

Министерство образования и науки Российской Федерации

**Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А.**

РЕСУРСОЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ

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

Саратов 2016

УДК 69.(06)

ББК 38

Р 44

В сборнике научных трудов IV Международной научно-практической конференции «Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе» 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 Медведева О.Н.

доктор технических наук, профессор Ким А.Ю.

доктор культурологии, профессор Байкова Е.В.

кандидат архитектуры, доцент Дядченко С.Ф.

кандидат технических наук, доцент Щеголева Н.В.

кандидат технических наук, доцент Тимохин Д.К.

кандидат архитектуры, доцент Тарасова Л.Г.

кандидат технических наук, доцент Зинченко С.М.

Одобрено

редакционно-издательским советом

Саратовского государственного технического университета

ISBN 978-5-7433-3079-9

© Саратовский государственный
технический университет, 2016

СОДЕРЖАНИЕ

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ И ПРОЕКТНЫЕ РАЗРАБОТКИ В ОБЛАСТИ АРХИТЕКТУРЫ, ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА, ДИЗАЙНА, ИСТОРИКО-АРХИТЕКТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

ФОРМИРОВАНИЕ АРХИТЕКТУРНОЙ СРЕДЫ КАК СПЕЦИФИЧЕСКАЯ ОБЪЕМНО-ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СИСТЕМА	
<i>Провоторов А.А., Байкова Е.В.</i>	9
ТЕНДЕНЦИИ СОВРЕМЕННОГО ФОРМООБРАЗОВАНИЯ МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩИХ СТАНКОВ	
<i>Бородулина С.В., Решетников М.К., Шпилев В.В.</i>	12
СТРУКТУРНО-ТОПОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ФОРМЫ	
<i>Воронкова О.Е., Байкова Е.В.</i>	14
РЕШЕНИЕ ВХОДНЫХ ГРУПП ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ	
<i>Журавлева А.Ю., Байкова Е.В.</i>	16
МЕТОД СТРУКТУРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ДИЗАЙН-ПРОЕКТИРОВАНИИ	
<i>Кривцова А.А., Байкова Е.В.</i>	20
ОСНОВЫ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОЕКТНЫХ ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО КОЛОРИСТИЧЕСКОМУ РЕШЕНИЮ ОБЪЕКТОВ ПРОМДИЗАЙНА	
<i>Кузнецова О.Г.</i>	22
РАЗВИТИЕ МОДЫ НА ПОЛОТНАХ РУССКОЙ ЖИВОПИСИ	
<i>Бородулина С.В., Сухенко К.В.</i>	27
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ КУХНЯ-СТОЛОВАЯ ДЛЯ ЛЮДЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ	
<i>Саргсян Х.А., Кузнецова О.Г.</i>	32
ОСОБЕННОСТИ АРХИТЕКТУРНОГО ФОРМООБРАЗОВАНИЯ СЕРТИФИЦИРУЕМЫХ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ	
<i>Сухинина Е.А.</i>	35
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧЕГО МЕСТА ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ ПК	
<i>Антропова Т.В.</i>	39
ПРИМЕРЫ РЕКОНСТРУКЦИИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ КООРДИНАТНО-АНАЛИТИЧЕСКИМ СПОСОБОМ	
<i>Купин И.В., Зайцев Ю.А., Антропова Т.В.</i>	44
РЕКОНСТРУКЦИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ КООРДИНАТНО-АНАЛИТИЧЕСКИМ СПОСОБОМ	
<i>Купин И.В., Зайцев Ю.А., Антропова Т.В.</i>	48

РЕСУРСО- И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ ПОЛЫХ МИКРОСФЕР, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛАХ	
<i>Строкова В.В., Бондаренко Д.О., Маркова И.Ю.</i>	52
К ПРОБЛЕМЕ СТАНДАРТИЗАЦИИ НОВЫХ ВИДОВ ПРОДУКЦИИ НА ПРИМЕРЕ САМОУПЛОТНЯЮЩЕГОСЯ БЕТОНА	
<i>Костина Е.В., Молчанов А.О., Нелюбова В.В.</i>	55
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК НА ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННОГО ВЯЖУЩЕГО	
<i>Галаутдинов А.Р., Мухаметрахимов Р.Х.</i>	58

СВЯЗЬ СТРОЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ С ИХ ИНГИБИРУЮЩИМ ДЕЙСТВИЕМ	
<i>Таудаева А.А., Сатыбаева Т.Ж., Мамешов Р.Т., Даулеткалиева М.Н.</i>	61
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДОБАВКИ НА РЕЖИМЫ ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ	
<i>Кашапов Р.Р., Зиянгиров Р.А., Красникова Н.М., Морозов Н.М.</i>	66
ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ САМОУПЛОТНЯЮЩЕГОСЯ БЕТОНА В СЛОЖНЫХ АРХИТЕКТУРНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ	
<i>Кузьмина Н.О., Молчанов А.О., Строкова В.В., Нелюбова В.В.</i>	69
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЛАСТИФИКАТОРОВ РАЗЛИЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ	
<i>Молчанов А.О., Нелюбова В.В., Кузьмина Н.О., Строкова В.В.</i>	73
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОЛЕВОШПАТОВЫХ ПЕСКОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ВЯЖУЩИХ	
<i>Попов А.Л., Нелюбова В.В.</i>	76
МИКРОСТРУКТУРА СИЛИКАТНОГО КИРПИЧА С НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫМ МОДИФИКАТОРОМ	
<i>Нелюбова В.В., Пальшина Ю.В.</i>	79
ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ВВЕДЕНИЯ ГИДРОФОБИЗИРУЮЩИХ ДОБАВОК НА ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА	
<i>Огурцова Ю.Н., Ищенко А.В., Угрюмов Д.Г.</i>	83
ВЛИЯНИЕ МЕХАНОХИМИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ ВЯЖУЩЕГО НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ТЯЖЕЛОГО БЕТОНА	
<i>Пименов С.И., Ибрагимов Р.А.</i>	86
ВЛИЯНИЕ БИОЦИДНЫХ ДОБАВОК НА ГИДРОФОБНОСТЬ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ	
<i>Рыкунова М.Д., Нелюбова В.В.</i>	90
ПРИМЕНЕНИЕ ХРИЗОТИЛОВОГО ВОЛОКНА ДЛЯ ДИСПЕРСНОГО АРМИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАСТВОРОВ	
<i>Семенов В.С., Розовская Т.А., Губский А.Ю., Гареева Р.Р.</i>	93
КОМПЛЕКСНАЯ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНАЯ ДОБАВКА ДЛЯ БЕТОНОВ	
<i>Резниченко Н.В., Рябов Г.Г.</i>	97
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОБАВКИ ТЕРМОАКТИВИРОВАННОЙ САРАЙ-ЧЕКУРЧИНСКОЙ ГЛИНЫ НА СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННОГО ГИПСОВОГО ВЯЖУЩЕГО	
<i>Халиуллин М.И., Нуриев М.И., Рахимов Р.З., Гайфуллин А.Р.</i>	100
ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ГИПСОВОЛОКНИСТЫХ ПЛИТ	
<i>Мухаметрахимов Р.Х., Галаутдинов А.Р., Дикина А.Н.</i>	105
СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ВЫСОЛОВ НА БЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЯХ	
<i>Страхов А.В., Фомин А.С., Баклан Д.Ю.</i>	107
СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЯДРА И ОБОЛОЧКИ ГРАНУЛЫ ПОРИСТОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ НА ОСНОВЕ ОПОКИ	
<i>Мещеряков Д.В., Решетникова А.А., Чернышев А.В.</i>	111
К ВОПРОСУ О ГАРМОНИЗАЦИИ СОСТАВОВ И СВОЙСТВ БАЗАЛЬНОГО ВОЛОКНА И СТЕКЛОВИДНОЙ ОБОЛОЧКИ ПРИ ИХ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЕ В ГРАНУЛАХ ПОРИСТОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ НА ОСНОВЕ ОПОКИ	
<i>Мещеряков Д.В., Решетникова А.А., Чернышев А.В.</i>	114
ХИМСТОЙКИЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ	
<i>Иващенко Ю.Г., Хомяков И.В., Желтов П.К.</i>	117

ЛЁГКИЙ БЕТОН С ПРИМЕНЕНИЕМ ОРГАНИЧЕСКИХ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ <i>Головнов Е.С., Тимохин Д.К.</i>	119
ВЛИЯНИЕ СВЧ ИЗЛУЧЕНИЯ НА ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ <i>Карпунин К.Ю., Злобина И.В., Бекренев Н.В.</i>	123
ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ИХ РЕКОНСТРУКЦИИ И ВОССТАНОВЛЕНИИ <i>Павлова И.Л., Игольников А.К., Тараканчикова Ю.В.</i>	125
ВОДНОДИСПЕРСИОННЫЕ КОМПОЗИЦИИ С КОМПЛЕКСНЫМ ПИГМЕНТОМ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ТИТАНА И КАОЛИНА <i>Фомина Н.Н., Исмагилов А.Р.</i>	128
ЗАЩИТНЫЕ КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ РАСТВОРОВ ВТОРИЧНОГО ПОЛИСТИРОЛА <i>Фомина Н.Н., Пименов С.А., Полянский М.М.</i>	131
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БАЗАЛЬТОВОЙ ФИБРЫ В ЦЕМЕНТНОМ БЕТОНЕ <i>Козлов Н.А., Бычков П.П., Козлова И.Э.</i>	134
ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЦЕМЕНТОВ НИЗКОЙ ВОДОПОТРЕБНОСТИ <i>Зинченко С.М., Пешкова Д.А.</i>	136
ИЗМЕНЕНИЕ ИК-СПЕКТРА МОДИФИЦИРОВАННЫХ ГИДРОСИЛИКАТОВ В РЕАКЦИИ ДЕГИДРАТАЦИИ В ПРИСУТСТВИИ АГЕНТОВ РАЗЛИЧНОЙ ГИДРОФИЛЬНОСТИ <i>Шошин Е.А.</i>	139
СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ В МОДЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -ОПОКА-САХАРОЗА- H_2O <i>Шошин Е.А., Поляков А.В.</i>	142
РОЛЬ УСКОРИТЕЛЯ ТВЕРДЕНИЯ В ФОРМИРОВАНИИ СВОЙСТВ ПОРИСТОГО ГРАНУЛИРОВАННОГО СИЛИКАТНАТРИЕВОГО МАТЕРИАЛА <i>Кочергина М.П., Александров А.А., Цотин И.П.</i>	149
СОСТОЯНИЕ ЦЕМЕНТНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ВОПРОСЫ ЕЁ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ <i>Иващенко Ю.Г., Багапова Д.Ю.</i>	153
К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ ЖИДКОЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ <i>Зинченко С.М., Багапова Д.Ю., Хододосов А.К., Алексеев К.А.</i>	156
ПРОНИЦАЕМЫЕ БЕТОННЫЕ ПОКРЫТИЯ <i>Снарский С.В., Козлов Н.А., Рыбалка А.С.</i>	160
ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПОМЕЩЕНИЯМ РЕСТОРАНА <i>Козлов Н.А., Шаферстова М.А.</i>	163
ВЫБОР МАТЕРИАЛА ДЛЯ ВОЗВЕДЕНИЯ ЧАСТНОГО ДОМА <i>Козлов Н.А., Панчурина Т.Д.</i>	166
ВИНТОВЫЕ СВАИ <i>Козлов Н.А., Мирзоян И.П.</i>	170
КОМПОЗИЦИОННОЕ ВЯЖУЩЕЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕРМОХИМИЧЕСКИ МОДИФИЦИРОВАННОГО КРЕМНЕЗЁМСОДЕРЖАЩЕГО НАПОЛНИТЕЛЯ <i>Иващенко Ю.Г., Евстигнеев С.А., Страхов А.В., Корольков Г.Г.</i>	172
ДИСПЕРСНОЕ АРМИРОВАНИЕ ПЕНОБЕТОНА ТЕХНИЧЕСКИМ УГЛЕРОДОМ <i>Иващенко Ю.Г., Багапова Д.Ю.</i>	175

РЕАЛИЗАЦИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЗДАНИЯХ ДОВОЕННОЙ ПОСТРОЙКИ	
<i>Козлов Н.А., Лищенко Т.М., Шахмартов Д.В.</i>	179
УТЕПЛЕНИЕ ДОМОВ ПОЛИСТИРОЛОМ	
<i>Козлов Н.А., Лищенко Т.М., Карпушкина А.А.</i>	181
СПОСОБЫ УТЕПЛЕНИЯ ФАСАДОВ ДОМОВ	
<i>Козлов Н.А., Лищенко Т.М., Касатов А.Ю.</i>	185
ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ОСТЕКЛЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ЗДАНИЙ	
<i>Янкилевич Д.Г.</i>	
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ СИСТЕМ ГАЗОТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ И СТРОИТЕЛЬНОЙ КЛИМАТОТЕХНИКИ	
О ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГАЗИФИЦИРОВАННЫХ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ	
<i>Доронин М.С., Доронина В.Д., Илмарс Боде</i>	187
ФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ СИСТЕМЫ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ	
<i>Малая Э.М., Голиков Д.В.</i>	191
ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ НА БАЗЕ УСТАНОВКИ ПЛАСТИНЧАТЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ	
<i>Малая Э.М., Культяев С.Г., Брыкина И.А.</i>	194
РАЗРАБОТКА ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОПТИМАЛЬНОГО ПОЛОЖЕНИЯ ПУНКТОВ РЕДУЦИРОВАНИЯ	
<i>Медведева О.Н., Афанасьев И.М.</i>	199
ИССЛЕДОВАНИЕ ВОПРОСОВ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ	
<i>Медведева О.Н., Слепченко М.В.</i>	202
ОБОСНОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНОГО РЕШЕНИЯ ПРИ СООРУЖЕНИИ ПОДЗЕМНЫХ РЕЗЕРВУАРНЫХ УСТАНОВОК СУГ	
<i>Осипова Н.Н., Кузнецов С.С., Саяпина К.А.</i>	204
ПЕРСПЕКТИВЫ РАСШИРЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЖИЖЕННОГО УГЛЕВОДОРОДНОГО ГАЗА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	
<i>Осипова Н.Н., Бычкова И.М., Рятисова Ю.С.</i>	207
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ПРИРОДООХРАННЫЕ РЕШЕНИЯ КОТЕЛЬНОЙ С КОТЛАМИ КВ-ГМ-50-150 С УТИЛИЗАЦИЕЙ ТЕПЛОТЫ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ	
<i>Малая Э.М.</i>	211
ВЫЯВЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ КОЛЕБАНИЯ ДАВЛЕНИЯ В ИСПАРИТЕЛЬНОМ ЗМЕЕВИКЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАСХОДА СЖИЖЕННОГО УГЛЕВОДОРОДНОГО ГАЗА	
<i>Усачев А.П., Рулев А.В., Толочкова И.С., Катичина М.С.</i>	215
ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ УСЛОВИЙ КИПЕНИЯ ПРОПАН-БУТАНОВЫХ СМЕСЕЙ В ИСПАРИТЕЛЬНОМ ТРУБОПРОВОДЕ	
<i>Усачев А.П., Рулев А.В., Шингалиева Д.Н., Кружилина Е.А.</i>	219
ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ КОНФИГУРАЦИИ РЕЗЕРВУАРА СЖИЖЕННОГО УГЛЕВОДОРОДНОГО ГАЗА ПРИ ЗАДАННОМ ГАЗОПОТРЕБЛЕНИИ	
<i>Осипова Н.Н., Кузнецов С.С., Саяпина К.А.</i>	222
СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К СВЯЗИ МЕЖДУ ЭНЕРГЕТИКОЙ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ	
<i>Малая Э.М., Голиков Д.В., Леонова Д.А.</i>	225

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

ФУНДАМЕНТЫ ПРИСТРОЕННОЙ ЧАСТИ ЖИЛОГО ДОМА: ОСОБЕННОСТИ УСТРОЙСТВА И ПОСЛЕДСТВИЯ	
<i>Айгумов М.М., Байрамкулов Т.Э.</i>	228
ТЕХНОЛОГИЯ ПОГРУЖЕНИЯ СВАЙ ЗАВИНЧИВАНИЕМ В НОВОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ	
<i>Айгумов М.М., Мавлюдов Д.В.</i>	230
ЗОНЫ ДЕФОРМИРОВАНИЯ И УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТОВ В ОСНОВАНИИ ФУНДАМЕНТОВ ПРИ ИХ УСТРОЙСТВЕ	
<i>Айгумов М.М., Макарова С.В.</i>	233
ОРГАНИЗАЦИЯ ОБСЛЕДОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЗДАНИЯ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ	
<i>Зобкова Н.В., Пишенов А.А.</i>	235
РАСЧЕТ ЯДРА ЖЕСТКОСТИ ВЫСОТНОГО ЗДАНИЯ СТВольНО- КАРКАСНОЙ СИСТЕМЫ НА ВЕТРОВЫЕ НАГРУЗКИ	
<i>Иноземцев В.К., Редков В.И.</i>	239
УСТОЙЧИВОСТЬ ЯДРА ЖЕСТКОСТИ ЗДАНИЯ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО И ВНЕЦЕНТРЕННОГО НАГРУЖЕНИЯ ФУНДАМЕНТА	
<i>Иноземцев В.К., Редков В.И.</i>	242
ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ РАСЧЕТА РУЛОНИРОВАННЫХ БАЛОК	
<i>Кизимова О.В.</i>	247
АЛГОРИТМ УЧЁТА УПРУГИХ СВОЙСТВ ВОЗДУХА В ПНЕВМАТИЧЕСКОМ СООРУЖЕНИИ НА СТАДИИ НАГРУЖЕНИЯ	
<i>Ким А.Ю., Харитонов С.П.</i>	249
БЫСТРОВОЗВОДИМОЕ СООРУЖЕНИЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ БОЛЬШИХ ПРОЛЁТОВ	
<i>Ким А.Ю., Харитонов С.П.</i>	253
ПОЯВЛЕНИЕ ПЕРВЫХ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ В СССР И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ СОВРЕМЕННОГО РАЗВИТИЯ	
<i>Ким А.Ю., Харитонов С.П.</i>	256
ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ЗАДАЧАХ РАСЧЁТА ПНЕВМАТИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ	
<i>Ким А.Ю., Харитонов С.П.</i>	259
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НА МОДЕЛИ СТАТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО СООРУЖЕНИЯ	
<i>Ким А.Ю., Харитонов С.П.</i>	262
ПАНЕЛЬНЫЕ ЗДАНИЯ С ЭФФЕКТИВНЫМ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫМ СЛОЕМ И ОБЛИЦОВКОЙ	
<i>Лукманова Л.В., Мухаметрахимов Р.Х.</i>	264
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБЛЕГЧЕННОЙ МЕЖКОЛОННОЙ ПЛИТЫ ПЕРЕКРЫТИЯ ДЛЯ НЕСУЩЕЙ СИСТЕМЫ УИКСС	
<i>Лукманова Л.В.</i>	267
УСТРОЙСТВО МОНОЛИТНОЙ КРОВЛИ С ГИДРОИЗОЛЯЦИЕЙ ИЗ САМОУПЛОТНЯЮЩЕГОСЯ БЕТОНА	
<i>Мустафин А.А., Ибрагимов Р.А., Богданов Р.Р.</i>	269
ТЕХНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ КАРКАСНО-МОНОЛИТНОГО ЗДАНИЯ НАЧАЛА XX ВЕКА	
<i>Редков В.И.</i>	272

АНАЛИЗ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА СОВРЕМЕННЫХ КРУПНОПАНЕЛЬНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ В Г. КАЗАНИ	
<i>Салимова Г.Р., Ибрагимов Р.А.</i>	277
МЕТОДИКА ОЦЕНКИ НАЧАЛА КОНДЕНСАЦИИ ПАРА В НАРУЖНЫХ СТЕНАХ	
<i>Сафин И.Ш., Куприянов В.Н.</i>	280
РАСЧЕТ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ ИЗ ОБОЛОЧЕК РАЗНОЙ ВЫСОТЫ	
<i>Шагивалеев К.Ф., Сурнина Е.К., Нурматова К.Я.</i>	285
РАСЧЕТ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ НА НАГРУЗКУ, ДЕЙСТВУЮЩУЮ ВДОЛЬ ОБРАЗУЮЩЕЙ	
<i>Шагивалеев К.Ф., Сурнина Е.К.</i>	288
ТЕХНОЛОГИЯ УСТРОЙСТВА ИНДУСТРИАЛЬНЫХ ПОЛОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ	
<i>Шебанова С.Н., Ибрагимов Р.А., Богданов Р.Р.</i>	292

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

КОНСТРУКЦИИ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД ГОРОДСКИХ ПАРКОВОК	
<i>Болдин А.И., Алексиков С.В.</i>	298
ОПЫТ ПОСТРОЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДВОЯКОЙ КРИВИЗНЫ	
<i>Высоцкий Л.И., Бабкин И.А.</i>	301
КОНЦЕПЦИЯ ПРОЕКТА ГОНОЧНОЙ ТРАССЫ	
<i>Прусс В.В., Ворожейкин М.А., Щеголева Н.В.</i>	303

РАЗВИТИЕ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

УСТАНОВКИ ДЛЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ВОДУ	
<i>Король Н.И., Калякин А.М.</i>	307
МЕТОДЫ ИНТЕНСИФИКАЦИИ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ	
<i>Фрягина Д.В., Сауткина Т.Н.</i>	309
ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СПИРАЛЬНОГО ЗМЕЕВИКА	
<i>Чеснокова Е.В., Калякин А.М.</i>	312

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ И ПРОЕКТНЫЕ РАЗРАБОТКИ В ОБЛАСТИ АРХИТЕКТУРЫ, ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА, ДИЗАЙНА, ИСТОРИКО-АРХИТЕКТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

УДК 74

ФОРМИРОВАНИЕ АРХИТЕКТУРНОЙ СРЕДЫ КАК СПЕЦИФИЧЕСКАЯ ОБЪЕМНО-ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СИСТЕМА

Провоторов А.А.; Байкова Е.В.**

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

Целью данного исследования является изучение вопроса колористической организации открытых пространств как средство создания визуальной комфортной городской среды, относящегося к одним из ключевых вопросов в формировании архитектурной среды как специфической объемно-пространственной системы.

Ключевые слова: архитектурная среда, колористика, колористическая организация архитектурной среды, визуально комфортная городская среда

THE FORMATION OF THE ARCHITECTURAL ENVIRONMENT AS A SPECIFIC SPATIAL SYSTEM

Provotorov A.A.; Baykova E.V.**

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

The aim of this study is to examine the question of color organization of open spaces, as a means of creating a visual of a comfortable urban environment, belonging to one of the key issues in the formation of the architectural environment as a specific spatial system.

Keywords: architectural environment, colour, colour organization of the architectural environment, visually comfortable urban environment

Сегодня в быстро изменяющемся городе люди ведут активную жизнь, часто перемещаются в различные части района и города, нередко испытывают психологические перегрузки. Они ежедневно находятся в плотном контакте с современной городской средой, несущей непрерывный поток информации. Улицы, переполненные транспортом и людьми, вызывают напряжение, волнение, иногда стрессовые состояния, при этом человек вынужден постоянно решать деловые вопросы, совершать встречи в различных частях города. Архитектурная среда должна помочь человеку в этом процессе адаптации к изменяющимся ритмам, существующим в современных городах.

Понять конкретные потребности людей в организации среды и решить существующую проблему невозможно без анализа компонентов объемно-пространственной системы, как специфической системы архитектурной среды, которая рассматривает взаимную связь и взаимное влияние архитектурной среды и поведения человека.

Колористика – наука, которая формирует видимую среду, «являясь наиболее активным направлением в сфере дизайна городских территорий различного назначения и их компонентов, а также художественного оформления улиц, магистралей, площадей как творческого процесса человеческой деятельности, связанного с природоохранными, социальными и реабилитационными мероприятиями в

урбанизированной среде». Под видимой, или визуальной, средой понимают окружающую среду, которую человек во всем ее многообразии воспринимает через орган зрения.

Всю видимую среду можно условно разделить на две части: естественную и искусственную.

Естественная, или природная, видимая среда находится в полном соответствии с физиологическими нормами зрения.

Человек сформировался под воздействием природы со всем многообразием ее элементов, красок, звуков. В этих условиях его органы чувств эволюционировали многие миллионы лет. В искусственной среде человек оказался относительно недавно – по существу, только в XX в. Естественно, что за исторически короткое время механизмы зрительного восприятия не смогли приспособиться к такой среде, тем более что в ходе индустриализации и рассредоточенной урбанизации она становится все более агрессивной. Последствия этого известны: люди, живущие в стандартных серых кварталах шумных и загрязненных городов, не только испытывают дискомфорт, но и более склонны к агрессивным действиям, преступлениям, психическим расстройствам.

Для обеспечения визуального комфорта в уже сложившейся городской среде проектирование должно базироваться на принципах и приемах ландшафтной архитектуры – комплексного благоустройства, ведь именно этот вид проектирования напрямую связан с естественной средой обитания человека. И поэтому одной из главных составляющих ландшафтного проектирования являются естественные растительные материалы.

Основные понятия колористики как науки – это пластическое впечатление; влияние инсоляции на воспринимаемый объект; символическое отношение к цвету; психологическая сфера человечества, влияющая на эмоциональный и духовный фон; подбор цветовой гаммы, базирующийся на временах года – весна, лето, осень, зима.

Каждый цвет несет особую эмоциональную нагрузку, следовательно, оказывает различное психологическое воздействие на человека.

Использование широкой цветовой гаммы может обогатить и насытить ее зрительными элементами. «Цвет – составляющая часть информации, которая обеспечивает взаимосвязь и гармонию с естественной и искусственной макросредой, а также макро- и микросредой».

Так, при визуальном обследовании типовой застройки Саратова можно выявить несколько определенных характерных цветов. При этом данная цветовая гамма характерна как для центральной, так и для периферийной части города. Житель современного города чаще всего видит плоские поверхности (фасады зданий, площади, улицы) и прямые углы пересечения этих плоскостей. В природе же плоскости, соединенные прямыми углами, встречаются очень редко. В городе много монотонно повторяющихся деталей, что, главным образом, связано с индустриальным изготовлением типовых изделий – окон, панелей, балконов и др. Особенностью же природных образований является колоссальное разнообразие деталей. В окраске городских зданий и сооружений преобладает серый цвет бетона и асфальта. В природе царит более благоприятный для глаз зеленый цвет, присутствует множество других цветов и оттенков.

Комфортная среда – это то пространство, которое не вызывает чувства беспокойства. Если говорить об открытых городских пространствах, то визуально искусственно созданная среда должна приближаться к естественной цветовой гамме. Именно такая гамма близка к природным расцветкам. «Быстрые движения наших глаз (саккады) характеризуются амплитудой, ориентацией и интервалами между ними. Так, у младенцев во время сна и у взрослого, смотрящего на световую точку или разглядывающего картину, распределение интервалов между саккадами и их число примерно одинаковы». Это натолкнуло исследователей на мысль, что глаз совершает скачки автоматически, как происходит дыхание, как бьется сердце. Так появилось понятие «автономия саккад». Ее обеспечивает ряд структур головного мозга, совокупность которых образует саккадический центр. При взгляде на иное здание, собранное из больших панелей, глазу не за что зацепиться. Для саккадического центра это сигнал к переходу на максимальный режим работы в поисках «точки опоры». Но и такой режим не приводит к желаемому результату, и тогда у человека возникает ощущение дискомфорта.

Оно усиливается еще и потому, что в гомогенной среде, характеризующейся отсутствием или резко сниженным числом видимых элементов, мозг после очередной саккады не получает информации, т. е. подтверждения произведенному действию. В агрессивной среде, т. е. перегруженной однообразными видимыми элементами, глаз не может зафиксироваться на каком-то одном элементе и минимизировать амплитуду саккад. В то же время после каждой саккады в мозг поступает одна и та же информация, что ведет к его перегрузке. «Декор зданий имеет функциональное значение, и тот, кто первым сказал об «архитектурных излишествах», нанес людям большой вред, положив начало формированию гомогенной видимой среды. Не меньшие неприятности доставляют горожанину «агрессивные» поля. Их создают, например, одинаковые окна на огромной стене дома, навесные вертикальные русты, облицованные плиткой цоколи зданий, квадратная плитка на тротуарах и пр.».

Цвет в архитектуре города выполняет очень важные функции: ориентирует человека в пространстве и времени, акцентирует отдельные компоненты среды, создает психофизиологический комфорт, формирует содержательное и эмоционально насыщенное городское пространство.

Таким образом, становится понятно, насколько важен выбор цветовой палитры применительно к формированию городской среды, а именно типовой застройки города, как важно учесть все разнообразие аспектов, влияющих на выбор цвета. В градостроительной практике существуют такие понятия как типовые решения, цветовые решения общей колористики всего города и его отдельных частей, выявлены базовые цвета по типам отделки, также даны предложения по акцентным цветам и предложены варианты по суперграфике.

Существует уже разработанная теория использования той или иной цветовой палитры при реставрации. А вот для нового строительства, например для культовых сооружений, которые к тому же являются активными доминантами для любого города, пока подобная теория только разрабатывается. В облике храмов цвет имеет огромное значение как носитель основной идеи. В христианстве наиболее отчетливо цветовая символика прослеживается в богослужении, где каждый цвет имеет свое определенное значение, поэтому храмовая архитектура рассматривается как облачение для священнодействия, проводимого под определенным знаком, имеющего определенное посвящение. И если говорить о возрож-

дении традиций, то в храмовом зодчестве необходимо всестороннее осмысление применяемых средств выражения замысла зодчего, среди которых цвет занимает далеко не последнее место. Так, воздействие цвета на человека проявляется на трех уровнях: психофизиологическом, психологическом и социальном. Цвет может улучшить физическое самочувствие, настроение, повлиять на субъективную эстетическую сферу личности. Он способен снять зрительное напряжение, оптимизировать условия для зрительной работы, в частности обеспечить надежную фиксацию после саккады.

Окружаемая видимая среда человека сегодня превращается в экологически опасный фактор, что требует оперативного, действенного и вместе с тем ювелирного вмешательства в ее содержание. Поэтому грамотная и профессиональная колористическая организация открытых пространств сегодня – один из самых очевидных факторов создания визуально комфортной городской среды. Теория цветовой выразительности тесно связана с психологической сферой человека. Это доказывает тот факт, что человек не случайно с давних времен стремится украшать свою жизнь различными привлекательными для него предметами. Это стремление напрямую отражается на его физическом и психологическом здоровье.

Формирование комфортной видимой среды невозможно без серьезного научного обоснования. Эту задачу берет на себя совокупность ряда исследований, в том числе ландшафтно-визуальный анализ объекта, составление карт «визуального загрязнения» города, которые позволят определить масштабы бедствия и наметить пути улучшения визуальной среды. Задачи, которые решает колористика, необычайно разнообразны и актуальны, одна из них – создание оптимальной видимой среды, полностью отвечающей физиологическим нормам человека. Комфортную видимую среду можно сформировать, только объединив усилия самых разных специалистов, используя все градостроительные, архитектурные и ландшафтные средства.

Список литературы

1. Иовлев В.И., Архитектурное пространство и экология. Екатеринбург, 2006. 370 с.
2. Йоханес И. Искусство цвета. М., 2000. С. 30.
3. Анисимова Л.В., Городской ландшафт. Социально-экологические аспекты проектирования. Вологда, 2002. 200 с.

УДК 74

ТЕНДЕНЦИИ СОВРЕМЕННОГО ФОРМООБРАЗОВАНИЯ МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩИХ СТАНКОВ

*Бородулина С.В. *, Решетников М.К. *, Шпилев В.В. **

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

Изложены основные тенденции современного формообразования металлорежущих станков, особенности системного и комплексного подхода в проектировании. Рассматриваются основные тенденции дизайна серии и станочной линии.

Ключевые слова: системное и комплексное проектирование, формообразование металлорежущих станков, основные тенденции композиционного построения

CONTEMPORARY TRENDS SHAPING METALWORKING MACHINES

*Borodulina S. *, Reshetnikov M. *, Shpilev V. **

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

The article outlines the main trends shaping the modern machine tools. Features of the system and an integrated approach to design. The main trend Design series and machining lines.

Keywords: System and integrated design, shaping machine tools, the main trends of composite construction

Наиболее общей современной тенденцией является стремление конструкторов и дизайнеров к наиболее лаконичной форме. Это явление не случайно – оно обусловлено целым рядом факторов, а далеко не только стилевыми предпочтениями, как его подчас трактуют. Прежде всего, такой подход обусловлен стремлением к оптимизации отношений человек – машина. Естественно, более лаконичная форма, четкое выделение в ней функциональных зон станка, выбор оптимальной окраски и т. д. способствуют этому. Столь же объективно оказывает свое влияние на форму металлообрабатывающих станков стандартизация и унификация как мелких, так и крупных узлов и деталей. Таким образом, процесс «лаконизации» формы идет как бы изнутри, от конструктивной и функциональной схем. Наконец, еще одним условием является стремление рассматривать единичный станок лишь как часть общего композиционного целого. Ведь сегодня все чаще проектировщики имеют дело с технологическими линиями – сообществами различных станков, причем связи между ними становятся гораздо более прочными, чем это было в прежние годы (речь идет о едином технологическом процессе).

Таким образом, визуально автономная форма со временем все больше утрачивает свое значение. В проектировании композиций станочных комплексов возможен только системный подход.

Принципиальная разница композиции одиночного станка и комплекса в том, что при системном проектировании композиция одиночного станка (штучного изделия) есть завершенное, большей частью неизменяемое целое. В свою очередь, композиция комплекса обычно предусматривает возможные варианты компоновок, следовательно, и отношений между ее элементами. Ясность и лаконичность формы приобретают здесь функциональное значение; чем сложнее и независимее от других форма каждого из станков в таком сообществе, тем труднее достичь целостности всей станочной линии.

Все это проблемы далеко не только эстетические, но и конструкторские, технологические, а также эргономические, связанные с удобством, комфортом выполнения операций, учетом психофизиологических реакций оператора и оптимизацией на этой основе управления станочным комплексом. Ведь в пределах станочных линий формы одних станков объективно оказываются более сложными, чем формы других. Поэтому было бы неверным попросту нивелировать композиционные особенности разных по операциям станков. Наоборот, определенные композиционные различия (размерные, структурные, силуэтные и пр.) дают возможность не обезличивать не только отдельный станок, но и всю технологическую линию, выявляя в ней самое характерное.

Монотонность, безликое однообразие станочного комплекса вряд ли можно считать его достоинством. Известно, что длительный контакт с негармоничной, чрезмерно сложной по своим формам средой, не организованной по определен-

ным закономерностям, носящей хаотичный характер, приводит человека к серьезному нервному утомлению, хотя он может и не осознавать причины психологического дискомфорта. Таким образом, стремление к лаконичной, ясной, хорошо организованной форме одиночного станка есть стремление к композиционной системе всей линии, всего сообщества. Тем не менее здесь есть и оборотная сторона. Когда начинают слепо следовать той или иной тенденции формообразования, даже прогрессивной в основе, она порой приобретает черты определенного стиля, и формальное начало заслоняет логику инженерного мышления. Так обстоит дело и с тенденцией к геометрическому лаконизму, упрощению формы в станкостроении без всякого учета конкретных условий. В этих случаях необходимо как бы вернуться к истокам явления, чтобы критически осмыслить его: стремление к лаконичной форме в станко- и машиностроении не должно противоречить рациональности конструкции и оптимизации самого процесса работы.

Стремление любой ценой и в любых ситуациях упростить форму чревато негативными последствиями. Поэтому так называемая дробность формы станка или машины далеко не всегда отражает действительное положение дел. Нельзя смешивать действительную композиционную дробность, неоправданную измельченность формы с объективной сложностью местами открытой технической структуры. Первую необходимо устранять, организуя и обобщая форму, вторую – композиционно использовать в богатстве светотеневой структуры и в пластике, а если надо – даже сам прием композиции строить на контрасте развитой технической структуры и локального основания станка или каких-то закрытых крупных объемов. Тенденция же к лаконизму любой ценой, приобретая черты навязчивой идеи, идущей от моды, заставляет «зашивать» всё подчас без достаточных оснований: красивое начинает ассоциироваться с геометрически упрощенным. В результате меняется само отношение к объемно-пространственной структуре станка. Иной станок вполне мог бы быть устойчивым, а его конструкция – жесткой и на относительно легких открытых опорах, но открытые опоры усложняют объемно-пространственную структуру, а ложно понимаемый лаконизм требует единого объема. Пластичность формы исчезает, информативность и образность станка безнадежно утрачиваются, композиция становится примитивно-сухой, форма – безликой. Таких обезличенных примитивов уже немало.

Только всесторонний, квалифицированный анализ позволяет выявить, что в изделии действительно красиво, а где красота рациональной формы подменена бьющей в глаза экстравагантностью.

УДК 004

СТРУКТУРНО-ТОПОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ФОРМЫ

Воронкова О.Е. *, Байкова Е.В. *

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

Предпринята попытка рассмотреть особенности структурно-топологических свойств пространственной формы. В структуре прослеживается одна общая форма, взятая как модуль.

Ключевые слова: структурно-топологические свойства формы, структура архитектурного пространства

STRUCTURE AND TOPOLOGICAL PROPERTIES OF SPATIAL FORMS

Voronkova O.E., Baykova E.V.**

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

An attempt was made to consider particular structural and topological properties of spatial forms. In the structure observed is one common form, taken as a module

Keywords: structural and topological properties of the form, the structure of architectural space

Рассматривая проблему структурно-топологических свойств пространственной формы, прежде всего, мы должны понять для себя, что собой представляют такие понятия, как топология, структура, пространственная форма.

Топология – «это раздел математики, изучающий в самом общем виде явление непрерывности, в частности свойства пространств, которые остаются неизменными при непрерывных деформациях, например, связность, ориентируемость».

Структура – «это совокупность устойчивых связей и отношений объекта, обеспечивающих его целостность и тождественность самому себе, т.е. сохранение основных свойств при различных внешних и внутренних изменениях».

Пространственная форма – это симбиоз всех компонентов пространства, которые создают одну общую целостную форму.

Таким образом, тема статьи освещает пространственную форму с точки зрения похожести и устойчивости ее элементов. В ходе исследования будут выявлены структурные элементы архитектурного и средового пространства.

Актуальность данной проблемы заключается в том, чтобы изучить особенности каждого понятия не отдельно, а в комплексе, потому как в современном мире люди часто сталкиваются с симбиозом определений.

Степень изученности данной темы в настоящее время не велика, в связи с симбиозом нескольких терминов, не относящихся к архитектуре напрямую. Во многом основой для данной статьи послужила диссертация М.В. Шубенкова «Структура архитектурного пространства». Для выявления общих терминов использовалась электронная энциклопедия Колъера.

Цель статьи – рассмотреть структурно-топологические свойства пространственной формы.

Начнем с того, что, создавая малые дизайнерские, архитектурные формы; улицы, города, дизайнеры и архитекторы черпали свои идеи из природы – сознательно или подсознательно. Поэтому в первую очередь рассмотрим структурно-топологические свойства пространственной формы в природе.

В природной среде, как известно, все взаимосвязано, многое подчиняется одним и тем же законам. Именно поэтому в природе так много повторений, огромное число модулей, бесчисленное количество похожих элементов складываются в огромную систему. Так например лист дерева похож на само дерево, структура листа напоминает корневую систему. Многие животные имеют окрас похожий на окружающую среду и так далее. Благодаря именно этим повторениям то, что создано природой, является целостным и гармоничным.

Пытаясь добиться подобного эффекта в дизайне, архитектуре и градостроительстве человек на протяжении многих столетий выявлял признаки гармонии и

сочетаемости элементов большой системы. Один из таких признаков – структурная топология.

Она проявляется в том, что многие элементы большой системы похожи друг на друга, связаны между собой. Элементы пространства могут нести в себе различные функции, но быть аналогичными по своей структуре, а иногда и форме.

В ходе истории, при зарождении нового стиля архитектуры появлялось множество структурных элементов похожих внешне, но отличающиеся по функционалу. Если мы возьмем, к примеру, уличные элементы, предметы интерьера и архитектуру одного стиля, то увидим при массе внешних подобий функциональное отличие исследуемых объектов. Так, например, в стиле модерн во всех отраслях искусства главенствовали плавные, природные изгибы с обилием украшений, а при конструктивизме четкие линии и строгие формы.

Теперь рассмотрим структурно-топологические свойства в архитектурной среде. В каждом грамотно составленном пространстве мы найдем ряд подобий, соединяющие элементы в структуру. Например, маленькие формы архитектурного пространства повторяют элементы фасада; во всей структуре прослеживается одна общая форма, взятая как модуль; внешнюю разобщенность элементов соединяет в единое целое общий материал; единый дух задает общий ритмический ряд.

В этом заключаются структурно-топологические свойства пространственной формы: в связности даже при внешней деформации, целостности, устойчивости при различных внутренних изменениях.

Таким образом, главным свойством структурной топологии пространственной формы является внешнее объединение разных по своему назначению объектов пространства. Благодаря этому свойству мы чувствуем себя в архитектурной среде комфортно. Наше внимание не рассредоточивается на бесконечном количестве уникальных элементов. Структурная топология пространственной формы делает нашу среду единой, обобщенной и комфортной.

Список литературы

1. Шубенков М. В. Структура архитектурного пространства /Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора архитектуры/М.В. Шубенков, М., 2006. / Электронный ресурс. Режим доступа <http://www.dslib.net/restavracja/struktura-arhitekturnogo-prostranstva.html>
- 2.Топология/Электронная Энциклопедия Кольера/Электронный ресурс. Режим доступа <http://dic.academic.ru>
- 3.Структура/Электронная Энциклопедия Кольера/Электронный ресурс. Режим доступа <http://dic.academic.ru>

УДК 69.01

РЕШЕНИЕ ВХОДНЫХ ГРУПП ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

Журавлева А.Ю. *, Байкова Е.В. *

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

Целью данного исследования является изучение решений входных групп общественных зданий на примере России и Европы. Исследование основывается, в первую очередь, на всемирно известных сооружениях.

Ключевые слова: входная группа, общественные здания, влияние, архитектура

SOLUTION INPUT GROUP PUBLIC BUILDINGS

Zhuravleva A.Yu., Baykova E.V.**

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

The purpose of this study is to examine the decisions entrances of public buildings on the example of Russia and Europe. The study is based, primarily, on the world-famous buildings.

Keywords: entrance, public buildings, the impact, architecture

В настоящее время в общем объеме жилищно-гражданского строительства общественные здания составляют значительную часть, затраты на которые достигают до 50 % от общих градостроительных затрат. Главной задачей общественных зданий является предоставление услуг в сфере обслуживания, поэтому их облик должен быть узнаваем и соотноситься с их внутренней средой, будь то школа, офис, магазин либо промышленное предприятие.

