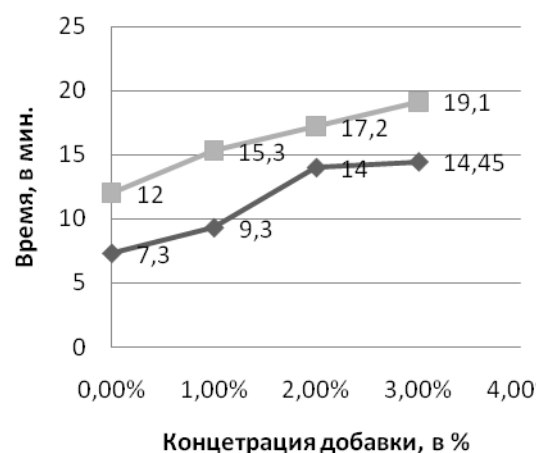


Рис. 5. Зависимость сроков схватывания гипсового теста от концентрации этилового спирта

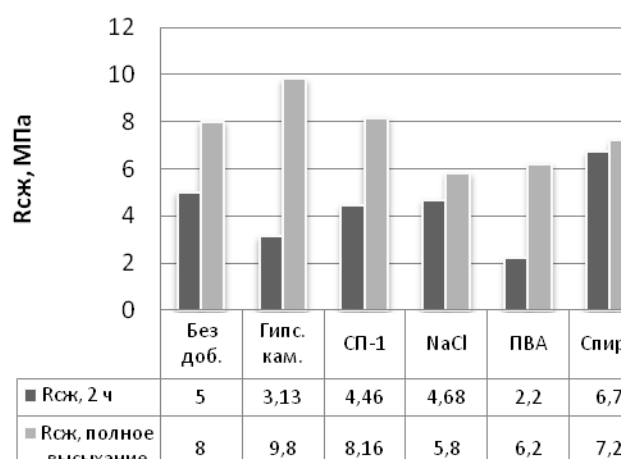


Рис. 6. Зависимость прочности при сжатии образцов в возрасте 2 ч и при полном высыхании

Таким образом, зная характер действия химических добавок, варьируя концентрацию добавок, можно не только регулировать сроки схватывания и процесс твердения, но и управлять процессами структурообразования.

Список литературы

1. Малиновский Е.Г. К вопросу развития добычи нерудного строительного сырья в России // Актуальные вопросы технических наук: матер. II Междунар. науч. конф. Пермь: Меркурий, 2013. С. 99-102.
2. Волженский А.В. Буров Ю.С., Колокольников В.С. Минеральные вяжущие вещества: (технология и свойства): учеб для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1979. 476 с.
3. Гипсовые материалы и изделия (производство и применение): справочник / под общ. ред. А.В. Ферронской. М.: Изд-во АСВ, 2004. 488 с.
4. Шленкина С.С., Гаркави М.С. Влияние пластификаторов на твердение гипсового вяжущего // Строительные материалы. 2007. № 9. С. 61-62.
5. Колгарева Н.А., Гаркави М.С. Влияние стирол-акрилатной эмульсии на эксплуатационные свойства гипсовых материалов // Строительные материалы. 2007. № 9. С. 50-51.
6. Адгезионные свойства гипсового вяжущего в присутствии калийсиликатного цемента / Сеньков А.С., Семейных Н.С., Яковлев Г.И., Полянских И.С. // Строительные материалы. 2015. № 1. С. 69-71.
7. Лукьянова А.Н., Старостина И.В. Строительные композиционные материалы на основе модифицированных гипсовых вяжущих, полученных из отходов производства // Technical sciences. 2013.
8. Морева И.В. Эффективные композиционные материалы на основе низкомарочного строительного гипса: дис. ... д-ра техн. наук. Иваново, 2009. 414 с.
9. Шлѐнкина С.С. Совершенствование технологии и повышение качества гипсовых изделий с использованием пластификаторов различной природы: дис. ... канд. техн. наук. Магнитогорск, 2007. 130 с.

УДК 533.6.01:534

ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ ЖИДКОСТИ НА ОСНОВЕ ЭФФЕКТА КАВИТАЦИИ, ВОЗНИКШЕЙ ОТ УПРУГИХ КОЛЕБАНИЙ СТЕНОК

*А. В. Черненко**

** Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., Россия, Саратов, 3chav@mail.ru*

Выполнен научный обзор, посвященный современным методам обеззараживания жидкости, возникновение эффекта кавитации от упругих колебаний стенок. Предложено совмещение эффекта кавитации, возникших от упругих колебаний стенок, для обеззараживания жидкости.

Ключевые слова: кавитация, колебания, стенка, вибрация, обеззараживание воды

DISINFECTION OF THE FLUID BASED ON THE CAVITATION EFFECT CAUSED BY ELASTIC VIBRATIONS OF THE WALLS.

*A. V. Chernenko**

** Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia, Saratov, 3chav@mail.ru*

This article presents a scientific review, devoted to modern methods of disinfection fluid, the occurrence of cavitation effect from elastic vibrations of the walls. The proposed combination of cavitation effect caused by elastic vibrations of the walls, for the decontamination fluid.

Keywords: cavitation, vibrations, wall, vibration, disinfection of water

Потребление пресной воды растет, тем самым заставляя нас переходить на новые схемы водоснабжения и технологий очистки воды. Для обеззараживания жидкости используют следующие методы: электролиз, озонирование, хлорирование и др. [1, 2]. Хлорирование – это самый простой, дешевый, эффективный метод в данный момент [1]. Для обеззараживания жидкости в настоящий момент используют химическое или механическое воздействие на жидкость. После очистки жидкость теряет некоторые полезные качества, для предотвращения этих последствий должен применяться безреагентный способ обеззараживания. Одним из таких методов является обеззараживание на основе эффекта кавитации. Так, в [3-5] рассмотрены возможность и способ обеззараживания воды эффектом кавитации. В [3, 4] эффект достигается путем гидродинамической кавитации, предложена экспериментальная установка для обеззараживания воды. В [5] предлагается совмещение эффекта кавитации с магнитным воздействием для очистки жидкости.

В [6-28] исследованы задачи о колебаниях стенок каналов, взаимодействующих с жидкостью, а также рассмотрены причины возникновения вибрационной кавитации применительно к двигателям внутреннего сгорания и виброопорам. В [6-17] рассмотрены колебания цилиндрической оболочки, окруженной вязкой жидкостью, и найдены частоты, на которых возможно возникновение кавитации. В [18-29] исследована динамика слоя вязкой жидкости, сдавливаемого вибрирующими пластинами, в том числе и в случае, когда одна из них упругая. В [11, 12, 30] исследовано кавитационное разрушение в дизелях и экспериментально выявлено появление эффекта вибрационной кавитации.

В заключение можно сделать вывод, что используемые способы обеззараживания жидкости основаны на физическом и химическом воздействии на жидкость, но такой метод обеззараживания несет негативные последствия для жидкости. Очистка воды без реагентов является важным вопросом, решение которого позволит сократить стоимость очистки жидкости, сохранить качество жидкости после ее обеззараживания. Обзор научной литературы дает возможность постановки проблемы обеззараживания жидкости на основе эффекта кавитации, созданного в результате упругих колебаний стенок. Это актуальная тема для дальнейшей работы по возможности создания технологии очистки на базе эффекта вибрационной кавитации. Приношу благодарность научному руководителю д.т.н., профессору Попову В.С. за помощь в подготовке статьи.

Список литературы

1. Методы и сооружения для очистки и доочистки сточных вод и систем водопользования: межвуз. темат. сб. тр. /под ред. Б.Г. Мишукова. Л.: ЛИСИ, 1988. 131 с.
2. Яковлев С.В., Крснобродько И.Г., Рогов В.М. Технология электрохимической очистки воды. Л.: Стройиздат, 1987. 312 с.
3. Беляев А.Н. Интенсификация процесса обеззараживания воды гидродинамической кавитацией: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Киров, 2000. 16 с.
4. Алешин А. В., Долгова Е. А., Степанов А. Ю. Экспериментальное исследование обеззараживания сточных вод с применением гидродинамического кавитатора // Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития сб. науч. ст. молодых ученых, аспирантов и студентов. Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2014. Вып. 5. С. 210-213
5. Силин Р.И., Гордеев А.И. Кавитационно-магнитная обработка воды и вибрационное оборудование. // Вісник Хмельницького національного університету Сер. Технічні науки. 2009. № 1. С. 50-57.
6. Индейцев Д.А., Полипанов И.С., Соколов С.К. Расчет кавитационного ресурса втулки

судовых двигателей // Проблемы машиностроения и надежности машин. 1994. №4. С. 59-64.

7. Математическое моделирование вынужденных колебаний гильзы цилиндра двигателя внутреннего сгорания / Епишкина И.Н., Могилевич Л.И., Попов В.С., Симдянкин А.А. // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2001. № 4. С. 19-26.

8. Могилевич Л.И., Попов В.С. Динамика взаимодействия цилиндропоршневой группы двигателя внутреннего сгорания и слоя охлаждающей жидкости // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2003. № 1. С. 79-87.

9. Могилевич Л.И., Попов В.С. Динамика взаимодействия упругого цилиндра со слоем вязкой несжимаемой жидкости // Известия Российской академии наук. Механика твердого тела. 2004. № 5. С. 179.

10. Могилевич Л.И., Попов В.С. Прикладная гидроупругость в машино- и приборостроении. Саратов: Саратовский ГАУ, 2003. 156 с.

11. Кондратов Д.В., Могилевич Л.И. Упругогидродинамика машин и приборов на транспорте. М.: РГОТУПС, 2007. 169 с.

12. Исследование влияния кавитационного износа гильз двигателя внутреннего сгорания с водяным охлаждением КамАЗ-740 на их деформацию в блоке / Могилевич Л.И., Попова А.А., Попов В.С., Симдянкин А.А. // Совершенствование методов гидравлических расчетов водопропускных и очистных сооружений. 2007. № 1 (33). С. 120-126.

13. Могилевич Л.И., Попов В.С., Попова А.А. Колебания гильзы цилиндра двигателя внутреннего сгорания с водяным охлаждением под действием ударных нагрузок со стороны поршневой группы // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2008. № 3. С. 100-106.

14. Кондратов Д.В., Могилевич Л.И. Математическое моделирование процессов взаимодействия двух цилиндрических оболочек со слоем жидкости между ними при отсутствии торцевого истечения в условия вибрации // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2007. Т. 3. № 2. С. 15.

15. Могилевич Л.И., Попова А.А., Попов В.С. Динамика взаимодействия упругой цилиндрической оболочки с ламинарным потоком жидкости внутри нее применительно к трубопроводному транспорту // Наука и техника транспорта. 2007. № 2. С. 64-72.

16. Попов В.С., Попова А.А., Волон М.И. Математическое моделирование взаимодействия ламинарного пульсирующего потока с цилиндрической ребристой оболочкой, по которой он движется // Совершенствование методов гидравлических расчетов водопропускных и очистных сооружений. 2010. № 1 (36). С. 51-66.

17. Попова А.А. Математическое моделирование динамических процессов в виброопоре с упругими элементами конструкции // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2007. Т. 1. № 4. С. 25-31.

18. Попов В.С. Динамическая задача гидроупругости виброопоры с пластиной, подкрепленной ребрами жесткости // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2008. Т. 3. № 1. С. 7-13.

19. Могилевич Л.И., Попов В.С., Попова А.А. Динамика взаимодействия упругих элементов вибромашины со сжимаемым слоем жидкости, находящимся между ними // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2010. № 4. С. 23-32.

20. Могилевич Л.И., Попова А.А. Динамическая задача гидроупругости виброопоры с упругой ребристой пластиной // Наука и техника транспорта. 2007. № 4. С. 55-61.

21. Могилевич Л.И., Попов В.С., Старовойтов Э.И. Гидроупругость виброопоры с трехслойной круглой упругой пластиной с несжимаемым заполнителем // Наука и техника транспорта. 2006. № 2. С. 56-63.

22. Могилевич Л. И., Попов В. С., Христофорова А. В. Математические вопросы гидроупругости трехслойных элементов конструкций. Саратов: КУБиК, 2012. 123 с.

23. Попов В.С., Попова А.А. Исследование гидроупругих колебаний стенок плоского канала при инерционном возбуждении // Сборник научных трудов Sworld. 2013. Т. 3. № 3. С. 77-79.

24. Попова А.А. Математическое моделирование процессов взаимодействия вязкой жидкости с тонкостенными ребристыми элементами гидродинамических демпферов и трубопроводов: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Саратов, 2008. 32 с.

25. Akcabay D.T., Young Y.L., Hydroelastic Response and Energy Harvesting Potential of Flexible Piezoelectric Beams in Viscous Flow // Physics of Fluids. 2012, Vol.24. Iss. 5.

26. Ageev R.V., Mogilevich L.I., Kondratov D.V., Popov V.S., and Popova A.A. Mathematical

Model of Pulsating Viscous Liquid Layer Movement in a Flat Channel with Elastically Fixed Wall // Applied Mathematical Sciences, Vol. 8, 2014, no. 159

27. Агеев Р.В., Попов В.С., Попова А.А. Математическое моделирование взаимодействия подвижной стенки канала с пульсирующим слоем вязкой жидкости // Сборник научных трудов Sworld. 2014. Т. 29. № 2. С. 23-25.

28. Агеев Р.В., Могилевич Л.И., Попов В.С., Попова А.А. Движение вязкой жидкости в плоском канале, образованном вибрирующим штампом и шарнирно опертой пластиной // Труды МАИ. 2014. № 78.

29. Могилевич Л.И., Попов В.С. Исследование взаимодействия слоя вязкой несжимаемой жидкости со стенками канала, образованного соосными вибрирующими дисками // Известия Российской академии наук. Механика жидкости и газа. 2011. № 3. С. 42-55.

30. Иванченко Н. Н., Скуридин А. А., Никитин М. Д. Кавитационные разрушения в дизелях. Л.: Машиностроение, 1970. С. 28.