Проблема формирования системы входных групп приобретает все большую актуальность в XXI веке, в связи с появлением огромного количества уникальных зданий и объектов города, различных по функциональному назначению, в каждом из которых используются современные новые технологии, применяются новые конструкции и строительные материалы, они имеют новое смысловое и философское содержание, не привычные для восприятия образы и формы в городском пространстве.

Входную группу проектируют при каждом входе. В зависимости от назначения здания и системы его загрузки и эвакуации устраивают:

- объединенные входы и выходы (наиболее распространенный прием);
- отдельные входы и выходы (в магазинах, кинотеатрах, музеях);
- отдельные входы и выходы для мужчин и женщин (в банях, спортивных павильонах).

Входная группа помещений является в большинстве видов зданий обязательной составной частью, без которой невозможно представить ни одно здание. Архитектура пространственно организует бытовые и трудовые процессы людей, поэтому основным и первичным качеством зданий является их соответствие той функции, той деятельности, для которой они предназначены. Все эти социальные и биологические процессы требуют соответствующих условий для реализации.

Целью данного исследования является изучение решений входных групп общественных зданий на примере России и Европы. Исследование основывается, в первую очередь, на всемирно известных сооружениях.

Представления о соответствии здания своему назначению, его удобстве существенно меняются во времени, поэтому степень приспособляемости зданий к новым требованиям, их гибкость являются одним из важнейших функциональных качеств. Архитектура – одно из самых древних и значительных по своему воздействию на человека видов искусств. Формы архитектуры воздействуют на эмоции, архитектура участвует в удовлетворении всей широты потребностей человека, как материальных, так и духовных. Прекрасное и целесообразное в архитектуре создаются в едином процессе формообразования. Образный язык архитектуры отражает широкие обобщения, идеи и эмоции, имеющие значения для общества или эпохи в целом. Влияние архитектуры на человека усиливается тем, что он постоянно находится в сфере ее воздействия.

Таким образом, формирование пространства подчиняется в архитектуре не только функциональным, но и эстетическим требованиям.

Для получения полноценных результатов необходимо применить ряд средств композиции, развивающих и совершенствующих художественно-структурную основу: симметрию и асимметрию, метр и ритм, пропорции, контраст и нюанс, масштаб и масштабность, свет и цвет и др. Каждое из этих художественных средств не может быть использовано в отрыве от других и получает смысл только в системе.

Рассмотрим отечественный опыт проектирования. Возьмем, к примеру, здание с исторической значимостью – Исаакиевский собор в Санкт-Петербурге. Исаакиевский собор – выдающийся образец позднего классицизма, в котором уже проявляются новые направления (неоренессанс, византийский стиль, эклектика), а также это уникальное архитектурное сооружение и высотная доминанта центральной части города.

Являясь главным храмом, Исаакиевский собор поставлен на стереобат – возвышение, что символизирует приближение к Богу. Ступени стереобата сделаны большими, больше человеческого шага, что настраивает посетителя на медленный, вдумчивый вход в собор. Восточный и западный портики Исаакиевского собора имеют по восемь колонн, а северный и южный – по шестнадцать. Это связано с тем, что последние оформляют Сенатскую и Исаакиевскую площади, а значит должны быть более торжественными. Вместе с тем по православным канонам главный вход должен был быть с запада – напротив алтаря. В архитектуре здания это никак не выявлено.

Классическая архитектура всегда имеет ярко выраженную входную группу. К примеру, здание Московского государственного университета, входная группа которого ярко выражена даже с высоты птичьего полета. Но говоря об исторической архитектуре такой значимости, важно учитывать тот факт, что это архитектурное наследие, которое формирует образ города и даже страны в целом. На самом же деле получается все наоборот. Чем дальше от центра, от столицы, тем ситуация все более усугубляется. Исторический центр Саратова, Проспект Кирова – нет единой концепции оформления входных групп. Главная улица города, лицо Саратова оставляет желать лучшего. Каждый офис или магазин считает свои долгом сделать более яркую и более кричащую вывеску, нежели его конкурент, совершенно не задумываясь об общем облике улицы и города. Конечно, есть и прекрасно оформленные входные группы зданий, но они смотрятся только как вырванные из общего контекста.

Вышеизложенное подчеркивает необходимость обстоятельного рассмотрения вопроса о едином решении входных групп для придания целостности восприятия улиц и узнаваемости города в целом.

Функциональные характеристики здания многообразны не только потому, что отражают сложность и разнообразные потребности человека и общества, природные особенности местности и уровень научно-технического развития. Первичными, наиболее легко чувственно воспринимаемыми элементами композиции являются объем и пространство, а точнее, объемно-пространственная структура – основной «материал» зданий и сооружений. Но сама по себе она не может создать целостное и гармонически завершенное архитектурное произведение. Внешний облик здания зависит от его функциональных особенностей, в то же время он

должен формироваться по законам красоты. Еще Гегель отмечал, что одной из великих красот классической архитектуры является то, что она не ставит колонн больше, чем необходимо для поддержания тяжести балок, и что в архитектуре колонны, поставленные только для украшения, не обладают истинной красотой. Благодаря архитектуре складываются и формируются эстетические представления. Ощущение прекрасного в архитектуре возникает в тех случаях, когда художественными средствами выражена сила идейного замысла, найдены закономерности пропорции формы, фактура и цвет материала, достигнута гармония с окружающей средой.

Архитектура Запада – это совершенная противоположность России. Самым значительным направлением архитектуры западных стран в 1920-е годы явился функционализм, выросший из рационального направления модерна.

Во втором десятилетии XX века в архитектуре резко увеличилось количество разнообразных теоретических программ и утопических предложений. Архитектура получила ярко выраженный эстетско-формалистический характер, основанный на художественной абстракции. Формообразование взяло верх над конструированием. Лозунг Л. Салливена «форму определяет функция» был подхвачен основателями функционализма в Германии – группой Баухауза, во Франции – группой «Эспри нуво», в Нидерландах – группой «Де Стил». Характерными чертами нового направления являются: свободные асимметричные планы, простые геометрические архитектурные формы, горизонтальные членения, ленточные окна, плоские кровли, отсутствие декора.

В комплексе Баухауза в Дессау входная группа представлена как акцент на общем объеме сооружения.

Главным принципом работы Ле Корбюзье было «спрятать» входную группу от взгляда человека. В 1925 году на Всемирной выставке декоративного искусства в Париже павильон «Эспри Нуво» окружен атмосферой непримиримой враждебности и недоброжелательства. На пригласительной карточке, розданной в день открытия выставки, было сказано, что этот павильон «наиболее трудно разыскать на выставке».

«Де стилю» удалось оставить свой след практически в каждой области искусства. Они стремились, прежде всего, к созданию любого здания как единого незамкнутого объема, имеющего связь с окружающим миром. Четко ограничивая объем, авторы, однако, с помощью выступавших плоскостей создавали связь строения с окружающим его пространством.

В итоге хотелось бы подчеркнуть следующее: еще несколько десятилетий назад такого понятия как «входная группа» просто не существовало, и вовсе не потому, что их не было. Просто входы в здание проектировались и оформлялись одновременно со зданием и были его неотъемлемой архитектурной частью, зачастую самой главной и эффектной. В таком виде они существовали десятилетиями, а исторические здания – веками, поэтому они вызывают у человека незабываемые впечатления, ему приятно находиться в такой среде, в этом случае он наверняка знает, где вход в здание, его ни с чем нельзя перепутать. Наряду с этим необходимо отметить следующее: в настоящее время первое, на что мы обращаем внимание при посещении какого-либо заведения, – это оформление входной группы, которое зачастую становится основным критерием нашей оценки помещения. Входные группы общественных зданий предназначены для большого потока людей, а значит должны быть качественными, удобными и эстетичными.

Вместе с тем следует подчеркнуть, что входная группа – это дизайнерско-архитектурная композиция, размещенная вокруг входа в здание. Цель создания такой декоративной конструкции – привлечение внимания людей к зданию. К сожалению, в наше время не всегда ни сами оформители, ни городские власти не уделяют должного внимания соответствию дизайна входной группы городскому ансамблю, поэтому на улицах периодически появляются яркие и нарядные сооружения на фоне архитектурных памятников или старых, с облупившейся краской домов. Это выглядит странно и некрасиво, и, возможно, стоит поучиться этому у наших европейских соседей. Конечно, бывают и исключения, но очень редко и в больших городах. В результате изучения был получен материал, анализ которого позволил сделать вывод, что в европейских странах к созданию входных групп относятся совсем по-другому. Разрабатывается дизайн-проект, где учитываются такие важные моменты, как категория здания, архитектура района, художественный стиль соседних рекламных композиций и другие факторы.

Список литературы

1. Барановский Г. В. Архитектурная энциклопедия второй половины XIX века. Т. 7. Детали. М.: Арт-Родник, 2006.
2. Бархин Б.Г. Методика архитектурного проектирования. М.: Стройиздат, 1993.
3. Борисова Е.А., Каждан Т.П. Русская архитектура конца 19 – начала 20 вв. М.: Наука, 1971.
4. Иконников А.В. Архитектура 20-го века. Утопии и реальность М.: Прогресс-Традиция, 2001. Т. 2.
5. Кринский В.Ф. Модульные пропорции: автореф. дис. ...канд. арх. М., 1955.
6. Ле Корбюзье. Архитектура XX века. М: Прогресс, 1977.
7. Сапрыкина Н.А. Архитектурная форма: статика и динамика. М., 1995.
8. Фомина В. Ф. Ф76 Архитектурно-конструктивное проектирование общественных зданий: учеб. пособие. Ульяновск: УлГТУ, 2007.
9. Шимко В.Т. Комплексное формирование архитектурной среды. Кн. 1. Основы теории. М.: МАРХИ, 2000.
10. Шимко В.Т. Основы дизайна и средовое проектирование: учеб. пособие. М.: Архитектура-С, 2004.

УДК 74

МЕТОД СТРУКТУРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ДИЗАЙН-ПРОЕКТИРОВАНИИ

Кривцова А.А.*, Байкова Е.В.*

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

Рассматривается один из методов моделирования в дизайн-проектировании – метод структурного моделирования. Описан его алгоритм, суть и области применения.

Ключевые слова: дизайн, метод, структурализм, эвристический метод, компоновка, модуль

THE METHOD OF STRUCTURAL MODELING IN DESIGN ENGINEERING

Krivtsova A.A.*, Baykova E.V.*

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

The article discusses one method of modeling in the design engineering such as structural modeling method. We describe its algorithm, the nature and scope

Keywords: design, method, structuralism, heuristic method, the layout module

В контексте научных исследований методов дизайн-проектирования метод структурного моделирования занимает одно из основополагающих мест. Ведь на сегодняшний день дизайнеры применяют различные методы дизайн-проектирования, однако в основе творческой деятельности дизайнера архитектурной среды лежит рациональное начало, основанное на структурировании и моделировании.

Метод (от греч. Methodos – путь исследования, познания, теория, учение) – совокупность приемов или операций практического или теоретического освоения действительности, подчиненных решению конкретной задачи. Метод в дизайне представляет собой систему способов и приемов, направленных на оптимизацию проектного процесса. Особенностью методов непосредственно в дизайне является направленность на результат как со стороны красоты, так и со стороны практического использования предмета. Из этого следует, что главной задачей дизайнера на сегодняшний день является синтез красоты и функциональной полезности проектируемой вещи.

Методов дизайн-проектирования сегодня достаточно большое количество, они бывают как универсальными, так и направленными на решение определенной задачи. Они делятся на два основных типа: эвристические и теоретические. Данный метод относится к эвристическому типу. Такие методы основаны на подсознательном мышлении, для получения результата прибегают к интуитивным действиям. В работе рассматривается такой эвристический метод, как метод структурного проектирования, его сущность и особенности.

Метод структурного моделирования определяется как свободная (непредубежденная) компоновка первичных модульных элементов в разнообразные по конфигурации и связям системы и структурные комплексы.

Этот метод возник на рубеже 1950-1960-х гг. Его также называют структурализмом. Основой метода была методология структурного анализа, которая использовалась с 1920-х гг. Одним из главных представителей структурализма был французский этнограф и социолог Клод Леви-Стросс. Он считал, что первобытное мышление является наиболее удобным для выявления структуры, как проявление коллективного бессознательного мышления. В нем выделяются три основных шага: совмещение бинарных частей, перенос бинарности и выявление соответствия между более общими частями. Бинарный значит двойкий. Вначале методику структурализма применяли лишь в решении лингвистических, литературоведческих и психологических задач. Сейчас же этот метод используется и в решении других проблем, в том числе и проблем дизайна.

Основным понятием метода структурного моделирования считается понятие структуры. Структура – это взаиморасположение составных частей и их связь, совокупность связей объекта, создающих целостность. Она должна отвечать следующим параметрам:

Целостность – подчинение частей целому и независимость этого целого.

Трансформация – упорядоченный переход одной части структуры в другую.

Саморегулирование – функционирование правил внутри определенной системы.

Следовательно, можно сказать, что структура – это не просто основа объекта, а совокупность правил, используя которые, можно создавать из одного объекта другие. В дизайне же структурной называется морфологическое строение формы. Морфология формы – это строение, структура формы изделия, организованная в

соответствии с его функцией, материалом и способом изготовления, воплощающим замысел дизайнера.

Можно представить примерный алгоритм структурного метода:

Выделение «корпуса» объекта, то есть первичное множество частей объекта.

Членение объекта на простые части (модули).

Прослеживание отношения между модулями и их систематизация. Создание структуры с учетом синтеза функции и эстетики.

Выведение из структуры теоретически возможных следствий и практическая проверка.

Метод структурного моделирования используется при поисках и разработке гибких, открытых для развития систем, обладающих композиционной способностью присоединяться. Метод гармонично увязывает требования унификации при индустриальном производстве с возможностью индивидуализации отдельных композиционных решений и является гибким средством организации разнообразных предметно-пространственных образований.

Список литературы

1. Метод/Академик. Большой энциклопедический словарь/Электронный ресурс. Режим доступа/<http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc3p/196602>.
2. Долгова Е.А. Структурный подход в дизайн проектировании [Электронный ресурс] URL: http://www.taby27.ru/studentam_aspirantam/aspirant/filosofiya-nauki.-arxitecture-dizajnu-dpi/strukturnyj-podxod-v-dizajn-proektirovani.html
3. Современные методы дизайн проектирования [Электронный ресурс] URL: <http://bspu.ru/course/24696/24884/>

УДК 658.512.23

ОСНОВЫ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОЕКТНЫХ ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО КОЛОРИСТИЧЕСКОМУ РЕШЕНИЮ ОБЪЕКТОВ ПРОМДИЗАЙНА

Кузнецова О.Г.*

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

Рассмотрены базовые понятия и факторы для формирования цветового дизайна, отражены основные аспекты стилистического анализа колористических решений и даны практические рекомендации по формированию цветового дизайна промышленного изделия на примере ручного механизированного инструмента.

Ключевые слова: цвет, цветовая композиция, цветовой дизайн, колористическое решение, гармоничные цветосочетания

THE BASIS FOR THE FORMATION OF PROJECT PROPOSALS FOR THE COLOUR SOLUTION OF THE OBJECTS OF INDUSTRIAL DESIGN

Kuznetsova O.G.*

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

The article presents the main principles and factors of formation of color design; and reflects the main aspects of stylistic analysis of coloristic solutions and practical recommendations about formation of the color design of industrial products for example hand power tools.

Keywords: color, color composition, color design, coloristic solution, harmonious color combinations

Приведем базовые понятия – цвет, цветовая композиция и системы гармонических цветосочетаний. Нельзя однозначно раскрыть суть понятия цвет, можно лишь охарактеризовать одну из его сторон. Рассмотрим некоторые определения. Цвет – это свойство света вызывать определенное зрительное ощущение в соответствии со спектральным составом отражаемого или испускаемого излучения; свет разных длин волн возбуждает разные цветовые ощущения. Данное определение раскрывает физическое свойство цвета, причем речь о цвете, который приравнивается к видимому свету. Цвет – одно из свойств материального мира, воспринимаемое как осознанное зрительное ощущение... «присваивается» человеком объектам в процессе их зрительного восприятия [1]. Это определение отражает зрительное ощущение человека, т. е. рассматривает данное понятие с точки зрения психологии и физиологии. Теоретик нового искусства И. Иттен дает такое определение: «Цвет – это жизнь, и мир без красок представляется нам мертвым. Цвета являются изначальными понятиями, детьми первородного бесцветного света и его противоположности – бесцветной тьмы» [2]. Н.В. Серов в своей работе «Светоцветовая терапия» дает такое определение: «Цвет – это идеальное (психическое), связанное с материальным (физическим и/или физиологическим) через эмоции, как их характеристическое отношение»; «цвет – это потенциальная модель информационных систем» [3]. Можно заключить, что понятие цвета может быть воспринято через сопоставления: цвет как свойство; цвет как ощущение; цвет как образ; цвет как система идентификации. Следовательно, можно сказать, что цвет является очень важным эстетическо-образным средством. Понятие цветовой композиции можно охарактеризовать как совокупность цветовых пятен на плоскости, или объемных фигурах, или пространстве, организованная по какой-либо закономерности и призванная производить эстетическое впечатление; т. е. это гармония, равная порядку; цветовое конструирование, основанное на законах проявления цвета [3]. Понятие гармонии в цветовой системе более или менее полно раскрывается через её категории: согласованность – связанность и единство; контраст; мера; пропорциональность; равновесие; ясность – легкость восприятия; соответствие и уместность – природосообразность; прекрасное; возвышенное; совершенное [5]. Существует множество групп, видов, типов (подтипов) гармоничных цветосочетаний. Можно выделить некоторые из них: семь первичных типов цветовых контрастов И. Иттена [2]; нормативную теорию гармонических сочетаний цветовых тонов – модель треугольника [5]; теории В.М. Шугаева и В.Н. Козлова, основанные на унитарных цветах [6], типологию цветовых гармоний В.Ю. Медведева [7]. Рассматривая различные цветовые системы, можно заключить, что любая закономерно выстроенная теория имеет право на практическое применение, если соблюдается такая категория гармонии, как уместность.

Обрисовав базовые понятия для формирования цветового дизайна в промышленном изделии, необходимо также рассмотреть в общих чертах взаимосвязи между цветовыми пристрастиями и продаваемостью товара, так как произведения промышленного искусства, прежде всего, нацелены на потребности рынка и должны быть востребованными. При проектировании цветовой композиции любого изделия для человека необходимо учитывать цветовые предпочтения потребителя. Факторы, влияющие на цветовой выбор, можно условно

разделить на объективные, субъективные и индивидуальные. Объективные факторы зависят от физиологических свойств организма; так, люди со здоровой, не утомленной нервной системой предпочитают: чистые, яркие цвета и контрастные сочетания; люди с тонко организованной нервной системой предпочитают сложные, малонасыщенные, ахроматические цвета, нюансные сочетания. Поддаваясь модным течениям, цветовые предпочтения могут временно нарушаться, и противоположные типы колорита могут удовлетворять одного и того же потребителя. Субъективные, социально групповые факторы обусловлены этническими и культурными традициями, модой и стилевым направлением в искусстве. Индивидуальные факторы зависят от возраста, пола, культурного уровня, образования, рода деятельности, особенности нервно-психического склада обусловлены биологической врожденностью цветовых предпочтений. При решении проектной задачи для небольшой социальной группы можно получить представление о цветовых предпочтениях потребителя путем тестового опроса [6]. При продвижении новых товаров на рынке главным параметром является визуальный облик товара; именно цвет становится важнейшим фактором выбора – по данным статистики, 85% покупателей выбирают понравившийся товар по цвету.

Также необходимо определить, какие факторы влияют на восприятие цвета человеком. Психологическое воздействие цвета различно, можно различать: прямое воздействие, которое способно вызвать ощущение тепла или холода, чувство грусти или радости и т.п.; вторичное воздействие, которое связано с объективными или субъективными ассоциациями, возникающими от воздействия цвета, которые проявляются, как цветовые ассоциации; также оно связано с социально-культурным и эстетическим аспектами. Влияние цвета на физиологию человека рассматривают на базовых чистых цветах: красный цвет оказывает активизирующее действие; оранжевый цвет – тонизирующее действие; желтый – тонизирующее действие, физиологически наименее утомляющий; зеленый – физиологически оптимальный, успокаивает, повышает работоспособность; голубой – успокаивающее действие, снижает напряженность; синий способствует затормаживанию функций физиологических систем человека и считается самым холодным из цветов, имеет малую яркость, подчеркивая действие теплых цветов, и часто выбирается как фон для противопоставления деталям теплой окраски; фиолетовый оказывает угнетающее действие на нервную систему [7].

Цветовая композиция в изделиях весьма разнообразна. Органическое колористическое решение объекта не должно быть неприметно эффектным, а каким должно оно быть?.. Рассмотрев основу формирования цветовой композиции, об особенностях и практических рекомендациях можно говорить лишь предметно. Проанализируем в общем виде цветовой дизайн современного промышленного объекта на примере ручного механизированного инструмента. Основная целевая установка формирования цветового дизайна ручного механизированного инструмента заключается в повышении эстетической удовлетворенности человека качеством производимых продуктов труда и их производительностью. Колористическое решение, как и в любом другом объекте, имеет свои специфические особенности. В огромной массе этой продукции кажется почти невозможным усмотреть какие-либо закономерности в решении цветовой композиции, в

пластике и в характере формы. Однако более детальный анализ изделий известных фирм свидетельствует о существовании определенных принципов подхода к дизайнерским решениям механизированного ручного инструмента и его окраске. Безусловно, привлекательность изделия играет особую роль, а также немаловажны эргономические характеристики. Таким образом, цветовая композиция зачастую формируется, исходя из характера формы, который проявляется, например, в конфигурациях мест разъемов корпусных элементов, в принципах их сочленения, в цвете дополнительных комплектующих деталей из пластмасс, металла, резины и т. п. Более того, привлекательность механизированного инструмента приобретает эргономическую значимость – человеку должно захотеться взять инструмент в руки. Таким образом, эти изделия в большинстве случаев имеют ярко выраженную пластично-прикладистую форму, отвечающую манипуляциям человека с этим инструментом. Характер пластики подчеркивают цветом, например в своеобразных местах «заходов» одних элементов в другие, что чаще всего проявляется в акцентировке всех «посадочных» мест. Если строение продолговатого корпуса свидетельствует о нескольких поперечных разъемах, то эту слоистость отражают и в цвете или в разных тональных отношениях одного цвета [8].

Обрисовав общий образ, составим и перечислим основные аспекты стилистического анализа колористических решений, а также дадим практические рекомендации по формированию цветового дизайна ручного механизированного инструмента.

Колористическая композиция основывается на фирменной гамме цветов. Так, основным цвет известного немецкого концерна Bosch [9] для профессионального и промышленного электроинструмента – синий, для бытового и садового электроинструмента – зеленый; дополнены ахроматическими цветами и акцентным красным. Фирменные цвета российской компании ЗАО «ИНТЕРСКОЛ» [9] – черный и серый, акцентированный красным. Основные фирменные цвета компании MASALTA [9] из первого контрастного ряда – черный и желтый. Таким образом, цветовое дробление используемых колеров ограничено и системно распространяется на весь модельный ряд, что соответствует функциональному назначению и способствует еще большей узнаваемости компаний. Некоторым исключением из этого правила является компания «Зубр» [9] – использованные фирменные цвета несколько несистемны. Так, основная масса представляемого инструмента – ахроматическая с акцентным красным, но красный разнообразный, и не совсем понятно активное использование в некоторых моделях одного ряда синего цвета. Также фирменные гаммы могут строиться согласно порядку возрастания мощности.

Процентное соотношение цветов колористической гаммы должно быть гармоничным. Так, основной цвет – чаще всего спокойный тон, дополнен ярким акцентным в пропорции не менее чем 3:1, и чем меньше доля акцентного, тем эффектнее решение. В колористической системе размеры цветовых пятен обратно пропорциональны их эффективной яркости. Чем светлее и ярче пятно, тем меньшую площадь оно занимает в гармоничной композиции. Т.е. площади цветовых пятен в гармоничной композиции обратно пропорциональны их яркости [5]. Также применимы любые пропорциональные системы, например классическое «золотое сечение».

Контрастное противопоставление цветов, подчеркнутое отражение в цвете поэлементной сочлененности формы, сугубо индивидуальная характеристика, воспринимаемая визуально, подчинены законам композиционного равновесия. Цветовая композиция активно и образно выражает динамичность формы, передает цветом динамику действий оператора и должна быть выполнена предельно графично.

Эргономическая обоснованность применения основного цвета. Например, использование красного цвета как основного в покраске дрели не оправданно, так как данный цвет сигнализирует об опасности, и применение указанного цвета, как минимум, не способствует комфортной работе. Таким образом, более уместно применение цветов, широко используемых различными фирмами: или серого и серо-серебристого; или приглушенно-синего; или холодно-зеленого цвета в качестве базового для формирования цветового дизайна электроинструмента.

Соответствие решения цветовой композиции характеру формы ручного электроинструмента. Может быть построено на активном цветовом контрасте передней и тыльной частей или цветовом разделении составных элементов и формировании композиционных блоков. Более пластично-скульптурные формы уместно делать нейтрально одноцветными. Таким образом, закономерно гармонизированная и красивая форма близка к произведению подлинного искусства и должна быть выгодно подчеркнута цветом, а не разрушена им.

Подводя итог, можно заключить, что спроектированная форма любого объекта промышленного дизайна должна соответствовать заданной функции, а адекватность предложенного цветового решения должна отражать тектоническое строение объекта.

Список литературы

1. Физическая энциклопедия / гл. ред. А.М. Прохоров [Электронный ресурс]. М.: Сов. энциклопедия. 1988. Режим доступа: http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_physics/490/ЦВЕТ – Загл. с экрана.
2. Иттен, И. Искусство цвета / пер. с нем. и предисл. Л. Монаховой = Kunst der Farbe / Johannes Itten. 4-е изд. М. : ИД Аронов, 2007. 96 с.
3. Исаев А.А., Теплых Д.А. Философия цвета: феномен цвета в мышлении и творчестве : монография. 2-е изд., стер. М. : Флинта, Наука, 2011. 79 с.
4. Миронова Л.Н., Иванов Д.Г. Цвет – это что? Курс колористики для художников-дизайнеров. 2005. <http://mironovacolor.org>
5. Логвиненко Г.М. Декоративная композиция: учеб пособие для студентов вузов обучающихся по специальности 030800 «Изобразительное искусство». М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2010. 114 с.
6. Агостон Ж. Теория цвета и ее применение в искусстве и дизайне : пер. с англ. М.: Мир, 1982. 184 с.
7. Медведев В. Ю. Цветоведение и колористика: учеб. пособие (курс лекций). СПб.: ИПЦ СПГУТД, 2005. 116 с.
8. Цветовая композиция / Категория. Композиция в технике. <http://pereosnastka.ru/articles/tsvetovaya-kompozitsiya> (дата обращения: 20.03.2016).
9. Ваш электроинструмент. Бренды. Bosch – Makita – ИНТЕРСКОЛ – HITACHI – Skarp – SDMO – MASALTA – Fubag – NEOCLIMA – KRAFTOOL – Зубр – Raco – GRINDA – SKAT – Husqvarna – PRORAB – Master – Champion – Stayer <http://www.740-789.ru/page/Brandy#111> (дата обращения: 20.03.2016).

РАЗВИТИЕ МОДЫ НА ПОЛОТНАХ РУССКОЙ ЖИВОПИСИ

Бородулина С.В.*, Сухенко К.В.*

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

Анализируются тенденции развития стилевых особенностей одежды в России, начиная от русского национального костюма XV века до костюма XX века.

Ключевые слова: дизайн, метод, костюм, мода, компоновка, живопись

THE DEVELOPMENT OF FASHION IN THE PAINTINGS OF RUSSIAN PAINTING

Borodulina S.V.*, Sukhenko K.V.*

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

The article analyses tendencies of development of the stylistic peculiarities of the clothing in Russia, from the Russian national costume 15th century to suit the 20th century.

Keywords: design, technique, costume, fashion, layout, painting

Часто говорят о тирании моды. Но она особенно дает себя чувствовать в смутные времена, когда тот или иной костюм становится доказательством «гражданской добродетели», и всякий, кто не носит этого костюма, является уже «подозрительным». Понятно, как легко, вступая на подобный скользкий путь, впасть в чрезвычайные крайности.

О. Кабанес и Л. Насс. «Революционный невроз», 1906 г.

Русский костюм формируется на протяжении многих поколений: он соответствует образу жизни, характеру и внешнему облику народа. С конца XIX столетия ощущается влияние моды, используются фабричные ткани и отделки, головные уборы и обувь, формы одежды претерпевают существенные изменения.

Для русского народного костюма характерны трапецевидный или прямой силуэт, живописные декоративные решения и своеобразные головные уборы, сохранившиеся в крестьянской одежде вплоть до XVIII – XIX вв., в то время как городские и дворянские костюмы благодаря петровским указам изменились, одежда приняла европейские формы.

Традиционно русский костюм делится на северный и южный. Северные области – Архангельская, Вологодская, Великий Устюг, Новгород, Владимир и другие в XIII – XV вв. не были разорены набегами кочевников, ремесла и торговля развивались отдельно от развивающихся промышленных центров, поэтому культурные и бытовые традиции здесь сохранились в большей степени, не испытывая иноземных влияний. На костюмы южных областей – Рязанской, Тамбовской, Тульской, Воронежской, Орловской, Курской – существенно повлияли как многократные переселения жителей из-за набегов кочевников, так и соседние народы Поволжья, белорусы и украинцы.

И в северных, и в южных районах России отдельные черты костюма характерны для каждой губернии, уезда и села. Одежда различается по назначению – будничная, праздничная, свадебная, траурная, а также по возрасту и семейному положению. Отличия касаются в основном цветовых решений и декора вышитых

или тканых узоров, использования шелковых, золотых или серебряных нитей, в то время как основной крой и вид одежды сохраняются (рис. 1). Наиболее нарядной с давних времен считается одежда из красных тканей, слово «красный» на Руси всегда имело значение «красивый».

Крестьянскую одежду шили из домотканого холста и шерсти, с середины XIX в. использовали атлас, шелк, орнаментированную парчу с цветочными узорами, ситец, сатин, кумач и шерстяные ткани. Ромбы, кресты, восьмиугольные звезды, елочки, схематичные женские фигуры, птицы, кони и олени – наиболее характерные мотивы для русских народных тканей.

Женский костюм северных и южных областей различается и в деталях, и в расположении отделки; на севере России носили преимущественно сарафаны, на юге – поневы.

Нижней одеждой служила рубаха, широко распространены передники, или занавески, нагрудники и шушпаны. Белые рубахи прямого покроя с длинным рукавом украшались красными вышивками, по низу изделия располагались наиболее сложные и крупные орнаменты, при этом традиционно орнаменты использовались для украшения низа рукавов и плечья.



Рис. 1 – Неизвестный художник. Женщина в тверском головном уборе «каблучок». Первая половина XIX в.



Рис. 2 – Долгая Ольга Петровна. «Свенская ярмарка» [3]

Более сложным был крой рубах в южных областях, применялись так называемые прямые и косые, трапециевидные «полики» – детали, соединяющие спинку и полочку по линии плеча. Линии соединения декоративно подчеркивались. Северорусские рубахи отличались более пышным нижним орнаментом (рис. 2). Сарафаны в XVIII и XIX вв. делали из однотонной ткани – бязи, холста синего и красного цветов, черной шерсти. На темном фоне сарафана наиболее выгодно подчеркивалась красочная отделка рубах и передников. Сарафан кроили из косых клиньев, наиболее распространенным был сарафан со швом в центральной части переда, который отделялся тесьмой, кружевом и медными или оловянными пуговицами. Силуэт в форме усеченного конуса с большим основанием придавал фигуре стройность. Сарафаны более позднего периода шили из четырех-восьми прямых полотнищ ткани, собранных сверху мелкими складками. Сарафаны прямого кроя шили из набивных тканей, рубаха к нему также шилась из яркой цветной ткани.

Верхней одеждой были епанчи и душегреи, стеганные на вате с длинными рукавами. В качестве головных уборов носили платки и нарядные кокошники, отличающиеся многообразием фасонов и украшений.

Молодые девушки оставляли волосы непокрытыми, в качестве головного убора носили обручи, венцы и повязки. Замужние женщины традиционно скрывали волосы под закрытым головным убором, были широко распространены платки (рис. 3), кокошники и сороки [4].

Наиболее распространенными украшениями были ожерелья из бисера, янтаря, кораллов и жемчуга, разнообразные подвески, бусы и серьги (рис. 4). Обувью служили лапти и кожаные полусапожки, украшенные сафьяном или красным сукном в верхней части.



Рис. 3 – Василий Суриков.
Боярская дочь. Эскиз. 1884-1887 г.



Рис. 4 – Алексей Иванович Корзухин.
Боярышня. 1882 г.

К концу XIX в. в народном костюме появляются юбки и кофты из фабричных тканей. Становятся популярны юбки и кофты прямого силуэта или прилегающего с баской, а также наплечные платки и косынки.

Россия в начале XIX столетия встает на европейский путь развития, что отражается не только в экономике, но и в культуре этого периода. Начинают регулярно выходить журналы мод: «Московский Меркурий», «Модный вестник», «Всеобщий модный журнал», «Модный магазин», вместе с тем художественно-литературные журналы «Библиотека для чтения» и «Современник» помещают французские модели [1].

Пристрастие ко всему французскому в российском обществе проявляется во многих вещах, особенно в том, что аристократия полностью перенимает европейскую моду, нередко выписывая туалеты из Лондона и Парижа. Большим спросом в этот период пользуются услуги петербургских и московских швейных мастерских «Ломанов», «Г-жа Ольга», «Шансо».

Стиль ампир, господствующий в Европе, распространяется и в России, где сохраняется особенно долго по сравнению с предыдущими культурными направлениями. Русские костюмы в стиле ампир также отличает заимствование некоторых античных элементов: женское платье отличается чрезмерно завышенным расположением талии, светлой цветовой гаммой с преобладанием белого цвета и аксессуарами, напоминающими античные (рис. 5). Мода периода царствования

Александра I тесно взаимосвязана с его политическими убеждениями, которые перекликаются с древнегреческими идеалами свободы человеческой личности и свободного общения правителя с народом.

Российский высший свет, состоящий из придворных аристократов и крупной буржуазии, значительно отличается от провинциального дворянства, подражающего столичным модам. Провинциальным нарядам, изготовленным домашними портнихами и портными, недостает столичного блеска и роскоши. Характерной особенностью одежды русского купечества и мещанства является слияние в костюмах деталей русского народного платья и элементов европейских костюмов, как правило, вышедших из моды в самой Европе.

После восстания декабристов в 1825 г. Царь Николай I указом от 27 февраля 1834 г. устанавливает особую форму русского придворного костюма, преследуя цель представить царское самодержавие выразителем народных интересов. Для выполнения царского указа в Москве и Петербурге открываются золотошвейные мастерские, где расшиваются придворные дворцовые туалеты, стоимость которых достигает 20-25 тыс. золотых рублей. В новых роскошных костюмах французские формы просто механически соединяются с русским орнаментом золотого и серебряного шитья, украшенным драгоценностями.

Середина XIX века отмечена возвращением в моду стиля рококо. Вновь появляются дамы в корсетах, платьях на широких кринолинах из светлого атласа, украшенного орнаментами из рокайля (элемент орнамента стиля рококо) и букетов цветов, с высокими прическами и богатыми головными уборами (рис. 6). Образ таинственной женщины, несколько отрешенной от реальности, запечатлен в портретах художников этого времени – В. Серова, И. Репина и других [5].



Рис. 5 – Брюллов К.
Портрет Вел. Кн. Елены Павловны
с дочерью



Рис. 6 – Боровиковский В.Л.
Портрет великой княжны
Александры Павловны

В России начала XX века развитие моды происходит благодаря единственному профессиональному модельеру Надежде Ламановой. Оригинальным творческим приемом Ламановой стала своеобразная «скульптура ткани» – вместо традиционной наметки для получения нужного силуэта она драпирует ткань на заказчиках.

XX век – это век становления принципиально новых основ общественно-политической жизни, век становления новых идеалов? не только духовных, но и внешних. В истории материальной культуры, в истории костюма период 1900-1974 гг. в своих принципиальных положениях остается неизменным. Его основы уже достаточно ясно были сформулированы к 1915 и развиты в 30-х годах, в период так называемого стиля конструктивизма [2].

Большой вклад внесла модельер Надежда Ламанова. Она успешно работает не только с первыми московскими модницами, в театральной среде, но и обращает внимание на советских женщин. Ее имя звучит в Париже на Всемирной международной выставке. В.А. Серов писал ее портрет в то время, когда она являлась хозяйкой фирмы (рис. 7).



Рис. 7 – Валентин Серов.
Портрет артистки М.Н. Ермоловой. 1905
(Платье мастерской Н. Ламановой)



Рис. 8 – Константин Сомов.
Портрет Е.П. Носовой. 1910-1911
(Платье мастерской Н. Ламановой)

Ламанова организует «Мастерскую современного костюма», не знающую отбоя от посетительниц, которые безоговорочно доверяют вкусу мастерицы, непостижимым образом, как и в прошлом, опережающей модные тенденции Европы (рис. 8).

В 1925 году в Москве был организован Дом Моделей. Искусство создания костюма стало быстро продвигаться вперед; уже в 1941 году международные выставки доказали высокий уровень мастерства нашей школы, однако Великая Отечественная война приостановила на время развитие моды в нашей стране.

Современная индустрия моды в нашей стране опирается на развитие модной одежды европейских стран, используя национальные традиции в создании костюмов.

Список литературы

1. Блохина И.В. Всемирная история костюма, моды и стиля. Минск: Харвест, 2009. 400 с.
2. Мерцалова М.Н. Костюм разных времен и народов: в 4 т. М.: Академия Моды, СПб.: Чарт Пилот, 2001. Т. 3-4.
3. Северный народный костюм. <http://www.perunica.ru/tradicii/3651-severnyj-russkij-narodnyj-kostyum.html>
4. Женские головные уборы. <http://xn--d1abkaamepch5h.xn--p1ai/stati/novosti/zhenskije-golovnye-ubory-chast-chetvertaja.html>
5. Публикации Радищевского музея. <http://radmuseumart.ru/news/publications/>

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ КУХНЯ-СТОЛОВАЯ ДЛЯ ЛЮДЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ

Саргсян Х.А. *, Кузнецова О.Г. *

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

Рассматриваются проблемы существующих удобств для людей с ограниченными возможностями (инвалидов-колясочников) и пути их решения. Сделан обзор существующих базовых решений и предложено эскизное проектное предложение.

Ключевые слова: адаптивная мебель, люди с ограниченными возможностями здоровья

KITCHEN-DINING ROOM SPECIALIZED FOR DISABLED PEOPLE

Sargsyan H.A., * Kuznetsova O.G. *

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

The article considers the issue of existing facilities for people with disabilities (wheelchair users) and their solutions. An overview of the existing basic solutions and proposed preliminary project proposal.

Keywords: furniture adapted, specialized for disabled people

Кухонной мебели выпускается много, но кухней, которая создаст для инвалидов равные возможности, может похвастаться далеко не каждый производитель.

Если в вашей семье есть инвалид, вы, наверное, не раз задумывались об адаптивной мебели для инвалидов. В последние несколько десятилетий достигнуты многочисленные успехи, которые позволяют помогать детям с ограниченными возможностями или пожилым людям комфортно чувствовать себя дома. Есть много областей жизни, где сложно или почти невозможно обойтись без помощи адаптивной мебели. Лифт-кресла, адаптивная мебель для ванной и пеленальные столики могут улучшить жизнь тех, кто имеет ограниченные возможности, а также это хорошая помощь для их опекунов.

Предлагаем рассмотреть некоторые интересные проекты адаптивной мебели. Итальянская компания Snaidero выпустила серию кухонь Skyline Lab [1], предназначенную для людей с ограниченными физическими возможностями, вынужденных пользоваться инвалидными колясками. Дизайн и эргономика кухонь впечатляют! Тщательно продумана каждая мелочь. Не вставая с кресла, человек может разделять продукты, готовить на плите, мыть посуду, пользоваться шкафчиками и холодильником, без труда доставая до любой полки. Полукруглый дизайн столешницы создан с учетом особенностей инвалидного кресла – оно свободно проезжает внутрь кухонного уголка и имеет достаточно пространства для поворота. Дизайнеры постарались на небольшой площади разместить все самое необходимое, чтобы человеку в коляске не пришлось совершать слишком много маневров. Большинство составляющих элементов кухонного комплекта (в том числе и варочная панель) – круглые, открытые полки с посудой вдобавок имеют поворотный механизм. Хочется также отметить фирмы, выпускающие кухонную мебель, а также мебель для людей с ограниченными возможностями. Подобные примеры мы можем видеть на международных выставках, например 17-й Международной выставке «МЕБЕЛЬ-2005» (15-19 ноября 2005 г.) в России впервые была

представлена разработка московской мебельной фабрики «Форема-Кухни» – модель кухни для людей с ограниченными физическими возможностями. Также можно выделить проекты компаний кухонь: Puustelli , IKEA, Aran.

К сожалению, среди отечественных инвалидов только единицы могут позволить себе купить такую чудесную кухню, так как производство подобных мобильных кухонь является экономически затратным и это сказывается на цене. Менее затратным его можно сделать за счёт отечественных производителей. Предлагаем рассмотреть для дальнейшей разработки эскизный проект «Специализированная кухня столовая (СКС)». Данная кухня предназначена для людей с ограниченными возможностями, которые пользуются инвалидными колясками. Столешница разделена на две части: кухню и столовую. В комплектацию всей кухни входят: раковина, электрическая плита, которая вмонтирована в столешницу, стойка для посуды, холодильник, встроенные отсек для мусора и розетка. Ключевой особенностью данного проекта является то, что вся столешница вращается на 360 градусов. Для того чтобы вращение не было сплошным, и провода, которые находятся внутри, не запутались, стоит ограничитель, и при достижении 360 градусов столешница останавливается. Для практичного использования всего пространства в центральной части столешницы встроены автоматические полки, в которые могут помещаться предметы небольших размеров (см. рисунок 2). Проектное решение предлагает использование таких материалов, как дерево, нержавеющая сталь, стекло и пластик.

Также уделено внимание колористическому решению, потому что не стоит недооценивать влияние цвета на человека. Порой цвет стимулирует возникновение определенных реакций, которые могут сказаться на принятии решений. Цвет воздействует на аппетит, на давление. Обычно мы не замечаем влияние цвета. Но, например, в пасмурный день, когда за окном мы видим только серость, настроение сразу начинает ухудшаться. Положительная энергетика пропадает, а окружающий мир вдруг становится неприятным и враждебным [3]. Было принято решение использовать такие цвета как хром, цвет натурального дерева, черного янтаря [4]. Часто черный цвет становится симптомом депрессии, тоски, угнетенности, неуверенности. Но вместе с этим он позволяет нам отдохнуть, дает позитивный настрой. Черный цвет влияет на человека, изменяет его. Вибрации черного цвета создают протест, несогласие с внешним миром. Такой человек может постигать те области, которые закрыты для других. Черный поглощает, но и отдает. Цвет бук: из-за своей твердости бук является дешевым аналогом дуба, поэтому из него делают паркет, лестницы, мебель и посуду.

Разработанная модель обладает следующими характеристиками (см. рисунок 1) размерность : высота – 85 см. Комфортные параметры зависят от его роста и вида используемой коляски, однако, как правило, они составляют порядка 70-85 см, ширина всей столешницы 160 см, она определяется по длине вытянутой руки (максимум 60 см), т.к. в центральной части расположена духовка (или микроволновая печь) диаметр которой 50 см, получается, что человеку нужно будет протягивать руку не более 55-60 см [5]. Место для хранения продуктов и посуды чаще всего располагают в верхнем ярусе, но в данном проекте они находятся внизу (не выше 1,2 м от уровня пола), так как это является эргономически более целесообразным.

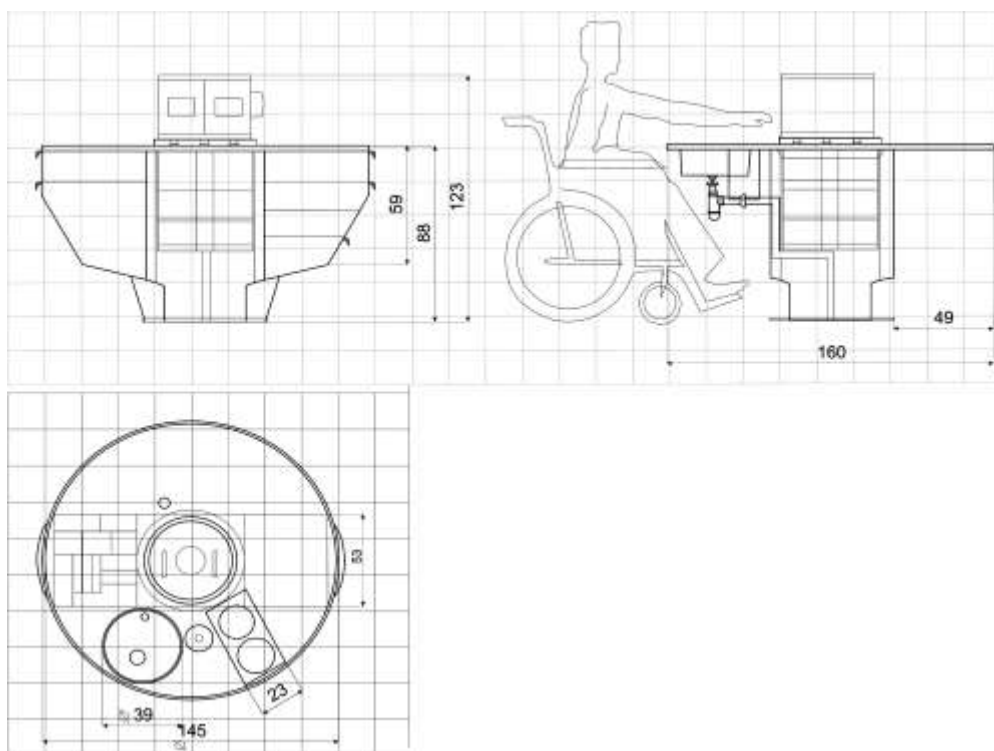


Рис. 1 – Эргономическая схема



Рис. 2 – Виды СКС

Список литературы

1. COTMARKET <http://www.livemaster.ru/topic/267535-kuhni-dlya-invalidov-ot-italyanskih-dizajnerov>
2. <http://www.sotmarket.ru/product/akel-af-010.html>
3. Цвет и его влияние на психику человека
http://alexinternetclit.ru/6_Vozdeistvie/7_zvet_1.php
4. 2010 Сочетание цветов <http://lookcolor.ru/cvet-dereva> look Color.ru
5. Как сделать кухню удобной для колясочника 21.04.2014, 13:00.
<http://superdom.ua/view/5274-kak-sdelat-kuhnyu-udobnoj-dlya-kolyasochnika.html>

УДК 721:502.12

ОСОБЕННОСТИ АРХИТЕКТУРНОГО ФОРМООБРАЗОВАНИЯ СЕРТИФИЦИРУЕМЫХ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

Сухинина Е.А. *

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

Автором изучаются принципы современного экологического проектирования с использованием «зеленых» технологий. Выявляются характерные черты рассматриваемых сертифицированных зданий. Даются рекомендации по усовершенствованию экоустойчивого архитектурного пространства без чрезмерного техногенного давления на природу.

Ключевые слова: проектирование, экостандарт, «зеленое» строительство

ARCHITECTURAL FEATURES CERTIFIED SHAPING PUBLIC BUILDINGS

Sukhinina* E.A.

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

The principles of modern environmental design with the use of «green» technologies being studied by the author. The characteristics considered certified buildings are identified. Recommendations for improvement environmentally sustainable architectural space without excessive anthropogenic pressure on nature are offered.

Keywords: design, eco standard, «green» construction

Развитие экоустойчивой архитектуры и повсеместное использование «зеленых» технологий в общественных и жилых зданиях сегодня становятся приоритетными вопросами. Осознанность зарубежными странами (Великобританией, США и Германией) глобальных проблем, связанных с загрязнением атмосферы и истощением природных богатств, способствовало зарождению и развитию нового «зеленого» направления в проектировании.

Отставание России от мировой отрасли экостроительства составляет 15-20 лет. Для современного процесса модернизации экономики нашей страны принципиальное значение имеют приоритеты использования возобновляемых ресурсов, развития возобновляемой энергетики – то, что во всем мире объединяется термином «зеленое» развитие. 31 марта 2014 года на совещании Правительства Российской Федерации Медведевым Д.А. были поставлены задачи использования альтернативной энергетики в Крыму.

В настоящее время уже существует автономный «зеленый поселок» в Туапсе, спроектированный в соответствии с принципами экоустойчивости, – оценка с точки зрения цикла жизни объекта, разработанного Советом по «Зеленому» строительству САР-СПЗС в соответствии с законодательством РФ. В основе его экологического проектирования лежат пассивные методы энергосбережения: защита тепловых контуров домов, теневые навесы, аккумулирование энергии искусственным прудом, сбор дождевой воды и пр. [1].

Создатели «зеленых» объектов, сертифицированных по экостандартам (ЭС), зачастую забывают об архитектурной составляющей, ведь энергоэффективности, а следовательно, и экологичности в большей степени можно добиться и архитектурно-планировочными средствами, и объемно-пластическими решениями, а не только техническими новшествами.

Известно, что между помещениями здания и внешней средой происходит непрерывный тепло-, воздухо- и влагообмен, поэтому на климатопреобразующие качества зданий влияют не только инженерное оборудование (отопление, вентиляция, искусственное охлаждение), но и планировочное решение и технологические свойства ограждающих конструкций [2, с. 58]. Поэтому тщательно продуманное проектирование геометрических форм сооружений, выбор пространственной стратегии в сочетании с подходящими материалами, оборудованием и функциональным распределением способны уменьшить расход ресурсов, выбросы парниковых газов и общее отрицательное воздействие на природу на 50-80% [3, с. 12].

В процессе исследования была произведена систематизация экологических решений зданий за рубежом и в России, сертифицированных по экологическим стандартам BREEAM (Великобритания), LEED (США), DGNB (Германия) по следующим категориям: *архитектурные решения*; *технологические решения*; *инженерное обеспечение* для выявления техногенного влияния требований экостандартов на архитектуру зданий.

Архитектурное формообразование рассматриваемых общественных зданий выявлялось в большей степени на примере офисно-деловых центров как наиболее привлекательных строений для экосертификации в соответствии с требованиями международного рынка недвижимости.

При помощи фотоизображений, архитектурной графики и аналитических чертежей автором выявлено, что *архитектурно-композиционные решения* «зеленых» небоскребов имеют характерные особенности в виде: одиночных параллелепипедов правильной или изогнутой формы; спаренного размещения идентичных высотных объемов; размещения прямоугольных форм уступами; группы зданий на единой объемной платформе нижних этажей.

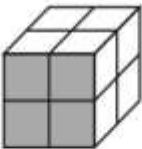
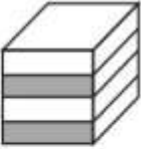
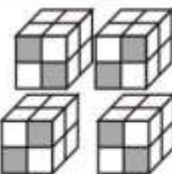
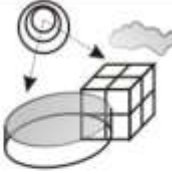
Анализ соразмерностей и пропорций окон к площади стен экосертифицированных объектов позволил выделить несколько типов остекления: панорамно-витражное; монотонно-сплошное; протяженные горизонтальные ленты остекления; ритмичные ряды прямоугольных проемов.

Анализ метроритмических закономерностей объемов показал чаще статичность, чем динамичность архитектурной композиции экообъектов.

Конструктивные особенности у всех экосертифицированных зданий схожи: это каркасный несущий остов со свободной открытой планировкой, трансформируемыми стеклянными перегородками для эффективного зонирования про-

странства и удобства арендаторов. Форма кровли рассматриваемых строений плоская, чаще «зеленая», эксплуатируемая. Схожа отделка внутренних и наружных поверхностей – материалы используются высокоэффективные к внешним нагрузкам (металл, закаленное стекло, фасадные пластиковые панели), экологичные (дерево, натуральный камень, штукатурка), иногда частично переработанные. В цветовом решении экозданий преобладают светлые тона (белый, серый, бежевый, светло-желтый) для уменьшения нагрева поверхностей, иногда в контрастном сочетании с тонированным стеклом. Солнцезащита «зеленых» сооружений в виде: внутренних штор, жалюзи; наружных ставень, панелей; светоотражающего, противобликового покрытия, солнцезащитных пленок; реже – в виде выступающих элементов (навесов, козырьков, выступов) и нависающих этажей.

Некоторые сопоставляемые экосертифицированные здания сближают идентичность композиционных приемов, аналогия в сочетании объемов, схожий характер членений или расположения проемов. При анализе архитектурных форм и объемно-планировочных особенностей «зеленых» зданий выделены их следующие типологические ряды: высотные компактные доминанты с остекленными плоскостными фасадами; объемы простой кубической формы с остекленными плоскостными фасадами; объемы простой прямоугольной формы с ленточным остеклением; расчлененные объемы павильонного типа с плоскостными фасадами; пластичные объемы криволинейной формы, взаимодействующие со средой; линейные объемы простой формы и сложной геометрии, гармонирующие с природой (рисунок).

					
1. Высотные компактные доминанты с остекленными плоскостными фасадами	2. Объёмы простой кубической формы с остекленными плоскостными фасадами	3. Объёмы простой прямоугольной формы с ленточным остеклением	4. Расчлененные объёмы павильонного типа с плоскостными фасадами	5. Пластичные объёмы криволинейной формы, взаимодействующие со средой	6. Линейные объёмы простой формы и сложной геометрии, гармонирующие с природой
BREEAM ПРЕВОСХОДНО	LEED ПЛАТИНА	LEED ПЛАТИНА	BREEAM ПРЕВОСХОДНО	BREEAM ОЧЕНЬ ХОРОШО	BREEAM ОЧЕНЬ ХОРОШО
					
BREEAM ПРЕВОСХОДНО	DGNB ЗОЛОТО	DGNB ЗОЛОТО	DGNB ЗОЛОТО	DGNB ЗОЛОТО	LEED ПЛАТИНА
					

Типологические ряды зданий, сертифицированные по экологическим стандартам (BREEAM, LEED, DGNB)

По мнению автора, техногенное давление со стороны экологических стандартов в будущем способно негативно сказаться на построении архитектурно-композиционных и объемно-пространственных образов.

Некоторые *технологические решения* полностью автоматизированы (контроль затемнения стекол в сочетании с регуляторами и датчиками интеллектуальных систем освещения; солнцезащита в виде автоматически регулируемых жалюзи, встроенных между стеклами; ирригационные системы полива; оборудование для использования возобновляемой энергии), другие не требуют энергопотребления (энергоэффективные фасады; улучшенный слой теплоизоляции; герметичные стеклопакеты с открывающимися створками).

Освещение всегда используется энергоэффективное (светодиодное, люминесцентное), с датчиками присутствия и движения. Ветрозащита обычно не предусматривается, в некоторых корпусах применяются вентиляционные клапаны на фасаде для регулирования чрезмерной скорости ветра, возможны специальные дополнительные меры по шумоизоляции, используются приборы учета воды, энергии, датчики влажности, температуры, давления, CO и CO₂.

Инженерное обеспечение в зарубежных сертифицированных комплексах заключается в использовании для отопления биостанций, солнечных коллекторов, геотермальных насосов, рекуператоров; для водоснабжения характерна система сбора дождевой воды, очистка «серой», «черной»; вентиляция приточно-вытяжная, возможна автоматическая система кондиционирования с охлаждающими башнями; автоматически регулируется естественное проветривание; канализация обычно общегородская, в небольших экообъектах применяются биоочистные сооружения на участке. Для «зеленых» зданий типичны автоматизация всех процессов (пожаротушения, видеонаблюдения, сигнализации) и интеллектуальное управление инженерными коммуникациями. Во многих сооружениях предусматриваются переработка строительного мусора и отдельный сбор бытовых отходов с возможностью повторного использования [4].

Выбор экологических решений для сертифицируемых зданий напрямую зависит от климатических условий местности. В районах с теплым климатом чаще используются павильонный тип сооружений с навесами и террасами, биоразнообразие территории, водоемы, растительность на фасадах, большие оконные проемы, перфорированное остекление, светоотражающее покрытие на кровле, мощные охлаждающие установки для поддержания комфортных условий. Для холодного климата характерны компактные планировочные решения, небольшие энергоэффективные окна, герметичная теплоизоляционная оболочка, высокоэффективное оборудование для обогрева.

В отличие от западных, в российских экосертифицированных строениях реже используется эксплуатируемая «зеленая» кровля в силу климатических особенностей; в отделке фасадов предпочтение отдается более дешевым искусственным материалам; для российских экозданий характерна полная автоматизация всех процессов; подключение к общегородским сетям отопления, водоотведения, электроснабжения и канализации. По минимуму представлены экологические архитектурные решения, по максимуму – экологические технологии.

В нашей стране экосертификации в основном подлежат офисно-деловые центры для повышения их конкурентоспособности, так как использование «зеленых» решений приводит к значительным инвестициям. Сегодня формирование

архитектурного пространства происходит в комплексном взаимодействии технологических и экологических решений, о чем свидетельствует современный опыт проектирования [4].

По мнению автора, сегодня существует необходимость в усовершенствовании национальных систем экологической сертификации для России, находящихся на стадии внедрения, в силу специфики климатических особенностей различных регионов и устоявшихся национальных традиций. Пока не поздно, необходимо переориентировать разрабатываемые экостандарты (ЭС), минимизировав техногенное вмешательство в объемно-планировочное пространство. Наиболее важные моменты, которые должны первостепенно учитываться в ЭС, это: проектирование и строительство качественных энергоэффективных, экологических зданий, доступных для всех слоев населения; учет культурных особенностей и традиций места строительства; создание здоровых условий с учетом климатических данных внутри здания (организация естественного проветривания за счет особого планировочного решения, максимальное использование естественного освещения, избежание перегрева и переохлаждения за счет объемно-планировочного решения здания, применение экологических материалов) и на участке (организация водоемов, теневых навесов, разнообразных зеленых насаждений, биомостовой); в ЭС должны использоваться регламенты на этажность здания; основным показателем экологичности, несомненно, должен являться показатель минимальной зависимости от традиционных источников энергии с обязательным применением альтернативных (энергии солнца, воды, ветра, грунта); минимизирование техногенного вмешательства в архитектурно-градостроительное пространство и присуждение экобаллов в большей степени за рациональную планировку и пластику объема, гармонично включенного в окружающую застройку или естественную природную среду.

Список литературы

1. Материалы общественного слушания «Научные и инновационные подходы к обновлению электроэнергетики России» от 9 апреля 2014 г. / Общественная палата РФ - зал совета, г. Москва.
2. Лицкевич В.К. Жилище и климат. М.: Стройиздат, 1984. 288 с.
3. Специальный выпуск, посвященный 24-му конгрессу UIA 2011 в Токио // Интернет-издание НП СПЗС, 2011. № 1 [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <http://rsabc.ru/userfiles/UIA2011TOKYOdigest.pdf> (дата обращения: 04.02.14).
4. Сухина Е.А. Экологические нормативы в архитектурно-градостроительном проектировании : дис. ... канд. арх.: 05.23.20. Саратов, 2014. 165 с.

УДК 74

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧЕГО МЕСТА ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ ПК

*Антропова Т.В.**

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

Учет основных антропометрических данных человека при проектировании рабочих мест пользователей ПК является одной из главных составляющих процесса разработки системы организации труда и создания среды, комфортной для исполнения трудовой деятельности. Ниже рас-

смотрены характерные этапы эргономического сопровождения проектирования элементов «человек-машина-среда».

Ключевые слова: эргономика, эргономические требования, система «человек-машина-среда», эргономические свойства промышленных изделий, проектирование рабочих мест и рабочих пространств

THE USING ANTHROPOMETRICAL MATERIAL BY DEVELOPMENT OF CHARACTERISTICS OF OFFICIAL PLACES OF PERSONAL COMPUTER USER

*Antropova T.V.**

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

Account of main anthropometrical material by development of official places of personal computer users is one of the key element of the process of formulation a system of workplace management and creation of environment, which is comfortable for performance of employment duties. Thereinafter typical stages of ergonomic maintenance of development the elements “human-machine- environment”.

Keywords: ergonomics, ergonomical desires, system “man-mainframe-environment”, ergonomical properties of the industrial products, engineering of the official places and body fields

Известно, что трудовая активность человека во многом определяется условиями, в которых он работает. К ним, прежде всего, относятся рабочее пространство и рабочее место. Если анализ систем традиционно начинается с общих вопросов, которые постепенно сужаются, пока не достигнут уровня отдельного рабочего места, то анализ рабочего места, наоборот, все более расширяется, охватывая новые сферы – от человека к производственному оборудованию, рабочему пространству и среде, но человек при этом всегда должен оставаться в центре внимания как эталонная база.

Эргономическое проектирование рабочих пространств и рабочих мест производится для конкретных рабочих задач и видов деятельности с учетом антропологических, биомеханических, психофизиологических и психических возможностей и особенностей работающих людей. Оно должно создать наилучшие условия для следующего:

- размещения работающего человека с учетом рабочих движений и перемещений в соответствии с требованиями трудового процесса;
- выполнения основных и вспомогательных операций в удобном рабочем положении, соответствующем специфике трудового процесса, и с применением наиболее эффективных приемов труда;
- расположения средств управления в пределах максимальных и минимальных границ пространства движений человека (по ширине, глубине и высоте);
- оптимального обзора источников визуальной информации, смены рабочей позы и рабочего положения;
- рационального размещения рабочего оборудования, безопасности работающих.

Процесс проектирования любого рабочего места должен, прежде всего, включать в себя учет основных среднестатистических антропометрических данных потенциальных пользователей. При использовании числовых значений антропометрических признаков следует учитывать их особенности, обусловленные полом, возрастом, национальностью и другими факторами. Общеизвестно, что эр-

гономические антропометрические признаки по способам измерений и в зависимости от сферы использования разделяются на *статические* и *динамические*.

Статические антропометрические признаки – это размеры тела, измеренные однократно в статическом положении испытуемого. Условность и сохранение постоянства позы обеспечивают идентичность измерений. Эти признаки используются для расчета свободных (несопряженных) параметров элементов рабочих мест, для определения диапазона регулирования изменяемых параметров, конструирования манекенов, создания математических моделей тела человека.

К *динамическим антропометрическим признакам* относятся размеры тела, изменяющие свою величину при угловых и линейных перемещениях измеряемой части тела в пространстве. Линейные изменения могут выражаться в абсолютных величинах и в виде приростов (эффект движения тела). Динамические антропометрические признаки используются для определения: амплитуды рабочих движений; величины рабочих перемещений приводных элементов органов управления; размеров зон моторного пространства.

В основу общих правил использования антропометрических данных при расчете параметров рабочих мест и производственного оборудования положен метод перцентилей. *Перцентиль* – сотая доля измеренной совокупности людей, которой соответствует определенное значение антропометрического признака. Если площадь, ограниченную кривой распределения, или всю совокупность наблюдений разделить на 100 равных частей, то получим 99 перцентилей. Каждый перцентиль имеет свой порядковый номер; 1-й перцентиль отсекает в распределении частоты наименьших значений антропометрического признака, составляющие 1% от суммы всех частей; 2-й перцентиль – значения, составляющие 2%, и т.д.; 50-й перцентиль в нормальном распределении соответствует средней арифметической величине. Средняя величина признака – это та, ниже которой оказывается около половины населения.

При расчете компоновочных параметров рабочих мест на основе антропометрических данных следует различать базы отсчета, используемые при измерении эргономических признаков и расчете компоновочных параметров рабочего места. Эти базы должны совпадать или, как минимум, не противоречить друг другу.

При измерении многих антропометрических признаков в качестве баз отсчета используют следующие ограничительные плоскости:

1) в положении стоя: плоскость пола (горизонтальная плоскость для измерения высот точек над полом); стенку стенда (вертикальная плоскость для измерения передне-задних и поперечных размеров тела);

2) в положении сидя: плоскость пола; плоскость сиденья; спинку сиденья, перпендикулярную заднему краю сиденья.

Рассмотрим основные требования, предъявляемые к рабочим поверхностям и рабочим сиденьям, в процессе проектирования рабочего места пользователя ПК.

Рабочая поверхность – это элемент оборудования рабочего места, на которой работающий, используя необходимые средства, выполняет действия с предметом деятельности. Характеристики рабочей поверхности определяются спецификой деятельности, положением тела, антропометрическими данными, числом и размерами предметов и средств деятельности.

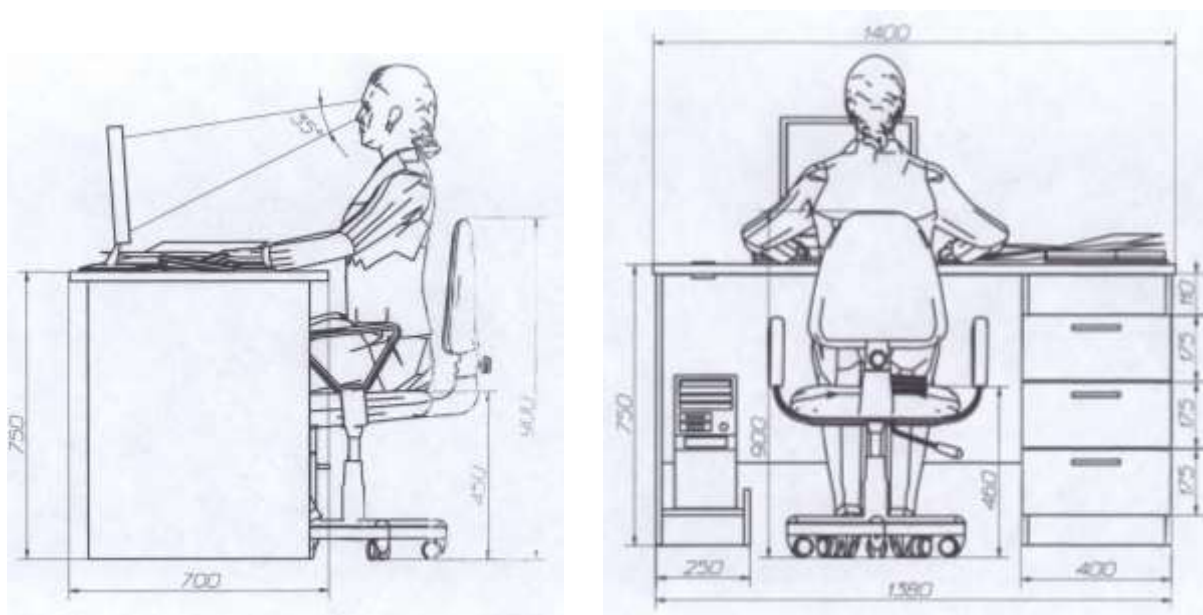
Для рабочих поверхностей рассчитывают: габаритные размеры; максимальные и минимальные границы досягаемости по высоте, ширине, глубине; размеры

пространства для ног (сидя) и стоп (стоя); размеры подходов к каждой из них, а также требуемую обзорность. Для оптимальной организации рабочего места традиционно учитывают размеры соотношения параметров рабочей поверхности и параметров других элементов рабочего места, из которых наиболее существенны: соотношение по высоте между рабочей и опорной поверхностями при работе стоя и сидя (сиденье, подставка для ног, пол); расстояние между передним краем сиденья и краем рабочей поверхности; соотношение по ширине между рабочей поверхностью и подставкой для ног.

Рабочее сиденье – это элемент рабочего места, который обеспечивает поддержание рабочей позы в положении сидя. Основное назначение сиденья - не только снизить нагрузку на ноги человека, но и создать опору сидящему, чтобы он мог поддерживать стабильную позу во время работы и расслабить те мышцы, которые не участвуют в работе. При выборе типа рабочего сиденья должны учитываться специфика работы, объем рабочего пространства, пространственные соотношения с другими элементами рабочего места, вид рабочего места, возможность смены рабочих поз, рабочего положения, величина развиваемых усилий, диапазон движений частей тела, условия безопасности.

В качестве примера можно привести проект рабочего места офисного работника, выполненный студентами направления «Промышленный дизайн» при выполнении контрольной работы по дисциплине «Эргономика».

На рис. 1 представлен чертеж компоновки рабочего места, включая модель потребителя, и содержащий все необходимые размеры, изображения необходимого оборудования и офисной техники.



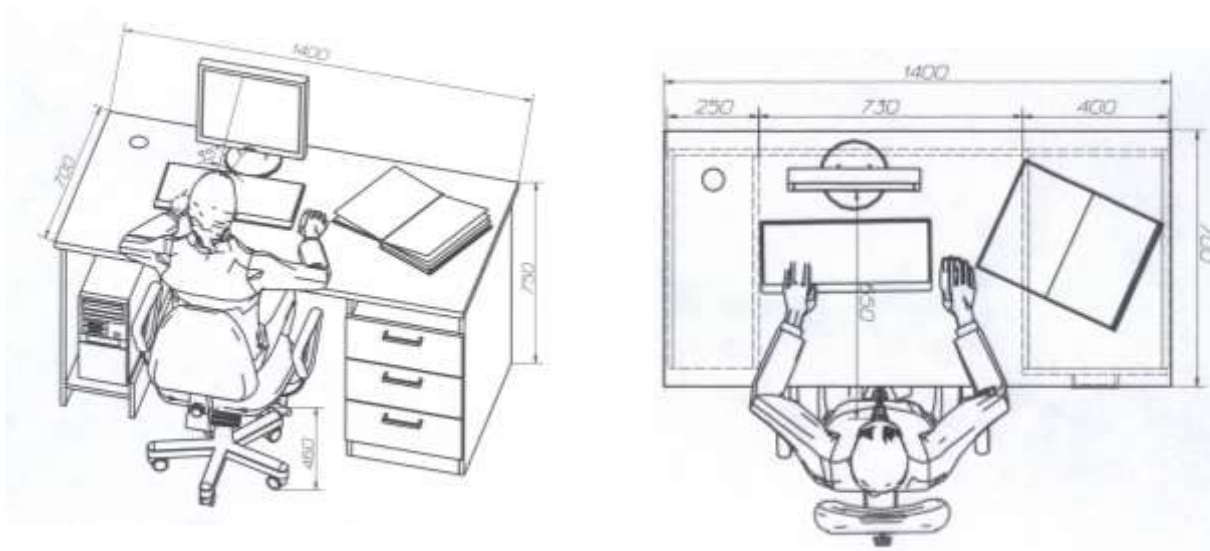


Рис. 1 – Вариант проекта рабочего места пользователя ПК
(ортогональные и аксонометрическая проекции)

В процессе выполнения работы для наиболее полной визуализации проекта также создается 3D-модель с использованием различных систем трехмерного моделирования и редакторов трехмерной графики (рис. 2).



Рис. 2 – Трехмерная модель разрабатываемого проекта

Кроме учета эргономических особенностей проектирования непосредственно рабочего места работника, необходимо также обратить внимание на рабочее пространство – взаимодействие всех участников рабочего процесса в его пределах и схему расположения конкретного места в обобщенной группе. Это следующий уровень анализа компоновки рабочего места пользователя ПК, при котором необходимо оценивать расположение столов, пультов, перегородок, освещение и т.п., а также учитывать пространственно-предметную среду отдела, отделения, учреждения или офиса, что может быть предметом рассмотрения в последующих разработках.

Список литературы

1. Мунипов В. М. Эргономика: человекоориентированное проектирование техники, программных средств и среды: учеб. для студ. вузов. М.: Логос, 2001. 356 с.
2. Рунге В. Ф., Манусевич Ю. П. Эргономика в дизайне среды: учеб. пособие. М.: Архитектура-С, 2005. 328 с.
3. Требования охраны труда, предъявляемые к рабочему месту пользователя ПК: метод. рекомендации для самостоятельной работы студентов по дисциплине БЖД / Н.И. Николаева, Я.М. Абдушаева, О.Н. Виноградова и др. Великий Новгород: НовГУ им. Ярослава Мудрого, 2011. 43 с.

УДК 624.04

ПРИМЕРЫ РЕКОНСТРУКЦИИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ КООРДИНАТНО-АНАЛИТИЧЕСКИМ СПОСОБОМ

*Купин И.В. *, Зайцев Ю.А. *, Антропова Т.В. **

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

Рассматривается пример применения аналитического способа реконструкции перспективных изображений, позволяющий уменьшить трудоемкость построения ортогональных проекций объектов.

Ключевые слова: перспективные изображения, реконструкция, координатно-аналитический метод, графические построения

EXAMPLES OF RESTORATION OF PERSPECTIVE FIGURES BY COORDINATE-ANALYTICAL METHOD

*Kupin I.V. *, Zaytsev Y.A. *, Antropova T.V. **

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

It is reviewed an example of employment the analytical method of restoration of perspective figures, which allows to relieve workload of compositions of object orthogonal projection.

Keywords: perspective figures, restoration, coordinate-analytical method, graphical compositions

В работах известных авторов [1, 2] достаточно подробно рассмотрены приемы реконструкции перспективных изображений графическими способами. Авторами настоящей статьи ранее выведены аналитические формулы для проведения реконструкции перспективного изображения объекта и построения на основе аналитических расчетов ортогонального чертежа объекта, по которому его (объект) можно будет в последующем изготовить.

Рассмотрим примеры реконструкции перспективных изображений объектов с последующим построением их ортогональных проекций и на их основе рабочих чертежей.

Изображение новогодней елки на фото получено репортером с вертолета на высоте $h = 100$ м и удалением по горизонтали (дистанционным расстоянием) $d = 50$ м. (рис. 1).

Контур ели представим в виде правильного конуса, осью которого является ствол дерева (А – корень, В – вершина), а основание кроны ели представим точками С, D, E, F, расположенными по окружности с центром в точке О ствола дерева (см. рис. 2).

Исходные данные для проведения реконструкции перспективного изображения ели получим непосредственным измерением координат выбранных точек. Результаты измерений (расчетные координаты) показаны в таблице 1.



Рис. 1 – Фотографирование ели с вертолета

Для расчета координат точек, необходимых для построения ортогонального чертежа, используем ранее полученные формулы. В качестве главных параметров представленного перспективного изображения ели принимаем ранее указанные величины удаления репортера от изображаемого объекта: $d = 50$ м, $h = 100$ м. Покажем как выглядят расчетные формулы применительно к точке А (корень ели):

$$X_{OA} = X_{ПА} \frac{h}{h - Y_{ПА}} \quad (1)$$

$$Y_{OA} = Y_{ПА} \frac{h}{h - Y_{ПА}} \quad (2)$$

$$Z_{OA} = Z_{ПА} \frac{h}{h - Y_{ПА}} \quad (3)$$

где: X_{OA} , Y_{OA} , Z_{OA} – исходные ортогональные координаты точки А:

$X_{ПА}$, $Y_{ПА}$, $Z_{ПА}$ – координаты точки А на перспективном изображении (перспективные координаты);

d – дистанционное расстояние;

h – высота горизонта.

Таблица 1 – Исходные (перспективные)
и расчетные (ортогональные) координаты точек ели

Точки	О	А	В	С	Д	Е	Ф
Оси	Перспективные координаты (м)						
$X_{п}$	33,3	33,3	33,3	38,4	26,7	29,4	40,23
$Y_{п}$	33,3	33,3	33,3	23,1	33,3	41,6	33,3
$Z_{п}$	3,33	0	33,3	3,8	3,33	3	3,33
Оси	Ортогональные координаты (м)						
X_o	50	50	50	50	40	50	60
Y_o	25	25	25	15	25	35	25
Z_o	5	0	50	5	5	5	5

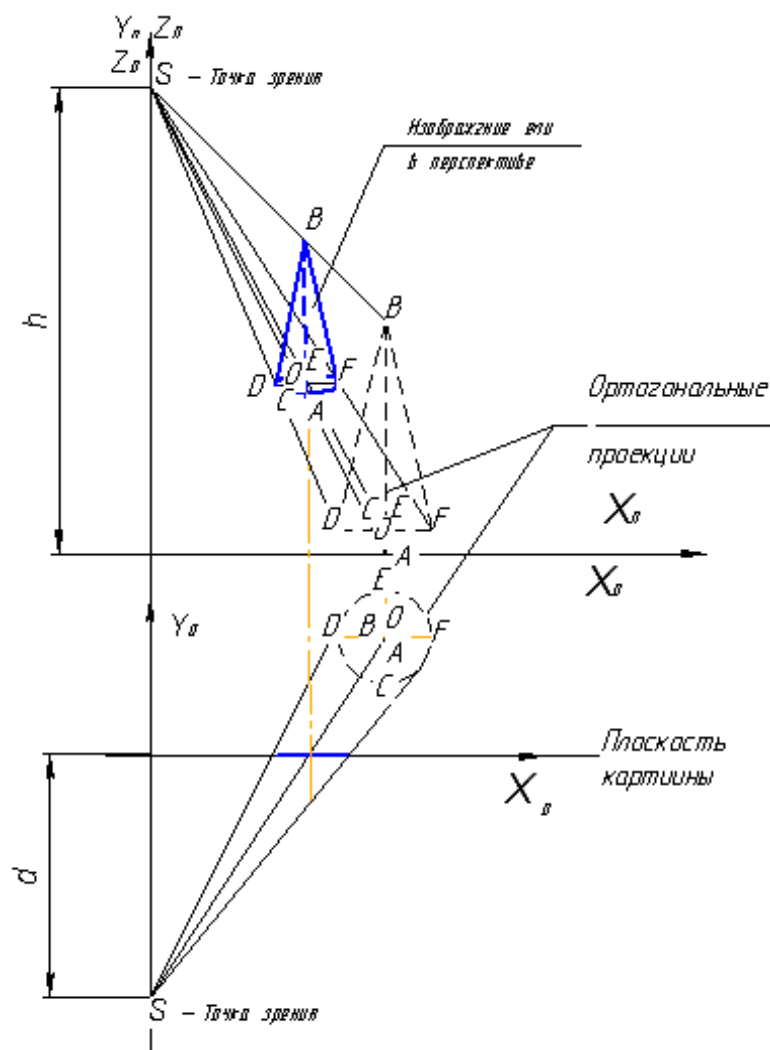


Рис. 2 – Реконструкция перспективного чертежа элли

На рис. 2 приведен графический вариант реконструкции перспективного изображения элли, который полностью подтвердил правильность аналитических расчетов.

В качестве второго примера рассмотрим реконструкцию перспективного изображения дачного домика. Исходные данные и результаты расчетов представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Исходные и расчетные координаты основных точек дачного домика

Точки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Оси	Перспективные координаты (м)									
Xп	42,9	27,8	40,9	62,5	42,9	27,8	40,9	62,5	34,4	50
Yп	28,5	44,4	54,54	37,5	28,6	44,4	54,54	37,5	37,5	47,4
Zп	0	0	0	0	21,4	16,7	13,6	18,75	31,25	26,3
Оси	Ортогональные координаты (м)									
Xo	60	50	90	100	60	50	90	100	55	95
Yo	20	40	60	30	20	40	60	30	30	45
Zo	0	0	0	0	30	30	30	30	50	50

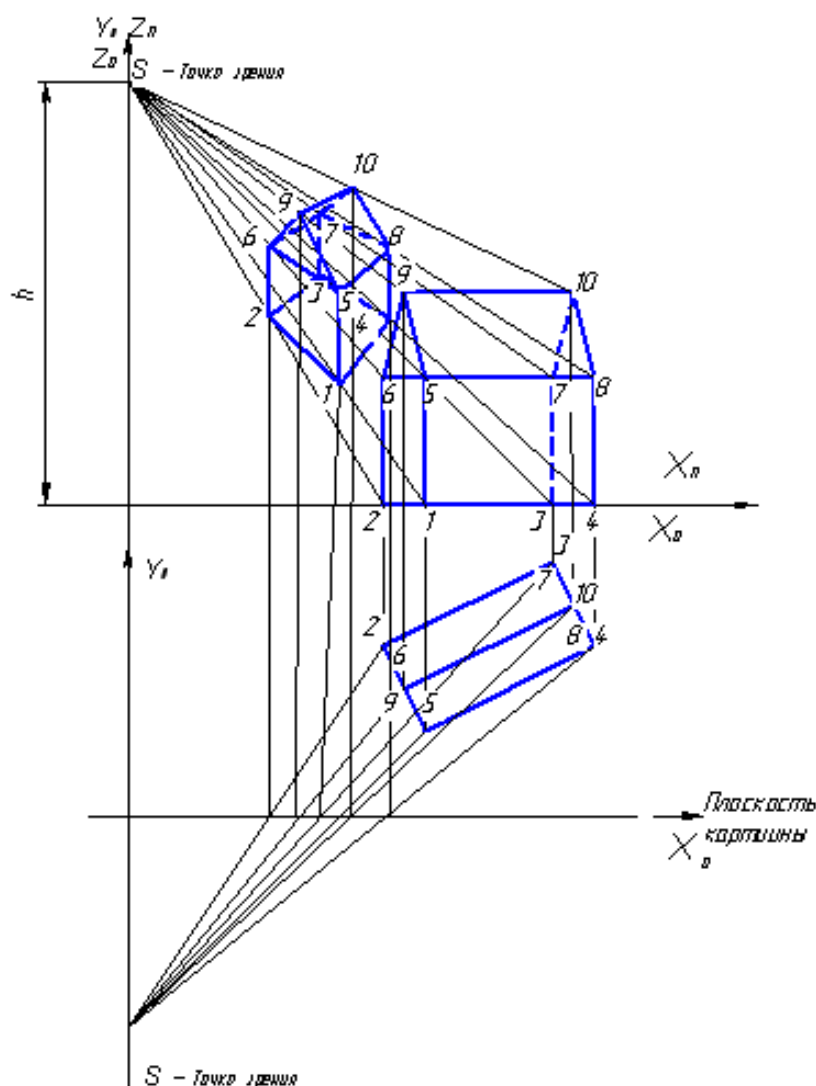


Рис. 3 – Реконструкция перспективного чертежа дачного домика

Исходные координаты точек, определяющих размеры и форму домика, также получены непосредственным измерением на перспективном изображении (рис. 3). При проведении аналитических расчетов величины главных параметров перспективы принимаем равными: $d = 50$ м, $h = 100$ м. Расчеты координат точек для построения ортогонального чертежа производим по формулам (1)-(3), приведенным выше.

Приведенные примеры показывают, что аналитические расчеты, особенно при использовании современной вычислительной техники, позволяют значительно снизить объем графических построений при реконструкции перспективных изображений.

Список литературы

1. Климухин А. Г. Начертательная геометрия: учеб. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1978. 336 с.
2. Короев Ю. И. Начертательная геометрия: учеб для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М. : Архитектура-С, 2003. 424 с.
3. Начертательная геометрия: учеб. / Н. Н. Крылов [и др.]; под ред. Н. Н. Крылова. 10-е изд., стер. М.: Высш. шк., 2007. 224 с.

РЕКОНСТРУКЦИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ КООРДИНАТНО-АНАЛИТИЧЕСКИМ СПОСОБОМ

Купин И.В. *, Зайцев Ю.А. *, Антропова Т.В. *

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

Предлагается аналитический способ реконструкции перспективных изображений, позволяющий использовать координаты характерных точек объекта, снятых непосредственно измерением с чертежа. Такие расчеты являются более простыми по сравнению с графическими способами реконструкции и могут быть использованы, в том числе, в процессе проектирования строительных объектов.

Ключевые слова: перспективные изображения, реконструкция, координатно-аналитический метод, графические построения

RESTORATION OF PERSPECTIVE FIGURES BY COORDINATE-ANALYTICAL METHOD

Kupin I.V. *, Zaytsev Y.A. *, Antropova T.V. *

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

It is initiated analytical method of restoration of perspective figures, which allows to use coordinates of intrinsic points of object, which were taken from technical drawing directly by measurement. Such calculations are more simple against graphical methods and can be used among them in the process of development of building sites.

Keywords: perspective figures, restoration, coordinate-analytical method, graphical compositions

Методика реконструкции перспективных изображений с помощью графических построений достаточно подробно рассмотрена в ряде учебно-методических работ известных авторов [1-3]. Общим недостатком графических способов реконструкции перспективных изображений является большая трудоемкость проводимых построений.

В настоящей статье рассматривается возможность реконструкции перспективных изображений объектов на плоскости (линейная перспектива) с помощью аналитических расчетов, в которых в качестве исходных данных используются координаты характерных точек объектов, полученные непосредственным измерением на перспективных чертежах, рассматриваемых объектов.

Вначале остановимся на реконструкции простейшего геометрического объекта – точки. В ортогональных проекциях точное положение точки в пространстве (величины координат по всем осям) можно установить только при наличии двух ее проекций:

а) горизонтальной в плоскости XOY , на которой отображены координаты (X_o) вдоль оси OX и (Y_o) вдоль оси OY и фронтальной плоскости XOZ , на которой отображены координаты (X_o) вдоль оси OX и (Z_o) вдоль оси OZ ;

б) горизонтальной в плоскости XOY , на которой отображены координаты (X_o) вдоль оси OX и (Y_o) вдоль оси OY и профильной плоскости YOZ , на которой отображены координаты (Y_o) вдоль оси Y и (Z_o) вдоль оси OZ ;

в) фронтальной в плоскости XOZ , на которой отображены координаты (X_o) вдоль оси OX и (Z_o) вдоль оси OZ и профильной плоскости YOZ , на которой отображены координаты (Y_o) вдоль оси Y и (Z_o) вдоль оси OZ .