УДК 72.06

МУЛЬТИКУЛЬТУРАЛИЗМ В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ: ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ, ПРАКТИКА ИХ ВНЕДРЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ МУЛЬТИКУЛЬТУРНОЙ СРЕДЫ В САРАТОВЕ

Р. В. Шишкин*

** Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., Россия, Саратов*

Формирование современной архитектурной среды города невозможно без анализа социальных и экономических проблем общества, мировых тенденций, и статуса города в стране и мире. В связи с этим, было проведено научное исследование, в котором, на основе обобщения имеющегося опыта целенаправленного формирования мультикультурной среды городов, исследовались перспективы развития этой тенденции в г. Саратове.

Ключевые слова: архитектура, формирование, городская среда, внедрение, развитие

MULTICULTURALISM IN THE URBAN ENVIRONMENT: BASIC PRINCIPLES, PRACTICES AND THEIR IMPLEMENTATION PROSPECTS OF CREATING A MULTICULTURAL ENVIRONMENT IN SARATOV

R. V. Shishkin*

** Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia, Saratov*

Modern architectural environment of a city is impossible without analyzing social and economic problems of society, global trends and status of the city in the country and the world. In this regard, there have been scientific research, which, on the basis of the generalization of the experience of purposeful formation of multicultural environment of cities studied the prospects of development of this trend in Saratov.

Keywords: architecture, building, urban environment, integration, development

Термин мультикультурализм появился недавно, поэтому у него существует множество различных трактовок. В понимании известного социолога Чарльза Тэйлора, «мультикультурализм – это форма самоутверждения, это не только борьба индивидов за признание, но и требование признания оригинальности, своеобразия и равнозначности групп. Любой индивид может существовать лишь как часть той или иной культуры» [3]. Таким образом, если рассматривать отдельную культуру в качестве строительного камня здания общества, то можно

выдвинуть лишь одно моральное требование – приблизиться к этим культурам, помня об их равнозначности.

Безусловно, существует ряд теорий, по многим моментам идущих вразрез с мультикультурализмом, есть и его полный антипод – «теория плавильного котла», сохраняющая свою популярность в США. Но, несмотря на существующую критику мультикультурализма, эта теория имеет большое гуманистическое значение, и хотя бы точечное применение его принципов в архитектуре должно сказаться на обществе положительно.

Проанализировав историческое развитие и современную демографическую ситуацию некоторых городов (таблица), мы попытались разделить их на несколько типов, различающихся причинами проникновения в городскую среду различных культур.

Что касается Саратова и Саратовского края, здесь мы можем наблюдать все перечисленные типы в той или иной мере. Отсюда можно сделать вывод, что этническая структура нашего города сформировалась в силу множества причин, является уникальной и должна охраняться.

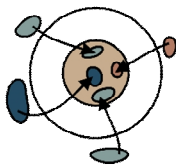
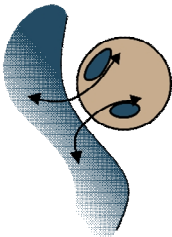
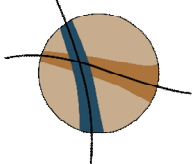
Эпоха глобализации приносит в этническую структуру города такие масштабные изменения, какие были немыслимы в предшествующие эпохи. Но, тем не менее, прошедший через испытание временем уклад может стимулировать развитие города как туристического, культурного, политического центра. Национальные ремесла могут стать дополнительной статьей доходов как аутентичные, либо, развиваясь, стать полноценной отраслью экономики.

В традиционной архитектуре народов заложен их генетический код. Проникновение в современную архитектуру, а также сохранение памятников архитектурного наследия каждого этноса, когда-либо пребывавшего в городском пространстве, – действия, направленные на сохранение этого генетического кода. Люди, воспитанные в условиях различных национальных культур, относятся к пространству в соответствии с принятыми в культуре «моделями», по-разному ощущая пространственную изоляцию, организацию помещения, его размеры, формы, размещение оборудования и т.д. [6]. С другой стороны, большое значение имеют художественные образы, транслируемые в архитектуру: национальная эстетика, смысловое значение отдельных архитектурных элементов.

В этом аспекте интересен пример становления современной японской архитектуры, которое пришлось на период широкого и весьма «агрессивного» распространения «интернационального стиля». Поражение во Второй мировой войне и крушение имперских амбиций вызвали понятное желание японцев сохранить свое национальное достоинство и самоидентификацию. Сценарий, по которому развивается архитектура Японии, можно проиллюстрировать простым лозунгом: «самые современные западные технологии и вековые японские культурные традиции». Поэтому, несмотря на то, что японская архитектура в общем и целом мультикультурной не является, на уровне отдельно взятой культуры японский подход может использоваться в создании городской среды по принципу мультикультурализма.

Когда идет речь о самоидентификации культурных групп, нельзя не сказать о сохранении культурного наследия. И вопрос о том, что является наследием, а что – нет, – вопрос достаточно острый.

Схемы проникновения различных культур в общую городскую среду

Схематичная модель взаимодействия	Типы городов	Характерные примеры	Описание	Применимость к г.Саратову и окрестностям
	Мировые экономические и политические центры	Москва, Париж, Берлин, Лондон, Нью-Йорк	Характеризуются большим разнообразием этнических групп, многие из которых связаны с центром только экономически, но не вследствие долгих экономических взаимодействий	До начала 20 века данная схема была характерна для немецких колонистов: Саратов находился за пределами колоний, но являясь крупнейшим экономическим центром Поволжья, притягивал образованное население немецких кантонов
	Города, находящиеся на периферии своей культурной зоны (например, национального государства или автономии)	Нарва, Ужгород, Иерусалим, Смоленск, Белосток, Владивосток, Уральск	В основном двунациональны. Природа возникновения взаимосвязей очень сложна, и включает как исторические, так и экономические причины. Диаспора тесно взаимосвязана с исторической прародиной	Саратов издавна находился рядом с условной границей русской и казахской культур, и сейчас Саратовская область граничит с Казахстаном, в некоторых районах области преобладает казахское население. Казахское население Саратова и области тесно связано с населенными казахами селами области и, собственно, Казахстаном
	Города, через которые проходят (проходили) важные межгосударственные магистрали, железные дороги. К этой категории можно также отнести портовые города.	Бухара, Одесса, Сингапур, Стамбул, Гамбург, Харбин	Национальный состав определяется в основном экономическими причинами.	Закладка Покровской слободы (ныне г. Энгельс) 1747 году связана с указом императрицы Елизаветы о начале добычи соли на озере Эльтон и закладки для этих целей ряда опорных баз на Волге. В связи с тем, что лошади не выдерживали тяжёлого труда по доставке по степи соли, для её доставки в Заволжье были приглашены с волами украинские чумаки-возчики соли, которые и стали первыми жителями слободы.
	Города, ставшие многонациональными вследствие политических преобразований	Хельсинки, Калининград, Ташкент, Вильнюс, Новый Орлеан, Мариуполь	В городах данного типа новые этнические включения часто происходили одновременно и в короткий промежуток времени, существенно изменяя демографическую структуру города	Колонии немцев Поволжья сформировались вследствие манифеста Екатерины II 1762 года «О позволении иностранцам селиться в России и свободном возвращении русских людей, бежавших за границу»

К примеру, практически все «центральные» архитектурные проекты времен Третьего рейха были уничтожены или вовсе не были осуществлены, оставшись в виде чертежей и грандиозных планов. Память о двенадцатилетнем периоде существования режима и урбанистических фантазиях, с ним связанных, сохранилась в единичных объектах, чаще «периферийных», к которым можно отнести, например, башни люфтваффе, расположенные в Вене и сохранившиеся лишь частично. Ведутся споры относительно их сноса. Примечательно, что большинство интересующихся этим вопросом людей предлагают сохранить башни. Но и среди них есть два полярных мнения: ряд участников подчеркивает необходимость оставить башни в неизменном виде как памятники войны и «яркие примеры стиля эпохи», другие предлагают преобразование башен, нивелирование милитаристской составляющей в городском пейзаже. В любом случае сохранение башен как фрагмента нацистской культуры является положительным фактором в решении проблемы о сохранении исторической памяти.

Равнозначность этносов с архитектурной точки зрения может проявиться, если говорить образно, в одинаковых правах горожан различной национальностей на общее городское пространство. А значит, создание среды для взаимодействия различных культур по принципу толерантности в пространстве города явно необходимо. Рассмотрим две принципиально разные модели организации городского пространства в многонациональном городе:

1) *Город четко разделен на зоны концентрации этнических общностей.* В этом случае город разделяется на этнические кварталы, между которыми четко прослеживается граница. Примером могут служить чайнатауны – преимущественно населенные китайцами кварталы многих городов по всему миру. Они представляют собой островки китайской культуры, по сути, являясь «вещью в себе»: они полностью обеспечены функционалом, необходимым для жизни китайцев. Коренные жители обычно считают эти кварталы чем-то вроде китайских резерваций в современных мегаполисах. Если такая модель обусловлена экономическими и политическими факторами, то велика вероятность превращения этнических кварталов в гетто и резервации.

2) *Город, в котором отсутствует зонирование по этническим признакам, а городское пространство организовано по принципу единообразия.* Архитектура модернистских стилевых направлений, в особенности возникший в 30-е годы XX века Интернациональный стиль, а также эпоха глобализации диктует стремление к унификации и типизации во всех сферах жизни, в том числе в архитектуре и градостроительстве. Такой подход несомненно приравнивает этносы друг к другу, что исключает межэтнические противоречия в этой сфере. Но такое пространство препятствует самоидентификации различных социальных и этнических групп.

Исходя из анализа этих двух моделей, можно сделать вывод о том, что мультикультурное городское пространство должно включать зоны, направленные на этническую самоидентификацию, и зоны взаимодействия различных культур.

Зона взаимодействия – это «нейтральная территория», т.е. к примеру, общественные пространства, пусть и лишенные национального колорита, но являющиеся комфортной средой для различных этнических групп.

И, наконец, важен такой аспект равнозначности, как самоидентификация по различным признакам. Это и религиозная самоидентификация (в первую очередь, проявляющаяся в культовых зданиях, вписанных в архитектурную среду), и самоидентификация по другим критериям: ценные для культуры материальные и нематериальные символы, праздники и т.д.

Саратовское Поволжье – особый регион с точки зрения многонационального наследия. Здесь традиции разных народов, переплетаясь и дополняя друг друга, образовали уникальную материальную и духовную культуру [4].

До революции 1917 года Саратов имел уникальный облик: силуэт города формировали 49 церквей и часовен различных христианских конфессий (и это при площади города, в 6 раз меньшей современной), большое значение имели синагога и мечеть. Помимо прочих необходимых мультикультурному городу функций, они составляли высотную композицию города, определяли облик многих улиц, скверов и площадей. Например, католический собор Святого Климента, лютеранская кирха Святой Марии, православные храм «Утоли моя печали» и

Алекسانдро-Невский собор формировали вместе с консерваторией единый ансамбль важнейшего в то время архитектурно-планировочного узла города, демонстрируя разнообразие городской культуры (рисунок). Теперь же, после уничтожения большей части этих элементов (что само по себе является невосполнимой потерей), утрачена возможность в полной мере оценить замысел создателей еще «оставшихся в живых» зданий, так как утерян контекст, в который они были вписаны. Соответственно и значимость площади как места, где различные этнические и религиозные культуры пересекаются в архитектурных сооружениях, взаимно дополняющих друг друга, утеряна.



Саратов. Вид с колокольни Александро-Невского собора

Современной попыткой подчеркнуть этническое многоголосье Саратова стало строительство Национальной деревни в Парке Победы. К сожалению, она не увенчалась успехом – деревня, скорее, мертва, чем жива. Гости города обращают внимание на крайнюю недостоверность архитектуры Национальной деревни [7]. Достаточно сказать о том, что традиционные армянские входные ворота, выполняемые из туфа путем кладки, здесь решены как бетонная конструкция, облицованная местным песчаником. Функциональная насыщенность деревни (этнографические уголки, объекты национальной кухни) маловыразительна и малопривлекательна как для горожан, так и для туристов.

Характерным положительным примером таких музеев под открытым небом может служить Этнографический музей народов Забайкалья в городе Улан-Удэ. Здесь собраны архитектурные памятники различных народностей региона, как находившиеся ранее на другом месте и перевезенные сюда, так и вновь созданные [5]. Главный критерий воссоздаваемой национальной архитектуры – достоверность, для чего были использованы только традиционные материалы и строительные приемы. Следовательно, можно сделать вывод о том, что *честность по отношению к зрителю формирует более бережное отношение к мультикультурному наследию.*

Вдохновляющим примером реконструкции города в рамках теории мультикультурализма может служить один из конкурсных проектов воссоздания центральной части г. Калининграда. Во время войны столица Пруссии Кёнигсберг был почти полностью уничтожен, сначала жестокой бомбежкой британской авиации в августе 1944, затем во время штурма города советскими войсками. Автор проекта питерский архитектор Никита Явейн задает вопрос и сам же отвечает на него: «...что нужно для того, чтобы вырастить заново уничтоженный городской центр? – Найти его корни. Корни домов – их фундаменты...». Он предлагает откапать засыпанные землей фундаменты разрушенных домов. Улицы откапывают до довоенного уровня, а дворы – до уровня самого глубокого подвала. Все это можно назвать своеобразным ретро-городом с археологическим уклоном. Найденной в вынутом культурном слое керамикой немусейного значения предлагается украсить фасады домов [2].

Таким образом, архитектура навсегда ушедшей отсюда культуры немцев и пруссов (даже сам прусский народ уже не существует), проникает в современный российский Калининград деликатно, раскрываясь тем функционалом, который необходим городу. На мой взгляд, такой проект имеет и еще одно важное значение: *чувствуя связь и преемственность с предшествующей культурой, городское население становится более толерантным к проникающим в город новым культурам.*

Как показывает пример вышеупомянутой реконструкции Калининграда, такие значимые для города потери, с одной стороны, являются невосполнимыми утратами, с другой – поводом взглянуть, к примеру, на утраченное немецкое наследие со стороны тех новых возможностей, которые может дать их деликатное восстановление. В Саратове, например, возможно и нецелесообразно восстановление костела Святого Климента на месте современного кинотеатра «Пионер». Но при реконструкции кинотеатра можно и нужно попытаться современными средствами отразить в его образе первоначальное назначение здания.

Говоря об охране историко-культурного наследия, мы должны помнить не только о градостроительной специфике, об уникальности отдельных объектов, но и об архитектурных деталях, элементах декора, которые могут очень ярко характеризовать город. По архитектурному декору можно изучать историю страны, города, специфику жизни социума, а соответственно, культурные и этнические традиции [1]. Соответственно, использование национального декора этнических меньшинств в оформлении городской среды и фасадов зданий также помогут проявить упомянутый выше «генетический код».

Проанализировав сложившуюся в городе Саратове ситуацию, можно сделать вывод о том, что его этническое разнообразие, а также богатое архитектурное наследие различных культур могут служить основой для создания в нашем городе мультикультурного пространства. А это, в свою очередь, сделает наш город более интересным и привлекательным для людей различных культур, поможет раскрыть его туристский потенциал.

Соответственно, движение, направленное на создание мультикультурной среды, – позитивный путь развития и для всего Саратовского региона.

Список литературы

1. Кияйкина М.Ю. Архитектурная деталь как компонент историко-культурного компонента местности // Архитектурное наследие городов и исторических поселений Саратовской области, материалы III и IV научно-практической конференций, Саратов, 2011.
2. Тарабарина Ю. Выращивание города [Электронный ресурс]//<http://archi.ru>
3. Терборн Г. Мультикультурные общества // Социологическое обозрение. Т. 1. № 1. 2001.
4. Терехин С.О., Фурман Н.В., Антипенко М.В. Национально-региональные особенности архитектуры Саратовского Поволжья: учеб. пособие. Саратов: СГТУ, 2002.
5. Тихонов В. В. Практика создания зарубежных и российских этнографических музеев под открытым небом // Вестник Забайкальского государственного университета. 2012. № 9 (88). С. 3-8.
6. Хан-Магомедов С. О. Архитектура и бытовая вещь // Декоративное искусство СССР. 1966. – № 2.
7. Volga, Volga. The Strelka Institute for Media, Architecture, and Design Explores the Volga River [Электронный ресурс]//volgavolgavolga.tumblr.com

УДК 624.974.14

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ОБЪЕКТОВ ПРИ КАМЕРАЛЬНОМ ТРАССИРОВАНИИ СООРУЖЕНИЙ

А. А. Сурнин, Р. М. Сабеев**

** Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Россия, Саратов, aasurnin@mail.ru, crubu@rambler.ru*

Рассмотрены вопросы обеспечения эксплуатационной надежности опасных производственных объектов на этапе трассирования линейных сооружений.

Ключевые слова: линейное сооружение, опасный производственный объект, эксплуатационная надежность

ENSURE OPERATIONAL RELIABILITY DURING DESKTOP TRACING STRUCTURES

A. A. Surnin, R. M. Sabaev**

** Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia, Saratov,
aasurnin@mail.ru, crubu@rambler.ru*

The problems of operational reliability of hazardous production facilities in step tracing of linear structures.

Keywords: linear construction, hazardous production facilities, operational reliability

Одним из этапов проектирования линейных сооружений опасных производственных объектов с целью обеспечения их эксплуатационной надежности является этап камерального трассирования линейных сооружений. На камеральном этапе должны быть выполнены окончательная обработка полевых материалов и данных с оценкой точности полученных результатов, с необходимой для проектирования и строительства информацией об объекте, элементах ситуации и рельефа местности, о подземных и надземных сооружениях с указанием их технических характеристик, а также об опасных природных и техногенных процессах.

Магистральные газопроводы в зависимости от нормативного рабочего давления делятся на два класса: I класс – $25 \text{ кгс/см}^2 < P \leq 100 \text{ кгс/см}^2$; II класс $\leq 25 \text{ кгс/см}^2$. Чем выше класс трубопровода, тем большую опасность он представляет

в случае разрушения, и тем большими будут расстояния от оси трубопровода до близлежащих населенных пунктов, промышленных предприятий, а также отдельных зданий и сооружений. Основной составляющей магистрального трубопровода является линейная часть – непрерывная нить, сваренная из отдельных труб или секций и уложенная вдоль трассы. Линейную часть сухопутных трубопроводов следует прокладывать под землей (подземная прокладка). При подземной укладке достигается максимальная механизация работ всех видов, не загромождается территория и после окончания строительства используются пахотные земли, отсутствует воздействие солнечной радиации и атмосферных осадков, трубопровод находится в стабильных температурных условиях. Прокладка трубопроводов по поверхности земли в насыпи (наземная прокладка) или на опорах (надземная прокладка) допускается только как исключение для внутрипромысловых и промысловых трубопроводов или для линейной части магистральных трубопроводов в особых природных условиях. При прохождении трубопроводов в легкоуязвимых местах среды обитания животных (тундра и другие), где невозможно подземно заглубить трубопровод, необходимо предусмотреть сооружение переходов для мигрирующих животных, приподняв отдельные участки линейной части трубопровода на высоту не ниже чем 3 метра от поверхности земли.

Трасса трубопровода выбирается на стадии технико-экономического обоснования и проектирования путем рассмотрения не менее двух вариантов ее прохождения на основе результатов анализа риска с целью снижения возможных последствий аварий и негативного воздействия на окружающую среду при строительстве и эксплуатации объектов трубопроводного транспорта.

Как показывает опыт проектирования и строительства трубопроводов, фактическая длина магистрального трубопровода, как правило, больше длины геодезической прямой, соединяющей начальную и конечную точки трассы, так как при трассировании линии трубопровода необходимо обходить различные препятствия. Отклонение от прямой будет тем значительнее, чем больше встречается препятствий и чем выше стоимость их преодоления.

Взаимные пересечения проектируемых и действующих трубопроводов допускаются в исключительных случаях при невозможности соблюдения минимальных расстояний от оси магистральных трубопроводов до населенных пунктов, промышленных предприятий и сооружений. Газопроводы должны располагаться над нефтепроводами и продуктопроводами при их пересечении. При взаимном пересечении трубопроводов расстояние между ними в свету должно приниматься не менее 400 мм, а пересечение выполняться под углом не менее 60° к оси пересекаемого трубопровода.

В местах пересечений магистральных трубопроводов с линиями электропередачи напряжением 10 кВ и выше должна предусматриваться только подземная прокладка трубопроводов под углом не менее 60° .

Расстояния от оси подземных и наземных (в насыпи) трубопроводов до населенных пунктов, отдельных промышленных и сельскохозяйственных предприятий, зданий и сооружений должны приниматься в зависимости от класса и диаметра трубопроводов, степени ответственности объектов и необходимости обеспечения их безопасности, но не менее значений, указанных в СНиП 2.05.06-85.

Минимальные расстояния между параллельно строящимися и действующими трубопроводами в одном техническом коридоре необходимо принимать в соответствии с требованиями СНиП 2.05.06-85.

Проектируемые трубопроводы должны располагаться на всем протяжении, как правило, с одной стороны от существующих трубопроводов при параллельной их прокладке. Для обеспечения нормальных условий эксплуатации и исключения возможности повреждения объектов магистрального трубопроводного транспорта вокруг них устанавливаются охранные зоны. В охранных зонах трубопроводов запрещается производить всякого рода действия, способные нарушить нормальную эксплуатацию трубопроводов, либо привести к их повреждению. На всех участках трубопровода должны быть обеспечены условия для технического обслуживания и аварийного ремонта в любой точке трубопровода.

Земельные участки для линейной части магистральных газопроводов предоставляются во временное или постоянное пользование в соответствии с основами Земельного законодательства Российской Федерации. Земельные участки, предоставляемые во временное пользование на период строительства или ремонта, должны быть рекультивированы и возвращены землепользователям в соответствии с действующим Законодательством. Размеры земельных участков, предоставляемых предприятиям, учреждениям и организациям трубопроводного транспорта, определяются в соответствии с действующими нормами или проектно-технической документацией.

Для обеспечения нормальных условий эксплуатации и исключения возможности повреждения магистральных газопроводов и их объектов устанавливается охранный зона, размеры которой регламентируются Правилами охраны магистральных трубопроводов и составляют 25 м от оси крайнего газопровода в обе стороны как на землях сельскохозяйственного пользования, так и на землях гослесфонда.

Вдоль трасс трубопроводов, транспортирующих сжиженные углеводородные газы, аммиак, токсичные вещества, нестабильный бензин и конденсат, охранный зона представляется в виде участка земли, ограниченного условными линиями, проходящими в 100 метрах от оси трубопровода с каждой стороны, вдоль трасс многониточных трубопроводов – в виде участка земли, ограниченного условными линиями, проходящими на указанных выше расстояниях от осей крайних трубопроводов.

Список литературы

1. СНиП 10-01-94 Система нормативных документов в строительстве. Основные положения.
2. СП 36.13330.2012 Магистральные трубопроводы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.06-85*.
3. СП 47.13330.2012 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96.

ТРЕБОВАНИЯ К ПРОИЗВОДСТВУ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА НА ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ

А. А. Сурнин*, Р. М. Сабает*

** Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Россия, Саратов, aasurnin@mail.ru, crubu@rambler.ru*

Рассмотрены вопросы проведения инженерных изысканий для строительства и обеспечения последующей эксплуатационной надежности опасных производственных объектов.

Ключевые слова: инженерные изыскания, опасный производственный объект, эксплуатационная надежность

REQUIREMENTS FOR PRODUCTION ENGINEERING SURVEYS FOR CONSTRUCTION AT HAZARDOUS PRODUCTION FACILITIES

A. A. Surnin*, R. M. Sabaev*

** Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia, Saratov,
aasurnin@mail.ru, crubu@rambler.ru*

The problems of engineering surveys for construction and ensure follow operational reliability of hazardous production facilities.

Keywords: engineering survey, hazardous production facilities, operational reliability

Обеспечение эксплуатационной надежности строительных конструкций зданий и сооружений на этапе проведения инженерных изысканий является самостоятельным направлением строительной деятельности, охватывающим комплекс вопросов, связанных с обеспечением промышленной безопасности опасного производственного объекта. Инженерные изыскания для строительства являются видом строительной деятельности, обеспечивающим комплексное изучение природных и техногенных условий территории (региона, района, площадки, участка, трассы) объектов строительства, составление прогнозов взаимодействия этих объектов с окружающей средой, обоснование их инженерной защиты и безопасных условий жизни населения. При проведении инженерных изысканий для строительства необходимо руководствоваться законодательными и нормативными актами Российской Федерации, субъектов Российской Федерации, строительными нормами и правилами, государственными стандартами Российской Федерации, сводами правил, а также иными федеральными нормативными документами, регулирующими деятельность в области производства инженерных изысканий для строительства.

Основной задачей инженерно-геодезических изысканий является получение полных и достоверных топографо-геодезических материалов и данных, необходимых для разработки рабочего проекта. Раздел «Инженерные изыскания» должен содержать текстовую часть со сведениями об административном местоположении района трассы; о характере проектируемого объекта, физико-географических условиях участка работ, климатической характеристике района строительства. Результаты инженерно-геологических изысканий с заключениями лабораторных исследований физико-механических свойств грунтов и химического состава воды, а также прогноз возможных их изменений и рекомендации по учету особенностей этих условий при строительном освоении территории трассы

и оценку опасности природных процессов.

Материалы инженерных изысканий для строительства должны содержать сведения, предусмотренные СНиП 11-02-96, в том числе выполненные по специальному техническому заданию, а именно: о коррозионной активности грунтов, включая кислотный показатель pH; агрессивности подземных вод к бетону и коррозионной активности к металлам; годовых колебаниях уровня грунтовых вод; о результатах термометрических наблюдений по периодам года и засоленности вечномерзлых грунтов до глубины распространения колебаний температуры.

Графическая часть технического отчета о выполненных инженерных изысканиях должна содержать результаты топографической съемки, с планом полосы участка работ, элементов ситуации и рельефа местности (в том числе дна водотоков, водоемов и акватории), ее планировки, пунктов геодезической основы с указанием привязок и высотных отметок существующих подземных, наземных и надземных коммуникаций и строений с их техническими характеристиками, профилем трассы газопровода и переходов через коммуникации и естественные преграды. Должны представляться сведения об исполнителе инженерных изысканий (наличие лицензии, информация о государственной регистрации предприятия и т.п.), приводиться сведения о полноте и качестве выполненных инженерных изысканий (их соответствии требованиям технического задания и программы инженерных изысканий, требованиям нормативных документов по инженерным изысканиям для строительства).

В состав приложений к техническому отчету об инженерных изысканиях должны включаться копии технического задания заказчика и регистрационных документов на производство изыскательских работ.

Линейная часть проектной документации включает рабочие чертежи с графическим отображением принятых решений по сооружению или ремонту магистрального газопровода. Рабочие чертежи разрабатываются на весь объем строительства и детально отображают в плане и профиле весь участок строительства с нанесенным на них фактическим положением трубопровода и каждого конструктивного элемента, принятого для применения, при сооружении всего комплекса, входящего в состав линейной части газопровода.

Основной составляющей магистрального трубопровода является линейная часть – непрерывная нить, сваренная из отдельных труб или секций и уложенная вдоль трассы. В линейную часть включают рассчитанные объемы работ на сооружение или ремонт трубопровода с перечнем объемов по земляным работам, работам по очистке и изоляции трубопровода, в случае ремонта – объемы работ по дефектовке труб и стыков, контроль качества сварных соединений, очистку полости трубопровода и испытание трубопровода, пересечения с существующими коммуникациями и естественными преградами, объемы работ по технической и биологической рекультивации. Также в линейную часть включают чертежи основного оборудования и спецификации оборудования и материалов, применяемых при сооружении или ремонте участка трубопровода.

В результате инженерно-геологических изысканий для проектирования определяются следующие параметры:

Геологическое строение – приводится уточненная характеристика геологического строения и описание выделенных инженерно-геологических

элементов и условий их залегания на участке пролегания трассы. Приводятся инженерно-геологические разрезы по ряду участков в пределах проектируемой трассы, инженерно-геологические разрезы следует, как правило, совмещать с профилями результатов инженерно-геодезических изысканий.