Особенностью линейной перспективы является получение трехмерных изображений геометрических объектов (картины) в одной плоскости, получаемое с использованием аппарата центрального проецирования. Необходимо уточнить, как будут отражаться координаты точки по трем взаимно-перпендикулярным направлениям при ее изображении на плоскости картины.

Чаще всего изображение объекта (картину) располагают в вертикальной плоскости, параллельной фронтальной плоскости проекций – XOZ , используемой при создании ортогональных чертежей. В качестве предметной плоскости будем использовать горизонтальную плоскость проекций XOY .

Обозначим плоскость картины буквой K , а предметную плоскость – буквой T и изобразим схему построения перспективного изображения точки A , произвольно расположенной в пространстве. Для вывода расчетных формул принимаем, что центры ортогональной ($X_o Y_o Z_o$) и перспективной ($X_p Y_p Z_p$) систем координат расположены в одной точке P_o (см. рис. 1).

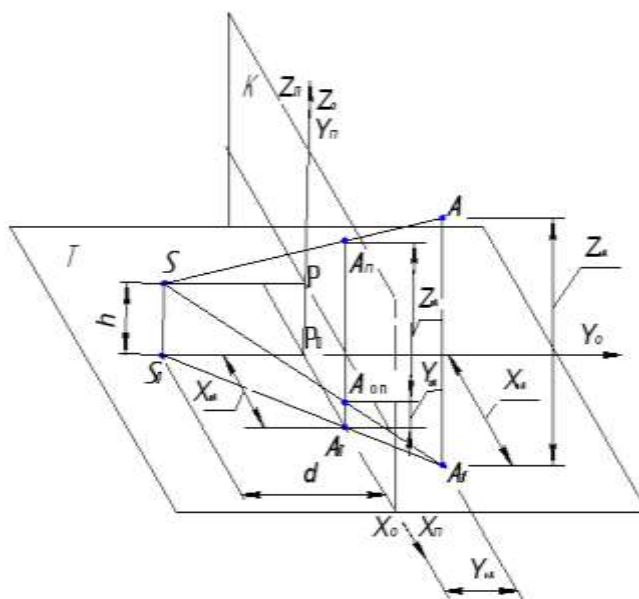


Рис. 1 – Схема построения перспективного изображения точки A

Из схемы наглядно видно, что оси координат X_o и X_p совпадают и расположены на линии основания плоскости картины. Оси Z_o и Z_p также совпадают. Ось Y_o находится в предметной плоскости T и расположена перпендикулярно основанию картины. Проекция оси Y_o на плоскость картины при центральном проецировании Y_p полностью совпадает с осью Z_p , как показано на рис. 1. Там же даны ортогональные (X_{oa} , Y_{oa} , Z_{oa}) координаты точки A и отображение этих координат в перспективном изображении (X_{pa} , Y_{pa} , Z_{pa}). Для проведения реконструкции перспективного изображения точки необходимо найти аналитические зависимости между перспективными (X_{pa} , Y_{pa} , Z_{pa}) и ортогональными (X_{oa} , Y_{oa} , Z_{oa}) координатами точки A .

В этих целях пространственную схему перспективного изображения точки A представим на рис. 2 в виде двух ортогональных проекций на плоскости XOZ (вертикальной плоскости, совпадающей с плоскостью картины K) и на плоскости XOY (горизонтальной плоскостью, совпадающей с предметной плоскостью T). Такое изображение позволяет произвести совмещение перспективного изображения точки с ортогональными проекциями и наглядно увидеть геометрические взаимосвязи между ортогональными и перспективными координатами точки A .

Итак, принимаем в качестве исходных данных для решения задачи по реконструкции перспективного изображения точки с заданными параметрами аппарата перспективы: d – дистанционное расстояние, h – высота горизонта и координаты расположения точки A (X_p , Y_p , Z_p), полученные непосредственным измерением на перспективном чертеже.

На фронтальной проекции ортогонального чертежа (рис. 2) выделим два треугольника: $\Delta A_o A_{op} N_2$ и $\Delta A_o 5_o 5_{o2}$.

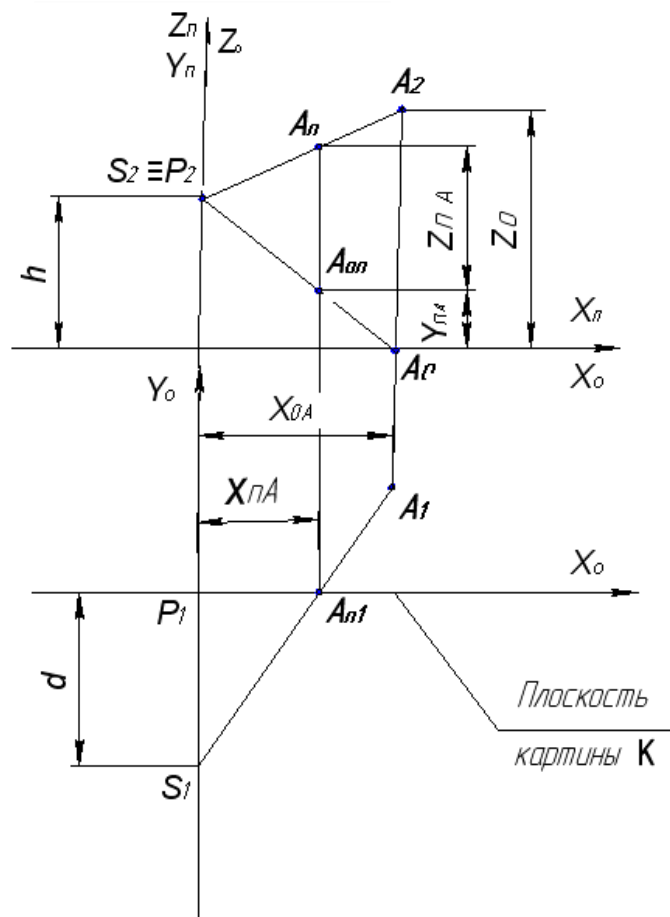


Рис. 2 – Совмещение перспективного изображения точки A с ортогональными проекциями

Треугольники подобны из условия параллельности сторон. Из подобия треугольников можно составить пропорцию:

$$\frac{A_o 5_{o2}}{5_o 5_{o2}} = \frac{A_{op} N_2}{A_{o2} N_2}.$$

Из чертежа видно: $A_o 5_{o2} = X_o$, $5_o 5_{o2} = h$, $A_{o2} N_2 = Y_{пА}$, $A_{op} N_2 = X_{оА} - X_{пА}$. После подстановки указанных значений пропорция примет вид

$$\frac{X_{оА}}{h} = \frac{X_{оА} - X_{пА}}{Y_{пА}}.$$

Решив пропорцию, получим расчетную формулу для определения координаты точки по оси X на ортогональном чертеже:

$$X_{оА} = X_{пА} \frac{h}{h - Y_{пА}}. \quad (1)$$

Далее на горизонтальной проекции ортогонального чертежа (рис. 2) выделим два подобных треугольника: $\Delta A_1 A_{п1} N_1$ и $\Delta A_1 M_1 5_1$. На основе их подобия можно составить пропорцию

$$\frac{A_{п1} N_1}{A_1 A_{п1}} = \frac{M_1 5_1}{A_1 M_1}.$$

Учитывая, что: $A_{п1} N_1 = Y_{оА}$, $A_1 A_{п1} = X_{оА} - X_{пА}$, $M_1 5_1 = Y_o + d$, $A_1 M_1 = X_{оА}$, пропорция примет вид

$$\frac{Y_{OA}}{X_{OA} - X_{ПА}} = \frac{Y_O + d}{X_{OA}}.$$

В результате решения пропорции получим

$$Y_{OA} = \frac{(Y_O + d) \cdot (X_{OA} - X_{ПА})}{X_{OA}}.$$

После подстановки значения X_{OA} из уравнения (1), получим формулу для определения координаты точки по оси Y и оси X на ортогональном чертеже:

$$Y_{OA} = Y_{ПА} \cdot \frac{d}{h - Y_{ПА}}. \quad (2)$$

В заключение выделим на фронтальной проекции ортогонального чертежа (рис. 2) два треугольника: $\Delta A_O A_{OP} N_2$ и $\Delta A_O 5_O 5_{O2}$. Треугольники подобны из условия параллельности сторон. На основе их подобия можно составить пропорциональное соотношение:

$$\frac{A_O A_2}{A_{ПА} A_{OP}} = \frac{A_O 5_2}{A_{O2} 5_2}.$$

Учитывая, что: $A_O A_2 = Z_{OA}$, $A_{ПА} A_{OP} = Z_{ПА}$, $A_O 5_2 = h$, $A_{O2} 5_2 = h - Y_{ПА}$ пропорция примет вид

$$\frac{Z_{OA}}{Z_{ПА}} = \frac{h}{h - Y_{ПА}}.$$

Решив составленное уравнение, получим

$$Z_{OA} = Z_{ПА} \frac{h}{h - Y_{ПА}} \quad (3)$$

Таким образом, нами выведены расчетные формулы определения исходных координат характерных точек, по которым можно на основе перспективного изображения создать ортогональный чертеж и по нему изготовить объект.

Список литературы

1. Зайцев Ю.А., Иванов В.С. Наглядные изображения / Сарат. гос. техн. ун-т. Саратов, 1993. 160 с.
2. Короев Ю. И. Начертательная геометрия: учеб. для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Архитектура-С, 2003. 424 с.
3. Начертательная геометрия: учеб. / Н. Н. Крылов [и др.]; под ред. Н. Н. Крылова. 10-е изд., стер. М.: Высш. шк., 2007. 224 с.

УДК 691-4

**ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ ПОЛЫХ МИКРОСФЕР,
ИСПОЛЪЗУЕМЫХ В КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛАХ**

В.В. Стрoкова*, Д.О. Бондаренко*, И.Ю. Маркова*

** Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова,
Россия, Белгород*

Рассмотрены микросферы различного происхождения. Дана краткая информация о современных областях применения и дальнейших предпосылках их использования в композиционных материалах. Изложены материалы исследований химического состава и микроструктуры микросфер.

Ключевые слова: полые микросферы, алюмосиликатное и силикатное сырье, микроструктура

**STUDY OF MICROSTRUCTURE OF HOLLOW MICROSPHERES
USED IN COMPOSITE MATERIALS**

V.V. Strokov*, D.O. Bondarenko*, I.Yu. Markova*

** V.G. Shukhov Belgorod State Technological University,
Russia, Belgorod, di_bondarenko@mail.ru*

In this paper microspheres of different origin are studied. Brief information on current applications and future premises of their application in composite materials is given. Materials of research of the chemical composition and the microstructure of the microspheres are presented.

Keywords: hollow microspheres, aluminosilicate and silicate raw materials, microstructure

В настоящее время микросферы как природного, так и искусственного происхождения имеют весьма широкую область применения. В промышленности строительных материалов – в качестве наполнителя при производстве сверхлегких бетонов, различных композиционных материалов и специальных видов цемента, штукатурок и покрытий [1-5]. В водородной энергетике их используют как резервуары для хранения газа [6]. Стекланные микросферы и микрошарики применяют в дорожном строительстве в качестве светоотражающих элементов дорожной разметки, в автомобильной промышленности при разработке осветительных элементов и приборов. Новым направлением использования стекланных и керамических микросфер является лакокрасочная промышленность [7].

К основным факторам, определяющим физико-химические характеристики микросфер, относятся не только их химический состав, но и макро- и микроструктура поверхностного слоя. Этим в конечном итоге определяются такие важные эксплуатационные показатели, как прочность на сжатие, истираемость, микротвердость, кислотостойкость, щелочестойкость, водостойкость, термостойкость и т.д.

В данной работе были рассмотрены алюмосиликатные микросферы (первый и второй вид), а также силикатные микросферы (третий вид).

Прочностные характеристики определяются как химическим составом микросферы, так и толщиной перегородки. С этой целью с использованием растровой электронной микроскопии исследовали микроструктуру микросфер. Исходный усредненный химический состав микросфер представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав микросфер

Наименование сырья	Содержание, % по массе								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	CaO	п.п.п.
Первый вид микросфер (а)	59,45	23,72	5,33	4,92	2,48	1,74	0,868	0,685	0,807
Второй вид микросфер (б)	54,99	39,83	1,25	0,465	0,514	0,474	0,957	0,925	0,595
Третий вид микросфер (в)	68,37	1,87	0,092	5,52	0,302	15,5	0,035	7,95	0,361

Предварительно для исследований изучаемые микросферы были заформованы в эпоксидную смолу и после полимеризации смолы были сделаны аншлифы.

Микроструктура микросфер различного происхождения представлена на рис. 1.

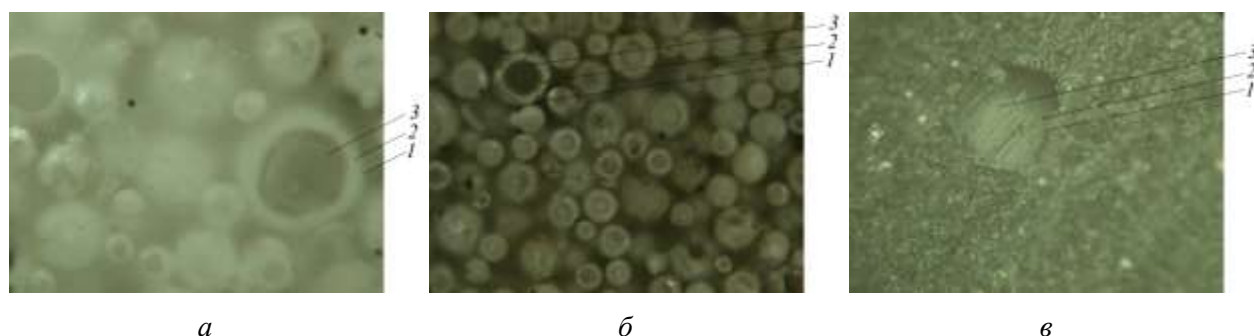


Рис. 1 – Микроструктура микросфер:

а – первый вид микросфер, *б* – второй вид микросфер, *в* – третий вид микросфер;
1 – микросфера; 2 – перегородка сферы; 3 – газовая полость сферы

Как видно из рисунка 1, микросферы трех исследуемых составов представляют собой полую сферу с перегородкой 6-10 мкм. Размер частиц алюмосиликатных микросфер лежит в пределах 20-150 мкм, силикатных – 100-250 мкм.

Известно [8], что кристаллизация, даже частичная, существенно повышает эксплуатационные показатели. Наиболее интересным представляется исследование структуры поверхности алюмосиликатных микросфер второго вида, имеющих в своем составе 11,1 % кристаллической фазы, которая представлена в основном муллитом. Муллит обычно в структуре материала находится в виде «иголок» и остроконечных кристаллов.

Поверхностную микроструктуру алюмосиликатных микросфер исследовали зондовой атомно-силовой микроскопией с использованием сканирующего зондового микроскопа NanoEducator фирмы NT–MDT.

Как видно из рисунка 2, поверхность алюмосиликатной микросферы второго вида, которая была заформована в эпоксидную смолу, представлена микрошероховатым рельефом. Рост кристаллов сформировался от центра к периферии, что свидетельствует о градиенте концентраций щелочных и щелочноземельных ком-

пунктов в сторону центра перегородки микросферы. Пики кристаллов представлены обогащенной алюмосиликатной фазой, высота которых лежит в пределах 200-300 нм.

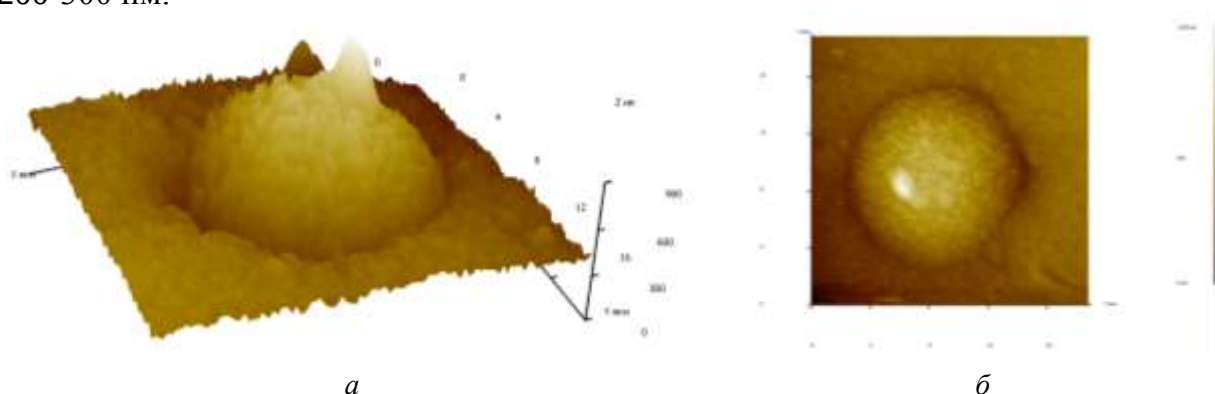


Рис. 2 – Поверхность алюмосиликатной микросферы (второй вид):
а – микросфера в изометрии; б – микросфера, вид сверху

На рис. 2, б представлен вид микросферы сверху, где видны пики кристаллов, обогащенные алюмосиликатным составом. Поскольку в аморфном состоянии образовываться такие пики кристаллов не могут, логично утверждать, что поверхность алюмосиликатных микросфер представлена муллитом. Такое строение микросфер позволяет сделать выводы о таких высоких физико-механических характеристиках, как микротвердость и истираемость, а также о возможно большей агрегативной устойчивости в композиционных материалах.

Аналогичные исследования были проведены для микросфер первого вида (рис. 3), в которых степень кристалличности составляет 2,5 %.

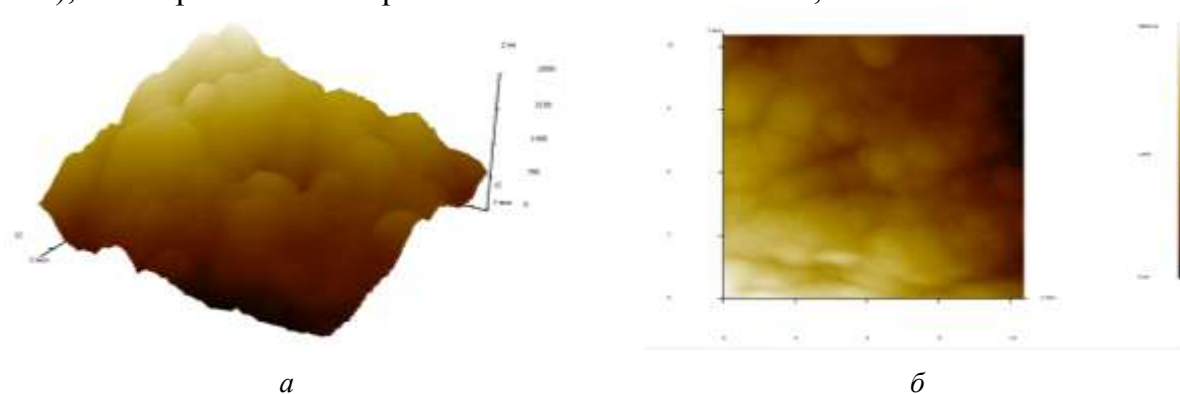


Рис. 3 – Поверхность алюмосиликатной микросферы (первый вид):
а – микросфера в изометрии; б – микросфера, вид сверху

Как видно из рисунка 3, поверхность алюмосиликатных микросфер первого вида по сравнению с алюмосиликатными микросферами второго вида не имеет пиков и обладает более ровным рельефом.

В ходе проведенных исследований установлено, что на микроструктуру поверхности микросфер влияет наличие кристаллической фазы, которая в дальнейшем позволит прогнозировать важные эксплуатационные показатели в композиционных материалах.

Работа выполнена в рамках программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова.

Список литературы

1. Полые микросферы – эффективный наполнитель в строительные и тампонажные растворы / Орешкин Д.В., Беляев К.В., Семенов В.С., Кретьева У.Е. // Промышленное и гражданское строительство. 2010. № 9. С. 50-51.
2. Полые микросферы из зол-уноса – многофункциональный наполнитель композиционных материалов / Данилин Л.Д., Дрожжин В.С., Куваев М.Д., Куликов С.А., Максимова Н.В., Малинов В.И., Пикулин И.В., Редюшев С.А., Ховрин А.Н. // Цемент и его применение. 2012. № 4. С. 100-105.
3. К вопросу об использовании стеклянных полых микросфер для теплоизоляционно-конструкционных кладочных растворов / Ключков А.В., Павленко Н.В., Строкова В.В., Беленцов Ю.А. // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 3. С. 64-66.
4. Ключков А.В., Строкова В.В., Павленко Н.В. Конструкционно-теплоизоляционные кладочные смеси с применением полых стеклянных микросфер // Строительные материалы. 2012. № 12. С. 24-27.
5. Низина Т.А., Инин А.Е. Энергоэффективные жидкие теплоизоляционные покрытия на основе полых микросфер и тонкодисперсных минеральных наполнителей // Региональная архитектура и строительство. 2015. № 4-1 (25). С. 33-41.
6. Медведев Е.Ф. Водородная проницаемость силикатных и боросиликатных стекол: основы феноменологии, золь-гель синтез и анализ компонентов шихт: монография. Саратов: ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 2009. 364 с.
7. Яковлев А.Д., Евтюков Н.З., Гольц Т.И. Порошковые краски с применением микросфер // Лакокрасочные материалы и их применение. 2011. № 9. С. 34-40.
8. Павлушкин Н.М. Химическая технология стекла и ситаллов. М.: Стройиздат, 1983. 432 с.

УДК 691.53

К ПРОБЛЕМЕ СТАНДАРТИЗАЦИИ НОВЫХ ВИДОВ ПРОДУКЦИИ НА ПРИМЕРЕ САМОУПЛОТНЯЮЩЕГОСЯ БЕТОНА

Костина Е.В., Молчанов А.О.*, Нелюбова В.В.**

** Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова,
Россия, Белгород*

Рассматривается проблема сертификации новых видов бетонов на примере самоуплотняющегося бетона. Проведен анализ Европейской нормативной документации и Стандарта организации, описывающего характеристики нового вида бетонной смеси.

Ключевые слова: самоуплотняющийся бетон, СУБ, Стандарт организации, Европейские нормы

TO THE PROBLEM OF STANDARDIZATION OF NEW PRODUCTS TYPES WITH SELF-COMPACTING CONCRETE EXAMPLE

Kostina E.V., Molchanov A.O.*, Nelyubova V.V.**

** V.G. Shoukhov Belgorod State Technological University,
Russia, Belgorod*

This article deals with the problem of certification of new types of concrete with self-compacting concrete example. The analysis of the European regulatory documentation and Standard of the organization, which describes the characteristics of a new type of concrete mix.

Keywords: self-compacting concrete, SCC, Organization Standard, European standards

В процессе трудовой деятельности специалист вынужден решать повторяющиеся задачи: составление технической и управленческой документации, измерение параметров процесса производства продукции, осуществление ее контроля, а также множество подобных задач.

Уменьшить затраты на поиски оптимальных решений призвана стандартизация, одной из целей которой является выявление наиболее правильного и экономичного варианта. Ее деятельность направлена на установление правил и характеристик в целях добровольного многократного использования, а также на достижение упорядоченности в сферах производства и обращения продукции и повышения ее конкурентоспособности [1].

В связи с общим научно-техническим прогрессом в строительной индустрии появился самоуплотняющийся бетон (СУБ) [2, 3 и др.]. Он характеризуется особым составом смеси, которая способна уплотняться под действием собственного веса. Эта разработка была заимствована из-за рубежа и не так давно нашла применение в строительной индустрии нашей страны. Поэтому национального стандарта на данный вид продукции к настоящему моменту еще не разработано. При этом существующая классификация бетонов не позволяет отнести самоуплотняющиеся материалы к определенному классу [4].

Важно отметить, что в соответствии с Федеральным Законом № 162 – ФЗ от 29.06.2015 «О стандартизации» с 1 июля 2016 к документам в области стандартизации теперь относятся и стандарты организации (СТО) и технические условия (ТУ). По сравнению с национальным стандартом СТО являются более мобильными в части применения повышенных показателей качества. Это обусловлено тем, что «изготовители-лидеры» устанавливают в этих стандартах нормы, превышающие требования национальных стандартов, не дожидаясь, когда «подтянутся» другие предприятия отрасли [5].

Очень перспективно применение СТО в качестве предварительных стандартов для целей подтверждения соответствия в отношении инновационной продукции, к числу которых относится самоуплотняющийся бетон.

На основании стандарта организации ООО «БАСФ Строительные системы» СТО 70386662-306-2013 «Добавки на основе эфиров поликарбоксилатов для изготовления вибрационных и самоуплотняющихся бетонов», самоуплотняющиеся бетоны должны соответствовать нормативной документации для транспортных (или гражданских, гидротехнических и т.д.) сооружений [6]. Параллельно с этим они должны отвечать требованиям, установленным проектом, согласованным с Заказчиком, а гарантия их обеспечения лежит на изготовителе бетона и конструкции.

Разработке национального стандарта на СУБ препятствует несколько барьеров. Первым барьером можно считать недостаточное количество научных экспертиз свойств бетона, качественных показателей, методов испытаний образцов, предварительно заложенных в СТО.

Еще одним барьером можно назвать то, что для различных классов самоуплотняющихся бетонов, разделенных по их специфике применения в строительстве (Европейский стандарт EN 206-1:2000), не нормируются качественные показатели по следующим строительно-техническим свойствам: ползучесть, усадка, сцепление с арматурой, величина силы сдвига. А это предполагает дополнительные затраты на исследование.

Необходимо также провести эксперименты по исследованию влияния количественного и качественного состава бетона на его свойства и по их результатам описать требования для материалов для самоуплотняющегося бетона. Например, для того, чтобы правильно подобрать марку или класс цемента для бетонной смеси, необходимо знать назначение конструкции, класс бетона по прочности на сжатие, марку бетона по морозостойкости и водопроницаемости. Из этих же соображений подбираются и другие необходимые компоненты бетонной смеси, отвечающие требованиям, заложенным в проекте.

К другому барьеру можно отнести определение показателей качества на перспективу. Они призваны обеспечить высокую конкурентоспособность на рынке. Это происходит из-за различной степени развитости организаций в отрасли производства бетонных смесей. Не должно получиться так, что принятие стандарта приведет к монополии строительных организаций, технический и профессиональный уровень которых позволяет выпускать бетоны, соответствующие принятым нормам.

Учитывая все эти нюансы, разработчики стандарта составляют нормативный документ, соответствующий запросам заинтересованных лиц. Проект стандарта обсуждается экспертной комиссией, в которую входят представители Технического комитета, а также представители строительных организаций и предприниматели.

В качестве основы для проекта стандарта может использоваться действующий или разрабатываемый (на любой стадии) национальный стандарт государства-разработчика, другого государства-участника Соглашения или иной страны. Так, для разработки СТО 70386662-306-2013 «Добавки на основе эфиров поликарбонилатов для изготовления вибрационных и самоуплотняющихся бетонов» использовались:

- Национальные стандарты Российской Федерации
- Республиканские стандарты РСФСР
- Европейские нормы и стандарты

В основном Европейские нормы, фигурирующие в стандарте, описывали добавки, не распространенные в России, например зола-уноса для бетона (стандарты EN450-1 и EN450-2), а также различные требования, предъявляемые к самоуплотняющемуся бетону [4].

И в заключение можно уверенно сказать, что в скором времени в Российской Федерации будет зарегистрирован национальный стандарт для самоуплотняющегося бетона, так как сформировались явные предпосылки для начала процесса разработки нормативной документации. Тем более, как озвучивалось ранее, СТО может послужить в качестве предварительного стандарта, а это уже существенно облегчает работу Технического комитета.

Список литературы

1. Степанов А.М. Техническое регулирование в строительстве: монография. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2010. 169 с.
2. Лесовик В.С, Милькина А.С., Шаповалов Н.Н. Самоуплотняющийся бетон на композиционном вяжущем с использованием сырьевых ресурсов КМА для устройства полов // Наукоемкие технологии и инновации: материалы Юбилейной международной научно-практической конференции, посвященной 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова (XXI научные чтения), Белгород, 9–10 октября 2014 г. Белгород, 2014. С. 440-444.

3. Лесовик В.С., Дегтев Ю.В., Воронов В.В. Вяжущие для малых архитектурных форм из самоуплотняющихся бетонов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 5. С. 85-90.
4. ГОСТ 25192-2012. Бетоны. Классификация и общие технические требования [Электронный ресурс, URL - <http://docs.cntd.ru/document/1200100938> Дата обращения – 3.04.2016]
5. Федеральный Закон № 162 – ФЗ от 29.06.2015 «О стандартизации» [Электронный ресурс, URL - <http://docs.cntd.ru/document/420284277> Дата обращения – 3.04.2016]
6. Стандарт организации СТО 70386662-306-2013 «Добавки на основе эфиров поликарбонатов для изготовления вибрационных и самоуплотняющихся бетонов».

УДК 691.332

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК НА ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННОГО ВЯЖУЩЕГО

Галаутдинов А.Р. *, Мухаметрахимов Р.Х. *

** Казанский государственный архитектурно-строительный университет,
Россия, Казань*

Приводятся результаты экспериментальных исследований влияния активных минеральных добавок, различных по происхождению, минеральному составу, степени дисперсности и активности, в том числе являющихся побочными продуктами промышленности, на реологические и физико-механические свойства композиционного вяжущего. Установлено, что введение активных минеральных добавок в состав композиционного вяжущего приводит к формированию оптимальной структуры изделий на его основе и повышению их эксплуатационных характеристик, что позволяет значительно расширить область применения данных изделий, в том числе для изготовления гипсоволокнистых плит.

Ключевые слова: композиционное вяжущее, активные минеральные добавки, гидравлическая активность

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF ACTIVE MINERAL ADDITIVES ON THE BASIC PROPERTIES OF COMPOSITE BINDER

Galautdinov A.R. *, Mukhametrahimov R.K. *

** Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Russia, Kazan*

This article presents the results of experimental studies of the effect of active mineral admixtures of different origin, mineral composition, the degree of dispersion and activity, including a byproduct of the industry on the rheological and physic-mechanical properties of composite binder. The introduction of active mineral additives in the composite binder leads to the formation of the optimal product structure based on it and improve their performance, which significantly expand the scope of application of these products, including the manufacture of gypsum boards.

Keywords: composite binder, active mineral additives, hydraulic activity

Введение. Применение композиционного вяжущего на основе гипса и цемента в строительстве (сухие строительные смеси, стеновые изделия, перегородки и др.) обусловлено относительно высокими пределами прочности при изгибе и сжатии, высокой огнестойкостью, тепло- и звукоизоляционные характеристики, а также быстрым набором прочности. Вместе с тем недостаток, связанный с образованием этtringита в процессе гидратации композиционного вяжущего, сопровождаемыми увеличением объема и возникновением внутренних напряжений в теле камня, ограничивает область его применения.

Для решения данной проблемы применяются активные минеральные добавки (АМД). Способность связывать гидроксид кальция, который выделяется при гидратации силикатных фаз портландцемента, характеризует гидравлическую активность АМД. Снижение концентрации гидроксида кальция в твердеющей системе практически исключает образование этtringита. В зависимости от активности АМД меняется ее необходимое содержание в составе смеси. Соотношение между портландцементом и активной минеральной добавкой в гипсоцементно-пуццолановых системах определяется по методике, изложенной в [1].

В качестве АМД чаще всего используют побочные продукты промышленности, что является целесообразным с экономической и экологической точки зрения [2-4]. В ряде работ показана эффективность применения многокомпонентных АМД для гипсоцементных систем, например молотого доменного шлака и трепела, цеолитсодержащей породы и известняка [5], цеолитсодержащей породы и микрокремнезема [6], молотой керамзитовой пыли [7], гранулированного доменного шлака совместно с добавками извести и суперпластификатора. Также известно, что механохимическая активация АМД позволяет регулировать формирование структуры и свойств твердеющих композитов [8].

Целью исследований является определение оптимального содержания исследуемых АМД в составе композиционного вяжущего, а также их влияния на эксплуатационные свойства вяжущего.

В процессе исследований были использованы следующие материалы:

- вяжущие: гипс марки Г6БП производства ООО «Аракчинский гипс»; портландцемент марки ПЦ500-Д0-Н.

- активные минеральные добавки: каолин, $S_{уд}=1357 \text{ м}^2/\text{кг}$., включает каолинит (до 95%) с примесями β -кварца и Fe_2O_3 ; метакаолин, полученный путем обжига каолина при температуре 700°C в течение 1 часа, $S_{уд}=1357 \text{ м}^2/\text{кг}$; активированный метакаолин (метакаолин-А), полученный путем активации метакаолина в органической кислоте [9], $S_{уд}=1357 \text{ м}^2/\text{кг}$.; промышленный отход металлургической промышленности – ферросилиций, размолотый до $S_{уд}=391 \text{ м}^2/\text{кг}$.; гранулированный доменный шлак с удельной поверхностью $230 \text{ м}^2/\text{кг}$; отработанный катализатор нефтехимического синтеза – алюмосиликат с удельной поверхностью $300 \text{ м}^2/\text{кг}$; трепел аморфный, содержание $\text{SiO}_2=52,22 \%$, удельная поверхность $1194 \text{ м}^2/\text{кг}$; биокремнезем «Diamix» с удельной поверхностью $20 \text{ м}^2/\text{г}$, представляет собой тонкодисперсный диоксид кремния биогенного происхождения, получаемый в результате специальной комбинированной активации природного диатомита, насыпная плотность $270 \text{ кг}/\text{м}^3$; диатомит дегидратированный «Diasil» с удельной поверхностью $11,2 \text{ м}^2/\text{г}$, насыпная плотность $350 \text{ кг}/\text{м}^3$.

Определение гидравлической активности минеральных добавок осуществляли по методике, основанной на оценке способности АМД поглощать гидроксид кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$ из его насыщенного раствора, согласно ГОСТ 25094-82.

На первом этапе определяли необходимое количество АМД в составе композиционного вяжущего, которое подбирали по концентрации оксида кальция, содержащейся в специальных препаратах, представляющих собой водные суспензии полуводного гипса, портландцемента, и АМД, по методике, описанной в [1].

Результаты экспериментальных исследований по определению гидравлической активности минеральных добавок и их необходимого содержания в составе композиционного вяжущего приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Активность исследуемых минеральных добавок

Наименование АМД	Активность, мг/г	Содержание SiO ₂ , %	Содержание Al ₂ O ₃ , %	Необходимое содержание, % от массы ПЦ
Алюмосиликат	1171,7	49,42	45,85	140
Биокремнезем	1489,3	88,00	6,10	100
Диатомит	1455,9	83,00	5,62	100
Доменный шлак	327,1	38,08	9,75	>150
Каолин	693,0	47,53	34,42	>150
Трепел	1498,5	76,8	4,7	100
Ферросилиций	1450,5	63,7	2,5	20
Метакаолин	1294	47,53	34,42	20
Метакаолин-А	1338	47,53	34,42	20

Установлено, что исследуемые АМД обладают разной степенью активности на 5, 7 и 30 сутки. Наибольшей активностью по поглощению Ca(OH)₂ на 5 и 7 сутки обладают добавки метакаолина, метакаолина-А, и ферросилиция, что обуславливает их относительно небольшое требуемое содержание в составе композиционного вяжущего. Наибольшей гидравлической активностью на 30 сутки обладают добавки метакаолина, метакаолина-А, ферросилиция, трепела, биокремнезема, диатомита и алюмосиликата, которые можно эффективно использовать в сочетании с добавками, проявляющими высокую активность в ранний период твердения.

На следующем этапе были проведены экспериментальные исследования, направленные на установление зависимостей влияния содержания исследуемых АМД на реологические и физико-механические характеристики гипсоцементно-пуццоланового камня. Эксперимент проводился согласно ГОСТ 23789-79. Результаты испытаний приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Влияние исследуемых АМД на нормальную густоту и сроки схватывания композиционного вяжущего

Вид АМД	Доля АМД в вяжущем, %	НГ, %	Сроки схватывания, мин	
			начало	конец
-	-	0,54	5	8
Биокремнезем	20	0,42	31	35
Диатомит	20	0,65	24	28,5
Метакаолин	4	0,53	7,5	10
Метакаолин-А	4	0,53	8	10
Трепел	16	0,53	20	25
Ферросилиций	8	0,51	6,5	8

Изучение реологических свойств ГЦПВ позволило установить, что все исследуемые АМД в минимально необходимых значениях, за исключением диатомита, снижают нормальную густоту на 1-12%. Сроки начала и конца схватывания с добавками метакаолина, метакаолина-А и ферросилиция изменяются незначительно. Добавки биокремнезема, диатомита и трепела в большей степени замедляют кинетику начального структурообразования, что выражается в удлинении сроков начала и конца схватывания на 15-26 и 17-27 мин соответственно, что, очевидно, связано с их большим содержанием в составе смеси.

Наиболее эффективными АМД для гипсоцементно-пуццолановых систем по критерию повышения прочности из числа исследуемых являются метакаолин, повышающий пределы прочности при изгибе на 49%, при сжатии – на 48%, биокремнезем (37 и 44%) и метакаолин-А (28 и 48%).

Полученные результаты свидетельствуют об активном влиянии АМД на процессы формирования структуры и свойств гипсоцементно-пуццоланового камня, что представляет интерес при выполнении дальнейших исследований.

Список литературы

1. Ферронская А.В. Гипсовые материалы и изделия. Производство и применение. Справочник. М.: АСВ, 2004. 488 с.
2. Рязанов Р.Р., Мухаметрахимов Р.Х., Изотов В.С. Дисперсно-армированные строительные композиционные материалы на основе гипсового вяжущего // Известия КГАСУ. 2011. № 3 (17). С. 145-149.
3. Лукьянова А.Н., Старостина И.В. Строительные композиционные материалы на основе модифицированных гипсовых вяжущих, полученных из отходов производства // Фундаментальные исследования. Технические науки. 2013. № 4. С. 818-822.
4. Крылова А.В., Ткаченко Т.Ф., Перцев В.Т. Эффективные модификаторы цементных систем на основе техногенных отходов // Научный вестник Воронежского ГАСУ. Физико-химические проблемы и высокие технологии строительного материаловедения. 2012. № 5. С. 61-63.
5. Халиуллин М.И., Алтыкис М.Г., Рахимов Р.З. Композиционное ангидритовое вяжущее повышенной водостойкости // Строительные материалы. 2000. № 12. С. 34-35.
6. Алтыкис М.Г. Влияние добавок цеолитсодержащих пород на свойства гипсовых вяжущих // Известия высших учебных заведений. Строительство. 1996. № 3. С. 51-53.
7. Керамзитовая пыль как активная добавка в минеральные вяжущие – состав и пуццолановые свойства / Рахимов Р.З., Халиуллин М.И., Гайфуллин А.Р., Стоянов О.В. // Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16. № 19. С. 57-61.
8. Кукина О.Б., Степанова М.П., Потамошнев Н.Д. Влияние механохимической активации кремнеземсодержащих компонентов на их адсорбционную способность // Научный вестник Воронежского ГАСУ. Физико-химические проблемы и высокие технологии строительного материаловедения. 2013. № 2 (7). С. 28-34.
9. Пат. РФ 2500633. Органоминеральный модификатор для фиброцементных композиций / В.С. Изотов, Р.Х. Мухаметрахимов. Заявл. 04.05.12. Опубл. 10.12.13. Бюл. № 34.

УДК 691.16

СВЯЗЬ СТРОЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ С ИХ ИНГИБИРУЮЩИМ ДЕЙСТВИЕМ

*Таудаева А.А. *, Сатыбаева Т.Ж. *, Мамешов Р.Т. *, Даулеткалиева М.Н. **

** Казахстанский университет инновационных и телекоммуникационных систем,
Казахстан, Уральск*

Рассматриваются проблемы защиты металлических изделий и конструкций от агрессивных воздействий окружающей среды, вызывающих коррозию. Рассматриваются технологически упрощенные и эффективные методы защиты с целью разработки новых эффективных ингибиторов коррозии углеродистых сталей в коррозионных средах. Приводятся результаты исследований широко применяемых ингибиторов коррозии на основе азот-, серосодержащих органических соединений. Для исследования защитных свойств ингибиторов использовался электрохимический метод.

Ключевые слова: ингибиторы, коррозия металлов, методы защиты сталей, азотсодержащие соединения, серосодержащие соединения, электрохимический метод, уравнение Гаммета

THE RELATIONSHIP OF THE STRUCTURE OF SURFACTANTS TO THEIR INHIBITORY EFFECT

*Chudaeva A.A. *, Satybaev T.J. *, Mamedov R.T. *, Dauletkalieva M.N. **

** Kazakhstan University of innovative and telecommunication systems,
Kazakhstan, Uralsk*

The article discusses the problem of protecting metal products and structures from aggressive environmental influences causing corrosion. Considered technologically simplified and effective methods of protection with the aim of developing new effective inhibitors of corrosion of carbon steel in corrosive environments. The results of the research widely used of the corrosion inhibitors based on nitrogen-, sulfur-containing organic compounds. To study the protective properties of the inhibitors was used electrochemical method.

Keywords: inhibitors, corrosion of metals, methods of protecting steel, nitrogen-containing compounds, sulfur-containing compounds, an electrochemical method, the equation of Gamet

Коррозия приводит к большим потерям в результате разрушения трубопроводов, цистерн, металлических частей машин, корпусов судов, морских сооружений. Безвозвратные потери металлов от коррозии составляют 15% от ежегодного их выпуска [1]. Однако во многих случаях косвенные убытки от коррозии могут значительно превышать прямые потери за счет растворения металла.

Цель борьбы с коррозией – это сохранение ресурсов металлов, мировые запасы которых ограничены. Изучение коррозии и разработка методов защиты металлов от нее представляют теоретический интерес и имеют большое экономическое значение для Республики Казахстан.

Наиболее эффективным и технологически несложным защитным мероприятием является ингибиторная защита. Для защиты от коррозии широко применяют ингибиторы [2-3].

Несмотря на то, что на сегодняшний день разработано большое количество ингибиторов коррозии, ассортимент реагентов, которые эффективно решали бы проблему защиты стали весьма ограничен. Перспективны ингибиторы, формирующие прочно адсорбированные плёнки на поверхности металла, обладающие высоким эффектом последействия.