Гидрогеологические условия – приводятся результаты химических анализов подземных вод, уточняются гидрогеологические параметры коррозионной активности подземных вод и грунтов к металлам. Предусматривается камеральное трассирование вариантов проложения трассы с выделением наиболее крупных и сложных переходов через водные объекты, подлежащие натурному обследованию;

Свойства грунтов – приводятся результаты статистической обработки показателей свойств грунтов с учетом ранее выполненных инженерных изысканий, нормативные и расчетные характеристики физических, деформационных и прочностных свойств грунтов в соответствии с ГОСТ 25100-95 Грунты. Классификация, оценки их состава и физических характеристик, ГОСТ 5180-84 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик.

Физико-географические и техногенные условия – климат, рельеф, геоморфология, растительность, почвы, гидрография, сведения о хозяйственном освоении и использовании территории, техногенных нагрузках, опыт местного строительства, включая состояние и эффективность инженерной защиты, характер и причины деформаций оснований зданий и сооружений (если они имеются и установлены).

Изыскательская продукция передается заказчику в виде технического отчета о выполненных инженерных изысканиях, оформленного в соответствии с требованиями нормативных документов и ведомственных документов Госгортехнадзора России. На основе отчета об инженерных изысканиях выполняются работы по проектированию и принятию решений по проложению трассы и технологии строительства линейной части магистральных трубопроводов. Выбор трассы трубопроводов должен производиться по критериям оптимальности из нескольких возможных вариантов. В качестве критериев оптимальности следует принимать приведенные затраты при сооружении, техническом обслуживании и ремонте трубопровода при эксплуатации, включая затраты на мероприятия по обеспечению сохранности окружающей среды, а также металлоемкость, конструктивные схемы прокладки, безопасность, заданное время строительства, наличие дорог и другие.

Экспертизу промышленной безопасности проводят организации, имеющие лицензии Госгортехнадзора России. Экспертиза проводится на основании заявки заказчика или других документов в соответствии с согласованными экспертной организацией и заказчиком условиями. Экспертная организация приступает к проведению экспертизы только после получения комплекта необходимых материалов и документов в полном объеме в соответствии с требованиями действующих нормативных технических документов. Проведение экспертизы заключается в установлении полноты, достоверности и правильности представленной информации, соответствия ее стандартам, нормам и правилам промышленной безопасности. В отдельных случаях силами экспертной организации могут быть проведены испытания по согласованным с заказчиком

методикам и программам. При необходимости экспертная организация может провести экспертизу с выездом на место (к заказчику).

Результаты проведенных экспертами работ оформляются каждым членом экспертной группы в виде отчета. Экспертная организация хранит отчеты экспертов в своем архиве в течение всего срока действия лицензии. В случае работы группы экспертов все отчеты обобщаются в проекте заключения экспертизы, составляемом ведущим экспертом по отчетам членов экспертной группы. Проект заключения экспертизы служит основанием для консультаций и принятия решения о выдаче положительного или отрицательного заключения экспертизы. Заказчику пересылается копия проекта заключения экспертизы. Замечания к проекту заключения экспертизы могут быть направлены заказчиком в экспертную организацию в письменной форме и не позднее чем через 14 дней после получения проекта.

Решение о выдаче положительного или отрицательного заключения экспертизы принимается на основании рассмотрения и анализа документов, полученных при экспертизе, проверке состояния объекта или проведения необходимых испытаний.

При положительном заключении экспертизы в нем перечисляются объекты, на которые распространяется действие заключения экспертизы с условиями или без них.

В случае отрицательного заключения по объекту экспертизы, находящемуся в эксплуатации, экспертная организация немедленно ставит в известность Госгортехнадзор России или его территориальный орган для принятия оперативных мер по дальнейшей эксплуатации опасного производственного объекта. В случае принятия решения о выдаче отрицательного заключения экспертизы заказчик вправе представить материалы на повторную экспертизу при условии их переработки с учетом выявленных в ходе экспертизы замечаний. Заключение экспертизы может быть оспорено заказчиком в установленном порядке.

Государственной экспертизе подлежат проектная документация объектов капитального строительства и результаты инженерных изысканий, выполненных для подготовки такой проектной документации. Предметом государственной экспертизы проектной документации является оценка ее соответствия требованиям технических регламентов, в том числе санитарно-эпидемиологическим, экологическим требованиям, требованиям государственной охраны объектов культурного наследия, требованиям пожарной, промышленной, ядерной, радиационной и иной безопасности, а также результатам инженерных изысканий. Предметом государственной экспертизы результатов инженерных изысканий является оценка их соответствия требованиям технических регламентов.

В случае принятия решения о соответствии проектной документации предъявляемым требованиям, в срок, указанный выше, заявителю представляется (направляется) проект договора с расчетом размера платы за проведение государственной экспертизы, подписанный со стороны организации по проведению государственной экспертизы.

В состав инженерных изысканий для строительства входят следующие основные их виды: инженерно-геодезические, инженерно-геологические, инженерно-гидрометеорологические, инженерно-экологические изыскания, изыска-

ния грунтовых строительных материалов и источников водоснабжения на базе подземных вод.

Инженерные изыскания для строительства или отдельные их виды (работы, услуги) должны выполняться юридическими и (или) физическими лицами, получившими в установленном порядке соответствующие допуски и лицензии на их производство. При производстве инженерных изысканий для строительства должны соблюдаться положения региональных и территориальных строительных норм субъектов Российской Федерации и требования производственно-отраслевых (ведомственных) нормативных документов, разработанных в порядке, установленном СНиП 10-01-94.

Список литературы

1. СНиП 10-01-94 Система нормативных документов в строительстве. Основные положения.
2. СП 47.13330.2012 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96.

УДК 656.13

АНАЛИЗ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ НОРМАТИВНЫХ ТРЕБОВАНИЙ И МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ПРОДОЛЬНОЙ РОВНОСТИ ПОКРЫТИЯ И КОМФОРТНОСТИ ДВИЖЕНИЯ

М. А. Ворожейкин*, Н. В. Щеголева*

** Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Россия, Саратов, shegoleva123@mail.ru*

Анализ отечественных нормативных документов показал, что в России отсутствуют четкие требования к технико-эксплуатационным характеристикам автомобильных дорог в гарантийный период, в т.ч. к глубине колеи.

Ключевые слова: нормативные документы, продольная ровность дороги, дорожные лаборатории, неровности

ANALYSIS OF DOMESTIC REGULATORY REQUIREMENTS AND ASSESSMENT METHODS LONGITUDINAL FLATNESS AND COMFORTABLE RIDE

M. A. Vorozheikin*, N. V. Shegoleva*

** Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia, Saratov,
shegoleva123@mail.ru*

The analysis of national regulations has shown that in Russia there are no clear requirements for the technical and operational characteristics of roads within the warranty period, including to a depth gauge.

Keywords: normative documents, the longitudinal evenness of the road, road lab irregularities

В России основными нормативными документами, описывающими методы измерения продольной ровности и регламентирующими требования к уровню продольной ровности эксплуатируемых и законченных строительством, реконструкцией и капитальным ремонтом участков автомобильных дорог, являются:

- 1) ГОСТ Р 50597-93 Автомобильные дороги и улицы. Требования к экс-

плутационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения [1];

2) ГОСТ 30412-96 Дороги автомобильные и аэродромы. Методы измерения неровностей оснований и покрытий [2];

3) СНиП 3.06.03-85 Автомобильные дороги [3];

4) ОДН 218.0.006-2002 Правила диагностики и оценки состояния автомобильных дорог (взамен ВСН 6-90) [4];

5) Руководство по оценке ровности дорожных покрытий толчкоммером [5]. Для оценки продольной ровности покрытия в соответствии с ГОСТ 30412-96 [5] допускается применять нивелиры, рейки 3-метровые с клиновым промерником для детальных измерений на участках небольшой протяженности, и дорожные лаборатории, оснащенные динамометрическим прицепом ПКРС-2У для сплошных измерений. В соответствии с ОДН 218.0.006-2002 [4] и Руководством [6] для сплошных измерений продольной ровности покрытия возможно применять дорожные лаборатории, оснащенные приборами «толчкоммер» ТХК-2, ИР-1, ИВП-1.

Измерение продольной ровности с использованием приборов «толчкоммер» и установок ПКРС-2У заключается в измерении сжатия рессор (пружин) подвески автомобиля или специального прицепного устройства, используемых для контроля ровности, при проезде контролируемого участка. Суммирование и регистрация сжатия рессор осуществляется с помощью измерителя механического или электронного типа. Суммарное сжатие рессор, полученное на участке длиной 1 км, выражается величиной, имеющей размерность см/км [6]. Показания прибора «толчкоммер» и установки ПКРС-2У существенно зависят от технического состояния транспортного средства, динамики изменения параметров его подвески и шин, а также факторов методического характера.

Мониторинг продольной ровности покрытия с использованием передвижных дорожных лабораторий, оборудованных прицепной установкой ПКРС-2У, можно не проводить, т.к. принцип измерения ровности покрытия установкой ПКРС-2У и «толчкоммером» схожи. Измерение ровности покрытия с использованием установки ПКРС-2У связано с некоторыми неудобствами использования установки (наличие прицепа к диагностической лаборатории), повышенными требованиями к технике безопасности при производстве работ. Установка ПКРС-2У, так же как и «толчкоммер», нуждается в калибровке.

Предельно допустимое значение продольной ровности покрытия проезжей части для эксплуатируемых автомобильных дорог установленное ГОСТ Р 50597 [1] представлено в табл. 1.

Таблица 1

Группа дорог и улиц по их транспортно-эксплуатационным характеристикам	Состояние покрытия по ровности	
	Показатель ровности по прибору ПКРС-2, см/км, не более	Число просветов под 3-метровой рейкой, %, не более
А	660	7
Б	860	9
В	1200	14

Требования к продольной ровности покрытия проезжей части для эксплуатируемых автомобильных согласно ОДН 218.0.006-2002 [4] представлены в таблице 2.

Таблица 2

Интенсивность движения, авт./сут.	Категория дороги	Тип дорожной одежды	Предельно допустимые показатели продольной ровности, см/км			Допустимое количество просветов под 3-метровой рейкой, превышающих указанные в СНиП 3.06.03-85 [6], %
			По прибору ПКРС-2У	По толчкомеру ТХК-2, установленному на автомобиле		
				УАЗ-2206	ГАЗ-31022 «Газель»	
Более 7000	I	Капитальный	540	100	220	6
3000-7000	II		660	120	270	7
1000-3000	III	Капитальный	860	170	350	9
		Облегченный	1100	240	460	12
500-1000	IV	Облегченный	1200	265	500	14
200-500		Переходный	-	340	510	-
До 200	V	Низший	-	510	720	-

Из табл. 1 и 2 видно, что максимально допустимый уровень продольной ровности покрытия, измеренной прибором «толчкомер», в соответствии с требованиями ОДН 218.0.006-2002 [4] составляет для дорог I категории – 100 см/км, дорог II категории – 120 см/км. В ГОСТ Р 50597-93 [1] требования к продольной ровности покрытия, измеренной прибором «толчкомер», отсутствуют.

В соответствии с требованиями СНиП 3.06.03-85 [3] продольная ровность покрытия определяется на контрольных участках длиной 300-400 метров дорожной 3-метровой рейкой, либо нивелиром с определением алгебраических разностей высотных отметок.

Установки ПКРС-2У и «толчкомеры» используются для назначения участков для контрольного измерения ровности покрытия с использованием 3-метровых реек и нивелиров. Требования к максимально допустимому уровню продольной ровности покрытия установлены для значений, полученных 3-метровыми рейками и нивелирами, для участков дорог принимаемых в эксплуатацию.

Результаты измерения продольно ровности покрытия, полученные 3-метровыми рейками, являются дискретными и обладают низкой воспроизводимостью, а соответственно для мониторинга ровности покрытия автомобильных дорог в гарантийный период использоваться не будут.

Стоит отметить, что требования к ровности покрытия в вышеуказанных документах обоснованы более 30 лет и ориентированы в основном на эксплуатируемые автомобильные дороги. В них отсутствуют требования к продольной ровности покрытия при сдаче в эксплуатацию законченных строительством, реконструкцией и капитальным ремонтом участков автомобильных дорог. Действующими нормативными документами РФ не установлены требования к ровности дорожных покрытий в период выполнения гарантийных обязательств подрядными организациями.

Список литературы

1. ГОСТ Р 50597-93 Автомобильные дороги и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения. Утверждено и введено Постановлением Госстандарта России от 11.10.1993 г. № 221.

2. ГОСТ 30412-96. Дороги автомобильные и аэродромы. Методы измерений неровностей оснований и покрытием. Введен в действие с 1 июля 1997 г. в качестве Государственного стандарта РФ постановлением Минстроя России от 5 августа 1996 г. № 18-60.

3. СНиП 3.06.03-85. Автомобильные дороги. Госстрой СССР.

4. ОДН 218.0.006-2002 Правила диагностики и оценки состояния автомобильных дорог (взамен ВСН 6-90). Приняты и введены в действие распоряжением Минтрансом РФ от 03.10.2002 г. № ИС-840-р.

5. Руководство по оценке ровности дорожных покрытий толчкометом. Росавтодор (утверждено распоряжением Росавтодора № ОС-617-р от 17.07.2002). М., ГП «Информавтодор», 2002.

6. СТО МАДИ 02066517.1-2006 Определение продольного микропрофиля дорожной поверхности и международного показателя ровности IRI. Общие требования и порядок проведения.

УДК 656.13

ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ИХ РЕКОНСТРУКЦИИ И ВОССТАНОВЛЕНИИ

И. Л. Павлова*, Н. О. Мосюкова*

** Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Россия, Саратов, pavlovail29@mail.ru*

Рассмотрены вопросы обеспечения нормативной долговечности бетонных и железобетонных конструкций, причины их разрушений, а также современные материалы для проведения ремонтно-восстановительных работ.

Ключевые слова: надежность железобетонных конструкций, разрушение, карбонизация бетона, капитальный ремонт, защитные мероприятия

IMPROVING THE DURABILITY OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES IN THEIR RECONSTRUCTION AND REHABILITATION

I. L. Pavlova*, N. O. Mosyukova*

** Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia, Saratov,
pavlovail29@mail.ru*

The problems of regulatory durability of concrete and reinforced concrete structures, the reasons for their destruction, as well as modern materials for the repair work.

Keywords: reliability of reinforced concrete structures, destruction, carbonation of concrete, repair, protective measures

На сегодняшний день одними из приоритетных задач развития жилищно-коммунальной сферы можно назвать сохранность жилищного фонда и улучшение жилищных условий.

Старение жилого фонда, несвоевременный и недостаточный ремонт приводят к увеличению количества ветхого и аварийного жилья. Задача сохранения и обновления существующего жилищного фонда при капитальном ремонте и реконструкции сегодня чрезвычайно актуальна.

Оценка надежности железобетонных конструкций составляет неотъемлемую часть безопасности строительных объектов и влияет на их долговечность. Практика строительства и ремонта зданий и сооружений показывает увеличение

в последние годы числа аварийных ситуаций вследствие коррозии железобетонных конструкций и необходимость проведения масштабных работ по их ремонту.

В 2014 году на территории Саратовской области заработала система капитального ремонта многоквартирных домов. Определены способы формирования фонда капитального ремонта, открыты счета для аккумулирования взносов, собственники жилья стали оплачивать обязательный взнос на капремонт.

Приоритетными задачами эксплуатации жилищного фонда являются:

- 1) обследование существующих зданий;
- 2) выявление очередности ремонта;
- 3) реконструкция или модернизация в зависимости от их физического состояния, переоборудования и преобразования зданий [1].

- 4) Основными причинами, вызывающими разрушение бетонных и железобетонных конструкций, являются:

- 5) применение материалов низкого качества;
- 6) нарушение технологии изготовления конструкций;
- 7) внешние атмосферные воздействия;
- 8) воздействия, обусловленные технологическими процессами, протекающими в здании.

- 9) отсутствие расчетных методов оценки долговечности конструкций.

В последнее время особенно актуальным становится вопрос борьбы с коррозией бетонных и железобетонных конструкций под воздействием внешних агрессивных сред. Коррозионное разрушение бетонных и железобетонных конструкций происходит из-за карбонизации бетона, протекающей вследствие диффузии углекислого газа, содержащегося в воздухе. Карбонизация влияет на характеристики арматуры и бетона в железобетонных конструкциях. При этом в арматуре происходит депассивация арматурной стали (разрушение защитной пленки), что неизбежно приводит к возникновению коррозии арматуры [2].

В настоящее время изучены процессы коррозии бетона первого, второго и третьего видов по классификации проф. В.М. Москвина относительно бетонов марок по водонепроницаемости W4-W8 [3]. Изучается коррозионная стойкость бетонов особо низкой проницаемости – более W8 (до W20) [4].

Для обоснования методов, позволяющих обеспечить нормативную долговечность железобетона при воздействии внешней среды (в действующем СНИП 2.03.11-85 оценка степени агрессивного воздействия окружающей среды указана для конструкций со сроком эксплуатации 50 лет), необходимо исследовать составы бетонов, его структуру и свойства, длительность эксплуатации бетона в различных условиях, одновременное влияние различных факторов внешней среды и др. Это является особенно актуальным в связи со строительством высотных зданий и сооружений, проектный срок эксплуатации которых составляет 100 лет и более.

При анализе результатов обследования технического состояния эксплуатируемых зданий можно выделить следующие дефекты конструкций: раковины, сколы и трещины на поверхности конструкций, разрушение защитного слоя бетона, коррозия арматуры, шелушение поверхностного слоя бетона и др.

Выбор методов ремонта и восстановления эксплуатируемых железобетонных конструкций, а также ремонтных материалов зависит от имеющейся на момент обследования глубины карбонизации:

1) поверхностный ремонт – это восстановление защитного слоя конструкции при разрушениях, не затронувших арматурные стержни и основное тело бетона с применением защитных мероприятий путем нанесения штукатурных растворов, пропиток или лакокрасочных покрытий;

2) ремонт несущих элементов – это восстановление площади поперечного сечения при разрушении тела бетона и коррозии арматуры с предварительной очисткой арматуры от продуктов коррозии с последующим применением высокоплотных составов на цементной основе с восстановлением защитного слоя и нанесением дополнительного изолирующего слоя.

В настоящее время для ремонта поврежденных железобетонных конструкций используют следующие группы материалов:

- 1) сухие смеси;
- 2) пропитки;
- 3) покрытия.

Для оценки эффективности применяемых материалов в качестве критериев необходимо выбирать параметры, влияющие на долговечность железобетонных конструкций: плотность, адгезия, ранняя прочность, удобоукладываемость и др.

Все материалы для ремонта и восстановления железобетонных конструкций можно проклассифицировать следующим образом:

1. Цементные – это однокомпонентные безусадочные сухие смеси тиксотропной или жидкой консистенции.
2. Эпоксидные – эту двухкомпонентные смеси жидкой консистенции.
3. Полимерные – двух- или трехкомпонентные жидкие ремонтные составы.
4. Георастворы – цементные растворы, модифицированные органическими полимерами, состоящие из геовяжущего алюмосиликатного типа, кристаллического циркония и сверхмелкозернистых заполнителей.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика различных видов материалов для ремонта железобетонных конструкций

Вид материала	Пример на рынке материалов	Прочность на растяжение через 28 суток	Прочность на сжатие через 28 суток	Адгезия к бетону	Расход (толщина 1 мм)	Температура нанесения
Цементные	RESISTO TIXO	8,3 МПа	49 МПа	2,4 МПа	1,85 кг/м ²	От +5 °С до +30 °С
Эпоксидные	EPOJET	50 МПа	100 МПа	3 МПа	1,1 кг/м ²	От +5 °С до +30 °С
Полимерные	Nafufill KM 250	8,5 МПа	55 МПа	3 МПа	1,8 кг/м ²	От +5 °С до +30 °С
Георастворы	GeoLite Magma	12МПа	80 МПа	3 МПа	2 кг/м ²	От +5 °С до +40 °С

Продление срока службы железобетонных конструкций до нормативных значений, в том числе когда замена поврежденных конструкций невозможна или сопряжена со значительными затратами, возможно при проведении ремонтно-восстановительных работ, что ведет к повышению комфортности проживания,

улучшению использования площади существующей застройки, сокращению энерго- и ресурсозатрат.

Список литературы

1. Дементьева М.Е. Техническая эксплуатация зданий: оценка и обеспечение эксплуатационных свойств конструкций зданий: учеб. пособие для студентов / Моск. гос. строит. ун-т. М.: МГСУ, 2008. 227 с.
2. Москвин В.М., Иванов Ф.М., Алексеев С.Н., Гузеев Е.А. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты. М.: Стройиздат, 1980. 533 с.
3. Москвин В.М. Коррозия бетона. М.: Госстройиздат, 1952. 344 с.
4. Розенталь Н.К. Коррозионная стойкость цементных бетонов низкой и особо низкой проницаемости. М.: ФГУП ЦПП, 2006. 520 с.

УДК 621.644.07

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОСЕЛКОВЫХ СИСТЕМ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ

О. Н. Медведева, К. В. Калинина, А. И. Иванов

** Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Россия, Саратов, medvedeva-on@mail.ru*

Предлагается метод оптимального распределения перепадов давления в газовой распределительной сети. Использование результатов оптимизационных расчетов позволяет точнее проводить расчетную часть проектного процесса, что качественно отражается на результатах моделирования систем газораспределения и газопотребления.

Ключевые слова: газовая сеть, давление, перепад, оптимизация, экономия

DEVELOPMENT OF SOFTWARE FOR THE CHOICE OF OPTIMAL PARAMETERS THE OF GAS DISTRIBUTION SYSTEMS

O. N. Medvedeva, K. V. Kalinina, A. I. Ivanov

** Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia, Saratov,
medvedeva-on@mail.ru*

In this paper we propose a method for optimal allocation of pressure drops in the gas distribution network. Using the results of optimization calculations, you can better spend the estimated portion of the design process, which is qualitatively reflected in the results of modeling the gas distribution and gas consumption.

Keywords: gas network, differential pressure, optimization, savings, diameter

Одним из путей снижения стоимости газовой сети является полное использование избыточного давления в точке присоединения абонентского ответвления к сети низкого давления. В действительности абонентские ответвления рассчитываются на постоянный перепад давления, регламентируемый нормативными документами. Поэтому для многих абонентских ответвлений, расположенных ближе к ГРП, возможный перепад давления не используется и, соответственно, сеть отказывается дороже. В этой связи дополнительным резервом стоимости является уточнение распределения расчетного перепада давления между

участками сети в зависимости от характера планировки и застройки населенного пункта [1, 2].

Программное обеспечение по проектированию систем газоснабжения, существующее в настоящее время, позволяет получить в цифровом виде лишь усредненные характеристики газовых сетей (длину, средние потери давления на участке газопровода и средний диаметр газопровода) [3]. Разработанное авторами программное обеспечение расширит возможности гидравлического расчета системы газоснабжения, позволяя получать возможные корректировки перепадов давления в сети и диаметров газопроводов.

Разработанный алгоритм оптимального распределения перепадов давления в подающей газовой ветке, *отличается* полным учетом всех параметров и факторов, влияющих на порядок проведения гидравлического расчета системы газораспределения и газопотребления, *что позволяет* получить оптимальные характеристики системы (диаметр, перепады давления по участкам сети, расход газа) и обеспечивает экономию материальных и денежных ресурсов.

Разработанный метод предназначен для нахождения оптимальных параметров, определяющих функциональные характеристики сети системы газораспределения и газопотребления, а также позволяет делать расчет, указывающий нам на вариант прокладки сети с наименьшими капиталовложениями. Применяемая в настоящее время методика гидравлического расчета определяет лишь параметры газопроводов для выполнения заданных нагрузок.

Сравнительная характеристика существующих и предлагаемого решений приведена в таблице.

Наименование показателя	Существующее программное обеспечение	Разрабатываемое программное обеспечение
Определение средних диаметров и потерь давления газовой сети	+	+
Графики промежуточных оптимизационных исследований	-	+
Анализ технических параметров	-	+
Интерпретация полученных схем расчета	-	+
Определение соответствия определенному типу застройки населенного пункта и установленному газовому оборудованию	-	+

При составлении целевой функции учитывалась переменная часть капиталовложений, зависящая от диаметра газопровода и имеющая вид [4]:

$$\sum_{i=1}^m k_i = \alpha^{0,21} \left(\sum_{j=1}^t \frac{b_j \cdot G_j^{0,368} \cdot l_j^{1,21}}{\Delta P_j^{0,21}} + \sum_{k=1}^s \frac{b_k \cdot G_k^{0,368} \cdot l_k^{1,21}}{\Delta P_k^{0,21}} \right). \quad (1)$$

где b – стоимостной коэффициент, руб./($м.см$); l_k, l_j – длина k -го магистрального участка газопровода и j -го участка ответвления, соответственно $м$; α – коэффициент пропорциональности, зависящий от состава газа; G_j, G_k – расход газа на соответствующем участке газопровода, $м^3/ч$; ΔP_i – перепады давления на участках газопровода, $Па$; m – число участков сети.

По полученным оптимальным перепадам давления определяются оптимальные диаметры участков распределительной сети пересчетом по формуле (1). Проведение расчетов по изложенному методу сводится к выполнению последовательных алгебраических действий с применением ЭВМ. Для нахождения оптимальных перепадов давления была создана программа на ЭВМ, написанная на языке C# в Visual Studio [5].

Предполагается в результате выполнения работы получить следующие новые научные результаты:

– алгоритм оптимального распределения перепадов давления по участкам газовой сети, *отличающийся* корректировкой расчетного перепада давления, *что позволит* получить оптимальное и более полное распределение перепада давления по участкам, снизить диаметры газопроводов, уменьшив, тем самым, конечную стоимость строительства системы.

– комбинированный алгоритм гидравлического расчета, *отличающийся* использованием методов оптимального распределения перепадов давления и определения оптимальных расходов газа, *что позволит* учесть типы застройки населенных пунктов и мест и характеристики газового оборудования.

Планируемая коммерческая перспектива использования модели заключается в создании программного комплекса с последующей реализацией, в частности в Головном научно-исследовательском и проектном институте по распределению и использованию газа «Гипронегаз» и ОАО «Газпром газораспределение Саратовская область».

Список литературы

1. Медведева О.Н. Обоснование расчетного перепада давлений в распределительных газопроводах // Вестник гражданских инженеров. СПб: СПбГАСУ. 2011. № 4 (29). С. 109-114.
2. Медведева, О.Н., Грешнов Р.А. Решение задачи расчета тупиковой газовой сети, // Инновационная наука и современное общество: материалы Междунар. науч.-практ. конф. Уфа: РИЦ БашГУ, 2013. Т. 1. С. 88-92.
3. СП 42.101.2003 Общие положения по проектированию и строительству газораспределительных систем из металлических и полиэтиленовых труб. М.: Госстрой России, 2003. 166с.
4. Медведева О.Н. Оптимизация потерь давления в распределительных газопроводах/ О.Н. Медведева// Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики: материалы 9-й международной конференции по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики. Минск: БНТУ, Беларусь: БНТУ, 2013. С. 464-468.
5. Медведева, О.Н. Распределение перепада давления в тупиковой газовой сети низкого давления / О.Н. Медведева, Р.А. Грешнов // «Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе»: Материалы международной конференции. Саратов: СГТУ, 2013. С. 370-373.

ОПТИМИЗАЦИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ СРЕДНЕГО (ВЫСОКОГО) ДАВЛЕНИЯ

О. Н. Медведева, К. А. Горобец, М. А. Капустина, А. И. Иванов

** Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Россия, Саратов, medvedeva-on@mail.ru*

Предлагается алгоритм усовершенствования методики гидравлического расчета газопроводов среднего (высокого) давления путем оптимального распределения перепадов давления по участкам и использования результатов проектирования газовой сети из условия минимума затрат.