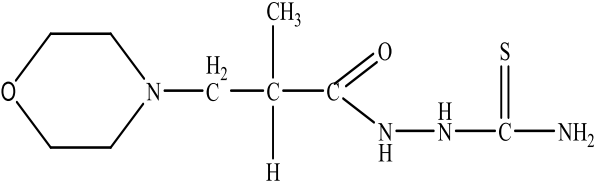
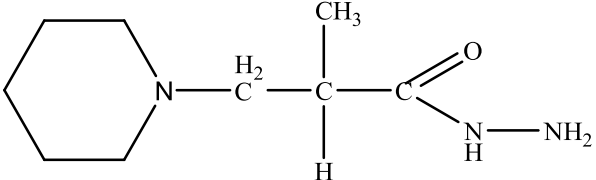
Корреляционные соотношения характеризуют эмпирически устанавливаемые зависимости между различными свойствами одного ряда химических соединений и параметрами структуры, среды или свойствами того же или другого ряда соединений. Важнейшее корреляционные соотношения этого типа – уравнение Гаммета, сопоставляющее изменения в константах скорости или равновесия, индуцируемые введением заместителей в ароматическое бензольное ядро [3].

В основе корреляционных соотношений для физических характеристик лежит установленная квантово-механическими расчетами линейная зависимость констант заместителей от величин электронных зарядов, индуцируемых заместителем на реакционном центре и прилегающих атомах, и других характеристик электронного распределения в молекулах и ионах [4].

С целью разработки новых эффективных ингибиторов коррозии углеродистых сталей в коррозионных средах нами проведены исследования азот-, серосодержащих органических соединений.

Структурные формулы молекул и названия представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Структурные формулы и названия исследованных соединений

Ing	Структурная формула	Название
1	$\text{C}_4\text{H}_9\text{—O—C}\begin{matrix} \text{//} \text{S} \\ \text{//} \text{SNa} \end{matrix}$	Бутилксантогенат натрия
2	$\text{HO—CH}_2\text{—CH}_2\text{—N—C}\begin{matrix} \text{//} \text{S} \\ \text{//} \text{SNH}_4 \end{matrix}$	Этанолдитиокарбомат аммония
3		Тиосемикарбазид 2-метил-3-N-морфолил пропановой кислоты
4		Гидразид α-метил-β-(N-пиперидил) пропановой кислоты

Для исследования защитных свойств ингибиторов коррозии использовался электрохимический метод снятия потенциодинамических поляризационных кривых.

В силу того, что коррозия имеет электрохимическую природу, получить нужную информацию о механизме коррозии можно только из результатов электрохимических исследований. Для получения информации о скорости коррозии нужно пропускать через металл ток и использовать принцип построения поляризационных кривых.

Поляризационные кривые при потенциодинамическом методе получали регистрацией потенциала коррозии и коррозионного тока в трехэлектродной ячейке с помощью потенциостата – гальваностата «PGSTAT30» (AUTOLAB).

Для экспериментального определения зависимости $E - \lg i$ используют трехэлектродные ячейки с исследуемым основным (рабочим) электродом, вспомогательным (обычно платиновым) электродом и электродом сравнения.

Рабочий электрод представляет собой вращающийся дисковый стальной электрод. Фоновым раствором служит та или иная коррозионная модельная среда (раствор 3% NaCl).

Электроды помещают в электрохимическую ячейку с испытуемой средой и подключают к прибору. Поляризационные измерения начинают после установления стационарного потенциала коррозии. Потенциал рабочего электрода смещается от стационарного значения в катодную или анодную сторону. Вначале снимается катодная ветвь поляризационной кривой, затем – анодная кривая растворения стали. Каждую поляризационную кривую снимают не менее 3 раз от стационарно-

го (бестокового) потенциала стали. Для изучения процесса коррозии получали поляризационные кривые в полулогарифмической системе координат. Определяли плотность коррозионного тока, пропорциональную скорости коррозии исследуемого металла, экстраполяцией участка Тафеля до значения потенциала коррозии на поляризационной кривой [4].

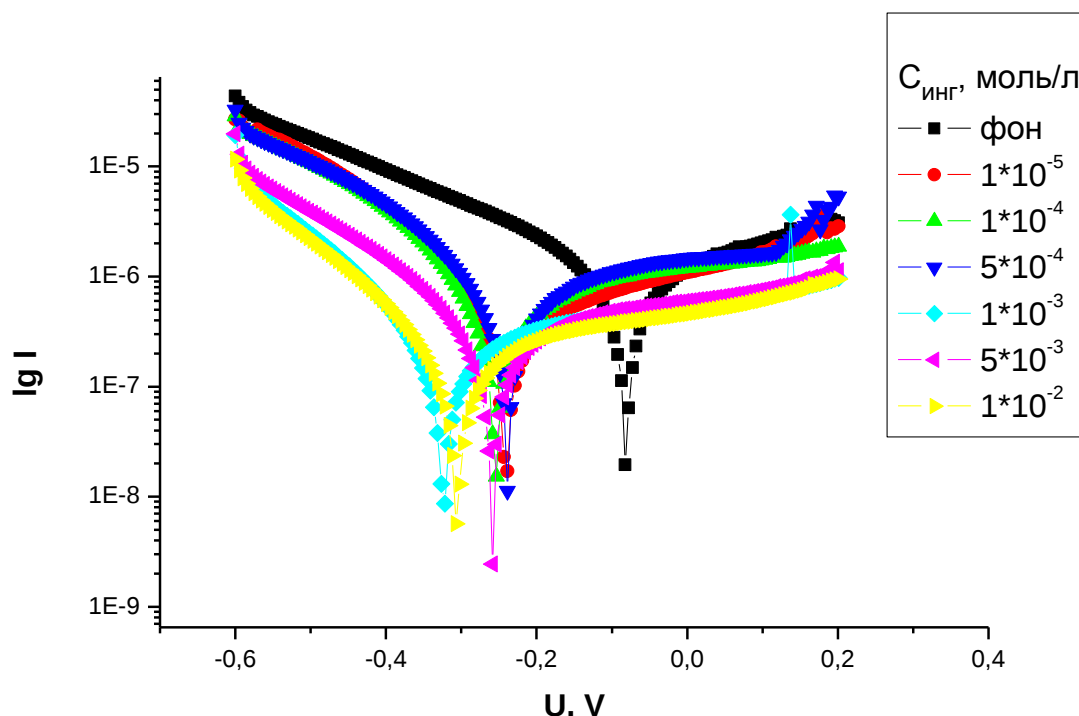


Рис. 1 – Потенциодинамические кривые Ст3 в 3% растворе NaCl с добавками ингибитора 2

Полученные данные свидетельствуют, что исследованные ингибиторы по-разному влияют на частные электродные реакции. В присутствии ингибитора 2 стационарный потенциал коррозии понижается на 300 мВ, что свидетельствует о преимущественном торможении катодного процесса.

Из потенциодинамических кривых были рассчитаны значения защитных эффектов исследуемых соединений при различных концентрациях их в растворах модельных сред.

Эффективность защиты выражают при помощи коэффициента торможения $\gamma_{\text{кор}}$ или степени защиты Z . Коэффициент торможения показывает, во сколько раз уменьшается скорость коррозии в результате применения определенного способа защиты. Степень защиты указывает насколько полно удалось подавить коррозию благодаря применению того или иного метода.

$$\gamma_{\text{кор}} = \frac{K}{K_0}, \quad (1)$$

$$Z = \frac{K_0 - K}{K_0} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где K_0 – скорость коррозии металла в растворе без ингибитора;
 K – скорость коррозии в растворе в присутствии ингибитора.

Согласно классификации [5], ингибитор коррозии, который обеспечивает по результатам испытаний гравиметрическим и электрохимическим методами степень защиты металла 90% и более при дозировке менее $1 \cdot 10^{-2}$ моль/л, относится к разряду высокоэффективных.

Рассчитанные результаты защитного эффекта для всех изученных соединений представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Защитное действие азотсеросодержащих соединений на стали Ст3 в 3% NaCl

Ing	Защитный эффект, %	C, моль/л					
		$1 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-2}$
1	Z_k	21.3	24.5	28.9	31.6	48.7	68.4
	Z_a	20.6	22.8	31.8	33.4	51.2	62.1
2	Z_k	15.6	21.4	29.6	32.8	49.4	71.3
	Z_a	18.9	20.6	28.7	36.5	54.8	67.2
3	Z_k	10.3	15.9	24.8	39.7	47.9	68.9
	Z_a	6.9	19.8	29.7	39.8	46.5	67.2
4	Z_k	5.9	31.8	62.2	62.2	64.5	67.1
	Z_a	7.8	11.9	31.8	38.8	47.6	63.2

Соединения 1, 2 характеризуются, прежде всего, тем, что имеют ярко выраженный солевой характер. При этом анионная составляющая этих соединений представлена полифункциональным органическим радикалом: аминным азотом, сульфидной серой и гидроксильными группами, имеющими спиртовой характер, за исключением вещества 1, в котором кислород эфирный. Таким образом, анионная составляющая перечисленных соединений имеет ярко выраженную тенденцию сорбироваться на анодных участках поверхности металла. Сорбционная способность этих анионов может усиливаться за счет избыточной электронной плотности электронных пар атома серы. В то же время нельзя исключать донорные свойства атомов азота и кислорода, причем атомов азота в большей степени, которые также могут усиливать сорбционные свойства этих анионов на анодных участках.

Защитные эффекты исследованных гетерофункциональных органических соединений, полученные методом снятия поляризационных кривых и гравиметрическим методом, свидетельствуют о различной эффективности ингибирования ими процесса коррозии стали в хлоридных сероводородсодержащих средах. Различие в их поведении объясняется особенностями их молекулярной структуры.

Список литературы

1. Айманов Р.Д. Разработка и защитные свойства ингибиторов сероводородной и углекислотной коррозии стали на основе азот-, фосфорсодержащих соединений: автореф. дис. ... канд. техн. наук.: 05.17.03. Казань, 2009. 19 с.
2. Маклецов, В.Г., Зикратова, О.А. Влияние анионов и старения на коррозионное поведение сталей Н18 и Н18Т3 // Вестник Удмуртского университета. 2005. Вып. 8. С. 23-34.
3. El-Maksoud, S.A.Abd. The Effect of Organic Compounds on the Electrochemical Behaviour of Steel in Acidic Media. A review // Int. J. Electrochem. Sci. 2008. № 3. P. 528-555.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДОБАВКИ НА РЕЖИМЫ ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ

Кашапов Р.Р. *, Зиянгиров Р.А. *, Красиникова Н.М. *, Морозов Н.М. *

** Казанский государственный архитектурно-строительный университет,
Россия, Казань*

Рассмотрено влияние режимов тепловлажностной обработки на эффективность действия полифункциональной добавки на цементные бетоны. Показано, что при использовании разработанной добавки происходит снижение воздухововлечения бетонной смеси, повышение прочностных характеристик, а также допускается возможность полного отказа от прогрева бетона.

Ключевые слова: полифункциональная добавка, бетонная смесь, воздухововлечение, бетон, тепловлажностная обработка, прочность

INVESTIGATION OF THE EFFECT A POLYFUNCTIONAL ADDITIVES ON HEAT STEAM CURING

Kashapov R.R. *, Ziyangirov R.A. *, Krasinikova N.M. *, Morozov N.M. *

** Kazan State University of Architecture and Engineering
Russia, Kazan*

The effect of heat and humidity treatment modes on the effectiveness of a polyfunctional additives to cement concrete. It is shown that by using additives developed, there is a reduction of air entrainment of concrete mix, increasing strength characteristics, as well as the possibility of complete failure of the heating concrete.

Keywords: polyfunctional additives, concrete mix, air entrainment, concrete, steam curing

Повышение эффективности и качества бетона является весьма актуальной проблемой, которая в полной мере не может быть успешно решена без использования в технологии бетона химических добавок.

Опыт применения добавок в бетон показывает, что во многих практически важных случаях наиболее перспективными являются комплексные добавки [1, 2]. Основные преимущества многокомпонентных добавок в общем случае выражаются в том, что однокомпонентные добавки часто наряду с положительным оказывают и отрицательное влияние на свойства бетонов, что снижает их эффективность.

Сокращение сроков схватывания цемента и интенсификации его твердения актуальны как для бетонов нормально-влажностного твердения, так и подвергаемых тепловлажностной обработке. Введение добавок-ускорителей твердения в бетон активизирует процессы гидратации цемента, что приводит к ускоренному образованию продуктов гидратации, обладающих высокой прочностью. Введение добавок-электролитов позволяет снизить энергозатраты или полностью отказаться от тепловлажностной обработки при производстве железобетонных изделий, а также повысить оборачиваемость формооснастки.

Ранее в работах [3, 4] показаны результаты получения и влияния полифункциональной добавки пластифицирующе-ускоряюще-упрочняющего действия (ПФД) на свойства цементных бетонных смесей и бетонов.

В статье рассмотрено влияние полифункциональной добавки на прочность бетонов в зависимости от режима ТВО, а также сравнение с аналогом используе-

мым при производстве ЖБИ. В качестве аналога использовали комплексный ускоритель твердения – «Реламикс Т2» производства фирмы ПОЛИПЛАСТ. Составы рассчитаны на класс бетона В25 и приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Составы тяжелого бетона

Расход материалов, кг/м ³					В/Ц	Марка подвижности	ВВ, %
Цемент	Песок	Щебень	Добавка	Вода			
430	950	950	-	225	0,53	ПЗ	3,4
			Реламикс 12,29	184	0,42		3,9
			ПФД 5,6	175	0,41		3,1

Также было рассмотрено влияние добавок на воздухововлечение. В таблице 1 видно, что при подвижности бетонной смеси ПЗ введение полифункциональной добавки приводит к снижению воздухововлечения, и за счет содержания в составе разработанной добавки суперпластификатора происходит снижение В/Ц по сравнению с контрольным составом.

Для оценки эффективности добавки бетоны подвергали тепловлажностной обработке по режимам. Режимы тепловлажностной обработки представлены в таблице 2.

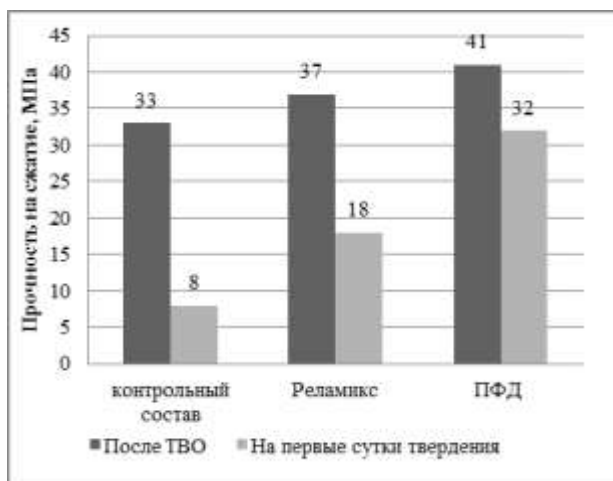
Таблица 2 – Режимы тепловлажностной обработки

Номер режима	Продолжительность этапа				Продолжительность режима, ч
	Предварительная выдержка	Подъем температуры	Изотермия	Спуск температуры	
1	4 часа при t=20 ⁰ С	3 часа до t=80 ⁰ С	6 часов при t=80 ⁰ С	3 часа до t=23 ⁰ С	16
2	4 часа при t=20 ⁰ С	3 часа до t=60 ⁰ С	6 часов при t=60 ⁰ С	3 часа до t=23 ⁰ С	16
3	4 часа при t=20 ⁰ С	3 часа до t=40 ⁰ С	7 часов при t=40 ⁰ С	2 часа до t=20 ⁰ С	16
4	4 часа при t=20 ⁰ С	2 часа до t=30 ⁰ С	8 часов при t=30 ⁰ С	2 часа до t=20 ⁰ С	16

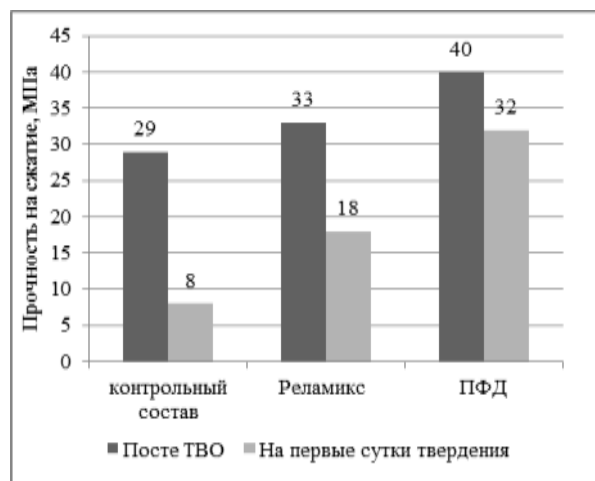
Первым этапом работы было определение суточной прочности бетонов твердевших в нормально-влажностных условиях (t=22-24⁰С и W=90-95%). Для испытания использовали образцы 10×10×10.

При твердении бетонов в нормально-влажностных условиях максимальное ускорение твердения наблюдается у бетона с разработанной добавкой относительно бездобавочного состава.

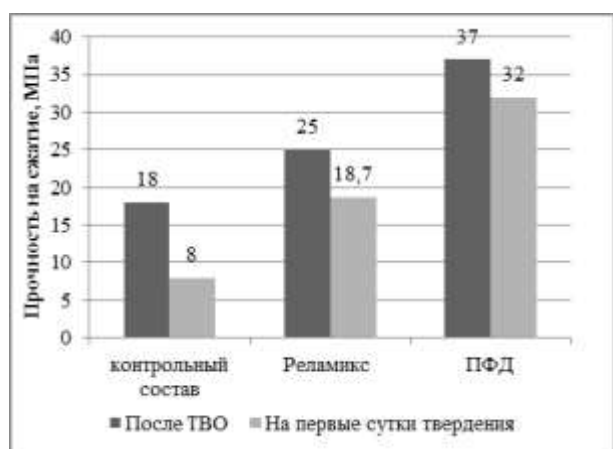
Процесс тепловлажностной обработки на заводах длится 15-18 часов, температура пропаривания бетона составляет t=80-85 °С. Дальнейшее повышение температуры не увеличивает прочность и приводит к деформациям изделий. Поэтому следующим режимом ТВО был выбран режим № 1. Данный режим имитирует проведение ТВО в заводских условиях.



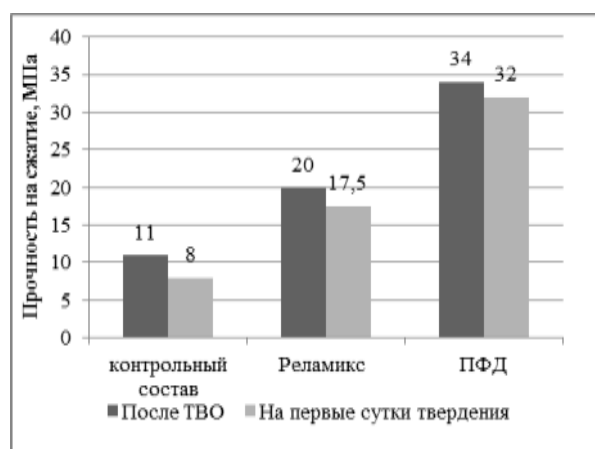
a



б



в



г

Прочность при тепловлажностной обработке:
 а) при температуре 80 °С; б) при температуре 60 °С;
 в) при температуре 40 °С; г) при температуре 30 °С

Из рисунка *a* видно, что разработанная добавка полифункционального назначения после первых суток твердения в нормально-влажностных условиях не уступает контрольному составу после ТВО. Это объясняется максимальным снижением водопотребности смеси при введении данной добавки, а также максимальным эффектом добавок электролитов. Также полифункциональная добавка после ТВО показала 41 МПа, что на 10 и 19 % выше Реламикса и контрольного бездобавочного состава, соответственно.

При понижении температуры изотермического процесса (рисунки *б-г*) происходит существенное снижение прочности состава без добавки и состава с комплексным ускорителем Реламикс.

По полученным результатам видно, что по всем режимам тепловлажностной обработки разработанная добавка превышает по прочностным характеристикам производственный аналог Реламикс.

Таким образом, введение разработанной добавки полифункционального действия позволяет снизить температуру изотермического процесса тепловлажностной обработки с 80 °С до 40-30 °С и соответственно отказаться от него.

Список литературы

1. Морозов Н.М., Хозин В.Г., Мугинов Х.Г. Особенности формирования структуры модифицированных песчаных бетонов // Строительные материалы. 2010. № 9. С. 72-73.
2. Касторных Л.И. Добавки в бетоны и строительные растворы: учеб.-справ. пособие. Ростов н/Д.: Феникс, 2007. 221 с.
3. Влияние комплексной добавки на твердение цементного камня / Кашапов Р.Р., Красникова Н.М., Морозов Н.М., Хозин В.Г. // Строительные материалы. 2015. № 5. С. 27-31.
4. Комплексная добавка на основе содосульфатной смеси / Кашапов Р.Р., Красникова Н.М., Хозин В.Г., Шамсин Д.Р., Галеев А.Ф. // Известия КазГАСУ. 2015. № 2. С. 239-243.

УДК 69.01

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ САМОУПЛОТНЯЮЩЕГОСЯ БЕТОНА В СЛОЖНЫХ АРХИТЕКТУРНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

*Кузьмина Н.О. *, Молчанов А.О. *, Строкова В.В. *, Нелюбова В.В. **

** Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, Россия, Белгород*

Рассмотрен вопрос об эффективности применения высокопрочного самоуплотняющегося бетона в сложных густоармированных конструкциях. Приведены примеры такого использования в реальных архитектурных проектах.

Ключевые слова: самоуплотняющийся бетон, СУБ, строительный материал, бетонная смесь, архитектурные конструкции

EXPERIENCE OF SELF COMPACTING CONCRETE APPLICATION IN COMPLEX ARCHITECTURAL CONSTRUCTIONS

*Kuzmina N.O. *, Molchanov A.O. *, Strokov V.V. *, Nelyubova V.V. **

** V. G. Shukhov Belgorod State Technological University,
Russia, Belgorod*

The question about the effectiveness of high-strength self-compacting concrete in complex high-density reinforcement structures. Examples of such use in real architectural projects.

Keywords: self-compacting concrete, SCC, building material, concrete mix, architectural design

С каждым годом облики городов меняются и приобретают невообразимые очертания и формы, здания и сооружения поражают наличием сложных конструкций. Смысл современного проектирования раскрывается в самом его названии – это создание чего-то нового, такого, что соответствовало бы не только сегодняшнему дню, но и жестким современным требованиям. Это является принципиальной установкой на новизну архитектуры, которую возможно отобразить только с помощью уникальных конструктивных и планировочных идей проекта. Именно поэтому понятие архитектуры современности неразрывно связано и с новейшими достижениями научно-технического прогресса и с прогрессом в материаловедении и строительных технологиях.

Применение сложных архитектурных конструкций в современном проектировании диктует необходимость использования бетонов нового поколения, характеризующихся рядом необходимых для таких сооружений свойств, таких как высокая прочность и коррозионная стойкость, долговечность и низкая проницаемость [1].

Чаще всего такие бетоны применяют в конструкциях с густым армированием, что затрудняет качественное уплотнение бетона, приводит к проблемам, связанным с трещинообразованием на стадии возведения монолитных конструкций. При этом в большинстве случаев за счет сложных архитектурных форм, возрастают нагрузки на конструкции, что так же требует использования высокопрочных бетонов [2].

Одной из новинок на российском рынке строительных материалов, удовлетворяющей всем перечисленным выше требованиям, является самоуплотняющийся бетон (СУБ). Свойства самоуплотняющегося бетона в своем большинстве совпадают со свойствами обычного бетона, однако путем комбинирования компонентов СУБ может быть запроектирован и как высокопрочный бетон за счет более плотного состава смеси, так и бетон с обычной прочностью. Но главной особенностью такого бетона является образование плотного соединения с арматурными стержнями за счет хорошей подвижности и сцепления между отдельными частицами. Самоуплотняющийся бетон имеет ряд преимуществ в сравнении с другими высокопрочными и обычными бетонами:

- создание конструкций, обладающих высокой прочностью и не имеющих дефектов, возникающих при уплотнении бетонной смеси;
- сокращение периода строительства, что является значительным плюсом для заказчика;
- более широкое разнообразие выбора формы и облика конструкции;
- возможность придания конструкции определенного внешнего вида за счет особо гладкой и плотной наружной поверхности бетона;
- возможность повторения рельефа опалубки, что также влияет на форму, структуру и геометрию бетонируемой конструкции. Все это дает место фантазии и замыслу архитектора;
- упрощение работ по бетонированию, так как отпадает необходимость в уплотнении;
- возможность более плотного расположения арматурных стержней;
- проникновение бетона в самые труднодоступные места за счет большой подвижности смеси;
- плотное сцепление бетона с арматурой, что обеспечивает долговечность эксплуатации и упрощение разработки проекта для проектировщика;
- более безопасное выполнение строительных работ;
- низкие затраты на работу персонала за счет возможности укладки большого количества бетона за одну смену;
- отсутствие ошибок, возникающих при уплотнении бетона;
- самостоятельное растекание бетонной смеси по всей конструкции;
- невозможность расслоения бетонной смеси.

Исходя из всего вышеперечисленного, можно сделать вывод, что применение самоуплотняющегося бетона при проектировании уникальных зданий и сооружений, а также создании отдельных густоармированных монолитных конструкций, является выигрышным для всех участников строительства, начиная с архитектора и заканчивая строительной компанией, осуществляющей воплощение проекта [3-5].

Одним из примеров применения самоуплотняющегося бетона является объект ММДЦ «Москва-Сити». Данный вид высокопрочного бетона был использован не только в фундаментных плитах, но и в конструкциях несущего каркаса здания (рис. 1). Колонны и стены ядра жесткости выполнены из бетона В60–В90. Перекрытия – из бетона класса В40. Один этаж комплекса возводился в течение 7 суток, обеспечивалось перекачивание бетонных смесей на высоту более 350 м, производство работ шло в низких и отрицательных температурах, и т.д.

Прочности самоуплотняющихся бетонов из смесей, произведенных разными заводами и на разной сырьевой базе, и уложенных в конструкцию фундаментной плиты и в конструкцию аутригера этажа башни «А» (рис. 2), по истечении 28 суток имели требуемый уровень для бетонов классов В50–В90, соответственно, а кинетика их твердения не отличалась от бетонов схожего класса, приготовленных из обычных смесей [6], что и подтверждает приведенные выше утверждения о свойствах СУБ.

Еще одно примечательное зрелищное сооружение, возводимое с помощью высокопрочного бетона, – футбольный стадион «Локомотив» в г. Москве (рис. 3). Согласно проекту, несущие конструкции были выполнены из бетонов класса В45 (прочность на сжатие 60 МПа) и В60 (прочность на сжатие 80 МПа).



Рис. 1 – Каркас башен ММДЦ «Москва-Сити» в процессе строительства



Рис. 2 – Комплексы «Город столиц» и «Федерация» в процессе строительства



Рис. 3 – Стадион «Локомотив» в г. Москве

В итоге было возведено более 22000 м³ монолитных и 1000 м³ сборных элементов из бетона класса В45, а также 11000 м³ из бетона класса В60. Так же как и при строительстве ММДЦ «Москва-Сити» условия, при которых производилось бетонирование конструкций, имели некоторые особенности, такие как отрицательные температуры при укладке бетонной смеси, заказ бетонной смеси у 3 различных заводов, следовательно, состав смеси отличался компонентами и

наполнителем, также была необходимость обеспечения сохранности свойств бетонной смеси на время транспортировки с завода до места строительства (0,5–2 часа). Все вышеперечисленные требования были исполнены благодаря модифицированию бетонов полифункциональными органоминеральными модификаторами серии МБ, оптимизации составов бетонных смесей и методов ухода за бетоном.



Рис. 4 – Мостовые опоры, выполненные из СУБа

прочность на сжатие, поэтому сборные железобетонные мосты (рис. 4), изготовленные из СУБ, выдерживают землетрясения до 8,5 балл по шкале Рихтера и ветер скоростью до 178 км/ч.

Высокие эксплуатационные характеристики самоуплотняющихся бетонов, а также внешний вид проектируемых из них конструкций, отвечающие эстетическим требованиям, предъявляемым в современном градостроительстве, говорят не только о надежности и высоком качестве технологии производства бетона, но и позволяют рекомендовать ее к массовому применению при проектировании и строительстве уникальных сооружений.

Работа выполнена при реализации программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова.

Список литературы

1. Каприелов С.С., Батраков В.Г., Шейнфельд А.В. Модифицированные бетоны нового поколения: реальность и перспектива // Бетон и железобетон. 1999. № 6. С. 6-10.
2. Кардумян Г.С. Практический опыт применения новых бетонов в конструкциях высотных зданий // Технологии строительства. 2008. № 7. С. 2.
3. Болотских О.Н. Самоуплотняющийся бетон и его диагностика // Предотвращение аварий зданий и сооружений. II квартал. 2009. С. 5-7.
4. Лесовик В.С., Дегтев Ю.В., Воронов В.В. Вяжущие для малых архитектурных форм из самоуплотняющихся бетонов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 5. С. 83-87.
5. Каприелов С.С., Шейнфельд А.В., Ферджулян А.Г. Опыт применения высокопрочных бетонов // Монтажные и специальные работы в строительстве. 2002. № 8. С. 33-38.
6. Кардумян Г.С. Практический опыт применения новых бетонов в конструкциях высотных зданий // Технологии строительства. 2008. № 7. С. 2-4.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЛАСТИФИКАТОРОВ РАЗЛИЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Молчанов А.О. *, Нелюбова В.В. *, Кузьмина Н.О. *, Строкова В.В. *

** Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова,
Россия, Белгород*

Показано влияние пластификаторов различного производства на подвижность и реологию цементного теста. Обосновано применение поликарбоксилатных добавок для получения высокоподвижных систем с оптимальной пластической прочностью.

Ключевые слова: самоуплотняющийся бетон, СУБ, строительный материал, бетонная смесь, суперпластификатор

EVALUATION OF EFFICIENCY PLASTICIZERS OF VARIOUS ORIGIN

Molchanov A.O. *, Nelyubova V.V. *, Kuzmina N.O. *, Stroкова V.V. *

** V. G. Shukhov Belgorod State Technological University,
Russia, Belgorod*

The influence of plasticizers of different production on the flowability and rheology of cement paste is shown. The application of polycarboxylate additives for production of high-mobility systems with optimal plastic strength is proved.

Keywords: self-compacting concrete, SCC, building material, concrete mix, superplasticizing

В настоящее время существенная часть строительных работ при возведении зданий различного назначения осуществляется с использованием технологий монолитного бетонирования. При этом этажность зданий ежегодно увеличивается. Все это ставит задачи разработки новых видов материалов, способных длительное время сохранять свою подвижность, а также обеспечивать проектируемые эксплуатационные характеристики. Одним из таких материалов является самоуплотняющийся бетон. Международная его аббревиатура SCC – Self compacting concrete. В отечественной строительной индустрии самоуплотняющийся бетон в промышленных объемах впервые был применен в 2006 году при строительстве ММДЦ «Москва-Сити» [1].

Рецептура такой бетонной смеси существенно отличается от традиционно применяемых на строительных площадках и при производстве железобетонных изделий. Отличительная ее особенность – оптимизированный гранулометрический состав наполнителей, наличие активных минеральных наполнителей и пластифицирующих добавок или их комплексов.

Современное строительство требует от производителей бетона новых подходов к его проектированию с целью получения материалов с оптимальными реологическими характеристиками при сохранении необходимой прочности. Решение данной проблемы может быть обеспечено использованием высококачественных модифицирующих компонентов, в частности, пластификаторов.

В настоящее время насчитывается множество производителей добавок (в частности, пластификаторов, как наиболее востребованной продукции, потребляемой строительной отраслью), существенная доля которых представлена зарубежными компаниями. К числу крупнейших российских производителей стоит отнести «Полипласт», «Биотех», «ТехноПромСтрой». Среди зарубежных предприятий наиболее выделяется немецкий концерн BASF.

Рядом работ доказана большая эффективность пластифицирующих добавок на поликарбоксилатной основе для достижения максимального пластифицирующего эффекта при минимальных дозировках [2-5]. При этом в данном случае наблюдается более длительное время «разжижения» системы без торможения процессов гидратации.

Целью настоящей работ является анализ эффективности пластификаторов российского и зарубежного производства, входящих согласно классификации в группу сильнопластифицирующих, рекомендованных производителями для получения самоуплотняющихся бетонов. Исследования проводились с использованием портландцемент марки ЦЕМ I 42,5 Н (ЗАО «Белгородский цемент»), пластификаторы зарубежного Glenium Sky 591, MasterGlenium 115 (BASF) и российского СП СУБ (Полипласт). Суперпластификаторы добавлялись в бетонные смеси после введения воды затворения в рекомендуемом производителем количестве – 0,2–1 % от массы цемента с шагом 0,1 % в перерасчете на сухое вещество. Анализ эффективности добавки оценивали на основании распыла миниконуса по методике НИИЖБ, а также реологических особенностей бетонных смесей различного состава с рациональными дозировками пластификаторов с помощью вискозиметра Rheotest RN4.

Согласно полученным данным, введение пластификатора СП СУБ приводит к некоторому увеличению подвижности системы (рис. 1). При этом максимальный распыл конуса обеспечивается при дозировке добавки равной 0,5 %. Введение же поликарбоксилатных пластификаторов зарубежного производства способствует существенному разжижению цементного теста. Так, при введении Glenium Sky в количестве 0,4 % достигается распыл конуса, равный 180 мм, что в 2,25 раза превышает пластифицирующий эффект добавок российского происхождения. Введение MasterGlenium при дозировке равной СП СУБ (0,5 %) увеличивает распыл конуса в 2,75 раза по сравнению с СП СУБ и в 1,2 раза по сравнению с Glenium Sky.

Анализ реологических характеристик цементного теста подтверждает полученные данные (рис. 2). Все суспензии характеризуются типичным для данных систем тиксотропным характером течения: наблюдается плавное снижение вязкости при увеличении градиента скорости сдвига. Бездобавочное цементное тесто характеризуется максимальным значением вязкости, что обусловлено агрегированием дисперсной фазы (частиц цемента) в объеме дисперсионной среды (воды). Введение пластифицирующих компонентов снижает как начальную, так и конечную вязкость системы. При этом на малых областях скорости сдвига (2–5 с-1) наблюдается резкое падение вязкости, обусловленное началом действия пластификатора. Дальнейшее снижение вязкости при равномерном увеличении нагрузки в системе снижает ее вязкость до минимального значения при максимальном градиенте скорости сдвига, однако это падение незначительно. Стоит отметить, что вид пластификатора оказывает существенное влияние на изменение вязкости системы: при практически равной конечной вязкости системы, начальная вязкость цементного теста на 15 % меньше при использовании СП СУБ, в 8 и 32 раза ниже при использовании Glenium Sky и MasterGlenium соответственно.

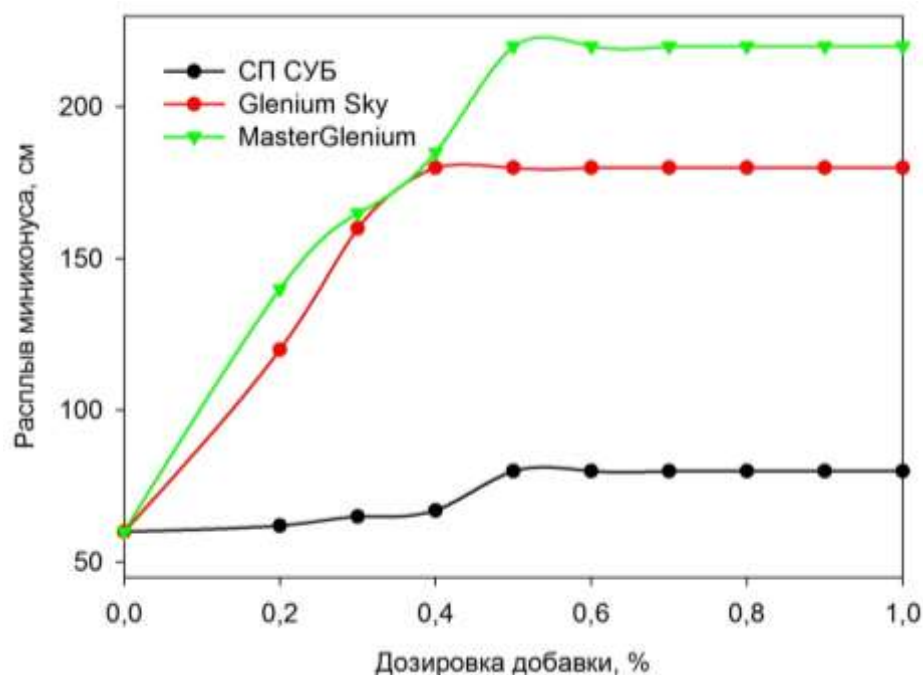


Рис. 1 – Зависимости расплыва миниконуса от вида и концентрации пластификатора

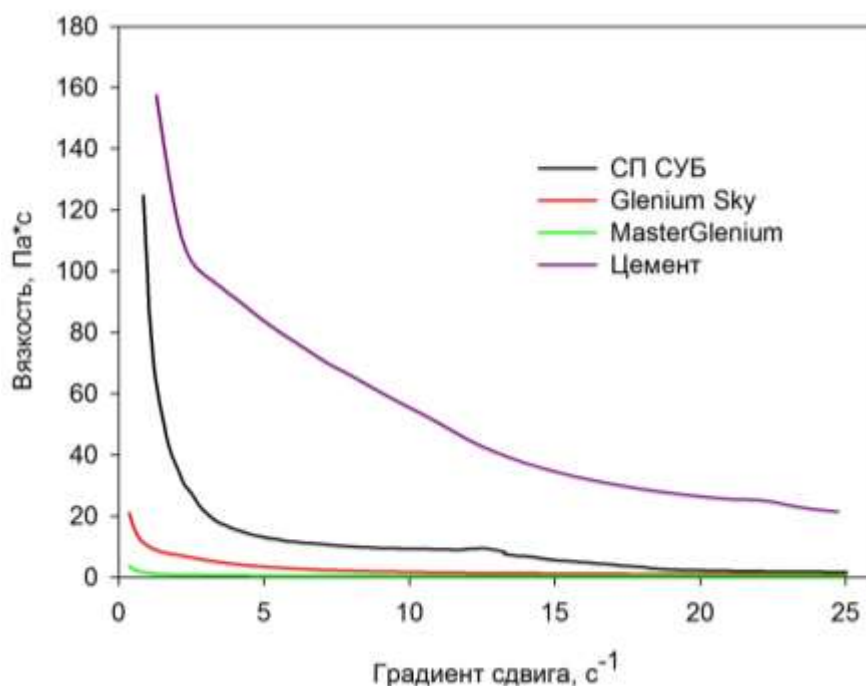


Рис. 2 – Реограммы цементного теста в зависимости от вида и количества добавки

Таким образом, в работе показана эффективность пластифицирующих компонентов различного производства, входящих в одну группу по эффекту действия. Установлено влияние вида добавки на подвижность системы «цемент–пластификатор – вода». Установлено снижение вязкости системы при использовании добавок в ряду: СП СУБ → Glenium Sky → MasterGlenium в 1,3; 8 и 32 раза соответственно. На основании полученных данных можно сделать вывод, что для получения высокоподвижных смесей, характеризующихся низким пределом текучести при со-

хранении необходимой пластической прочности, целесообразным представляется использование импортных пластификаторов на поликарбоксилатной основе.

Список литературы

1. Ваучский М.Н., Иванов А.Н. Выбор компонентов самоуплотняющихся бетонных смесей для высокопрочных бетонов // Строительные материалы. 2009. № 9. С. 58-60.
2. Шахова Л.Д., Рахимбаев Ш.М., Денисова Л.В. Влияние разжижителей на реологические свойства сырьевых шламов // Цемент и его применение. 2014. № 3. С. 61-65.
3. Рахимбаев Ш.М., Толыпина Н.М., Карпачева Е.Н. Роль пленок, адсорбированных на поверхности частиц природного кварцевого песка, в процессах пластификации бетонных смесей // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 8. С. 15-18.
4. Рахимбаев Ш.М., Толыпина Н.М., Карпачева Е.Н. Эффективность действия добавок пластифицирующего действия в зависимости от качества песка // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 4. С. 59-61.
5. Захаров С.А. Оптимизация составов бетонов высокоэффективными поликарбоксилатными пластификаторами // Строительные материалы. 2008. № 3. С. 42-43.

УДК 691.327.333

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОЛЕВОШПАТОВЫХ ПЕСКОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ВЯЖУЩИХ

Попов А.Л. *, Нелубова В.В. *

** Белгородский государственный технический университет им. В.Г. Шухова,
Россия, Белгород*

Рассматриваются вопросы ресурсо- и энергоэффективности в строительстве, способы их решения в северных регионах России. Обоснована целесообразность ячеистого бетона с применением композиционного вяжущего на местном сырье. Исследована возможность применения песка Ленского бассейна как компонента композиционного вяжущего.

Ключевые слова: ячеистый бетон, композиционное вяжущее, речной песок Ленского бассейна

ESTIMATION OF FELDSPAR SAND EFFICIENCY FOR PRODUCTION OF COMPOSITE BINDERS

Popov A.L. *, Nelubova V.V. *

** V.G. Shoukhov Belgorod State Technological University, Russia, Belgorod*

The problems of resource and energy efficiency in construction, methods of their solution in the northern regions of Russia are described in the paper. The expediency of cellular concrete with composite binder on local raw materials was explained. The possibility of using sand of the Lena basin as composite binder component was studied.

Keywords: cellular concrete, composite binder, river sand of the Lena basin

Развитие направления ресурсо- и энергоэффективности в строительстве обращено не только на экономию исчерпаемых природных запасов, но и сопрягается с проблемами экологии. Повышение энергосбережения массовых многоквартирных зданий позволит уменьшить интенсивное использование электрической и тепловой энергии, выработка которых является основным загрязнителем окружающей среды. Сегодня энергоэффективность зданий обеспечивается узкой номен-

клатурой материалов, характеризующихся повышенными затратами цемента, металла и пластика. Запасы сырья для производства этих материалов не только конечны, но и их производство наносит непоправимый вред окружающей среде.

В связи с этим первоочередной задачей в направлении ресурсо- и энергоэффективных технологий является разработка таких материалов, которые не уступали бы массовым материалам по теплоэффективности, а в производстве отличались пониженным расходом истощаемого природного сырья или его полной заменой.

В северных регионах России с суровыми климатическими условиями решение данной задачи особенно актуально. Якутия является самым крупным регионом на Севере. На её территории располагается одна из крупнейших рек России – Лена – с многочисленными притоками. По берегам Лены и её притоков расположены множества месторождений песков в виде крупных песчаных кос. В таких условиях материалом решающим задачи ресурсо- и энергоэффективности, можно считать ячеистый бетон автоклавного твердения с применением композиционного вяжущего на основе минерального сырья в виде речного песка [1, 2]. Пористая структура ячеистых бетонов с высокой теплоизоляционной способностью призвана заменить распространенную в Якутии сложную многослойную систему. Применение композиционных вяжущих позволит снизить материалоемкость производства ячеистого бетона, требование которой не позволяло данному материалу приобрести распространение на Севере.

Эффективность использования композиционных вяжущих доказана многочисленными исследованиями ученых БГТУ им. В.Г. Шухова [3-5]. Такой подход особенно актуален в связи отдаленностью северных регионов от промышленных центров, из-за чего привозные цемент и известь здесь имеют гораздо более высокую стоимость по сравнению со среднерыночной в центральных регионах. При этом плохо развитая инфраструктура не позволяет заниматься их производством на высоком уровне, без понесения убытков. По этой причине в Якутии сохраняется монополия на производство тех или иных материалов со сложным технологическим процессом, которая приводит к высокому уровню цен, сдерживаемому лишь риском снижения спроса.

Для оценки возможности использования Ленского песка для получения композиционного вяжущего были изучены кинетика помола песка, произведен гранулометрический анализ.

Приготовление композиционного вяжущего осуществляется по двухстадийной технологии, в которой сначала проводится раздельное измельчение песка до удельной поверхности цемента, равной $S_{уд}=300-350 \text{ м}^2/\text{кг}$, а на втором этапе – совместный помол до получения композиционного вяжущего. Такое свойство как размолоспособность песка влияет на себестоимость получаемого вяжущего: чем быстрее достигается требуемая удельная поверхность, тем меньше затрачивается энергии на производство материала, что и является энергоэффективным. В связи с этим были исследованы кинетика помола песка и гранулометрический анализ измельченных частиц песка. В работе Ленский речной песок был сопоставлен с классическим кварцевым песком, активно используемым в получении композиционных вяжущих.

Согласно кинетике помола (рис. 1), Ленский песок характеризуется большей скоростью достижения необходимой удельной поверхности по сравнению с кварцевым песком. Это связано с полевошпатовым происхождением Ленского

песка, твердость минералов которого ниже по сравнению с кварцем и составляет 4-5 по шкале Мооса. Быстрое измельчение полевых шпатов в дальнейшем выступает в качестве смазки на поверхности частиц кварца, что приводит к ускоренному измельчению (в 1,6 раза) Ленского песка по сравнению с кварцевым.

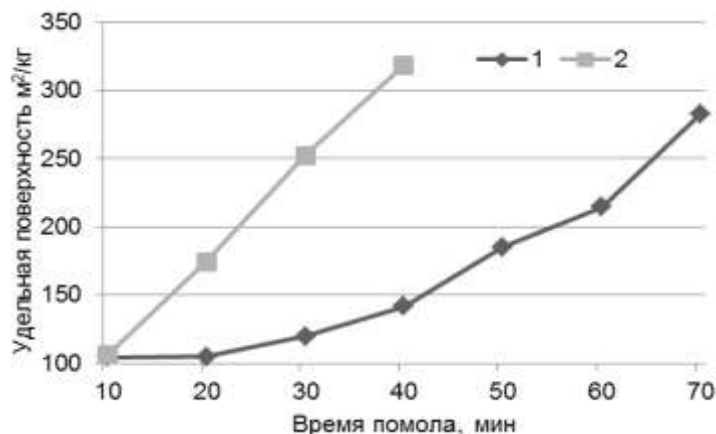


Рис. 1 – Кинетика измельчения кварцевых компонентов:
1 – кварцевый песок Корочанского месторождения;
2 – кварц-полевошпатовый песок р. Лены

Анализ гранулометрического состава частиц песка производился с помощью лазерного анализатора Analysette 22 NanoTecplus.

Согласно полученным данным (рис. 2), измельченные компоненты песка Ленского происхождения характеризуются более монодисперсным распределением частиц, обусловленных изоморфностью в твердости слагающих минералов песка, а именно полевых шпатов. Максимальная концентрация дисперсных частиц для обоих песков находится в диапазоне 15-20 мкм. Также оба песка характеризуются равным содержанием частиц размалывания слюистых минералов отмеченных в области 1-5 мкм.

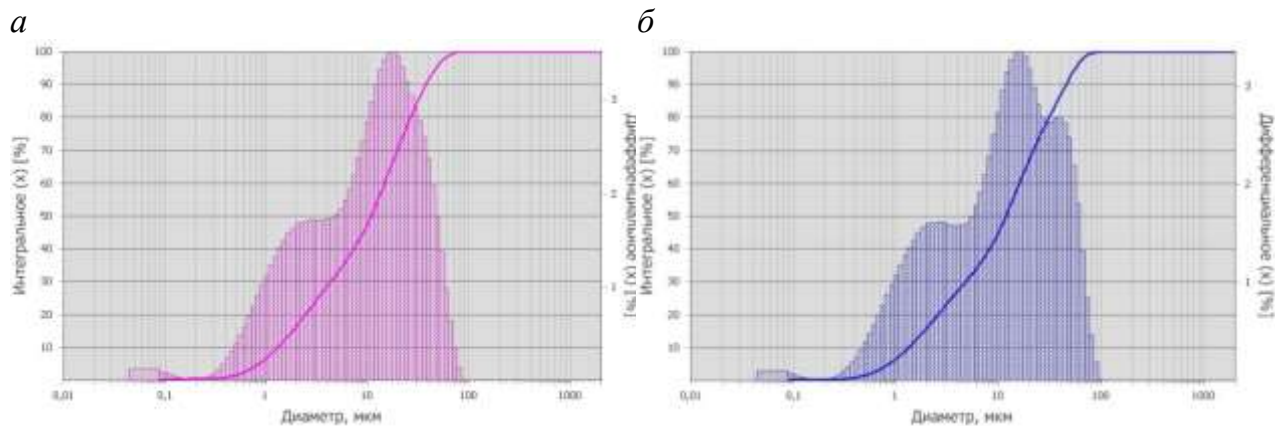


Рис. 2 – Гранулометрический состав измельченных частиц песка:
а) кварц-полевошпатовый песок р. Лена;
б) кварцевый песок Корочанского месторождения

Следовательно, можно говорить, что, несмотря на характерную для речных песков округлую форму частиц противопоставляя остроугольным зернам кварцевых песков, размолоспособность песка Ленского происхождения превосходит и является более предпочтительным сырьем в плане энергоэффективности, чем кварцевый песок.

Таким образом, анализ речного песка Ленского бассейна показал возможность использования его для получения композиционных вяжущих, применение которых повысит ресурсо- и энергоэффективность ячеистых бетонов при сохранении его эксплуатационных характеристик.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект №14-43-08020.

Список литературы

1. Местников А. Е., Семенов С.С., Федоров В.И. Производство и применение пенобетона автоклавного твердения в условиях Якутии // Фундаментальные исследования. 2015. № 12–3. С. 490–494.
2. Структура и свойства пенобетона автоклавного твердения на основе кварц-полевошпатовых песков Ленского бассейна / Местников А.Е., Семенов С.С., Федоров В.И., Строкова В.В., Нелюбова В.В., Жерновский И.В., Сутакова Э.М. // Перспективные материалы в технике и строительстве: материалы II Всерос. науч. конф. молодых ученых с междунар. участием. 6–9 октября 2015 г. Томск, 2015. С. 482–485.
3. Перспективы использования вулканического песка Эквадора для производства мелкозернистых бетонов / Строкова В.В., Алфимова Н.И., Наваретте Велос Ф.А., Шейченко М.С. // Строительные материалы. 2009. № 2. С. 32–33.
4. К проблеме повышения эффективности композиционных вяжущих / Лесовик В.С., Алфимова Н.И., Шейченко М.С., Яковлев Е.А. // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. №1. С. 30–33.
5. Строкова В.В., Жерновский И.В., Фоменко Ю.В. О влиянии размерных параметров полиморфных модификаций кварца на его активность в композиционных вяжущих // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2007. № 3. С. 72–73.

УДК 691.316

МИКРОСТРУКТУРА СИЛИКАТНОГО КИРПИЧА С НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫМ МОДИФИКАТОРОМ

Нелюбова В.В. *, Пальшина Ю.В. *

** Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова,
Россия, Белгород*

Изучены структурные особенности силикатных изделий автоклавного твердения различного состава. Произведен анализ поверхности ненарушенной части и сколов образцов. Обосновано снижение пористости образцов при сохранении адгезионной способности кладочного раствора к поверхности материала.

Ключевые слова: силикатный кирпич, модификатор, микроструктура, пористость, адгезия

THE MICROSTRUCTURE OF SILICATE BRICKS WITH NANOSTRUCTURED MODIFIER

Nelubova V.V. *, Palshina Yu.V. *

** V. G. Shukhov Belgorod State Technological University,
Russia, Belgorod*

The structural features of silicate autoclaved products with different composition were studied. The analysis of the surface of unimpaired samples and chips of samples was conducted. Decrease of porosity of samples while maintaining adhesive ability of masonry mortar to the material surface was proved.

Keywords: silicate brick, modifier, microstructure, porosity, adhesion

На протяжении нескольких десятков лет материалы автоклавного твердения уверенно удерживают за собой позиции одного из лидеров среди штучных изделий, используемых для возведения гражданских зданий. Однако, высокий уровень конкуренции на рынке таких материалов вынуждает производителей повышать их качество. К настоящему моменту известно множество технических решений, способствующих повышению эксплуатационных характеристик силикатных материалов за счет корректировки состава сырьевой смеси [1-6 и др.]. Ранее выполненными работами коллектива обоснована целесообразность применения наноструктурированных модификаторов для повышения эффективности материалов автоклавного твердения за счет увеличения, в первую очередь, прочностных характеристик. Это обусловлено интенсификацией процессов фазообразования как в до-автоклавный период, так и в гидротермальных условиях.

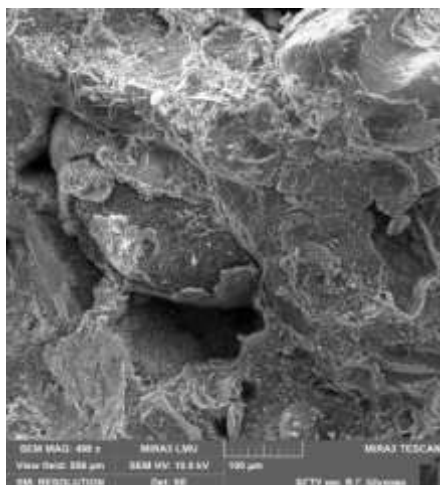
Основной целью настоящей работы является изучение особенностей структурообразования указанных систем в присутствии высокоактивного модификатора. Для анализа влияния НМ на процессы структурообразования матрицы композита и контактной зоны заполнителя с затвердевшим вяжущим, были изучены сколы образцов контрольного и экспериментального составов.

Образцы контрольного состава характеризуются существенной дефектностью структуры: видны трещины и рыхлая структура композита (рисунок *а*). В местах разуплотненной структуры (пустотах) наблюдаются друзы новообразованных продуктов гидратации (рисунок *б*). Ввиду того, что пустоты достаточно большие, вяжущего недостаточно для полного их зарастания. Габитус кристаллов на всех участках одинаковый – игольчатый (рисунок *г*), т.е. преобладают фазы одинакового состава. Это говорит о том, что, во-первых, процессы кристаллизации во времени идут с постоянной скоростью и во-вторых, состав раствора из которого происходит кристаллизация новообразований, имеет постоянное соотношение CaO/SiO_2 .

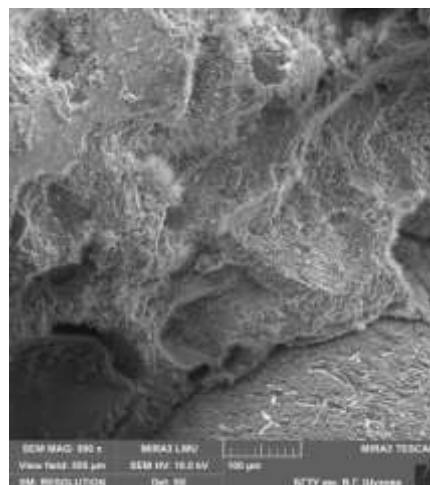
Поверхность частиц заполнителя во всех составах отличается «изъеденной» структурой, что может быть, как реликтовой структурой заполнителя (песок – осадочная порода, формирующаяся в результате физико-химических процессов седиментогенеза), так и результатом процессов растворения в процессе взаимодействия с известью при автоклавировании. Возможно, щелочная среда при гидротермальной обработке усиливает результаты природной коррозии.

Наиболее слабыми структурными элементами данных композитов является контактная зона. Это подтверждается тем, что разлом, формируемый в результате препарирования образцов для проведения исследований на сканирующем микроскопе (формирование свежего скола), практически во всех случаях проходит именно по зоне контакта и по поровому пространству. Механическим повреждением структуры объясняются и трещины на контакте зерен кварца заполнителя с цементным камнем, наблюдаемые на снимках при различном увеличении.

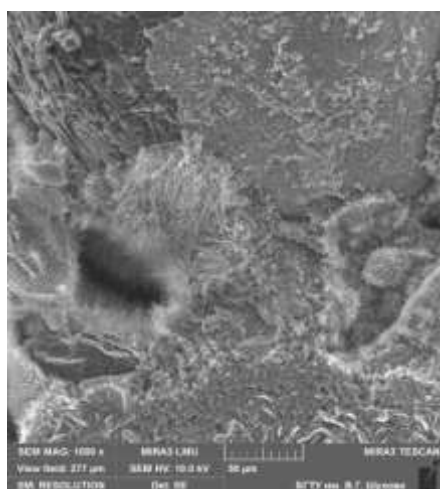
В материале четко видны зерна заполнителя, покрытые новообразованным веществом (рисунки *б*, *в*, *г*). Кристаллические образования, формирующие контактную зону заполнителя с цементным камнем представлены в основном игольчатыми спутанными агрегатами (рисунок *д*).



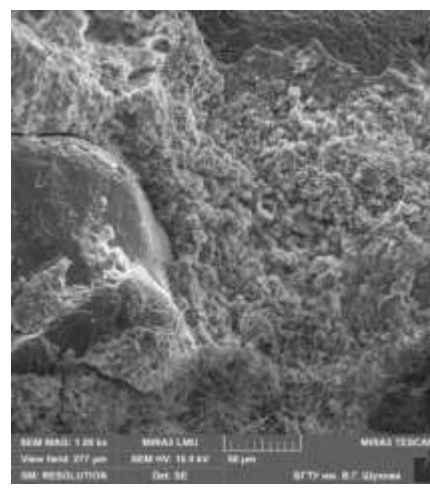
а



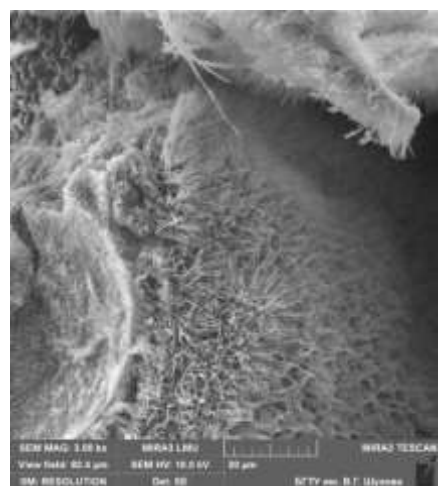
б



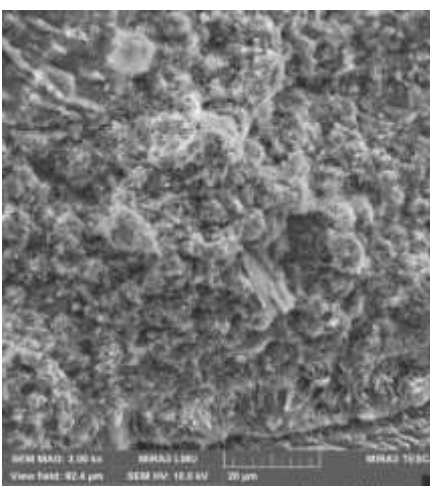
в



г



д



е

Микроструктура материалов в зависимости от состава:
а, в, д) контрольный состав; б, г, е) экспериментальный состав с 15 % НМ

Распределение их по поверхности заполнителя и по объему материала неравномерно. Однако адгезия крупнокристаллических фаз к поверхности частиц песка слабая. Мелкокристаллические образования, наиболее характерные для образцов с НВ, более равномерно покрывают заполнитель, создавая корку на поверхности корродированного заполнителя. Все это сказывается в конечном итоге на прочностных свойствах композита в целом.

Экспериментальные образцы отличаются равномерной структурой. Новообразования волокнистой морфологии практически полностью покрывают зерна песка, а также заполняют межзерновые пустоты в объеме материала (рисунок б). При этом кристаллические фазы характеризуются меньшими размерами по сравнению с новообразованиями контрольного состава (рисунки г, е) и выполняют роль микрозаполнителя в указанной системе. Зерна заполнителя также отличаются рыхлой структурой поверхности, однако в отличие от образцов контрольного состава, в данном случае это приводит к увеличению сцепления между частицами заполнителя и кристаллическими фазами. В виду того, что большинство гидросиликатов и гидроалюмосиликатов, формирующихся в системах «CaO–SiO₂–H₂O» и «CaO–SiO₂–Al₂O₃–H₂O», имеют низкосимметричные структуры (за исключением высокосимметричных гидрогранатов), идентификация кристаллических фаз по габитусу кристаллов с помощью микрофотоснимков в обоих составах затруднена, что связано с их малым размером и схожестью морфологии.

Таким образом, анализ микроструктурных особенностей материалов контрольного и экспериментального оптимального состава подтверждает полученные ранее данные. Использование наноструктурированного модификатора приводит к уплотнению структуры композитов за счет как микрозаполнения пустот мелкодисперсной фракцией модификатора, так и синтеза разноразмерных кристаллических новообразований различной морфоструктуры. Это приводит к увеличению физико-механических свойств прессованных изделий с использованием наноструктурированного модификатора.

Список литературы

1. Алфимова Н.И., Черкасов В.С. Перспективы использования отходов производства керамзита в строительном материаловедении // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. № 3. С. 21-24.
2. Алфимова Н.И., Шаповалов Н.Н. Материалы автоклавного твердения с использованием техногенного алюмосиликатного сырья // Фундаментальные исследования. 2013. № 6-3. С. 525-529.
3. Строкова В.В., Алфимова Н.И., Черкасов В.С., Шаповалов Н.Н. Прессованные материалы автоклавного твердения с использованием отходов производства керамзита // Строительные материалы. 2012. № 3. С. 14-15.
4. Володченко А.Н., Лесовик В.С. Силикатные материалы автоклавного твердения на основе алюмосиликатного сырья как фактор оптимизации системы «Человек – материал – среда обитания» // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2014. № 3. С. 27-33.
5. Володченко А.Н. Изучение продуктов взаимодействия магнезиальной глины с известью при автоклавной обработке // Инновации в науке. 2014. № 30-1. С. 89-95.
6. Володченко А.Н., Лесовик В.С. Реологические свойства газобетонной смеси на основе не традиционного сырья // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 3. С. 45-48.

ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ВВЕДЕНИЯ ГИДРОФОБИЗИРУЮЩИХ ДОБАВОК НА ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА

Огурцова Ю.Н. *, Ищенко А.В. *, Угримов Д.Г. *

** Белгородский государственный технологический университет имени В.Г. Шухова
Россия, Белгород*

Приведены результаты определения физико-механических характеристик мелкозернистых бетонов с гидрофобизирующими добавками различной природы. Обоснована возможность использования гранулированного наноструктурирующего заполнителя в качестве носителя гидрофобизаторов с целью снижения негативного влияния последних на процессы гидратации цемента.

Ключевые слова: мелкозернистый бетон, гидрофобизирующая добавка, гранулированный наноструктурирующий заполнитель

INFLUENCE OF WATER-REPELLENT ADDITIVES INTRODUCING METHOD ON THE CHARACTERISTICS OF FINE-GRAINED CONCRETE

Ogurtsova Yu.N. *, Ischenko A.V. *, Ugrimov D.G. *

** V. G. Shukhov Belgorod State Technological University,
Russia, Belgorod*

The paper presents the results of determination of physical and mechanical properties of fine-grained concrete with a hydrophobic agents of different nature. The possibility of using granular nanostructured aggregate as hydrophobic agent carrier in order to reduce the negative impact of the latter on the cement hydration processes is proved.

Keywords: fine-grained concrete, hydrophobic agent/ water-repellent additive, granular nanostructured aggregate

Применение гидрофобизирующих добавок различной природы для объемной гидрофобизации позволяет улучшить не только гидрофизические характеристики бетонов, но и решить проблему коррозионной и морозостойкости. При этом их применение приводит к возникновению отрицательных побочных эффектов (рисунков).

В настоящее время для снижения отрицательного воздействия гидрофобизирующих добавок их используют либо как компоненты комплексных модификаторов, либо обеспечивают отсрочку их действия. Среди существующих способов введения гидрофобизирующих добавок в бетонную смесь, перспективным является инкапсуляция гидрофобизатора с целью предотвращения его влияния на процессы гидратации в начальные сроки твердения цементной матрицы.

В качестве носителя гидрофобизирующего компонента может быть использован гранулированный наноструктурирующий заполнитель пролонгированного действия (ГНЗ) [1–3].

Во время тепловлажностной обработки бетона происходит активация содержащего ядра ГНЗ. В результате взаимодействия кремнеземного компонента с щелочным образуется раствор полисиликатов, который проникает в бетонную матрицу через защитную оболочку гранулы. Образовавшийся раствор инкапсулирует минеральные частицы цементного камня и мелкого заполнителя гидрофобизирующим слоем 2D-наносистем натросилита. В результате инкапсуляции возникают

гидрофобные свойства материала, а его структура становится более монолитной за счет заполнения микропор и микротрещин матрицы. В связи с этим, увеличивается прочность и снижается водопоглощение бетона.



Влияние гидрофобизатора на свойства бетонной смеси и бетона

В качестве кремнеземного сырья для изготовления активного компонента применяли кремнеземное сырье различного происхождения: природного – опока Алексеевского месторождения (респ. Мордовия); техногенного – зола-уноса Новотроицкой ТЭЦ (Оренбургская обл.).

В качестве гидрофобизирующего компонента ядра заполнителя применялись добавки: стеарат кальция по ТУ 2232-002-57149839-07 и ГКЖ-11 БСП по ТУ 6-02-696-76.

Для оценки эффективности предложенного метода введения гидрофобизирующей добавки проведен эксперимент по выявлению ее влияния на свойства мелкозернистого бетона при введении непосредственно в бетонную смесь (таблица).

В состав мелкозернистого бетона на основе цемента ЦЕМ I 42,5 Н и ЦЕМ II/A-Ш42,5 Н вводились гидрофобизирующие добавки – ГКЖ-11 (0,2 % от массы цемента) и стеарат кальция (0,25 % от массы цемента). Соотношение «цемент : песок» 1:3. Водоцементное отношение 0,5.

Для возможности сравнения результатов измерения физико-механических свойств мелкозернистого бетона, полученного на основе активного компонента, со свойствами бетона, в который вводились гидрофобизаторы непосредственно в смесь, образцы последнего подвергались пропарке, так же, как и бетон с активным компонентом.

Анализ полученных результатов позволил выявить степень негативного влияния исследуемых гидрофобизирующих добавок на предел прочности при сжатии мелкозернистого бетона при их введении в состав бетонной смеси (БС) (табл. 1).

Портландцемент. Присутствие гидрофобизирующих добавок в мелкозернистом бетоне на основе портландцемента приводит к снижению прочности на сжатие в первые сутки после ТВО на 9,8 % (стеарат кальция) и 12,21 % (ГКЖ-11), а к 28 суткам после ТВО снижение достигает 17,39 % (стеарат кальция) и 18,43 % (ГКЖ-11) в сравнении с контрольным образцом без добавок. Это, как известно [4–6], обусловлено тем, что мелкозернистый бетон без добавок в период с 1 по 28 сутки после ТВО более интенсивно набирает прочность, чем мелкозернистый бетон с гидрофобизирующими добавками. Замедление процесса гидратации бетонов

с гидрофобизирующими добавками вызвано затруднением диффузии воды к частицам цемента [4-6]. Снижение водопоглощения при введении гидрофобизирующих добавок в мелкозернистый бетон на основе портландцемента составляет 23,12 % (стеарат кальция) и 15,15 % (ГКЖ-11 БСП).

Свойства мелкозернистого бетона в зависимости от состава

№ п/п	Вид добавки	Способ введения	Предел прочности при сжатии, МПа		Водопоглощение, %
			через 1 сутки после пропаривания	через 28 суток после пропаривания	
ЦЕМ I 42,5 Н					
1	Стеарат каль- ция	в БС	31,38	44,18	7,23
2		ГНЗ	35,12	49,12	1,91
3	ГКЖ- 11 БСП	в БС	30,54	43,62	7,97
4		ГНЗ	32,14	45,33	4,44
5	Без добавок		34,79	53,48	9,40
ЦЕМ II/A-III 42,5 Н					
6	Стеарат каль- ция	в БС	22,80	47,61	8,17
7		ГНЗ	33,12	48,42	2,15
8	ГКЖ- 11 БСП	в БС	31,16	45,59	8,37
9		ГНЗ	32,29	46,12	5,94
10	Без добавок		29,77	51,15	10,26

Шлакопортландцемент. Снижение прочности мелкозернистого бетона на основе шлакопортландцемента при введении стеарата кальция больше, чем на основе портландцемента. Однако к 28 суткам после ТВО разница прочности с контрольным образцом снижается. Но при этом, снижение водопоглощения при введении стеарата кальция меньше и составляет 18,47 %.

Стоит отметить, что введение ГКЖ-11 незначительно повысило скорость набора прочности мелкозернистого бетона на основе шлакопортландцемента в процессе ТВО в сравнении с контрольным образцом, что может быть обосновано активацией шлака щелочью, содержащейся в растворе ГКЖ-11 БСП. К 28 суткам после ТВО снижение прочности мелкозернистого бетона на основе шлакопортландцемента по сравнению с контрольным образцом составило 18,42 %. При введении ГКЖ-11 БСП в состав мелкозернистого бетона на основе шлакопортландцемента снижение водопоглощения составило 12,41 %.

Таким образом, введение стеарата кальция (0,25 % от массы цемента) и ГКЖ-11 (0,2 % от массы цемента) в состав мелкозернистого бетона на основе портландцемента и шлакопортландцемента позволило определить процент снижения прочности на сжатие и водопоглощения мелкозернистого бетона.

В свою очередь, введение гидрофобизирующих добавок в бетон в составе ГНЗ (№ 2, 4, 7, 9, табл. 1) позволяет достичь гораздо меньшего снижения прочности по сравнению с контрольным образцом (№ 5, 10, табл. 1). Но при этом очевидно значительное снижение водопоглощения. Это обусловлено тем, что активный

компонент оказывает дополнительное гидрофобизирующее действие на бетонную матрицу за счет ее пропитки растворами полисиликатов натрия при тепловой активации заполнителя, а также, обладая пролонгированным действием, минимизирует негативное влияние содержимого заполнителя на процессы твердения бетона.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект №14-41-08024; с использованием оборудования ЦВТ БГТУ им. В.Г. Шухова.

Список литературы

1. Конструкционные легкие бетоны на основе активных гранулированных заполнителей / Строкова В.В., Соловьева Л.Н., Мосыпан В.И., Ходыкин Е.И., Гринев А.П. // Строительные материалы. 2009. № 10. С. 23–25.
2. Влияние состава мелкозернистого бетона на степень пропитки матрицы содержимым гранулированного наноструктурирующего заполнителя / Огурцова Ю.Н., Строкова В.В., Боцман Л.Н., Ищенко А.В., Лабузова М.В. // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 5. С. 70–73.
3. Силикатные изделия на гранулированных заполнителях для сейсмостойкого строительства / Лесовик В.С., Мосыпан А.В., Беленцов Ю.А., Ряпухин Н.В. // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 4. С. 62–65.
4. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. М., 1998. 768 с.
5. Кастиных Л.И. Добавки в бетоны и строительные растворы. Ростов н/Д.: Феникс, 2005. 221 с.
6. Косинов Е.А. Регулирование свойств цемента модифицированной гидрофобизирующей добавкой: дис. ... канд. техн. наук / Косинов Евгений Алексеевич. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2010. 162 с.

УДК 666.972.3

ВЛИЯНИЕ МЕХАНОХИМИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ ВЯЖУЩЕГО НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ТЯЖЕЛОГО БЕТОНА

Пименов С.И. *, Ибрагимов Р.А. *

** Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Россия, Казань*

Приводятся и обсуждаются результаты влияния механохимической активации (МХА) цементной суспензии на долговечность тяжелого бетона. Исследовано влияние МХА цементной суспензии на морозостойкость, показатели поровой структуры тяжелого бетона.

Ключевые слова: механохимическая активация, цементная суспензия, тяжелый бетон, долговечность

EFFECT OF MECHANOCHEMICAL ACTIVATION BINDING MATERIALS ON DURABILITY HEAVY CONCRETE

Pimenov S.I. *, Ibragimov R.A. *

** Kazan State University of Architecture and Construction, Russia, Kazan*

This research paper presents and discusses the results of the effect of mechanochemical activation (MCHA) cement slurry on the durability of heavy concrete. The influence of MCHA cement slurry on the frost resistance, porosity structure of the heavy concrete.

Keywords. mechanochemical activation, cement slurry, heavy concrete, durability

Одним из направлений развития современного производства цементных бетонов является переход на ресурсо- и энергосберегающие технологии, применение

которых наряду с применением различных добавок будет обеспечивать производство продукции высокого качества [1, 2].

Предварительная механохимическая активация (МХА) цементной суспензии в роторно-пульсационном аппарате хорошо зарекомендовала себя как один из способов активации вяжущего, направленный на ускорение твердения цементных композиций с получением ранней распалубочной прочности [3]. Применение МХА цементной суспензии в технологии бетона позволяет существенно сократить энергозатраты при тепловлажностной обработке бетонных изделий путем снижения температуры изотермической выдержки или сокращения ее продолжительности [4].

Выявлено положительное влияние МХА цементной суспензии на фазовый состав цементного клинкера, при которой достигается повышенное содержание продуктов гидратации, особенно портландита (Ca(OH)_2) и этtringита ($\text{Ca}_6\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(\text{OH})_{12} \cdot 26\text{H}_2\text{O}$) [5]. Увеличение объемов продуктов гидратации, свидетельствующее о более полной гидратации цемента, может являться одним из факторов повышения долговечности цементных композитов.

В связи с этим интерес вызывает исследование влияния МХА цементной суспензии на долговечность тяжелого бетона, а именно на морозостойкость, показатели поровой структуры и кинетику усадки тяжелого бетона.

Для исследования применялись следующие исходные материалы: портландцемент марки ЦЕМ II/A-III 32,5Н производства ЗАО «Ульяновскцемент», г. Ульяновска, отвечающих требованиям ГОСТ 31108-2003. Химический и минералогический состав портландцемента приведен в табл. 1 и 2.

Таблица 1 – Химический состав портландцемента

Химический состав, %							
SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	Щелочи	$\text{CaO}_{\text{св}}$
22,1	5,0	9,0	64,0	0,92	0,94	1,01	0,27

Таблица 2 – Минералогический состав портландцемента

Содержание основных минералов, %				Содержание добавок, %	
C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF	Опока	SO_3
54	20	11	12	9,2	2,8

В качестве мелкого заполнителя для бетонной смеси применялся песок Камско-Устьинского месторождения с модулем крупности 2.54, удовлетворяющий требованиям ГОСТ 8736-2014 и ГОСТ 8735-88, с истинной плотностью – $2,6 \text{ г/см}^3$, насыпной плотностью – $1,653 \text{ г/см}^3$, пустотностью $\text{П} = (1 - 1,653/2,6) \cdot 100 = 36,42 \%$.

В качестве крупного заполнителя применялся гранитный щебень Уральского месторождения фракции 5-20 мм, отвечающий требованиям ГОСТ 8269.0-97.

МХА цементной суспензии проводили в роторно-пульсационном аппарате (РПА), выпускаемом по ТУ 5132-001-70447062 производства ООО «ПРОМСЕРВИС».

В качестве интенсификатора диспергации цемента в роторно-пульсационном аппарате применили суперпластифицирующую добавку Реламикс

Т-2, производимую компанией ООО «Полипласт» по ТУ 5870-002-14153664-04. Добавка Реламикс Т-2 состоит из натриевых солей полиметиленафталинсульфокислот различной молекулярной массы с добавлением комплекса, ускоряющего набор прочности.

Бетонная смесь приготавливалась следующим образом: предварительно 50 % от расчетного количества цемента перемешивалось с водой затворения, содержащей добавку Реламикс Т-2 в количестве 1 % от массы цемента, и далее полученная суспензия подвергалась активации в РПА в течение 2 мин; после активации цементная суспензия перемешивалась с крупным и мелким заполнителем в бетоносмесителе в течение 5 мин.

Для экспериментов определен тяжелый бетон производственного состава класса по прочности В25, при этом исходные материалы применялись в следующем соотношении Ц : П : Щ=450 : 595 : 1140 кг/м³.

При описании механизма разрушения бетона при циклическом замораживании – оттаивании основным объяснением разрушения является наличие открытых капиллярных пор, заполняемых водой с последующим замораживанием в лед с увеличением объема. Это приводит к формированию напряжений, приводящих к локальным повреждениям [6].

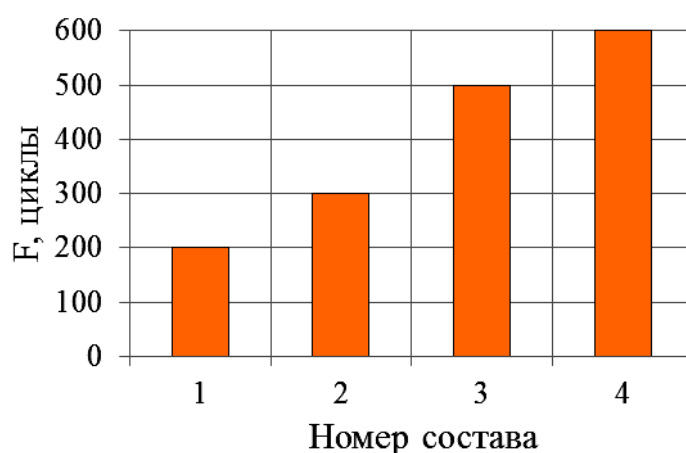
Получение однородной цементной суспензии при МХА, а также снижение воздухововлечения бетонной смеси [7], могут привести к уменьшению показателя открытой пористости бетона, что обусловит повышение морозостойкости тяжелого бетона.

В связи с этим проведено исследование влияния МХА цементной суспензии на морозостойкость тяжелого бетона. Для исследования выбраны следующие составы: 1 – контрольный; 2 – с механоактивацией цементной суспензии; 3 – с добавкой Реламикс Т-2; 4 – при МХА цементной суспензии с добавкой Реламикс Т-2.

Количество воды затворения принималось для достижения одинаковой подвижности бетонной смеси марки П2 (О.К.=5-9 см).

Морозостойкость тяжелого бетона определялась в соответствии с ГОСТ 10060-2012 «Бетоны. Методы определения морозостойкости» по второму ускоренному методу.

На рисунке приведены результаты исследования.



Морозостойкость тяжелого бетона. Исследуемые составы:

1 – контрольный; 2 – с механоактивацией; 3 – с добавкой Реламикс Т-2;

4 – при МХА с добавкой Реламикс Т-2

Как видно по данным рисунка, механоактивация цементной суспензии (состав 2) приводит к повышению морозостойкости тяжелого бетона на 100 циклов.

Введение добавки Реламикс Т-2 в состав бетонной смеси в количестве 1 % от массы цемента (состав 3) позволяет увеличить морозостойкость тяжелого бетона на 300 циклов.

Наибольшее повышение морозостойкости тяжелого бетона наблюдается в составе, полученном МХА цементной суспензии с добавкой Реламикс Т-2 (состав 4). При этом морозостойкость тяжелого бетона возрастает на 400 циклов по сравнению с контрольным составом.

Проведено исследование по влиянию МХА цементной суспензии на показатели поровой структуры тяжелого бетона. Для исследования были выбраны аналогичные составы: 1 – контрольный; 2 – с механоактивацией; 3 – с добавкой Реламикс Т-2; 4 – при МХА с добавкой Реламикс Т-2.

Исследование проводилось в соответствии с ГОСТ 12730.4-78 «Бетоны. Методы определения показателей пористости».

Таблица 3 – Влияние МХА цементной суспензии на показатели поровой структуры тяжелого бетона

Номер состава	Показатели поровой структуры					
	Однородность размера пор, α	Средний размер пор, $\lambda, (*100)$	Полный объем пор, P_n	Объем открытых капиллярных пор, P_o	Объем усл. закрытых капиллярных пор, P_z	Показатель микропористости, P_{mk}
1	0,41	55,4	13,4	10,5	2,2	2,4
2	0,62	36,8	9,3	6,1	2,3	1,5
3	0,71	28,2	7,1	4,6	2,1	1,1
4	0,68	24,5	5,8	2,5	2,4	0,8

Как видно из табл. 3, все исследуемые составы, отличающиеся способом приготовления бетонной смеси, имеют пониженные как общую пористость, так и открытую капиллярную пористость по сравнению с контрольным составом.

За счет механоактивации цементной суспензии (состав 2) достигается уменьшение полного объема пор тяжелого бетона на 30 %, доли открытых капиллярных пор на 42 %; при этом средний размер пор уменьшается на 34 % по сравнению с контрольным составом.

Снижение количества воды затворения для бетонной смеси введением суперпластифицирующей добавки Реламикс Т-2 в количестве 1 % от массы цемента (состав 3) позволило уменьшить полный объем пор тяжелого бетона на 47 %, долю открытых капиллярных пор – на 56 %; при этом средний размер пор уменьшается на 49 % по сравнению с контрольным составом.

За счет МХА цементной суспензии (состав 4) достигается наибольшее снижение полного объема пор, а также уменьшение доли открытых капиллярных пор. При этом показатель общей пористости тяжелого бетона снижается на 57 %, объем открытых капиллярных пор уменьшается на 76 %; объем условно закрытых капиллярных пор возрастает на 9 %, уменьшается средний размер пор на 56 % по сравнению с контрольным составом.

Выводы:

- 1) Применение МХА цементной суспензии позволяет увеличить марку по морозостойкости тяжелого бетона на 400 циклов;
- 2) МХА цементной суспензии приводит к снижению общей пористости тяжелого бетона на 57 %, уменьшению объема открытых капиллярных пор на 76 %, уменьшает средний размер пор на 56 %.

Список литературы

1. ФЗ-№261 “Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты российской федерации” от 23.11.2009 г.
2. Коротких Д.Н. Повышение прочности и трещиностойкости структуры современных цементных бетонов: проблемы материаловедения и технологии: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Воронеж, 2014. 41 с.
3. Пименов С.И., Ибрагимов Р.А. Повышение кинетики твердения цементных композиций, полученных механохимической активацией вяжущего // Теория и практика. Повышение эффективности строительных материалов: сб. тр. X Междунар. конф. аспирантов и молодых ученых. Пенза: ПГУС, 2015. С. 109-112.
4. Пименов С.И., Ибрагимов Р.А. Особенности гидратации цемента и кинетика твердения тяжелого бетона в зависимости от параметров тепловлажностной обработки // Известия высших учебных заведений. Строительство. Новосибирск: НГАСУ, 2015. № 9. С. 7-24.
5. Барабаш И.В., Выровой В.Н. Свойства твердеющим и затвердевших механоактивированных цементных композиций // Строительство и техногенная безопасность: сб. науч. тр. Симферополь: КАПКС, 2002. Вып. 6. С. 207-210.
6. Трофимов Б.Я. Основы повышения морозостойкости тяжелого бетона // Цемент. Бетон. Сухие смеси: Междунар. аналитич. Обзорение. Алитинформ. 2015. № 4-5 (40). С. 58-75.
7. Ибрагимов Р.А., Пименов С.И. Влияние механохимической активации вяжущего на свойства мелкозернистого бетона // Инженерно-строительный журнал. СПб.: СПбГПУ, 2015. № 2. С. 63-69.

УДК 691.53

ВЛИЯНИЕ БИОЦИДНЫХ ДОБАВОК НА ГИДРОФОБНОСТЬ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ

Рыкунова М.Д.*, Нелубова В.В.*

** Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова,
Россия, Белгород*

Ставится задача выявить влияние биоцидных компонентов на гидрофобные свойства цементных образцов. В результате эксперимента выяснено, что наличие биоцидной добавки в материале способствует изменению значения краевого угла смачивания. Отмечено, что с увеличением концентрации биоцидных веществ происходит увеличение гидрофобных свойств материала.

Ключевые слова: цемент, краевой угол, гидрофобность, микроорганизмы

THE INFLUENCE OF BIOCIDAL ADDITIVES ON THE HYDROPHOBICITY OF THE CEMENT STONE

Rykunova M.D.*, Nelubova V.V.*

** V.G. Shukhov Belgorod State Technological University,
Russia, Belgorod*

In article the task to reveal influence of biocidal components on hydrophobic properties of cement samples is set. As a result of experiment have found out that existence of a biocidal additive in ma-

terial promotes change of value of a regional angle of wetting. It is noted that to increase in concentration of biocidal substances there is an increase in hydrophobic properties of material.

Keywords: cement, contact angle, hydrophobicity, microorganisms

Низшие грибы являются активными участниками в разложении органических остатков и процессов почвообразования. Именно поэтому большое количество плесневых грибов скапливается на внешней поверхности строительных материалов [1, 2]. Деструктирующая активность микромицетов зачастую происходит на материалах, в которых наблюдаются высокие связи молекул воды с их поверхностью, которое называется смачиванием, что особенно характерно для бетонов в связи с наличием капиллярных пор, способных втягивать в себя воду и транспортировать в глубь матрицы [3]. От пористости бетона также зависит и его проницаемость. Как известно, биоповреждение происходит за счет разрастающегося у плесневых грибов мицелия, который, диффундируя в поры, ведет к механическому нарушению структуры внутри материала. В результате данного процесса появляются плесневые пятна, приводящие к потере прочности и разрушению строительных изделий и конструкций.