Ключевые слова: газовая сеть, давление, оптимизация, экономия

DEVELOPMENT OF SOFTWARE FOR THE CHOICE OF OPTIMAL PARAMETERS THE OF GAS DISTRIBUTION SYSTEMS

O. N. Medvedeva, K. A. Gorobetz, M. A. Kapustina, A. I. Ivanov

** Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia, Saratov,
medvedeva-on@mail.ru*

In this paper we propose an algorithm to improvements the methodology of hydraulic calculation of pipelines secondary (high) pressure by the optimal distribution of pressure differences by network and by using the results of the design of the gas network by minimizing costs.

Keywords: gas network, differential pressure, optimization, saving

Выбор рациональной трассы отвода от межпоселкового (магистрального) газопровода следует начать с определения оптимального количества населенных пунктов, снабжаемых газом от одной ГРС, затем определить оптимальное местоположение ГРС и после этого приступить к расчету оптимальных схем распределения газа между ГРС и потребителями газового топлива.

Суть выбора оптимальной трассы газопровода-отвода заключается в том, что на генеральном плане населенного пункта (газоснабжаемой территории) произвольно наносится система координат и на ней фиксируется положение потребителей [1].

Трассировку головной магистрали газопровода-отвода в заданной систем координат описывает уравнение

$$y = A + B \cdot x. \quad (1)$$

Так как изменение положения трассы мало сказывается на изменении ее диаметра и протяженности, в качестве целевой функции задачи примем суммарные дисконтированные затраты в сооружение и эксплуатацию ответвлений и магистралей [2]:

$$Z = \sum_{i=1}^{n-1} Z_{зм,i} + \sum_{i=1}^n Z_{омв,i}, \quad (2)$$

где $Z_{омв,i}$ – дисконтированные затраты в сооружение и эксплуатацию i – го ответвления, руб./год; $Z_{зм,i}$ – дисконтированные затраты в сооружение и эксплуатацию i – й магистрали, руб./год.

Материальной характеристикой данной сети можно считать выражение

$$M = \sum_{i=1}^n d_{om\theta i} \cdot l_{om\theta i} + \sum_{i=1}^{n-1} d_{\text{зм}i} \cdot l_{\text{зм}i} \quad (3)$$

где d_i – диаметр i –го ответвления диаметр участка головной магистрали, см;
 l_i – длина i –го ответвления и участка головной магистрали, соответственно м.

Диаметр i – го ответвления:

$$d_{om\theta i} = \left[\frac{3.36 \cdot 10^{-3} \cdot Q_{om\theta i}^2 \cdot l_{om\theta i}}{P_{ni}^2 - P_k^2} \right]^{0.19}, \quad (4)$$

где P_{ni} – давление газа в начале ответвления, МПа (абс); P_k – давление газа в конце газопровода-отвода (у потребителя), МПа (абс); $l_{om\theta,i}$ – длина i – го ответвления, м.

Аналогично определяется диаметр i -го участка головной магистрали:

$$d_{\text{зм}i} = \left[\frac{3.36 \cdot 10^{-3} \cdot Q_{\text{зм}i}^2 \cdot l_{\text{зм}i}}{P_{ni-1}^2 - P_{ni}^2} \right]^{0.19}. \quad (5)$$

где $Q_{\text{зм}i}$, $Q_{om\theta}$ – расход газа на i -й головной магистрали и на i -м ответвлении, м³/ч;
 P_{ni} – давление газа в начале ответвления, МПа.

Расход газа на i -м участке головной магистрали составляет

$$Q_{\text{зм}i} = \sum_{k=i+1}^{n-1} Q_{om\theta k}. \quad (6)$$

Расход газа на ответвлении

$$Q_{om\theta,i} = \frac{n_{c,i}}{S} \cdot g_i. \quad (7)$$

где g_i – расход газа жилым домом, м³/ч; $n_{c,i}$ – количество жителей в населенном пункте, человек; S – коэффициент заселенности квартир.

В результате преобразований получим материальную характеристику сети следующего вида:

$$M = \sum_{i=1}^n \left[\frac{3.36 \cdot 10^{-3} \cdot Q_{om\theta i}^2}{P_{ni}^2 - P_k^2} \right]^{0.19} \cdot \left(\sqrt{[y_i - (A + B \cdot x_i)]^2 - \left[\frac{B}{\sqrt{B^2 + 1}} \right]^2} \right)^{1.19} + \\ + \sum_{i=1}^{n-1} \left[\frac{3.36 \cdot 10^{-3} \cdot Q_{\text{зм}i}^2}{P_{ni-1}^2 - P_{ni}^2} \right]^{0.19} \cdot \left(\frac{(x_{i+1} - x_i)(B^2 + 1) + B(y_{i+1} - y_i - B(x_{i+1} - x_i))}{\sqrt{B^2 + 1}} \right)^{1.19} \quad (8)$$

Исходная целевая функция:

$$Z = \sum_{i=1}^n ((E + \varphi) + \psi) b \left(\left[\frac{3.36 \cdot 10^{-3} \cdot Q_{om\theta i}^2}{P_{ni}^2 - P_k^2} \right]^{0.19} \cdot \left(\sqrt{[y_i - (A + B \cdot x_i)]^2 - \left[\frac{B}{\sqrt{B^2 + 1}} \right]^2} \right)^{1.19} \right) + \\ + b \sum_{i=1}^{n-1} ((E + \varphi) + \psi) b \left(\left[\frac{3.36 \cdot 10^{-3} \cdot Q_{\text{зм}i}^2}{P_{ni-1}^2 - P_{ni}^2} \right]^{0.19} \cdot \left(\frac{(x_{i+1} - x_i)(B^2 + 1) + B(y_{i+1} - y_i - B(x_{i+1} - x_i))}{\sqrt{B^2 + 1}} \right)^{1.19} \right) \quad (9)$$

При ограничении

$$\sum_1^{n-1} (P_{i-1} - P_i) + P_k - P_{zpc} = 0 \quad (10)$$

составим функцию Лагранжа:

$$\Phi = f(A, B, P_i) + \sum_1^n \lambda_i \sum_1^{n-1} (P_{i-1} - P_i) + P_k - P_{zpc}, \quad (11)$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial A} = 0 \quad \frac{\partial \Phi}{\partial B} = 0 \quad \frac{\partial \Phi}{\partial P_i} = 0 \quad \frac{\partial \Phi}{\partial \lambda_i} = 0.$$

В результате получим оптимальные значения A_{opt} , B_{opt} и оптимальное распределение давления P_{ni} . При дифференцировании по P_{ni} следует учесть, что конечное давление i -го участка головной магистрали равно начальному давлению последующего участка (при нумерации участков по ходу движения газа).

Наряду с радиально-лучевым вариантом трассировки межпоселковых газопроводов отдельные потребители газа, расположенные на соседних лучевых газопроводах, целесообразно подключать по радиально-тупиковой схеме.

Расчетные схемы межпоселковых газопроводов при различных вариантах их трассировки [3] приводятся на рис. 1÷3.

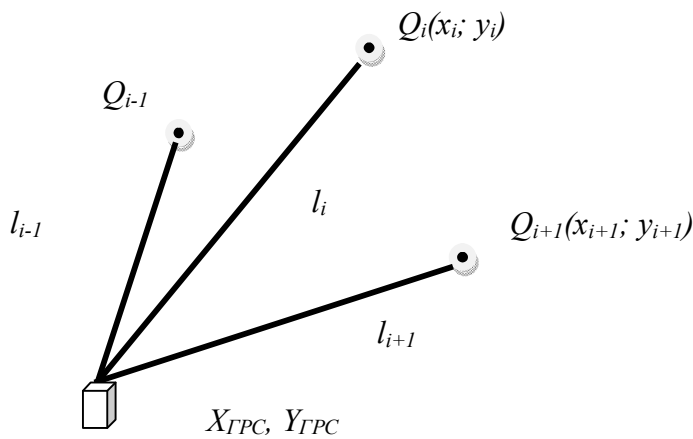


Рис. 1. Система радиально-лучевых газопроводов (СРЛГ)

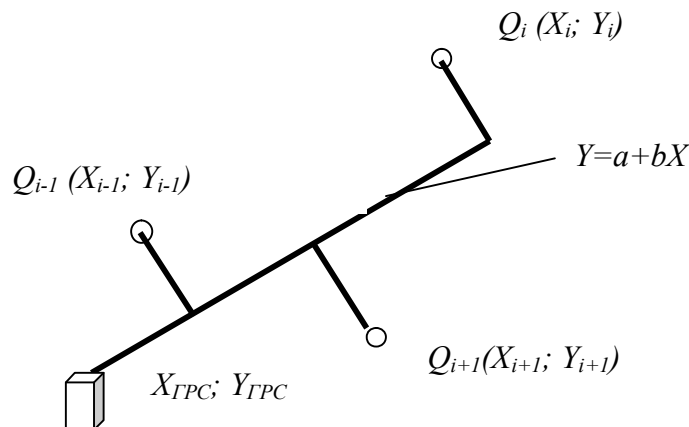


Рис. 2. Радиально-тупиковый газопровод (РТГ)

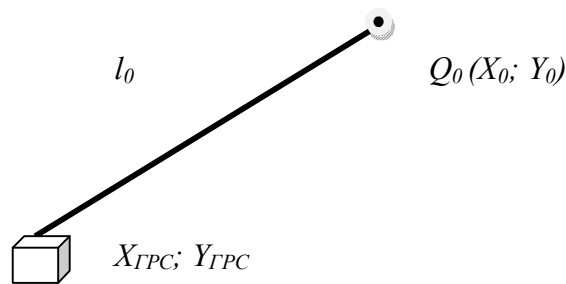


Рис. 3. Одиночный радиально-лучевой газопровод (ОРЛГ)

Обозначив $З_{СРЛГ}$, $З_{РТГ}$, $З_{ОРЛГ}$ затраты по вариантам газораспределительной сети, целесообразность замены СРЛГ на РТГ выявляется из условия $З_{СРЛГ} \geq З_{РТГ}$.

Замена нескольких лучей на один радиально-тупиковый целесообразна из-за экономии затрат. Радиально-тупиковый вариант принимается при оптимальной трассировке и диаметрах в соответствии с алгоритмом, описанным в работах [3,4]. Затем радиально-тупиковый газопровод сводится к радиально-лучевому варианту с одним потребителем из условия:

$$З_{РЛГ}(l, d, (P_n^2 - P_k^2), Q_{nn}) = З_{РТГ}(l, d, (P_n^2 - P_k^2), Q_{nn}), \quad (12)$$

$$\frac{P_n^2 - P_k^2}{l} = \frac{Q_{nn}^{0,368}}{d^{4,25}}. \quad (13)$$

Суммарный расход населенным пунктом принимаем с учетом нагрузки всеми потребителями. Протяженность газопровода определится по формуле

$$l_z = \sqrt{(x_{zpc} - x_{nn})^2 + (y_{zpc} - y_{nn})^2}. \quad (14)$$

Координаты врезок ответвлений газопровода к потребителям находятся из решения системы уравнений:

$$\begin{aligned} y_{nn} &= \frac{x_{nn} - x_{zpc}}{b} + y_{zpc}; \\ x_{nn} &= \frac{x_{zpc} + y_{zpc} \cdot b - a \cdot b}{1 + b^2}. \end{aligned} \quad (15)$$

Получаем новый радиально-лучевой вариант схемы и находим новую посадку ГРС по приведенному выше алгоритму. Искомая трасса будет характеризоваться оптимальным соотношением между протяженностью газопровода и его средним диаметром, поэтому при выборе оптимального варианта необходимо учитывать не только количество ГРС, но и распределение нагрузок газопотребления по газоснабжаемой территории [5, 6]. Этот итерационный процесс повторяется до тех пор, пока следующий шаг итерации уточняет решение не более чем на 2÷3% по величине дисконтированных затрат.

Для упрощения многократно повторяющихся расчетов по достаточно громоздким формулам была составлена программа расчета на ЭВМ [7].

Список литературы

1. Медведева О.Н. Оптимизация структуры распределения газового топлива // Вестник гражданских инженеров. СПб: СПбГАСУ. 2009. № 4 (21). С. 73-77.
2. Медведева О.Н. Выбор трассировки газопровода на плане газоснабжаемой территории // Научный вестник ВГАСУ. Воронеж: ВГАСУ. 2010. №3 (19). С. 60-67.
3. Медведева О.Н. Определение оптимального местоположения газораспределительной станции / О.Н. Медведева// «Новые идеи нового века-2011»: материалы 11 Междунар. науч. конф. Хабаровск: Тихоокеанский государственный университет, 2011. Т. 2. С. 261-265.
4. Медведева О.Н. Проектирование оптимальной трассы межпоселкового газопровода // Наука и образование-2011: материалы Междунар. НТК. Мурманск: МГТУ, 2011. С. 1004-1008.
5. Медведева О.Н., Поляков А.С. Выбор оптимальной трассировки межпоселкового газопровода // Качество внутреннего воздуха и окружающей среды: материалы 9 Международной научной конференции. Кошалин, Польша, ВолгГАСУ, 2011. С. 315- 321.
6. Медведева О.Н. Моделирование и оптимизация межпоселковых систем газораспределения // Вестник ВолгГАСУ. 2012. № 28 (47). С. 135-142.
7. Медведева, О.Н., Чернышов А.В. Оптимизация систем газоснабжения геометрическим методом // Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании – 2013: сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф. Украина, Одесса: КУПРЕНКО, 2013. Вып. 2. Т. 39. С. 82-86.

УДК 699.865

СРАВНЕНИЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВАРИАНТОВ УТЕПЛЕНИЯ ФАСАДОВ

И. Л. Павлова, Р. О. Куликов**

** Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Россия, Саратов, pavlovail29@mail.ru*

Описаны варианты утепления стен зданий с обоснованием их достоинств и недостатков. Проведено технико-экономическое обоснование двух вариантов теплоизоляции фасадов – штукатурного фасада и утепление фасадов термопанелями повышенной заводской готовности.

Ключевые слова: фасады, утепление, теплопотери, технология, показатели

TECHNO-ECONOMIC COMPARISON THE EFFECTIVENESS OF INSULATION OPTIONS

I. L. Pavlova, R. O. Kulikov**

** Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia, Saratov,
pavlovail29@mail.ru*

Describes the options for warming of walls of buildings with the justification for their strengths and weaknesses. A feasibility study for the two options of insulation facades-plaster façade and thermo insulation of facades of the raised factory readiness.