Большую роль играет способность спор к адгезии при заселении материала грибами. Таким образом, проектирование материалов и изделий на основе цемента с максимальной упаковкой частиц позволит создавать более гидрофобные поверхности, обеспечивающие отталкивающий эффект при взаимодействии с микроорганизмами. Один из таких способов является применение специальных добавок на стадии изготовления композита.

Цель данной работы заключалась в изучении влияния биоцидных веществ на гидрофобные свойства цемента. В качестве биоцидных компонентов применяли дезинфицирующее средство Диновис и биоцидную добавку Биопласт, данные вещества имеют сходный характер действия, но изготовлены на разных химических основах. Биоциды были введены в составе воды затворения. Концентрации биоцидных добавок подбирались с учетом рекомендаций производителей и исходя из рациональности применения (табл. 1). В роли структурообразующего компонента был использован цемент марки ЦЕМ I 42,5 Н производства ЗАО «Белгородский цемент».

Для изучения гидрофобных характеристик формовались образцы-балочки с размером ребра 20 мм с нормальной плотностью, которые твердели в течение 28 суток (табл. 1).

После этого с помощью прибора KRUSS DSA30 были проведены измерения степени гидрофобности образцов по краевому углу смачивания (КУ). Именно по величине краевого угла судят о характере взаимодействия капли с поверхностью [4].

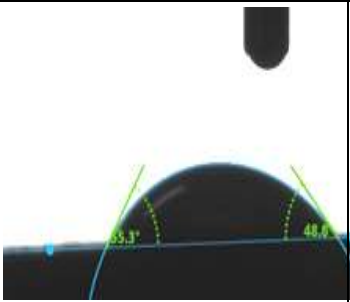
Для обеспечения достоверности полученных данных проводилось не менее трех измерений значения угла смачивания на различных зонах поверхности образцов одного и того же составов. Было отмечено, что все составы с содержанием биоцидного

Таблица 1 – Составы образцов с использованием биоцидов в составе воды затворения

№ п/п	Состав образца
1	Цементный раствор (ЦР) без добавок
2	ЦР + Диновис
3	ЦР + Диновис
4	ЦР + Биопласт
5	ЦР + Биопласт

компонента обладают водоотталкивающими характеристиками, которые имеют тенденцию к росту. Замечено, что с увеличением концентрации биоцидных веществ происходит увеличение гидрофобных свойств материала (табл. 2).

Таблица 2 – Зависимость краевого угла смачивания от вида биоцидного компонента

Вид поверхности	Контроль	Состав № 3	Состав № 5
Профиль капли			
КУ (θ)	52,3°	74,8°	106,9°

Согласно полученным данным, наилучшие показатели гидрофобности характерны для составов, модифицированных биоцидной добавкой Биопласт. Увеличение КУ смачивания в составах с содержанием биоцидных веществ может быть связано с эффектом склеивания минеральной составляющей цементного камня по всему объему образца, вследствие чего адгезионная сила в системе «вода – твердая поверхность» становится незначительной. Введение жидких биоцидных добавок способствует образованию мономолекулярных слоев на стенках капилляров, образуя равномерную тончайшую гидрофобизирующую пленку, которая перекрывает доступ молекулам воды.

Таким образом, применение биоцидных добавок обеспечивает надежность конструкции не только за счет предотвращения развития жизнедеятельности низших микроорганизмов, но и благодаря переходу от неспецифической адгезии к временной, в которой прочность связи между поверхностью плотного субстрата и низших грибов уменьшается и, как следствие, ведет к слабому прикреплению.

Работа выполнена в рамках реализации Программы стратегического развития Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова.

Список литературы

1. Огрель Л.Ю., Павленко В.И., Глушенко В.И., Прудникова Т.И. Повреждения строительных материалов плесневыми грибами // Экология и промышленность. 2000. №4. С. 39.
2. Гончарова Е.Н., Чаплина Ю.В., Круть В.В. Защита строительных материалов от биокоррозии // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2004. № 8. С. 48.
3. Высокогидрофобные строительные материалы на минеральных вяжущих / Калашников В.И., Мороз М.Н., Худяков В.А., Василик П.Г. // Строительные материалы. 2009. № 6. С. 81–83.
4. Ролдугин В.И. Физикохимия поверхности: учеб.-монография. Долгопрудный: Изд. дом «Интеллект», 2008. С. 508.

ПРИМЕНЕНИЕ ХРИЗОТИЛОВОГО ВОЛОКНА ДЛЯ ДИСПЕРСНОГО АРМИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАСТВОРОВ

Семенов В.С. *, Розовская Т.А. *, Губский А.Ю. *, Гареева Р.Р. *
** Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет, Россия, Москва*

Рассмотрены вопросы применения хризотилового волокна в качестве армирующего компонента для облегченных кладочных растворов, приведены технологические и экологические аспекты. Определен оптимальный расход волокна, свойства раствора, армированного хризотильным волокном. Проведено сравнение физико-механических свойств полученного раствора со свойствами раствора, содержащего полиакриловую фибру.

Ключевые слова: «теплые» растворы, полые керамические микросферы, полиакриловая фибра, асбестовое волокно, хризотил-асбест, дисперсное армирование

THE USE OF CHRYSOTILE FIBERS AS REINFORCING FIBER FOR MORTARS

Semenov V.S. *, Rozovskaya T.A. *, Gubskiy A.Yu. *, Gareeva R.R. *
** National research Moscow State Construction University
Russia, Moscow*

Abstract: The article is devoted to the questions of the use of chrysotile fiber as a reinforcing fiber for light-weight mortars. The technological and ecological aspects of the use of chrysotile asbestos fibers as a component for mortar were considered. The optimum flow rate of fibers and the properties of the reinforced mortars have been determined. The compare of the physical and mechanical properties of the mortar with chrysotile fibers and mortar with polyacrylic fibers were performed.

Keywords: «warm» mortars, hollow ceramic microspheres, polyacrylic fiber, asbestos fiber, chrysotile asbestos, dispersion fiber reinforce

Увеличение в последние годы объемов малоэтажного и монолитного строительства с применением для устройства ограждающих конструкций эффективных мелкоштучных изделий определяет необходимость использования «теплых» кладочных растворов со средней плотностью 500...800 кг/м³. Характерной особенностью облегченных растворов на цементном вяжущем является достаточно низкий предел прочности на растяжение при изгибе при значительно большем значении предела прочности на сжатие. Вследствие этого, при возникновении в кладке деформаций образуются трещины по растворному шву. Также, вследствие низкой морозостойкости, поверхность растворного шва под влиянием климатических факторов начинает разрушаться и со временем происходит выкрашивание раствора. Введение в состав кладочного раствора дисперсноармирующей добавки позволит повысить прочность раствора на растяжение при изгибе, его морозостойкость и трещиностойкость [1].

В настоящее время в строительстве наибольшее применение получили базальтовая, полипропиленовая, полиакриловая, полиамидная фибры, а также стекловолокно [2]. Однако в качестве армирующих волокон также может быть применено хризотил-асбестовое волокно.

Асбест – собирательное название группы тонковолокнистых минералов. Различают две разновидности асбеста – хризотильный (серпентиновый) и амфиболовый. Более 95% мировой добычи асбеста составляет хризотил-асбест. Наиболее крупные мировые запасы хризотил-асбеста сосредоточены в России, Африке и Канаде.

Волокна хризотил-асбеста имеют трубчатую структуру с развитыми внутренними капиллярами, закрытыми адсорбированной водой. Асбестовое волокно обладает высокой удельной поверхностью ($150000...300000 \text{ см}^2/\text{г}$), что определяет его высокую адсорбционную активность, в частности по отношению к $\text{Ca}(\text{OH})_2$, что очень важно в его композициях с портландцементом. Модуль упругости хризотил-асбеста составляет $(150...185) \cdot 10^3 \text{ МПа}$, а предел прочности волокон на растяжение – $3200...5400 \text{ МПа}$. Распушенный асбест в зависимости от насыпной плотности имеет коэффициент теплопроводности $0,055...0,077 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$ [3].

В работах многих ученых доказано, что биологическая активность хризотила в $10...100$ раз ниже, чем у амфиболов [4, 5]. В кислой среде волокна хризотила фрагментируются и выводятся из легких, тогда как амфиболы, напротив, из-за своей кислотоустойчивости надолго задерживаются в организме [6]. В 1986 году Генеральная конференция Международной организации труда (МОТ) приняла Конвенцию № 162 «Об охране труда при использовании асбеста», которая впервые на международном уровне провозгласила принцип безопасного, контролируемого использования хризотилового асбеста. Конвенцию одобрили правительства и профсоюзы 125 стран, ратифицировали 29 стран. Более 50 государств включили ее положения в свои национальные законы или предписания. В Российской Федерации 8 апреля 2000 года принят Федеральный закон № 50-ФЗ «О ратификации Конвенции 1986 года об охране труда при использовании асбеста (Конвенция № 162)».

Исследование влияния дисперсного армирования на свойства раствора проводилось на ранее полученном авторами оптимальном составе облегченного кладочного раствора с керамическими микросферами [7], принятом в данном исследовании в качестве контрольного (КС). В качестве вяжущего вещества применялся портландцемент Holcim ExtraCEM 500 (Цем II/A-K (Ш-П) 42,5Н по ГОСТ 31108-2003). В качестве облегчающего заполнителя были использованы тонкостенные керамические микросферы фракции $10...500 \text{ мкм}$ производства ГК ИНОТЭК. Для снижения водоцементного отношения раствора использовался суперпластификатор Peramin SMF-10, представляющий собой порошок сульфонат меламина. Для повышения прочности сцепления раствора с основанием и предела прочности на растяжение при изгибе и на сжатие в состав раствора вводился редиспергируемый порошок сополимера из винилацетата и этилена Vinnapas 8034 Н. Для снижения средней плотности раствора использовалась воздухововлекающая добавка ASCO 93, которая представляет собой анионное ПАВ на базе высокомолекулярного олефинсульфоната. Характеристики полученного раствора приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Характеристики контрольного состава

Жизнеспособность растворной смеси	4 часа
Водоудерживающая способность растворной смеси	93%
Средняя плотность растворной смеси	$990 \text{ кг}/\text{м}^3$
Средняя плотность раствора в сухом состоянии	$781 \text{ кг}/\text{м}^3$
Предел прочности раствора при сжатии	$10,66 \text{ МПа}$
Предел прочности раствора на растяжение при изгибе	$2,34 \text{ МПа}$
Отношение $R_{изг} / R_{сж}$	0,247
Жизнеспособность растворной смеси	4 часа

Для сравнения характеристик и оценки влияния хризотилового волокна на прочность раствора была также использована полиакриловая фибра Rapasea DRY – высокомодульное полиакриловое армирующее волокно длиной 3,25 мм. Полиакриловые волокна применяются при производстве строительных материалов и в текстильной промышленности. Ввиду того, что полиакриловые волокна обладают высоким модулем упругости, они успешно используются для армирования строительных цементных композитов в качестве аналога базальтовой фибры и стекловолокна. Полиакриловая фибра устойчива ко всем химическим веществам, входящим в состав цементного камня, к щелочам, применяемым в производственных процессах, не корродирует, распределяется равномерно (не образуя «ежей») по всему объему материала и армируя его по всем направлениям.



Рис. 1 – Внешний вид фибры: волокна хризотил-асбеста (а), полиакриловые волокна (б)

На рис. 1 представлены фотографии волокон фибры, применяемых в данном исследовании. Армирующие волокна вводились в контрольный состав в количестве 0,3; 0,6 и 0,9% массы вяжущего. Контролируемыми характеристиками являлись средняя плотность растворной смеси и раствора в высушенном состоянии, предел прочности на сжатие и на растяжение при изгибе. Физико-механические свойства дисперсноармированных кладочных растворов приведены в табл. 2, на рис. 2 и 3.

Таблица 2 – Физико-механические свойства дисперсноармированных кладочных растворов

Вид фибры	Содержание фибры, % от массы цемента	В/Ц	Средняя плотность		Предел прочности раствора		Ризг / Рсж
			растворной смеси, кг/м ³	раствора в сухом состоянии, кг/м ³	на растяжение при изгибе, МПа	на сжатие, МПа	
КС	-	0,64	1068	842	2,24	10,66	0,210
ПФ-3,25	0,6	0,70	1120	857	3,11	13,33	0,233
	0,9	0,71	1106	835	3,21	13,65	0,235
	1,2	0,72	1093	811	2,95	12,58	0,234
АВ-5	0,6	0,70	1081	833	2,67	11,51	0,231
	0,9	0,73	1107	857	3,06	12,90	0,237
	1,2	0,75	1120	869	2,77	12,37	0,223

Примечание: КС – контрольный состав; ПФ-3,25 – состав с полиакриловой фиброй Rapasea DRY длиной 3,25 мм; АВ-5 – состав с хризотилковым волокном длиной 5 мм.

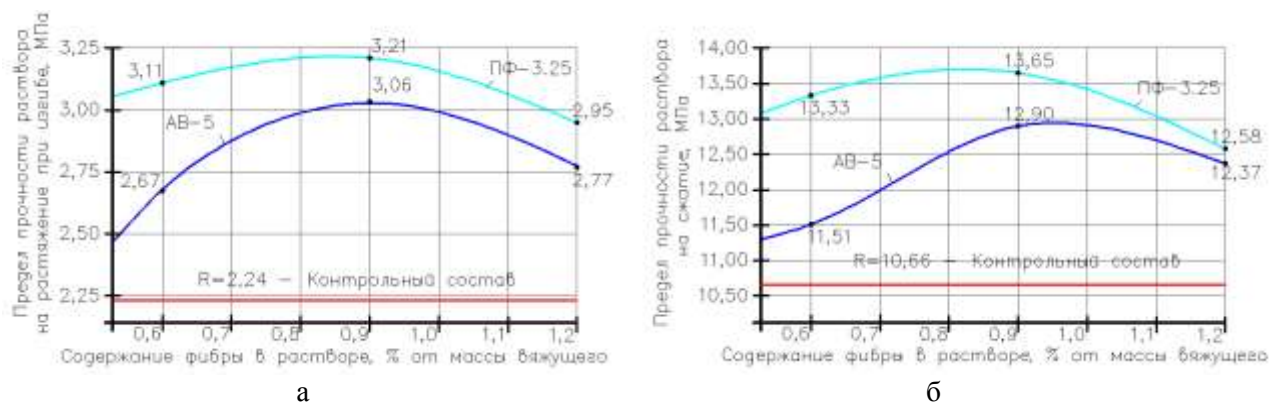


Рис. 2 – Зависимость предела прочности раствора на растяжение при изгибе (а) и на сжатие (б) от процентного содержания волокон фибры

Наибольший рост прочности наблюдался у составов с 0,9 % АВ-5 и 0,9 % ПФ-3,25. Предел прочности на растяжение при изгибе составил 3,21 МПа (на 43% выше по сравнению с прочностью контрольного состава) и 3,06 МПа (на 37% выше прочности контрольного состава), на сжатие – 13,65 МПа (на 28 % выше прочности контрольного состава) и 12,90 МПа (на 21% выше прочности контрольного состава) для составов с полиакриловой фиброй и хризотилowym волокном соответственно. Таким образом, дисперсное армирование кладочных растворов хризотилowym волокном достаточно эффективно, а за счет более низкой стоимости в сравнении с полимерными волокнами достигается существенный экономический эффект его применения.

Микроструктурный анализ образцов раствора проводился с использованием растрового электронного микроскопа FEI Quanta 200. Полученные фотографии микроструктуры цементного камня с фиброй представлены на рис. 3. Поверхность волокон хризотил-асбеста в большей степени покрыта продуктами гидратации цемента, что обеспечивает лучшее сцепление с цементным камнем по сравнению с полиакриловой фиброй.

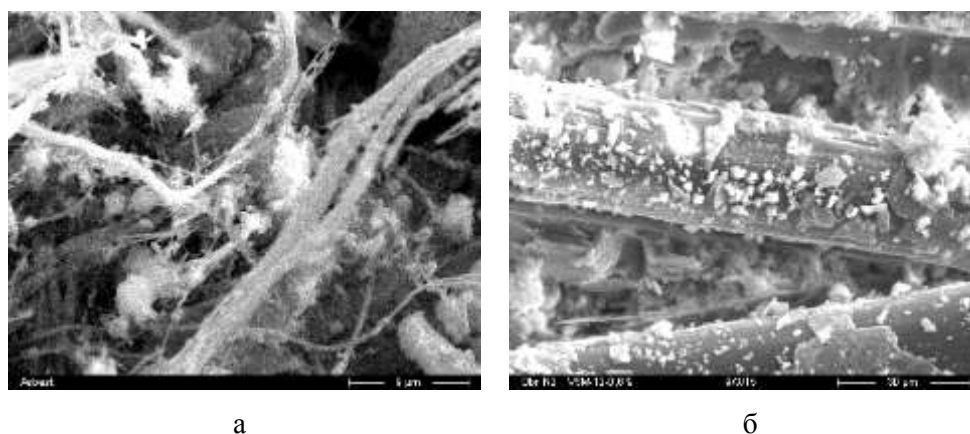


Рис. 3 – Фотографии микроструктуры облегченного кладочного раствора: а) с хризотилowym волокном; б) с полиакриловой фиброй

В результате исследований получен строительный раствор с полыми керамическими микросферами и хризотилowym волокном, обладающий пределом прочности на сжатие 12,9 МПа, пределом прочности на растяжение при изгибе 2,7 МПа при средней плотности раствора в сухом состоянии не более 800 кг/м³. Разработанный кладочный раствор может быть успешно применен при возведении малоэтажных зданий из эффективных штучных стеновых материалов.

Список литературы

1. Влияние низкомодульных волокон на свойства строительных растворов / Деревянко В.Н., Саламаха Л.В., Смоглий А.Г., Щудро Е.С., Тимченко Я. // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. 2011. №10 (163). С.8–11.
2. Василик П.Г., Голубев И.В. Применение волокон в сухих строительных смесях // Строительные материалы. 2002. № 9. С. 26-27.
3. Дворкин Л.И., Дворкин О.Л. Асбестоцемент // Бетонная тендерная система URL: <http://m350.ru/articles/more/v/id/117/> (дата обращения 12.04.2016).
4. Гудкова Е. А., Везенцев А. И. К вопросу о биологической активности хризотил-асбеста // Успехи современного естествознания. 2004. № 2. С. 100-101.
5. Смирнова Ю. В., Комкова А. В. Проблемы эффективного применения хризотил-асбеста в строительном комплексе России // Современные наукоемкие технологии. 2013. № 10-1. С. 81-82.
6. Жуков А.Д., Нейман С.М. О применении хризотилцементных изделий в строительных конструкциях // Строительство и ремонт URL: <http://ugroza.net /hrizotilcementnye-izdelija-chast-1.html> (дата обращения 14.04.2016)
7. Semenov V.S., Rozovskaya T.A., Oreshkin D.V. Properties of the dry masonry mixtures with hollow ceramics microspheres // Advanced Materials Research. 2014. Vol. 860-863. Pp. 1244-1247.

УДК 666.971.16

КОМПЛЕКСНАЯ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНАЯ ДОБАВКА ДЛЯ БЕТОНОВ

Резниченко Н.В., Рябов Г.Г.**

** Тульский государственный университет, Россия, Тула*

Рассмотрена добавка ПФМ-НЛК, определены её достоинства и недостатки, проведена работа по удешевлению данной добавки без снижения эффекта удобоукладываемости и прочности бетона.

Ключевые слова: бетон, добавка, прочность, опыт

COMPLEX ORGANIC-MINERAL ADDITIVE FOR CONCRETE

Reznichenko N. In., Ryabov G. G.**

** Tula State University, Russia, Tula*

This article describes the additive PFM-NLK, identified its strengths and weaknesses, carried out work to reduce the cost of this additive effect without reducing the workability and strength of concrete.

Keywords: concrete, additive, strength, experience

Сегодня невозможно представить себе качественное скоростное строительство без использования бетонов с суперпластификаторами. Разнообразие суперпластификаторов трудно перечислить. Под их влиянием не только повышается удобоукладываемость и соответственно уменьшается расход воды и увеличивается прочность бетонов, сокращаются сроки твердения, но и повышается внешний вид изделий за счёт предотвращения высолов. Благодаря суперпластификаторам можно получать самоуплотняющиеся литые бетоны с В/Ц=0,5-0,6 и ниже. Поэтому тема разработки суперпластификаторов с минимально возможными материальными и энерготепловыми затратами является весьма актуальной. Последнее стремление можно осуществить за счёт утилизации отходов.

В настоящее время учёными установлено, что многие добавки-модификаторы, вводимые в состав бетонных смесей, не только повышают их реологические свойства, но и способствуют повышению качества бетонов, экономии вяжущего и даже улучшению внешнего вида изделий. Для создания современных отечественных и зарубежных модификаторов, и особенно комплексных органо-минеральных, требуются высокое знание и опыт в области химии, уникальные виды оборудования для осуществления синтеза. Поэтому в России и других странах созданы специальные «Холдинги» по разработке таких добавок.

Один из крупнейших холдингов мира – ОАО «Полипласт» создан в России в г. Новомосковске Тульской области. Компания ОАО «Полипласт» располагает тремя современными заводами, оснащёнными новейшими видами оборудования. Часть продукции этого холдинга экспортируется в страны ближнего и дальнего зарубежья. На данном предприятии производится добавка для бетона ПФМ-НЛК [1]. По своим потребительским свойствам она отвечает требованиям к пластифицирующим, водоредуцирующим и повышающим морозостойкость добавкам [2]. Её состав – это смесь натриевых солей полиметиленафталинсульфокислот с добавлением воздухововлекающего и гидрофобизирующего компонентов. Ключевыми достоинствами данной добавки является улучшение удобоукладываемости и однородности бетонной смеси, ускорение процесса твердения и повышение прочности бетонных изделий. Однако имеются и недостатки:

1. Высокие материальные затраты на добавку (70000 рублей за тонну).
2. Требуются теплоэнергозатраты, т.к. воду для растворения добавки необходимо нагревать до оптимальной температуры указанной добавки «ПФМ-НЛК» [2].

Для того чтобы устранить данные недостатки, предлагаем комплексную органо-минеральную добавку для бетонов, включающую суперпластификатор полифункционального действия с основой натриевых солей полиметиленафталинсульфокислоты «ПФМ-НЛК» и воду, дополнительно применяем: содощелочной плав – отход производства капролактама, тонкодисперсный бурый уголь – попутный отход, образующийся на дне вагонов при транспортировке или в основании складов при следующем соотношении: суперпластификатор 5,5-6%; содощелочной плав 14, %-15%; бурый уголь 7,3-8%; остальное – вода. Характеристика компонентов комплексной органо-минеральной смеси:

Содощелочной сплав – отход производства капролактама Щёкинского химкомбината Тульской области. Представляет собой порошок жёлтого цвета. Не токсичен. Применяется для приготовления шлакощелочного вяжущего. Хорошо растворяется в обычной воде с температурой 15-20 градусов Цельсия. Химический состав мас. %: Na_2CO_3 – 87,0-94,1%; NaOH – 8-10% ; Fe – 0,001-0,004% ; не-растворимый осадок – 0,2-0,7%.

Бурый уголь – Подмосковного угольного бассейна. Принят порошок угля, образующийся самопроизвольно (за счёт трения) на дне вагонов при транспортировке железнодорожным транспортом или на основании складов. Состав : Str – 0,6-1%; (O+N)daf – 16,6% ; C– 73-76 % ; H– 4,83%.

Производим замес бетонной смеси с ПФМ-НЛК и с предлагаемой комплексной органо-минеральной добавкой. Определяем подвижность. Далее формуем и оставляем на 28 суток.

По истечении запланированного времени провели опыты и получили следующие результаты:

Таблица 1 – Результаты испытания прочности бетона
в зависимости от количества комплексной органоминеральной добавки

Количество добавки, %	Прочности при сжатии после 28суток, МПа
0,2	27,9
0,4	28,5
0,6	26,5

Из данных таблицы 1 видно, что оптимальное количество комплексной органоминеральной добавки составляет– 0,4%.

Сопоставительный анализ удобоукладываемости бетонной смеси и прочно-сти бетона через 28 суток нормально твердения с предлагаемой добавкой и добав-кой ПФМ-НЛК приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Свойства бетонной смеси и прочность бетона
в зависимости от вида добавки при оптимальном расходе

Вид добавки и % от массы цемента	Подвижность смеси, см	Прочность на сжатие, МПа
«ПФМ-НЛК» – 0,47%	10,7	28,03
Предлагаемая добавка – 0,4%	11	28,5

Анализ данных, приведенных в таблице 2

С использованием состава комплексной органоминеральной добавки по от-ношению к добавке ПФМ-НЛК – удобоукладываемость бетонной смеси и проч-ность не уменьшались, что согласуется с поставленной задачей.

Материальные затраты на покупку 1 тонны добавки «ПФМ-НЛК» состав-ляют 70000 рублей.

Таблица 3 – Материальные затраты на 1 тонну предлагаемой добавки

Материал	Цена за 1 тон-ну, руб.	Расход на 1 тон-ну, кг.	Общие затраты, руб.
Содощелочной сплав	11000	0,517	5687
«ПФМ-НЛК»	70000	0,207	14490
Бурый уголь (отход)	1500	0,276	414

Затраты на 1 тонну комплексной добавки составляют 20591 руб.

Анализ результатов, приведённых в таблице 3

За счёт снижения в составе предложенной комплексной органоминеральной добавки количества дорогостоящего суперпластификатора «ПФМ-НЛК» и утили-зации содощелочного плава и бурого угля затраты на материалы 1 тонны добавки уменьшились на 70,6%, что согласуется с поставленной задачей.

За счёт экзотермического эффекта при растворении содощелочного плава в воде исключается необходимость подогревать воду до 40° С, т.е. предложенным составом комплексной органоминеральной добавки выполняется задача исключе-ния теплоэнергетических затрат, что согласуется с поставленной задачей.

Химическая сущность природы действия комплексной добавки состоит в механизме соединения углеродосодержащего компонента, получаемого при рас-

творении бурого угля в щелочной среде с суперпластификатором «ПФМ-НЛК», что привело к следующим эффектам.

Углеродосодержащий компонент способен повышать прочность цементно-песчаного бетона, взятых по массе 1:3, а точнее прочность состава вяжущего в состоянии испытания на прочность [3].

Суперпластификатор «ПФМ-НЛК» обеспечивает удобоукладываемость в комплексе с принятой дополнительной щёлочесодовой средой (содощелочным плавом).

Усиление щелочной среды бетонной смеси ускоряет процесс схватывания, при условии, что щёлочность среды создается щелочным катионом натрия [4]. Данное условие предусмотрено в разработке комплексной добавки. Это отражено и в принятом аналоге РФ, приведенном выше;

Содержащиеся в составе содощелочного плава катионы железа (0,001%-0,004%) выполняют роль центров кристаллизации, что способствует ускорению конца схватывания и прочности бетона;

Уменьшение затрат на материалы обеспечено не только уменьшением дорогостоящего суперпластификатора, но и применением отходов производств – содощелочного плава и тонкодисперсного бурого угля, который скапливается на дне вагонов при транспортировке к ТЭС или на дне крытых складов.

Выбор бурого угля вместо обычного обоснован тем, что он при растворении в щелочной среде даёт большее количество углеродосодержащего компонента в сравнении с обычным каменным углём [5].

Список литературы

1. ТУ 5745-022-58042865-2007
2. ГОСТ 24211-2008 Добавки для бетонов и строительных растворов. Общие технические условия
3. Пат. РФ №2524698МПК С04В 7/13 «Вяжущее», авторы: Уруев В.М.; Токарева и др., 2014.
4. Пат. США №3663286, Кл. С04В13/24, 1979г.
5. Гуминовые препараты из углей для повышения урожайности сельскохозяйственных культур / Л.Н. Екатеринина, Л.В. Мотовилова и др. М., 1989. С. 87.

УДК 691.54: 666.913.2: 666.952

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОБАВКИ ТЕРМОАКТИВИРОВАННОЙ САРАЙ-ЧЕКУРЧИНСКОЙ ГЛИНЫ НА СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННОГО ГИПСОВОГО ВЯЖУЩЕГО

*Халиуллин М.И. *, Нуриев М.И. *, Рахимов Р.З. *, Гайфуллин А.Р. **

** Казанский государственный архитектурно-строительный университет,
Россия, Казань*

Поиск доступных местных пуццолановых добавок является актуальной проблемой, решение которой позволяет повысить экономическую и экологическую привлекательность производства цементных и гипсовых вяжущих. В последние годы исследователями ряда стран выполняются работы, направленные на обоснование возможности применения в качестве активных минеральных добавок при производстве вяжущих местных термоактивированных глин. Выполненные в настоящей работе исследования показывают эффективность применения термоактивированной глины в качестве активной минеральной добавки в композиционных гипсовых вяжущих.

Ключевые слова: композиционное гипсовое вяжущее, активные минеральные добавки, термоактивированная глина, водостойкость

RESEARCH OF INFLUENCE OF ADDITIVES THERMALLY ACTIVATED SARAI-CHEKURCHINSKY CLAY ON PROPERTIES OF THE COMPOSITE GYPSUM BINDER

Khaliullin M.I., Nuriyev M.I.*, Rakhimov R.Z.*, Gaifullin A.R.**

** Kazan State University of Architecture and Engineering
Russia, Kazan*

Finding cheap and affordable local effective pozzolanic additives is an actual problem, whose solution allows to increase the economic and environmental attractiveness of the production and use of cement and gypsum binders. In recent years researchers in several countries performed works aimed at the substantiation of the possibility of use as active mineral additives in the production of knitting affordable and accessible to local thermally activated clays. Performed in the present work, studies show a fairly high efficiency of application of the thermally activated clay as the active mineral additives for production of composite gypsum binders.

Keywords: composite gypsum binder, active mineral additives, thermally activated clay, water resistance.

Одной из актуальных проблем развития производства водостойких композиционных гипсовых вяжущих является поиск доступных и относительно недорогих видов пуццолановых добавок [1-3]. Но такие добавки, как доменные шлаки, золы, метакеолин и другие, доступны не во всех регионах и имеют ограниченные объемы запасов. В рамках решения данной актуальной проблемы целесообразным является проведение исследований, направленных на обоснование возможности применения в качестве эффективных пуццолановых добавок недорогих и доступных местных термоактивированных глин.

Как показали исследования, выполнявшиеся Всесоюзным научно-исследовательским институтом цемента в 30-е годы XX века [4], а также исследования, которые интенсивно выполняются в ряде стран в последнее десятилетие [5, 6], достаточно эффективно в качестве пуццолановой добавки при производстве портландцемента, различных смешанных вяжущих веществ могут использоваться термоактивированные глины.

В настоящей работе выполнены исследования по определению эффективности применения добавки термоактивированной глины в составе композиционного гипсового вяжущего.

При выполнении работы использовались следующие материалы:

- строительный гипс Г-5БII по ГОСТ 125 производства завода «Волма-Волгоград».
- портландцемент ПЦ 500-Д0-Н по ГОСТ 10178 производства ОАО «Мордовцемент».
- глина Сарай-Чекурчинского месторождения, имеющая следующий химический состав (в % по массе): SiO_2 – 52,84; TiO_2 – 0,86; Al_2O_3 – 13,42; Fe_2O_3 – 6,18; MnO – 0,10; CaO – 1,33; MgO – 1,66; Na_2O – 1,20; K_2O – 1,82; P_2O_5 – 0,09; SO_3/S – <0,05; п.п.п. – 4,62.

Минералогический состав глины (в % по массе): кварц – 28; слюда – 10; ортоклаз – 7; плагиоклаз – 8; смешанно-слоистый глинистый минерал – 40; хлорид 4.

Гранулометрический состав глины (в % по массе): глинистых фракций – 49,5; пылевидных – 37,1; песчаных – 13,4.

Глина подвергалась термической обработке путем обжига при температуре 400 °С в течение 4 часов, в соответствии с результатами ранее выполненных исследований по изучению активности добавок термоактивированных глин при их введении в портландцемент [6]. После обжига глина подвергалась помолу в планетарной мельнице до достижения удельной поверхности 200, 300, 500 и 800 м²/кг.

Приготовление композиционного гипсового вяжущего осуществлялось смешением компонентов. В состав композиционного гипсового вяжущего при смешении компонентов вводилась порошкообразная добавка гиперпластификатора Melflux 2651 F производства BASF Construction Polymers в количестве 0,8 % от массы вяжущего [7].

Испытания композиционного гипсового вяжущего выполнялись по ГОСТ 23789. Образцы выдерживались 28 суток в камере нормального твердения, после чего высушивались при температуре 55 °С до достижения постоянной массы. Коэффициент размягчения определялся по ТУ 21-0284757.

На первом этапе работы согласно известной методике, разработанной в МИСИ им В.В. Куйбышева [8], на препаратах, представляющих собой водные суспензии смеси полуводного гипса, портландцемента и активной минеральной добавки, по концентрации оксида кальция определялось необходимое количество термоактивированной глины для получения гипсоцементнопесчановой вяжущей композиции. Необходимое количество активной минеральной добавки должно обеспечивать концентрацию оксида кальция в растворе на 5 сутки не более 1,1 г/л, на 7 сутки – не более 8,5 г/л. Данные концентрации оксида кальция гарантируют отсутствие условий для образования высокоосновной формы гидросульфата кальция в длительные сроки твердения вяжущей композиции, вызывающего деформации и разрушение образующегося искусственного камня.

Результаты проведенных исследований, представленные на рис. 1? показывают, что с увеличением тонкости помола термоактивированной глины от удельной поверхности 200 до 800 м²/кг необходимое количество минеральной добавки относительно количества портландцемента уменьшается от 100 до 30 %.

Согласно результатам исследований, выполненных в работе [9] необходимое содержание в ГЦПВ известных активных минеральных добавок составляет (в % от массы портландцемента): для биокремнезема (удельная поверхность 20000 м²/кг) производства ГК «Diamax» – 100; для диатомита дегидратированного «Diasil» (удельная поверхность 11200 м²/кг) производства ГК «Diamax» по ТУ 5716-013-25310144-2008 – 100; для трепела (удельная поверхность 1194 м²/кг) Джабужского месторождения (Калужская обл.) – 100; для метакаолина (удельная поверхность 1357 м²/кг), полученного обжигом каолина (Т=700 °С; τ=1 ч) – 20.

Сравнение результатов, полученных авторами настоящей работы, с результатами исследований, выполненных в работе [9], показывает, что гидравлическая активность термоактивированной глины при удельной поверхности 200-300 м²/кг соответствует активности таких распространенных добавок, как трепел, диатомит, биокремнезем, а при увеличении тонкости помола до удельной поверхности 800 м²/кг по активности приближается к такой высокоэффективной добавке как метакаолин.

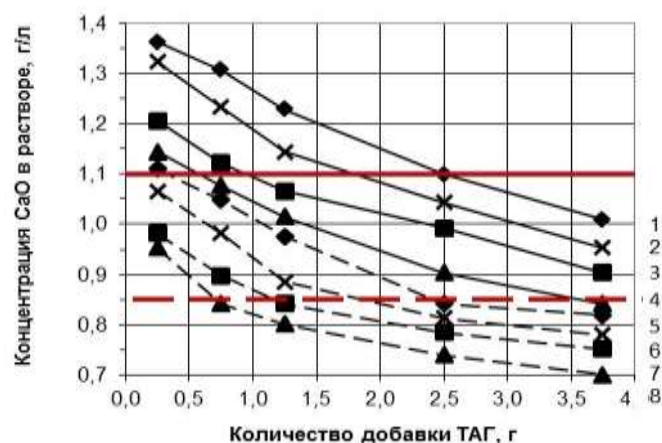


Рис. 1 – Кинетика поглощения СаО активной минеральной добавкой:
концентрация СаО в растворе для препаратов:
1, 2, 3, 4 – 5 суточного возраста; 5, 6, 7, 8 – 7 суточного возраста.
Удельная поверхность термоактивированной глины, $\text{м}^2/\text{кг}$:
1, 5 – 200; 2, 6 – 300; 3, 7 – 500; 4, 8 – 800

На следующем этапе работы проведены исследования влияния количества вводимой добавки термоактивированной глины, размолотой до удельной поверхности 200 и 500 $\text{м}^2/\text{кг}$ на основные физико-механические свойства композиционного гипсового вяжущего при содержании портландцемента в его составе – 20 %. Результаты исследований приведены на рис. 2.

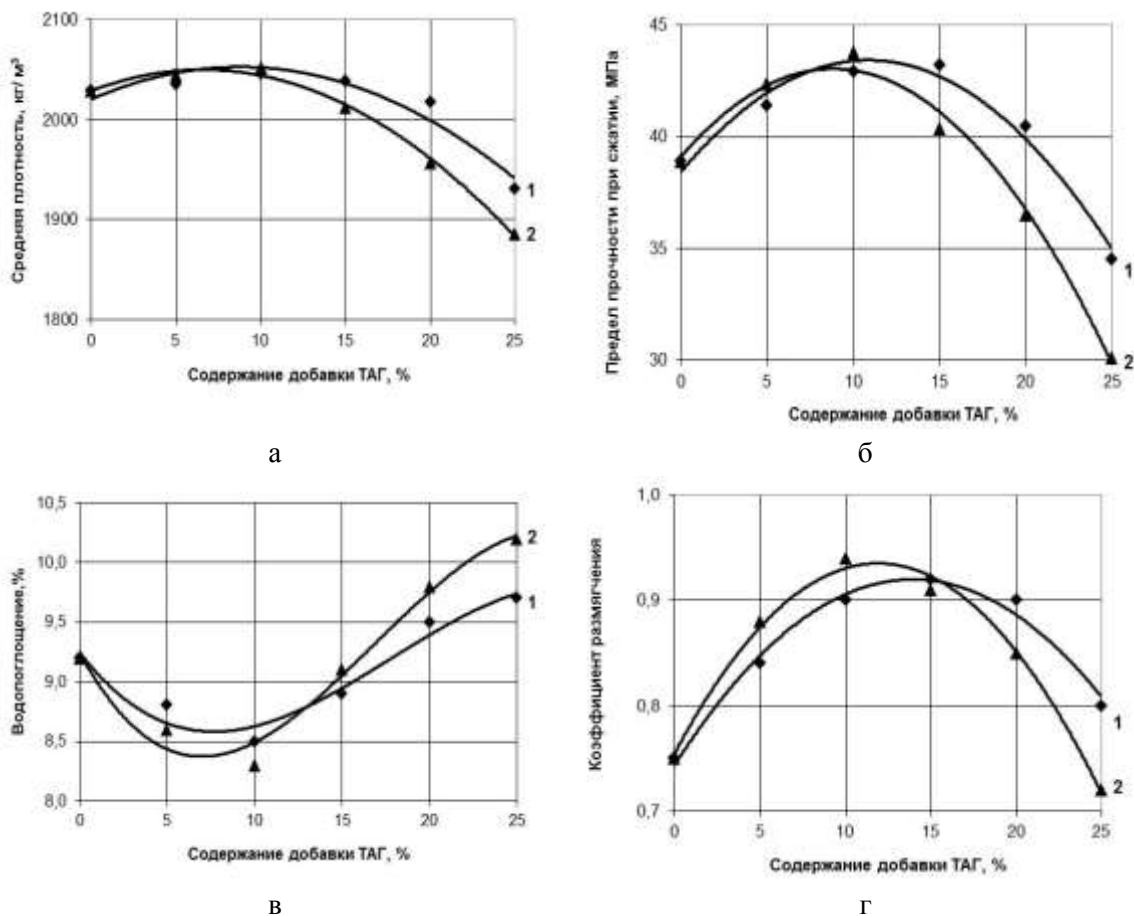


Рис. 2. Влияние количества добавки термоактивированной глины на основные физико-механические свойства композиционного гипсового вяжущего: а – среднюю плотность; б – прочность при сжатии; в – водопоглощение по массе; г – водостойкость. Удельная поверхность термоактивированной глины, $\text{м}^2/\text{кг}$: 1 – 200; 2 – 500

Согласно данным выполненных исследований, при увеличении количества добавки термоактивированной глины с удельной поверхностью 200 и 500 м²/кг до 25 % по массе происходит постепенное увеличение водопотребности вяжущего с 24 до 29-30 %, соответственно. Вместе с тем при введении до 15% добавок средняя плотность искусственного камня незначительно повышается, а его водопоглощение снижается, что является следствием взаимодействия активной минеральной добавки с продуктами, образующимися в процессе гидратации минералов портландцементного клинкера и гипса.

Введение в составе композиционного гипсового вяжущего термоактивированной глины при удельных поверхностях 200 и 500 м²/кг в необходимых количествах, соответственно, 20 и 10 % по массе по сравнению с контрольными образцами приводит к увеличению прочности при сжатии на 5 и 13 %; повышению коэффициента размягчения с 0,75 до 0,9 и 0,94, то есть до показателей, соответствующих группе водостойких вяжущих [10].

Таким образом, результаты проведенных исследований показывают достаточно высокую эффективность применения глины Сарай-Чекурчинского месторождения, термоактивированной по принятому режиму, в качестве активной минеральной добавки для получения композиционного гипсового вяжущего.

Список литературы

1. Рахимов Р.З., Халиуллин М.И. Состояние и тенденции развития промышленности гипсовых строительных материалов // Строительные материалы. 2010. № 12. С. 44-46.
2. Токарев Ю.В., Гинчицкий Е.О., Гинчицкая Ю.Н., Гордина А.Ф., Яковлев Г.И. Влияние комплекса добавок на свойства и структуру гипсового вяжущего // Строительные материалы. 2016. № 1-2. С. 84-89.
3. Сагдатуллин Д.Г., Морозова Н.Н., Хозин В.Г., Власов В.В. Состояние и тенденции развития промышленности гипсовых строительных материалов // Строительные материалы. 2010. № 2. С. 53-55.
4. Глинит-цемент: сборник статей ВНИИЦ / под ред. Аксенова В.И. Вып.11. М.-Л.: Главная редакция строительной литературы, 1935. 171 с.
5. Тирони А., Тресса М., Сиан А., Ирассар Э.Ф. Термическая активация каолиновых глин // Цемент и его применение. 2012. № 12. С. 145-148.
6. Рахимов Р.З., Рахимова Н.Р., Гайфуллин А.Р. Свойства цементного камня с добавками глинита // Строительные материалы. 2015. № 5. С. 24-26.
7. Гипсоцементнопуццолановые вяжущие с применением молотой термоактивированной глины и пластифицирующих добавок / Нуриев М.И., Халиуллин М.И., Рахимов Р.З., Гайфуллин А.Р., Князева Н.С. // Известия КазГАСУ. 2015. № 2 (32). С. 274-280.
8. Гипсовые материалы и изделия (производство и применение).: справочник / под общ. ред. А.В. Ферронской. М.: Изд-во АСВ, 2004. 488 с.
9. Изотов В.С., Мухаметрахимов Р.Х., Галаутдинов А.Р. Исследование влияния активных минеральных добавок на реологические и физико-механические свойства гипсоцементнопуццоланового вяжущего // Строительные материалы. 2015. № 5. С. 20-23.