Keywords: facades, insulation, heat loss, technology indicators

Сегодня ключевыми задачами развития инфраструктуры российских городов обозначены масштабные проекты в сфере энергосбережения и в создании максимально комфортной среды проживания за счет реализации программ эффективного потребления электричества и тепла. Поэтому вопросы энергосбережения и энергоэффективности сегодня являются актуальными. Достичь реально-

го результата по реализации мер по энергосбережению возможно за счет утепления фасадов, крыш и подвалов зданий.

В новом строительстве применяются различные системы теплоизоляции фасадов – это штукатурные фасады по слою утеплителя, вентилируемые фасады, колодцевая кладка со слоем утеплителя, утепление с внутренней стороны помещения и др.

Утепление стен зданий из кирпича по методу колодцевой кладки имеет следующие проблемы: промерзание в местах цельной кирпичной кладки, необходимой для обеспечения несущей способности стены; накопление конденсата в утеплителе и его преждевременное разрушение; уплотнение незакрепленного утеплителя в конструкции стены; устройство сплошных («тычковых») рядов кирпича через каждые 5–6 рядов, являющихся «мостиками холода». Самым значительным недостатком этой системы является ее неремонтоспособность.

Система теплоизоляции каркасно-монолитных зданий предусматривает следующие конструкции стенового ограждения: кирпич или стеновые блоки (из ячеистого бетона, газобетона), слой утеплителя, облицовочный кирпич с возможностью устройства воздушной прослойки. Основным недостатком такой системы являются междуэтажные стыки, так как стыки протекают, промерзают и требуют постоянного ремонта. Это также является не решенной проблемой возведения крупнопанельных домов.

Широкое распространение нашли системы штукатурных фасадов, в которых плиты утеплителя закрепляются комбинированным способом – клеем и специальными дюбелями. Плиты крепятся плотно между собой, за счет чего создается сплошная и равномерная теплоизоляционная оболочка без «мостиков холода». При такой конструкции стенового ограждения создаются оптимальные условия эксплуатации утеплителя (исключается доступ влаги, обеспечено надежное крепление утеплителя, обеспечена паропроницаемость). При этом утеплитель полностью защищен от агрессивных факторов внешней среды.

Теплопотери через «мостики холода» в системах теплоизоляции – это, в первую очередь, очаги интенсивного старения утеплителя за счет накопления влаги, образования биологических веществ и, как следствие, преждевременное разрушение системы. Долговечность стенового ограждения определяется сроком эксплуатации утеплителя. К надежным и долговечным системам теплоизоляции можно отнести системы, способные обеспечить сплошной контур теплоизоляции – это только штукатурные фасады и вентилируемый фасад.

В данной работе рассмотрены два варианта утепления фасадов – штукатурный фасад и утепление фасада термопанелями повышенной заводской готовности.

1 вариант – технология устройства штукатурного фасада по утеплителю из пенополистирола.

В состав работ входят: грунтовка основания, отделка проемов противопожарными рассечками, приклеивание плиты утеплителя, механическое крепление утеплителя дюбелями, армирование штукатурного слоя, нанесение слоев штукатурного состава, окраска фасада.

Проведение ремонтных работ по отделке штукатурных фасадов зданий сопряжено со следующими моментами:

1) требует выполнения большого количества технологических операций: очистка поверхности от старых окрасочных покрытий; удаление поврежденной (непрочной и отслаивающейся) штукатурки, подготовка мест примыканий старой штукатурки к новой; выполнение штукатурных работ; окраска фасадов и др.;

2) производство работ допускается выполнять при температуре окружающего воздуха до $+5^{\circ}\text{C}$;

3) необходимо обеспечить соответствие фактур новой и старой штукатурок;

4) требуется окраска всей поверхности фасада.

2 вариант – утепление фасадов термопанелями повышенной заводской готовности. Применяемые термопанели представляют собой плиты из пенополистирола марок ПСБ-25С или ПСБ-35С размером 960×480 мм с нанесенной на ее поверхность декоративной штукатуркой из натуральной мраморной крошки. Термопанель имеет четырехсторонний тип соединения «шип-паз», благодаря чему полностью устраняются мостики холода.

В состав работ по утеплению фасадов входят: грунтовка поверхности, отделка оконных и дверных проемов противопожарными рассечками из минеральной ваты; приклеивание термопанелей с заделкой торцов панелей, герметизация швов затирочной пастой.

Проведение ремонтных работ по отделке фасадов зданий из термопанелей не требует выполнения большого количества технологических операций и заключается в замене поврежденных термопанелей. Причем производство работ допускается выполнять при температуре окружающего воздуха до -5°C .

Технико-экономические показатели

Наименование показателя	Значение	
	штукатурный фасад	утепление фасада термопанелями
Долговечность	Не более 10 лет	15-20 лет
Наличие мостиков холода	Нет	Нет
Стоимость материалов, руб. за 1 м^2	665	1225
Стоимость работ, руб. за 1 м^2	1200	400
Затраты труда, чел.-ч.	721	174
Выработка на одного рабочего в смену, м^2	60	246

С учетом выше перечисленных требований, а также учитывая технологические параметры, архитектурно-эстетические возможности, экономические показатели можно сделать вывод, что утепление фасадов термопанелями в современных условиях строительства является наиболее эффективным, несмотря на более высокую стоимость термопанелей.

Список литературы

1. СНиП 3.03.01-87. Несущие и ограждающие конструкции / Госстрой России. М.:ГУП ЦПП, 2001.192 с.
2. СНиП 3.04.01.87. Изоляционные и отделочные покрытия / Госстрой СССР. М.:ЦИТП, 1988. 56 с.
3. Схемы операционного контроля качества строительных, ремонтно-строительных и монтажных работ / Никинин В.М., Платонов С.А., Баун И.В., Демешко А.Е., Макеев И.Н., Малинский Д.А., Шинкевич В.А. СПб., 2008. 233 с.

ИЗУЧЕНИЕ ЗАЩИТНО-ДЕКОРАТИВНЫХ СВОЙСТВ ВОДНО-ДИСПЕРСИОННЫХ КРАСОК

Н. Н. Фомина*, В. А. Бабенко*

** Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Россия, Саратов, fominanani@rambler.ru*

Исследованы основные защитно-декоративные свойства водно-дисперсионных акриловых красок различных производителей. Установлено, что краски образуют ровную матовую поверхность высокой степени белизны с высокими защитными свойствами по отношению к бетонной, силикатной, гипсоволокнистой поверхностям. Для получения качественного покрытия необходимо двух-, трехслойное нанесение на окрашиваемую поверхность.

Ключевые слова: водно-дисперсионная краска, покрытие, укрывистость, адгезия, вязкость.

STUDY PROTECTIVE AND DECORATIVE PROPERTIES WATER-DISPERSION PAINTS

N. N. Fomina*, V. A. Babenko*

** Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia, Saratov,
fominanani@rambler.ru*

The basic protective and decorative properties of acrylic paints based on water emulsions of different manufacturers. Found that a flat white paint to form a matte surface, with good barrier properties with respect to the concrete, lime, gypsum surfaces. For quality coating must be two three-layer coating the painted surface.

Keywords: water-dispersion paint, coating, covering power, paints over the ability, toughness.

Среди всей номенклатуры материалов для защитно-декоративной отделки краски на водно-дисперсионной основе (ВДК) занимают одно из ведущих мест.

ВДК представляют собой полимерминеральные композиции, содержащие связующее в виде дисперсий или латексов, пигменты, наполнители и функциональные добавки (коалесценты, диспергаторы, пеногасители, загустители, консерванты и др.). Для атмосферостойких фасадных красок используют, как правило, связующие на основе акриловых дисперсий. В красках для внутренних работ наряду с акриловыми зачастую используются поливинилацетатные дисперсии и бутадиен-стирольные латексы [1, 2].

ВДК защищают конструкции от агрессивных воздействий окружающей среды и, следовательно, повышают их эксплуатационную долговечность, а также улучшают архитектурно – художественную выразительность отделываемых поверхностей зданий и сооружений.

В данной работе исследовались основные защитно-декоративные свойства водно-дисперсионных красок различных производителей. В качестве связующего в исследуемых красках использованы акриловые дисперсии. Характеристики красок, заявленные производителями, представлены в табл. 1.

Укрывистость – одна из важнейших характеристик лакокрасочных материалов, позволяющая объективно сравнить их потребительские свойства [3]. Это способность краски при нанесении на подложку скрывать цвет поверхности. По стандартной методике (ГОСТ 8784) определение укрывистости предполагает

нанесение краски на поверхность, где чередуются черно-белые участки, до полного исчезновения разницы в оттенке между ними. Выражается укрывистость в массе лакокрасочного материала, требуемого для укрытия одного квадратного метра подложки.

Укрывистость ВДК зависит от многих параметров: от количества и качества пигмента, от разности показателя преломления связующего и пигмента, связующего и наполнителя, от размера частиц наполнителя и пигмента и др. Чем выше укрывистость краски, тем меньше ее расход.

Заявленные на упаковке характеристики ВДК с различных производителей

Характеристика	Название краски, производитель, назначение			
	1	2	3	4
	ОРЕОЛ ДИСКОНТ, «Empils»	OLECOLOR, ЗАО «ABC Farben»		
	атмосферостойкая фасадная	атмосферо- и износостойкая фасадная	для потолков	быстро- сохнущая интерьерная
Расход при нанесении в 1 слой, г/м ²	90-150 г/м ² (может варьироваться в зависимости от типа, состояния и структуры поверхности)			
Время высыхания при температуре +20 °С, час	одного слоя – 30 минут; между слоями – 1 час; поверхность готова к эксплуатации через 24 часа после нанесения последнего слоя краски	одного слоя - не менее 1 часа; второй слой наносить не ранее чем через 6-8 часов		
Приблизительная цена в мелкой фасовке, руб./л	92	90	90	85

Первоначально оценивалась условная вязкость красок перед нанесением их на подложку. Для всех исследуемых красок вязкость составила от 10 до 14 с по вискозиметру ВЗ-248, что соответствует маловязкой рабочей консистенции. Поэтому укрывистость определялась в неразбавленных красках. Водно-дисперсионные краски наносились кистью. Укрывистость определялась на стеклянных пластинках размерами 90×70 мм и толщиной 2 мм.

Выявлено, что при нанесении в один слой остается разница в оттенке между черно-белыми участками закрашиваемой поверхности. Поэтому краски наносились в 2-3 слоя, промежуточные слои высушивались в течение 1 часа. Последний слой высушивался в соответствии с рекомендацией производителя. Испытания проводились при 20±2 °С и влажности не более 70 %.

Полученные экспериментальные данные представлены на рис. 1.

Сравнивая рекомендации производителя по расходу красок (табл. 1) и полученные экспериментальные данные по укрывистости (рис. 1), видим, что для качественного закрашивания расход красок должен быть выше указанного производителем.

Далее исследовалась адгезия ВДК к различным подложкам: бетону, силикатному кирпичу, гипсоволокнистым листам. Адгезия определялась силовым отрывом покрытий, полученных окрашиванием и естественной сушкой в течение 5 сут, от подложек в соответствии с ГОСТ 28574-90.

Полученные экспериментальные данные представлены на рис. 2.

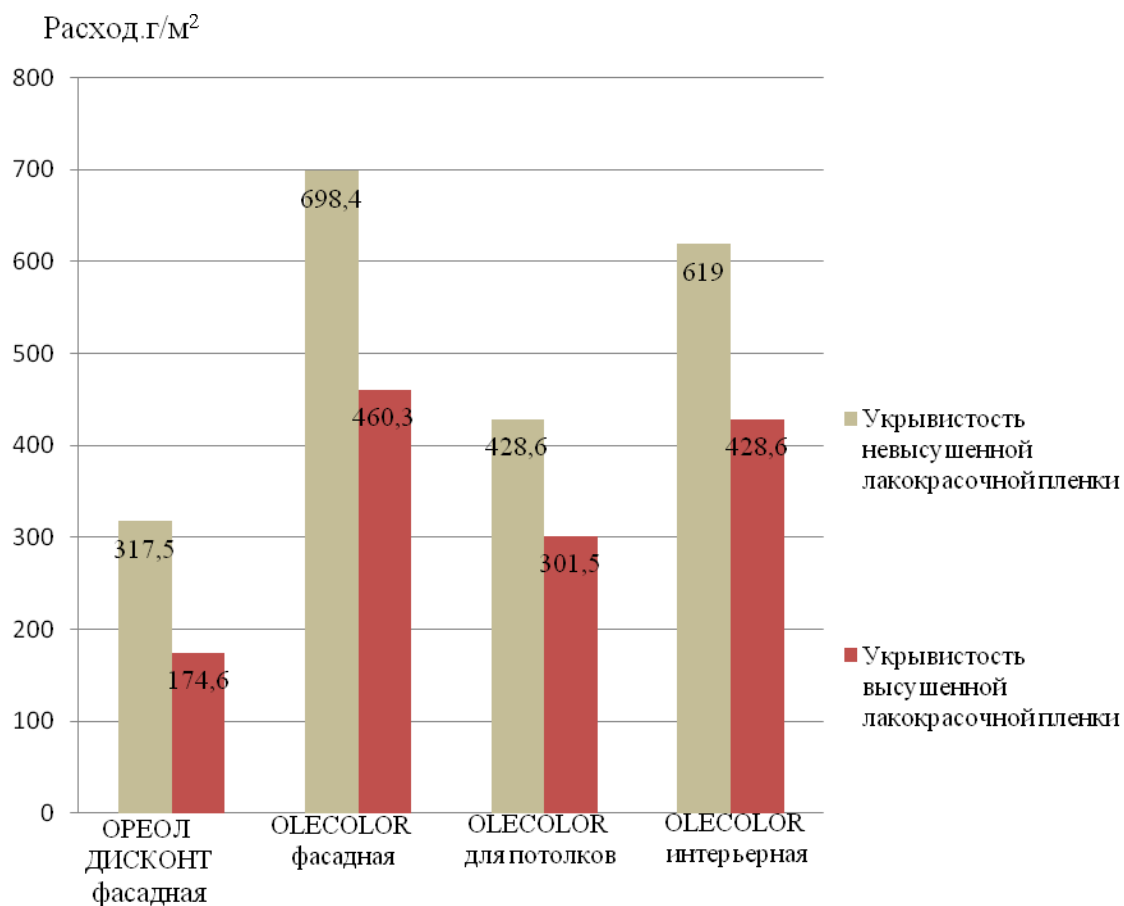


Рис. 1. Укрывистость ВДК

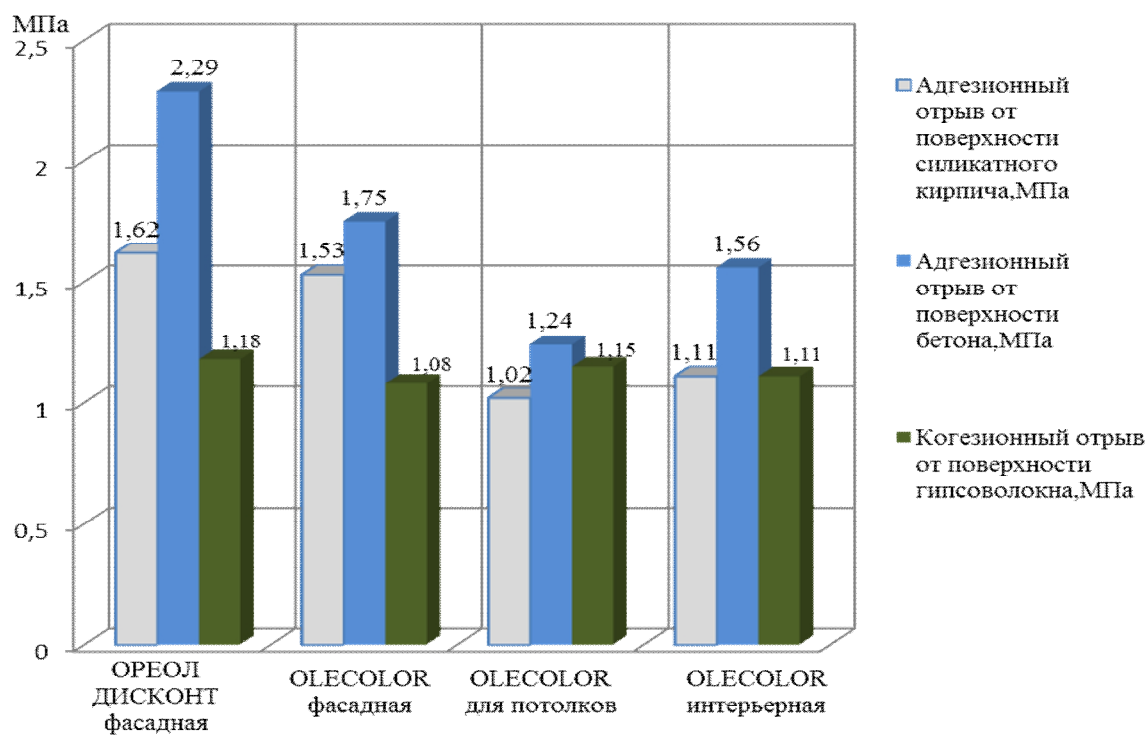


Рис. 2. Адгезия ВДК к различным поверхностям

Выявлено, что лучшими адгезионными свойствами обладает краска ОРЕОЛ ДИСКОНТ фасадная: адгезия к бетону составляет 2,29 МПа, к силикатному кирпичу – 1,62 МПа.

Адгезия всех исследуемых красок к гипсоволокнистой поверхности высокая, и при её определении наблюдался когезионный отрыв по телу подложки с усилием около 1,1 МПа, не зависимо от вида краски.

Анализ экспериментальных данных показал, что все исследованные ВДК обладают хорошими декоративными характеристиками, образуя ровную матовую поверхность высокой степени белизны, высокими защитными свойствами по отношению к минеральным поверхностям. Для получения качественного покрытия необходимо 2-3-слойное нанесение ВДК на окрашиваемую поверхность.

Список литературы

1. Ермилов П.И., Индейкин Е.А., Толмачев И.А. Пигменты и пигментированные лакокрасочные материалы. Л.: Химия, 1987. 200 с.
2. Лившиц М.Л., Пшиялковский Б.А. Лакокрасочные материалы: справ. пособие. М.: Химия, 1982. 360 с.
3. Логанина В.И., Орентлихер Л.П. Повышение качества лакокрасочных покрытий строительных изделий и конструкций. Изд-во АСВ, 2007. 144 с.

УДК 691.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПЛАСТИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ БЕТОНА

Н. А. Козлов, М. Р. Акаев*, И. Э. Козлова**

** Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Россия, Саратов, kozlovnikolai1@rambler.ru*

Рассмотрена классификация существующих пластификаторов по составу. Приведены примеры суперпластификаторов из каждой группы. Изучено влияние каждого из приведенного суперпластификатора на реологические и физико-механические показатели бетона.

Ключевые слова: бетон, прочность, добавки, суперпластификатор, реология

RESEARCH OF INFLUENCE OF THE PLASTICIZING ADMIXTURES ON RHEOLOGICAL AND PHYSICOMECHANICAL CONCRETE INDICATORS

N. A. Kozlov, M. R. Akaev*, I. E. Kozlova**

** Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia, Saratov,
kozlovnikolai1@rambler.ru*

In article classification of the existing softeners by structure is considered. Examples of super-softeners from each group are given. Influence of each of the given supersoftener on rheological and physicomachanical indicators of concrete is studied.

Keywords: concrete, durability, admixtures, supersoftener, rheology

Монолитное домостроение в России является одним из наиболее интенсивно развивающихся направлений строительной индустрии. Высокие требования качества и надежности, предъявляемые к современным зданиям и сооружениям из монолитного бетона, требуют применения не только высокоэффектив-

ных технологий строительства, а также технологичных бетонных смесей, высококачественных и надежных бетонов, с повышенными физико-механическими и эксплуатационными характеристиками.

Современный высококачественный бетон – это многокомпонентный модифицированный цементный материал, обладающий заданным набором технологических и эксплуатационных свойств. Поэтому задача модифицирования бетона является сегодня одним из приоритетных направлений в строительном материаловедении.

В настоящее время в технологии монолитного бетона наиболее широко применяются модификаторы пластифицирующего, стабилизирующего и структурирующего действия, регуляторы схватывания и кинетики твердения, добавки, повышающие прочность и долговечность бетона, а также многочисленные комплексные модификаторы полифункционального действия.

В процессе структурообразования бетона существует некое противоречие, так для повышения прочности и долговечности бетона необходимо минимальное содержание воды, а для повышения удобоукладываемости бетонной смеси необходимо увеличить количество воды, что однако может привести к расслоению бетонной смеси.

Многочисленные исследования показали, что эта проблема решается введением в состав бетонной смеси поверхностно-активных веществ (ПАВ), способствующих уменьшению водосодержания бетона, и благодаря своим специфическим свойствам повышающих текучесть цементного теста без увеличения расхода воды, т.е. оказывают пластифицирующее действие на бетонные и растворные смеси.

Механизм действия пластификатора заключается в образовании на поверхности зерен цемента сольватных оболочек, которые создают стерический эффект (эффект отталкивания). В результате бетонная смесь обретает подвижность. Этот эффект обусловлен формами молекул и характером зарядов на поверхности зерен цемента, что является причиной длительной жизнеспособности бетонной смеси.

Такой эффект может длиться до 3 ч, затем из-за водопроницаемости адсорбционного слоя происходит дефлокуляция ПАВ. Дефлокулирующее действие ПАВ увеличивает поверхность контакта цемента и воды, что приводит процессу гидратации цементного камня.

Применение суперпластификаторов позволяет упростить технологию формирования изделий, отказаться от энергоемкого оборудования для виброуплотнения, что снижает трудозатраты.

По своей природе суперпластификаторы делятся на четыре группы [2, 3]:

- 1 – сульфомеламинформальдегид; 2 – сульфонафталинформальдегид;
- 3 – модифицированные лигносульфаты; 4 – поликарбоксилат.

Рассмотрим влияние всех групп суперпластификаторов на технологические и эксплуатационные характеристики бетонной смеси.

Суперпластификаторы вводят в бетонные смеси в виде водных растворов, в количестве из расчета 0,2-1,5% от массы цемента.

Объектом исследования послужил тяжелый бетон класса В 25 при постоянном В/Ц=0,54 на основе бездобавочного цемента М500Д0 производства ОАО «Вольскцемент». Пластифицирующая активность оценивалась по величине

осадки конуса. Предел прочности на сжатие определялся на образцах-кубиках 10×10×10 см [1]. Наименование применяемых пластификаторов и их оптимальные дозировки представлены в табл. 2. При введении в состав бетонной смеси пластификаторов изучалось влияние добавок на реологические характеристики поэтому В/Ц было неизменным.

Таблица 1 – Состав тяжелого бетона

Наименование компонентов	Ед. изм.	Количество на 1м ³
Портландцемент М500Д0	кг	365
Щебень гранитный фракции 10-20 мм	кг	1200
Песок речной фракции 1,7 мм	кг	650
Вода	л	197

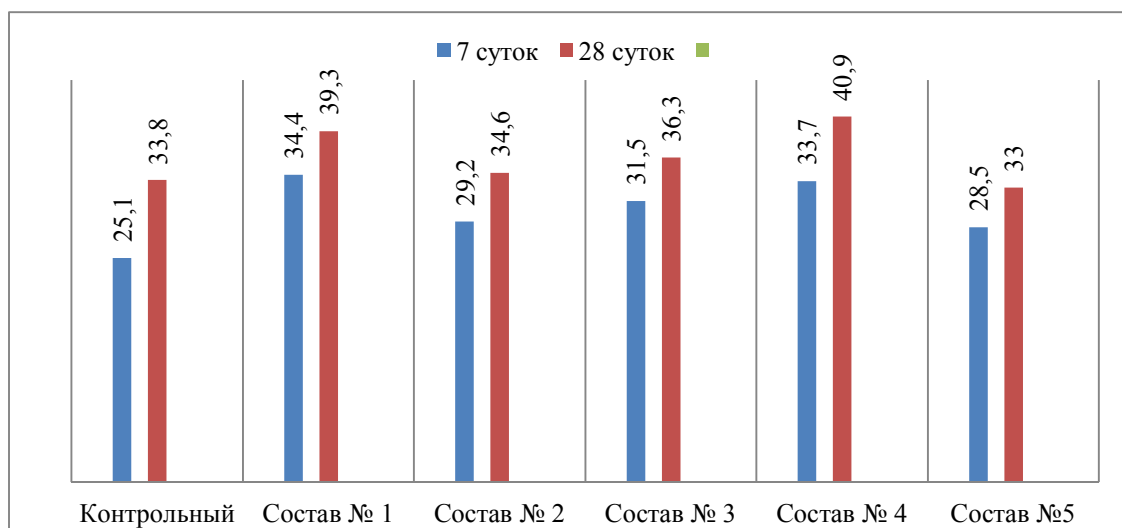
Таблица 2 – Применяемые пластификаторы

Наименование пластификаторов	Ед. изм.	Дозировка от массы цемента
Хидетал П-7 (4 группа)	%	0,4
С-3 (2 группа)	%	0,5
Melment F 10 (1 группа)	%	0,5
MelFlux 1641F (4 группа)	%	0,3
Лигнопан Б-1 (3 группа)	%	0,8

Таблица 3 – Физико-механические характеристики образцов модифицированных цементных бетонов (10×10×10 см)

Наименование составов	В/Ц	Подвижность	Средняя прочность образцов, МПа		Класс бетона (марка)
			7 сут.	28 сут.	
Контрольный состав	0,54	П2	25,1	33,8	B25 (М300)
Состав № 1 (Хидетал П-7)	0,54	П4	34,4	39,3	B30 (М400)
Состав № 2 (С-3)	0,54	П4	29,2	34,6	B25 (М300)
Состав № 3 (Melment F10)	0,54	П3	31,5	36,3	B25 (М300)
Состав № 4 (MelFlux 1641F)	0,54	П5	33,7	40,9	B30 (М400)
Состав № 5 (Лигнопан Б-1)	0,54	П3	28,5	33,0	B25 (М300)

В результате проведенных лабораторных исследований было выявлено влияние различных суперпластификаторов на реологические и физико-механические характеристики цементных бетонов. Наилучшие результаты показали образцы с добавками 4 группы (добавки на основе поликарбоксилатов), применение данных суперпластификаторов позволяет получать высокоподвижные бетоны, которые в марочном возрасте показывают высокие физико-механические характеристики – прочность на сжатие увеличивается на марку.



Прочностные характеристики составов с соответствующими пластификаторами

Применение суперпластификаторов всех четырех групп позволяет получить высокоподвижную, нерасслаиваемую бетонную смесь с высокими прочностными показателями, что позволяет применять их в строительстве из монолитного бетона, особенно в густоармированных конструкциях.

Список литературы

1. ГОСТ 31108-2003. Цементы общестроительные. Технические условия.
2. Касторных Л. И. Добавки в бетоны и строительные растворы: учеб.-справ. пособие. 2-е изд. Ростов н/Д.: Феникс, 2007. 224 с.
3. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. М.: АО «Астра семь», 1998. 768 с.

Научное издание

РЕСУРСОЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В СТРОИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ

Сборник научных трудов
по материалам III Международной
научно-практической конференции

Том 2

Редактор Л.А. Скворцова

Компьютерная верстка Т.В. Семеновой

Подписано в печать 30.09.15

Бум. офсет.

Тираж 100 экз.

Усл. печ. л. 13,75

Заказ 172

Формат 60×84 1/16

Уч.-изд. л. 12,7

С 65

Саратовский государственный технический университет

410054, Саратов, Политехническая ул., 77

Отпечатано в Издательстве СГТУ. 410054, Саратов, Политехническая ул., 77

Тел.: 24-95-70; 99-87-39, e-mail: izdat@sstu.ru