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ГИПСОВОЛОКНИСТЫХ ПЛИТ

Мухаметрахимов Р.Х. *, Галаутдинов А.Р. *, Дикина А.Н. *

** Казанский государственный архитектурно-строительный университет,
Россия, Казань*

В работе описаны технологические процессы изготовления гипсоволокнистых плит. Рассмотрен один из основных способов формования гипсоволокнистых плит, этапы их производства, а также требования, предъявляемые к физико-механическим характеристикам изделий.

Ключевые слова: гипсоволокнистые плиты, технология, производство

THE TECHNOLOGY OF MANUFACTURE OF GYPSUM BOARDS

Mukhametrakhimov R.Kh. *, Galautdinov A.R. *, Dikina A.N. *

** Kazan State University of Architecture and Engineering, Russia, Kazan*

The paper describes the manufacturing process of gypsum boards. Considered one of the main ways of forming gypsum boards, stages of their production, as well as the requirements for physical and mechanical properties of products.

Keywords: gypsum plate, technology, manufacturing

В последнее время на рынке строительных материалов появилось большое количество новых решений. Активно внедряются материалы, основу которых составляет гипсовое вяжущее. Одним из таких решений являются гипсоволокнистые плиты (ГВП). ГВП – гомогенные, экологически чистые строительные изделия, получаемые из смеси гипсового вяжущего и распушенной целлюлозы в соответствии с требованиями ТУ 5742-004-03515377-97. ГВП используется для устройства: перегородок и облицовок стен с повышенными требованиями защиты от ударного воздействия, подвесных потолков, напольных покрытий, для выполнения огнезащитных покрытий, при необходимости создания декоративных и звукопоглощающих изделий.

В выполненных ранее исследованиях [1] показано влияние гиперпластификаторов на свойства матрицы для ГВП из композиционного вяжущего, а так же влияние армирования матрицы полипропиленовыми волокнами на основные свойства гипсоцементно-пуццоланового вяжущего [2]. Исследовано влияние на состав, структуру и основные физико-механические свойства искусственного камня на основе композиционного гипсового вяжущего гибридной минеральной добавки, в состав которой входят техногенные продукты – керамзитовая пыль и гранулированный доменный шлак в количествах, соответственно, 20 и 30% от массы строительного гипса [3].

Технологический процесс производства ГВП по мокрому способу состоит из следующих операций [4]: подготовка сырья – строительного гипса и волокнистой пульпы; дозировка компонентов формовочной массы; смешение массы в смесителе; отливка изделий на сетке с последующим удалением из него избытка воды; уплотнение гипсоволокнистых панелей под прессом с доведением их толщины до заданного размера; сушка ГВП; обрезка кромок и укладка панелей в штабеля на складе. Недостатком этого способа можно считать сложный технологический процесс с необходимостью использования большого количества обору-

дования, которое занимает значительную площадь производственных предприятий и повышает цену конечного продукта.

В качестве волокнистого материала могут быть использованы различные виды волокнистого сырья, обладающие высокой гипсоудерживающей способностью (целлюлоза, бумажная макулатура, солома, камыш и др.). Подготовка волокна заключается в размоле и расщеплении волокнистых материалов в тонкие волокна, которые впоследствии, создают арматурный каркас изделия. Для расщепления материалов на волокна применяют гидроразбиватели.

Для формования гипсоволокнистых плит применяют вакуумформирующий агрегат. По окончании вакуумирования гипсоволокнистая масса приобретает вид рыхлой войлокообразной плиты, толщина которой вследствие большой пористости и малого объемного веса больше толщины готовой панели. Остаточная влажность гипсоволокнистой массы после вакуумирования колеблется в пределах 60-70%.

По толщине плиты калибруются прессованием, при этом из массы удаляется избыточное количество воды и происходит ее уплотнение. Влажность ГВП после прессования составляет 35-40%.

После прессования изделие передается на разгрузочное устройство и подвергают сушке. Влажность ГВП после прессования составляет 35-40%, после сушки снижается до 2,0-3,0%. После сушки плиты подвергаются механической обработке, где обрезаются их торцовые кромки. Готовая продукция укладывается штабелями и маркируется.

Контроль внешнего вида, размеров и формы, определение массы, 1 м^2 листа, определение предела прочности при изгибе, определение поверхностного водопоглощения листов и определение твердости лицевой поверхности выполняют в соответствии с [5].

Требования к физико-механическим характеристикам ГВП по [5] приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Требования и технические характеристики ГВП по ГОСТ Р 51829-2001

Наименование и единица измерения характеристики	Значение
Предел прочности при изгибе, МПа, при номинальной толщине листа (мм): до 10,0 включ.	6,0
Св. 10,0 до 12,5 «	5,5
« 12,5 « 15,0 «	5,0
« 15,0 « 18,0 «	4,8
« 18,0 « 20,0 «	4,5
« 20,0	4,3
Поверхностное водопоглощение, кг/м^2	$\leq 1,0$
Твердость лицевой поверхности, МПа	≥ 20
Эффективная активность естественных радионуклидов, Бк/кг	≤ 370

Таким образом, в работе рассмотрен мокрый способ формования гипсоволокнистых плит, а также подробно отображены этапы их производства. Рассмотрены основные критерии контроля качества готовой продукции, а также требова-

ния, предъявляемые к физико-механическим характеристикам изделий, а именно к пределу прочности при изгибе ГВП в зависимости от толщины листа. Цель дальнейших исследований состоит в сравнении различных способов формования ГВП и выявлении наиболее оптимального, позволяющего сократить трудо- и энергозатраты производства ГВП, при сохранении или повышении их эксплуатационных характеристик.

Список литературы

1. Изотов В.С., Мухаметрахимов Р.Х., Галаутдинов А.Р. Исследование влияния гиперпластификаторов на свойства композиционного вяжущего // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона: сб. науч. тр. по материалам Междунар. науч.-практ. конф. Саратов: СГТУ, 2013. С. 21-24.

2. Изотов В.С., Мухаметрахимов Р.Х., Галаутдинов А.Р. Влияние полипропиленовых волокон на основные свойства гипсоцементно-пуццоланового вяжущего // Вестник Казанского технологического университета. 2015. Т. 18. № 1. С. 135-137.

3. Гайфуллин А.Р., Халиуллин М.И., Рахимов Р.З. Состав и структура камня композиционного гипсового вяжущего с известью и гибридной минеральной добавкой // Строительные материалы. 2014. № 7. С. 28-31.

4. Печуро С.С. Производство гипсовых и гипсобетонных изделий и конструкций. М.: Высш. шк., 1971. 224 с.

5. ГОСТ Р 51829-2001. Листы гипсоволокнистые. Технические условия.

УДК 691.54

СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ВЫСОЛОВ НА БЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЯХ

Страхов А.В. *, Фомин А.С. *, Баклан Д.Ю. *

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

Рассматривается обзор проблематики по борьбе с процессами высолообразования на поверхности бетонных изделий и конструкций. Приводятся различные способы и методы борьбы с высолом. Раскрывается актуальность разработки полифункциональных добавок в цементные бетоны.

Ключевые слова: высолообразование, добавка, гидроизоляционное покрытие, бетон

WAYS TO REDUCE THE FORMATION OF EFFLORESCENCE CONCRETE PRODUCTS

Strakhov A.V. *, Fomin A.S. *, Baklan D.Y. *

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

The article discusses a review of the issues on struggle against processes of efflorescence on surface of concrete products and structures. Explains the different ways and methods of dealing with efflorescence. Actuality of development of multi functional additives to cement concrete.

Keywords: efflorescence, additive, waterproofing coating, concrete

Лицевые кирпичи, изготовленные методом вибропрессования, имеют ряд преимуществ перед керамическим и силикатным кирпичом в прочностных показателях, долговечности и стоимостном эквиваленте.

Область применения лицевого вибропрессованного кирпича достаточно обширна, особенно в конструкциях зданий, подвергающихся частому замачиванию (цоколь, карниз, фронтоны и т.д.). [1]

Наряду с большим количеством преимуществ вибропрессованный лицевой кирпич имеет существенный недостаток – интенсивное высолообразование или выцветание. Высолы приводят к ухудшению эстетичного вида фасадов зданий, а при кристаллизации компонентов высолообразования во внутреннем пространстве микро- и макропор приводят к разрушению кирпича в результате многократного попеременного воздействия атмосферных осадков и углекислого газа [2].

Причины появления высолов и сами высолы можно классифицировать на две группы: первичные и вторичные.

Первичные высолы появляются непосредственно на начальных стадиях твердения вибропрессованных бетонных изделий.

Механизм образования высолов заключается в следующем: капилляры вибропрессованного бетона заполнены водным раствором продуктов гидратации цемента, в том числе гидроксидом кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (портландитом), который обладает заметной растворимостью в воде. В процессе формирования цементного камня портландит карбонизируется, реагируя с углекислым газом CO_2 , содержащимся в воздухе. В результате этого процесса капилляры вибропрессованного бетона заполняются карбонатом кальция CaCO_3 (известняк). В процессе твердения вибропрессованного бетона происходит массоперенос портландита из объема на поверхность изделий по пленке физически связанной воды в составе бетона. В результате этого портландит распространяется по всей поверхности вибропрессованных изделий, карбонизируется и после высыхания воды образует нерастворимый в воде и не смываемый водой высол.

Вторичные высолы образуются в процессе эксплуатации конструкций из вибропрессованного бетона при старении бетона под воздействием внешней среды и проявляются как общее или локальное (местное) осветление поверхности за счет образования нерастворимой в воде пленки карбоната кальция и других солей.

Вклад в образование высолов вносят как портландцемент, так и добавки, ускоряющие или замедляющие схватывание бетонных смесей и твердение бетона, противоморозные добавки-электролиты и пластифицирующие добавки, ЛСТ, ЛСТМ, С-3 и др. как в составе вибропрессованных изделий, так и в составе кладочных растворов, применяемых при возведении конструкций на их основе.

Методы борьбы с высолами могут быть первичными и вторичными.

К первичным методам можно отнести применение различных химических добавок в составе бетонных смесей, таких как:

1. Комплексная добавка для строительной смеси, которая включает суперпластификатор С-3, Релаксол – смесь балластных солей сероочистки коксового газа на основе тиосульфата и роданида натрия, дополнительно содержит технические лигносульфонаты при следующем соотношении компонентов, мас. %: Релаксол – 20-50, технические лигносульфонаты – 20-40, С-3 – остальное. Технический результат – предотвращение высолообразования на поверхности изделий, повышение их коррозионной устойчивости – атмосферной стойкости при сохранении прочности и морозостойкости [8].

2. Химическая добавка для цементных бетонов и строительных растворов, содержащая лигносульфонаты технические и натрий хлористый, дополнительно

содержит сульфат натрия и калий углекислый при следующем соотношении компонентов, масс. %: лигносульфонаты технические – 25-35, натрий хлористый – 5-10, калий углекислый – 20-25, сульфат натрия – остальное. Технический результат – упрощение процесса изготовления добавки, снижение ее расхода, повышение однородности цементно-бетонной смеси и ее прочности в ранние сроки твердения, исключение образования высолов и коррозии металлической арматуры [9].

3. Комплексная добавка и способ её изготовления, который заключается в получении комплексной добавки в бетонные смеси и строительные растворы смешиванием суперпластификатора С-3, лигносульфонатов технических и серосодержащих продукты – соли сероочистки коксохимических производств, либо сульфата натрия, либо тиосульфата натрия, либо их смесь при массовом соотношении смеси С-3 с лигносульфонатами техническими и серосодержащих продуктов (70-120):(5-30). Серосодержащие продукты предварительно измельчают в молотковой дробилке при центробежном ускорении 180-220 g до удельной поверхности 700-800 м²/кг, а суперпластификатор С-3 и лигносульфонаты технические смешивают в массовом соотношении (20-30):(50-70) в центробежном смесителе при центробежном ускорении 1-3 g в течение 2,5-3,5 минут с последующим измельчением в валковой дробилке с зазором между ее валками 0,5-1,0 мм. Технический результат – улучшение стабильности свойств комплексной добавки при хранении, снижение ее расхода, предотвращение высолов [10].

Традиционным способом удаления высолов (вторичный способ) является обработка бетонных изделий и конструкций на их основе растворами кислот (соляной, ортофосфорной, лимонной, уксусной и других кислот), обладающих разрушительным действием по отношению к карбонату кальция. Также к вторичному способу можно отнести различные виды гидроизоляционных покрытий, например:

1. Гидроизоляционная смесь, которая содержит, масс. %: портландцемент 90,0-91,2, углекислый натрий 6,6-7,5, кремнийорганическую жидкость ГЮК-11 1,32-1,5, суперпластификатор С-3 0,88-1,0. Технический результат – увеличение водонепроницаемости, увеличение плотности поверхностного слоя на 7-10%, увеличение адгезионной прочности более чем в 2 раза, снижение образования высолов на обработанной поверхности [11].

2. Способ обработки строительных изделий, который осуществляют путем последовательного нанесения на поверхность раствора жидкого стекла с модулем 3-3,5, плотностью 1,02-1,56 кг/л, а затем раствора хлористого лития - отхода производства химического волокна, содержащего до 30% LiCl, причем нанесение растворов проводят окунанием изделий на 1-1,5 мин. Технический результат – снижение водопоглощения обработанной поверхности, повышение морозостойкости, прочности и исключение высолообразования [12].

3. Гидроизоляционная смесь для обработки бетонной поверхности, которая содержит, масс. %: портландцемент 87,5-89,0, сульфат натрия 8,8-10, кремнийорганическую жидкость ГЮК-11 1,0-2,0, суперпластификатор С-3 0,5-1,2. Технический результат – увеличение водонепроницаемости, увеличение плотности поверхностного слоя на 9-12%, снижение образования высолов на обработанной поверхности [13].

Однако при обработке соляной кислотой в толще бетона образуется хлористый натрий, который, даже будучи нейтрализован раствором едкого натра (каустической содой NaOH), разрушает контактные слои между цементным камнем и

заполнителем и уменьшает прочность бетона с резким возрастанием его проницаемости. Обработка кислотами разрушает строительные материалы, резко снижает их долговечность, приводит к интенсивной ветровой эрозии и загрязнению окружающей среды, изменяет фактуру и цвет поверхности и не соответствует современным техническим требованиям и экологическим нормам.

Примеры применения конкретных добавок в бетоны либо ограничены низкой распространенностью сырьевых компонентов добавок, либо усложнением технологического процесса их изготовления и введения в бетонную смесь.

Наиболее распространенными модификаторами для вибропрессованных бетонов являются добавки: ускорители твердения, супер- и гиперпластификаторы. Однако применение добавок моноподнаправленного действия в вибропрессованных бетонах с В/Ц не более 0,32 оказывает деструктивное действие на цементный камень в среде с ограниченным количеством воды [3-7].

Наиболее эффективными для вибропрессованных бетонов и изделий на их основе будут комплексные полифункциональные модификаторы (добавки). Таким образом, можно утверждать, что борьба с высолообразованием на поверхности бетонных изделий является актуальной тематикой, а разработка полифункциональных добавок-модификаторов – наиболее перспективной задачей.

Список литературы

1. Schlecht B., Neubauer A. Hydraulic Compaction System (HCS) // Steigerung der Produktqualität durch effiziente Verdichtung. Betonwerk +Fertigteiletechnik. Heft 9.2000. P. 44-51.
2. Ржевская С.В. Материаловедение: учеб. 4-е изд. М.: Логос, 2004. 413 с. (Новая университетская библиотека).
3. Лукутцова Н.П., Матвеева Е.Г., Фокин Д.Е. Исследование мелкозернистого бетона, модифицированного наноструктурной добавкой // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. № 4. С. 6-11.
4. Пустовгар А.П., Лукутцова Н.П., Устинов А.Г. Изучение свойств мелкозернистого бетона модифицированного нанодисперсной добавкой серпентинита // Вестник МГСУ. 2013. № 3. С. 155-162.
5. Ананенко, А.А., Нижевасов В.В., Успенский А.С. Мелкозернистые бетоны с комплексными модификаторами // Известия вузов. Строительство. 2005. № 5. С. 42-45.
6. Лукутцова Н.П., Матвеева Е.Г. Роль микро и нанодисперсных добавок в структурообразовании мелкозернистого бетона // Технологии бетонов. 2013. № 10 (87). С. 40-41.
7. Карпиков Е.Г., Петров Р.О., Кириенко Д.А. Комплексные добавки для бетонов как фактор решения проблем урбанизированных территорий // Биосферносовместимые города и поселения: материалы Междунар. науч.-практ. конф., 11-13 декабря 2012 г. Брянск, 2012. С. 226-231.
8. Пат. 2290375 Российская Федерация, МПК C04B22/08; C04B24/24; C04B24/18; C04B103/6 Комплексная добавка для строительной смеси / А.Ф. Ковалев; заявитель и патентообладатель ОАО «Полипласт». № 2005125278/03; заявл. 09.08.2005; опубл. 27.12.2006. Бюл. № 36. 3 с.
9. Пат. 2278081 Российская Федерация, МПК C04B22/08; C04B24/18; C04B24/30; Химическая добавка для цементных бетонов и строительных растворов / А.М. Власенко, Д.А. Власенко; заявитель и патентообладатель А.М. Власенко. № 2005102758/03; заявл. 07.02.2005; опубл. 20.06.2006. Бюл. № 17. 6 с.
10. Пат. 2343128 Российская Федерация, МПК C04B22/08; C04B24/18; C04B24/30; Способ получения комплексной добавки в бетонные смеси и строительные растворы / А.Е. Баранов, А.А. Федоров, А.С. Черкасов; заявитель и патентообладатель ООО «Компонент». № 2007123904/03; заявл. 25.06.2007; опубл. 10.01.2009. Бюл. № 1. 6 с.
11. Пат. 2457193 Российская Федерация, МПК C04B41/65; C04B28/04. Гидроизоляционная смесь / В.С. Изотов, Л.И. Насрыева; заявитель и патентообладатель Федер. гос. образ. учрежд. высш. проф. образ. «Казанский государственный архитектурно-строительный университет». № 2011102752/03; заявл. 25.01.2011; опубл. 27.07.2012. Бюл. № 21. 5 с.

12. Пат. 2439037 Российская Федерация, МПК C04B41/50; C04B41/52. Способ обработки строительных изделий / Н.Д. Яценко и др.; заявитель и патентообладатель Гос. образ. учрежд. высш. проф. образ. «Южно-Российский технический университет». № 2009147673/03; заявл. 21.12.2009; опубл. 10.01.2012. Бюл. № 1. 4 с.

13. Пат. 2459785 Российская Федерация, МПК C04B41/65; C04B28/04. Гидроизоляционная смесь / В.С. Изотов, Л.И. Насрыева; заявитель и патентообладатель Федер. гос. образ. учрежд. высш. проф. образ. «Казанский государственный архитектурно-строительный университет». № 2011102750/03; заявл. 25.01.2011; опубл. 27.08.2012. Бюл. № 24. 4 с.

УДК 691.3

СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЯДРА И ОБОЛОЧКИ ГРАНУЛЫ ПОРИСТОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ НА ОСНОВЕ ОПОКИ

Мещеряков Д.В. *, Решетникова А.А.,* Чернышев А.В. *

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

Изучен механизм структурообразования пористых гранул, сформированных в процессе обжига зерен опоки, покрытых стеклокерамической оболочкой с вплавленными базальтовыми волокнами. Описана топография и состав микропористой гетерогенной структуры ядра, оболочки и контактной зоны гранул.

Ключевые слова: пористый заполнитель бетона, опока, отходы производства базальтового волокна, термолит

STRUCTURAL PECULIARITIES OF THE NUCLEI AND SHELL EMERGING IN SILICA BASED EXPANDED AGGREGATE PARTICLES

Meshcheryakov D.V. *, Reshetnikova A.A.,* Chernyshev* A.V.

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

The structuring mechanism of porous particles, which were formed during roasting process of silica grains coated by ceramic shell with basalt fibres fused into was studied. The topography and composition of the microporous and heterogeneous core structure and the same of the particles contact area and shell were shown.

Keywords: expanded aggregate, silica, waste production of basalt fiber, thermolith

Получение прочного и морозоустойчивого гранулированного заполнителя с развитой волокнистой контактной поверхностью на основе материала с природной пористостью найдено благодаря применению опоки в качестве ядер [1]. Пористый заполнитель бетона сформирован в виде гранул размером 5-20 мм, состоящих из ядра и оболочки. Ядра представляют собой зерна дробленой и обожженной кремнистой опоки, а оболочка выполнена в виде стеклокерамического покрытия толщиной 1-2 мм с вплавленными базальтовыми волокнами.

Образование стеклофазы при обжиге кремнеземсодержащих гранул наступает уже в интервале 800-1000 °С. Этим фактом объясняется механизм смешанного твердожидкостного спекания в обожженной опоке – термолите и на границе контакта оболочки при стекловании легкоплавкой глины, благодаря суммарному присутствию 10-15 % глауконита, монтмориллонита, гидрослюд и гидроокислов железа [2]. Данная система насыщается определенным количеством стеклофазы. При этом возрастает диффузия катионов в опаловый кремнезем, что способствует появлению геленита, волластонита и ряда пироксеновых твердых растворов. В

термолитовом ядре, сохраняется природная микропористость около 50 %, свойственная сырой опоке, со стабилизацией значений средней плотности ниже 1000 кг/м³ и прочностью в пределах 5-10 МПа.

Характер пористости в ядре и состав контактной зоны оболочки изучен на сканирующем электронном микроскопе JPS (JEOL-5800LV), оборудованном рентгеновским микроанализатором (EDS-S60 DX90) и дифрактометром (Philips X'Pert-MPD).

На фотографии рисунка 1 видна микрочаеистая структура материала с порами примерно одинакового размера.

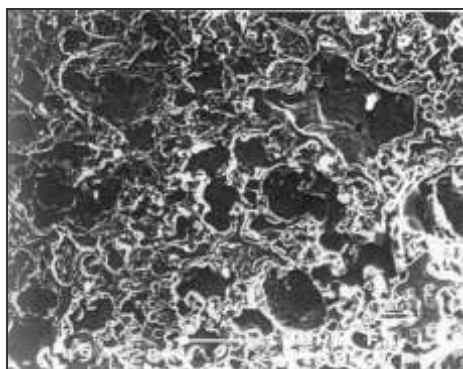


Рис. 1 – Микроструктура ядра гранулы

Кроме замкнутых пор, имеет место наличие их сообщающихся разновидностей. Установлено, что наиболее оптимальный процесс сохранения природной пористой массы наблюдается в интервале температур 880-920⁰С с выдержкой для стабилизации структуры от 15 до 20 минут.

Состав контактной зоны гетерогенной композиции и плотной оболочки гранулы представлен стеклофазой и пироксеновыми кристаллами примерно в равных соотношениях, соответственно 51 % и 49 %. Кристаллическую фазу представляют диопсид $\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$, параволластонит $\beta\text{-Ca}_3[\text{Si}_3\text{O}_9]$ и геленит $\text{Ca}_2\text{Al}_2[\text{SiO}_7]$. На рисунке 2 приведены данные дифрактограммы, характеризующие присутствие указанных кристаллических включений.

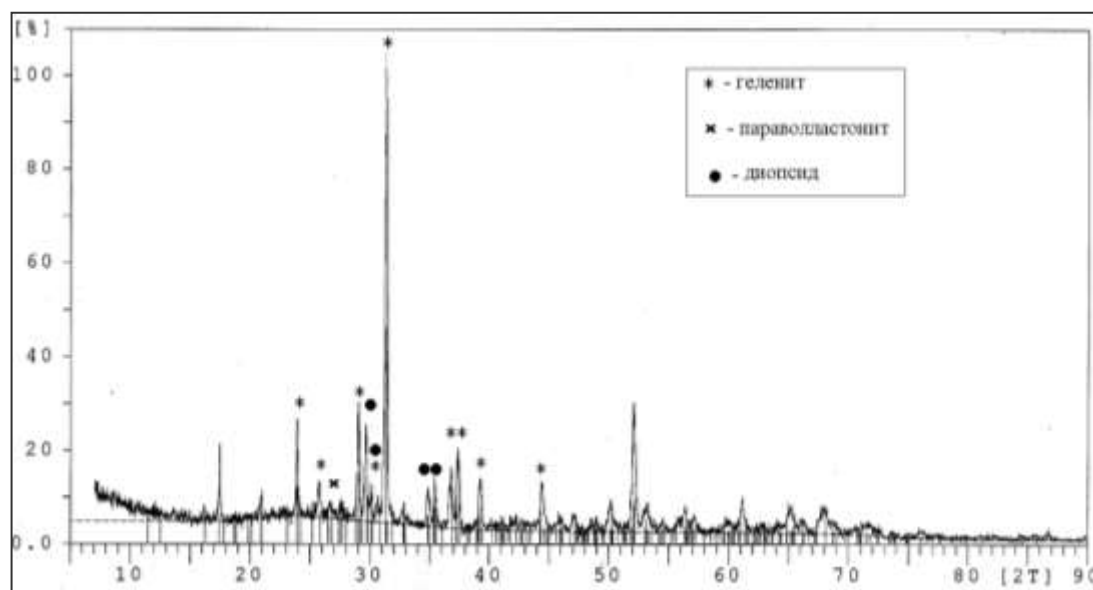


Рис. 2 – Дифрактограмма состава контактной зоны гетерогенной композиции и плотной оболочки гранулы

На внешней стороне стеклокерамической оболочки гранулы образуется развитая поверхность благодаря вплавлению базальтовых волокон, используемых в качестве материала опудривания. На рисунке 3 приведена фотография волокон внедренных в оболочку.

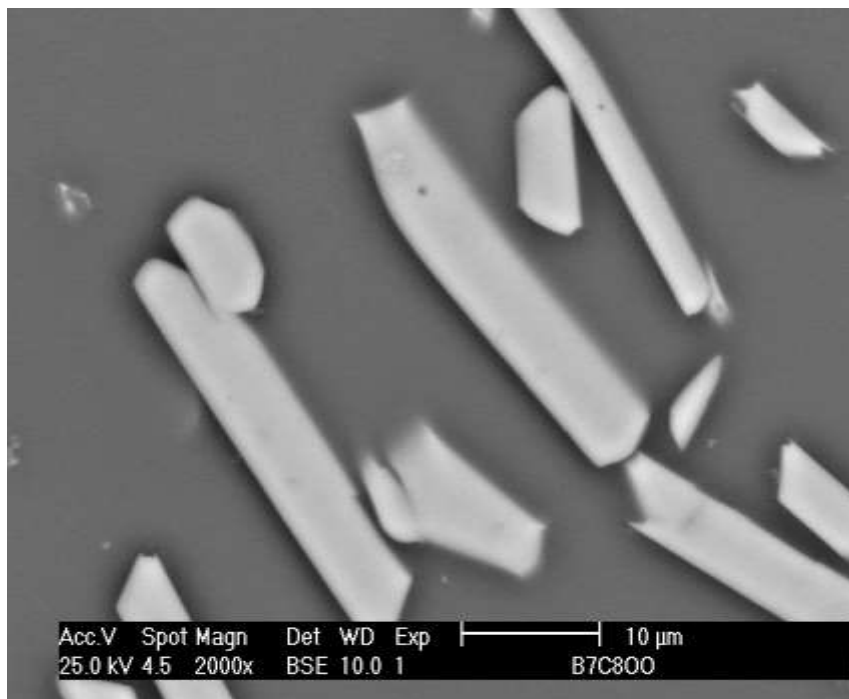


Рис. 3 – Характер внедрения базальтовых волокон в оплавленную поверхность гранул

Процесс обжига и изотермической выдержки в течение 15 минут сопровождается кристаллизацией с образованием минералов пироксеновой группы (авгит, диопсид, геденбергит). Изотермическая выдержка в течение интервала времени более 15 минут приводит к полнообъемной кристаллизации базальтовых волокон, что увеличивает их хрупкость и, как следствие, снижение удельной поверхности самих гранул. С другой стороны, образование большего количества легкоплавкой стекловидной фазы в глинистом материале, формирующем оболочку, может привести к ассимиляции – усвоению расплавом вещества базальтовых волокон, то есть растворению.

Таким образом, полученные экспериментальные данные позволят оптимизировать технологические режимы производства теплоизоляционных засыпок и гранулированных легких заполнителей бетонов с улучшенными характеристиками по прочности и морозостойкости, а также применить технические решения для расширения сырьевой базы.

Список литературы

1. Пат. РФ на изобретение № 2570161. Пористый заполнитель и способ его получения / Мещеряков Д. В., Иващенко Ю.Г., Хомяков И.В., Решетникова А. А. Оpubл. 10.12.2015 Б. И. № 34.
2. Мещеряков Д.В., Решетникова А.А., Чернышев А.В. Пористый заполнитель бетона с развитой волокнистой поверхностью гранул на основе опоки и отходов базальтового волокна // Научное обозрение. 2015. № 14. С. 187-193.

**К ВОПРОСУ О ГАРМОНИЗАЦИИ СОСТАВОВ И СВОЙСТВ
БАЗАЛЬТОВОГО ВОЛОКНА И СТЕКЛОВИДНОЙ ОБОЛОЧКИ
ПРИ ИХ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЕ В ГРАНУЛАХ ПОРИСТОГО
ЗАПОЛНИТЕЛЯ НА ОСНОВЕ ОПОКИ**

Мещеряков Д.В. *, Решетникова А.А.,* Чернышев А.В. *

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

Приведен расчетный механизм оптимизации состава вещества, формирующегося в контактной зоне оболочки гранулы пористого заполнителя опоки, для адаптации при совмещении в процессе обжига их физических характеристик с вплавленными базальтовыми волокнами.

Ключевые слова: пористый заполнитель бетона, опока, отходы производства базальтового волокна, термолит

**TO THE ISSUE OF STRUCTURES HARMONIZATION AND PROPERTIES OF
BASALT FIBER AND VITREOUS SHELL INTERREACTING IN PARTICLES
OF SILICA BASED EXPANDED AGGREGATE.**

Meshcheryakov D.V. *, Reshetnikova A.A.,* Chernyshev A.V. *

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

This calculated mechanism is used for optimization of material composition that currently emerges in the contact area of silica based expanded aggregate particles shell. It adapts combination of their physical characteristics with properties of basalt fibres fused into during the firing process.

Keywords: expanded aggregate, silica, waste production of basalt fiber, thermolith

Разработан пористый заполнитель бетона в виде гранул размером 5-20 мм, состоящих из ядра и оболочки. Ядра представляют собой зерна дробленной и обожженной кремнистой опоки, а оболочка выполнена в виде стеклокерамического покрытия толщиной 1-2 мм с вплавленными базальтовыми волокнами. На внешней стороне стеклокерамической оболочки гранулы образуется развитая поверхность из вплавленных базальтовых волокон, используемых в качестве материала опудривания [1, 2].

Процесс внедрения и одновременного сохранения базальтовых волокон в структуру оплавленной оболочки весьма чувствителен к колебаниям как температурных режимов обжига, так и сродства вещественных составов сплавляемых сред.

Наиболее предпочтителен температурный режим обжига, при котором образование большого количества легкоплавкой стекловидной фазы в глинистом материале, формирующем оболочку, не привело к ассимиляции – усвоению расплавом вещества базальтовых волокон, то есть их растворению в стекловидном объеме. С другой стороны, составы базальтового волокна и стекловидной оболочки при их совместной работе в грануле пористого заполнителя должны быть как можно близки и гармонировали по таким показателям как прочность, упругость и хрупкость.

Предпринята попытка реализации численной интерпретации данной проблемы на основе корреляционно-регрессионного анализа и планирования эксперимента. В качестве модельных взяты составы известных базальтовых волокон, производимых промышленностью США и Японии из традиционного природного сырья, которые приведены в таблице.

Химический состав и свойства базальтовых волокон, вырабатываемых промышленностью США и Японии из природного сырья различных месторождений

Показатели	Номер партии и расположение месторождения								
	X-6	K-9068	K-9064	K-9048	K-9017	RC-3	RC-11	O-2	BCR-P
	штат Вашингтон, США					штат Айдахо, США		Орегон, США	Якима, Япония
SiO ₂	49,10	50,02	50,49	50,86	53,61	51,41	49,41	50,50	54,50
Al ₂ O ₃	13,80	13,29	13,62	15,18	15,14	15,14	17,92	16,00	13,60
TiO ₂	3,16	3,48	3,06	1,69	1,84	2,22	2,41	2,17	2,20
Fe ₂ O ₃ + FeO	13,98	15,27	14,62	11,21	11,60	13,32	11,66	13,50	12,50
CaO	9,43	8,59	8,48	10,62	8,43	9,33	9,06	10,00	6,52
MgO	5,25	4,28	4,45	6,49	4,98	5,05	5,64	4,30	3,46
K ₂ O + Na ₂ O	4,35	4,30	4,47	3,42	3,87	2,96	3,38	3,55	4,97
MnO	0,21	0,21	0,22	0,19	0,18	0,21	0,17	0,00	0,18
P ₂ O ₅	0,68	0,55	0,58	0,33	0,35	0,36	0,35	0,00	0,36
Σ, %	99,96	99,99	99,99	99,99	100	100	100	100,02	98,29
Прочность при растяжении, ГПа	1,97	2,13	2,23	2,08	2,45	2,25	1,99	2,08	1,97
Модуль упругости, ГПа	2,76	77,93	87,59	82,76	87,59	7,59	77,93	90,34	71,03
Модуль хрупкости, ГПа	2,01	36,59	39,28	39,79	35,75	8,93	39,16	43,43	36,05
T _{вытяжки} , °C	350	1250	1250	1250	1250	250	1300	1250	1360
Диаметр волокон, мкм	3,0	13,5	9,0	11,8	10,2	1,3	12,2	11,4	12,1

При помощи множественного регрессионного анализа изучена связь прочностных характеристик волокна с его химическим составом. Для анализа вследствие многокомпонентности химического состава было выбрано уравнение регрессии первой степени с восемью факторными переменными с условными обозначениями: *S* – SiO₂, *A* – Al₂O₃, *T* – TiO₂, *F* – FeO + Fe₂O₃, *C* – CaO, *M* – MgO, *R* – Na₂O + K₂O, *P* – P₂O₅ в массовых %.

В качестве зависимых переменных выбраны: σ_p – прочность на растяжение, *E* – модуль упругости и *X* – критерий хрупкости, представляющий собой отношение модуля упругости к прочности на растяжение, то есть $X = E/\sigma_p$. Полученные уравнения регрессии имеют вид

$$\sigma_p = -41,4533 + 0,471156S + 0,378717A + 0,149708T + 0,555984F + 0,137679C + 0,682061M + 0,386868R + 0,375784P \quad (1)$$

$$E = -1014,25 + 9,733236S + 13,62914A - 19,6879T + 17,85648F + 11,77494C + 4,958191M + 14,71286R + 62,55688P \quad (2)$$

$$X = 274,0231 - 3,45272S - 0,06676A - 10,8858T - 1,93554F + 4,086357C - 10,7427M + 0,140797R + 25,21597P \quad (3)$$

Адекватность расчетных и экспериментальных данных оценивалась по коэффициенту корреляции, который близок к 1, что говорит о тесной связи между предсказанными и табличными значениями.

Сравнительный анализ значений наблюдаемого (F_n) и критического (F_k) значений критериев Фишера для всех уравнений подчиняется неравенству $F_n > F_k$, что подтверждает их значимость при уровне надежности 95%.

Используя уравнения (1-3), можно оптимизировать состав стекла по показателям прочности, упругости и хрупкости.

Таким образом, введя ограничения по колебаниям количества оксидов в пределах минимальных и максимальных их значений в модельных стеклах при максимальном значении модуля Юнга $E=90$ ГПа и минимальном модуле хрупкости $X=36$, решали задачу линейного программирования по максимизации значения прочности на растяжение.

Получен состав оплавленной оболочки, гармонично приближенный к составам наиболее распространенных производимых видов промышленных базальтовых волокон. Состав включает оксиды в масс. %: $SiO_2=54,5$; $Al_2O_3=16,00$; $TiO_2=2,86$; $FeO + Fe_2O_3=12,94$; $CaO=6,60$; $MgO=3,46$; $Na_2O + K_2O=2,96$; $P_2O_5=0,68$ с ожидаемым значением прочности на растяжение минеральных волокон $\sigma_p = 2,57466$ ГПа.

Далее на основе известных видов сырья можно подобрать состав шликера для формирования при совмещении в процессе обжига стеклокерамической оболочки с адаптированными физическими характеристиками вплавленных базальтовых волокон.

Список литературы

1. Пат. РФ на изобретение № 2570161. Пористый наполнитель и способ его получения / Мещеряков Д. В., Иващенко Ю.Г., Хомяков И.В., Решетникова А. А. Опубл. 10.12.2015 Б. И. № 34.
2. Мещеряков Д.В., Решетникова А.А., Чернышев А.В. Пористый наполнитель бетона с развитой волокнистой поверхностью гранул на основе опоки и отходов базальтового волокна // Научное обозрение. 2015. № 14. С. 187-193.

ХИМСТОЙКИЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Иващенко Ю.Г.,* Хомяков И.В.,* Желтов П.К.*

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

Рассматриваются химстойкие композиционные материалы для изготовления технологического оборудования на основе фурановых смол жидкого натриевого стекла, местных минеральных заполнителей и наполнителей.

Ключевые слова: наполнитель, композиция, отходы производства, стойкость

CHEMICALLY RESISTANT COMPOSITE MATERIALS FOR THE MANUFACTURE OF TECHNOLOGICAL EQUIPMENT

Ivashchenko Yu.G.* Homiakov I.V.*, Zheltov P.K.*

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

Considered chemically resistant composite materials for the manufacture of technological equipment based on furan resins, liquid sodium glass, local mineral aggregates and fillers.

Keywords: litter, composition, production waste, durability

The article discusses the possibility of using an ultrasonic dispersion of the cement paste in the preparation of cement mortars. It is shown that the use of ultrasonic dispersion increases the physical and mechanical properties of cement mortars

Keywords: ultrasonic dispersion of, the cement paste

Повышение долговечности и эксплуатационной надёжности строительных конструкций и технологического оборудования предприятий чёрной металлургии является актуальной задачей. Разработаны составы композиционных материалов на основе фурановых смол (мономеры ФА и ФАМ), жидкого натриевого стекла, местных минеральных заполнителей и наполнителей.

Для коробчатых тонкостенных конструкций была использована разъёмная металлическая оснастка, обеспечивающая требуемую точность геометрических размеров и образование в процессе изготовления технологических отверстий для удаления отработанных химических растворов из оборудования. Для обеспечения жёсткости и трещиностойкости изделия армировали стержневой арматурой диаметром 6-10 мм.

Составы разработанных композитов по данным лабораторных испытаний характеризуются следующими показателями функциональных свойств: средняя плотность 1800-2300 кг/м³, предел прочности при сжатии 30-80 МПа, при изгибе 7-16 МПа, коэффициент химической стойкости 0,8-0,9.

Технологический регламент предусматривает подготовку исходных компонентов (рассев на фракции, сушку, модифицирование заполнителей и наполнителей), монтаж опалубки, установку арматурных каркасов и вкладышей, пригото-

ление сырьевых смесей композиционных материалов в бетоносмесителях принудительного действия, формование конструкций технологического оборудования с уплотнением смесей с помощью глубинных вибраторов.

Для ускорения набора прочности композиционные материалы подвергали дополнительному нагреву в течение 6-8 часов при 40-50°C, затем осуществляли распалубку изделий и проверяли их на герметичность.

Конструкции технологических ванн на основе фурановых композиционных материалов показали высокие эксплуатационные свойства и надёжность при контактировании с водными растворами солей (с концентрацией 150-200 г/л) и соляной (80-100 г/л) кислоты в течение десяти лет эксплуатации без существенного изменения физико-химических свойств, что можно констатировать по результатам испытаний выпиленных из стенок ванн кернов. Арматура практически не имела следов коррозии металла, что свидетельствует о высокой степени защиты её фурановым композитом.

Для раствора химического полирования (H_2SO_4 – 150 г/л; HNO_3 – 50 г/л; CrO_7 – 30 г/л) изготовлена тонкостенная конструкция ванны на основе силикат-натриевой композиции с добавкой полиэфирной смолы ПН-15, поскольку большинство полимерных композитов разрушаются в сильных окислителях.

Установлен положительный эффект введения добавки фурфуролацетонного мономера ФАМ на структуру и химическую стойкость силикатнатриевого бетона в водном растворе (10% H_2SO_4 + 5% HCl + 4% HNO_3), используемом для травления нержавеющей и легированных сталей при температуре 40-80°C. Оптимальным оказалось содержание полимерной добавки в пределах 3-6% по массе, а кремнефторида натрия 20% от массы жидкого натриевого стекла.

При использовании указанных добавок повышается плотность и прочность образцов силикатного бетона, уменьшается его проницаемость, а модифицированная структура материала на кислотостойких заполнителях характеризуется химической сопротивляемостью в горячем травильном растворе, в 7-10 раз превышающей аналогичный показатель варианта с многодельной комплексной химзащитой.

Разработанные составы полимерсиликатбетонных смесей были внедрены на Солнечногорском заводе металлических сеток путём изготовления двухсачочной травильной ванны нержавеющей и легированной стали в растворе, содержащем 10% H_2SO_4 + 5% HCl + 4% HNO_3 при температуре до 95°C. Опыт её эксплуатации в течение десяти лет подтвердил высокую работоспособность и надёжность в сложных условиях эксплуатации и может широко использоваться в аналогичных условиях различных производств [1].

Список литературы

1. Иващенко Ю.Г., Желтов П.К., Хомяков И.В. Долговечность полимерных и полимерсиликатных бетонов в многокомпонентных растворах кислот // Ресурсосберегающие технологии и эффективное использование местных ресурсов в строительстве: Междунар. сб. науч. тр. Новосибирск, 2013. С. 192-193.

ЛЁГКИЙ БЕТОН С ПРИМЕНЕНИЕМ ОРГАНИЧЕСКИХ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ

Головнов Е.С.*, Тимохин Д.К.*

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

В представленной работе изложены виды лёгкого бетона с применением органических заполнителей, преимущества и недостатки, а также способы производства.

Ключевые слова: лёгкий бетон, органический заполнитель, арболит, отходы древесной промышленности, фибролит.

LIGHT CONCRETE USING ORGANIC FILLERS

Golovnov E.S.*, Timokhin D.K.*

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

The paper presents types of lightweight concrete using organic fillers, advantages and disadvantages, as well as production methods.

Keywords: lightweight concrete, organic filler, arbolit, waste wood industry and fiberboard

На протяжении последних лет активно изучается вопрос производства и применения изделий из бетона на органических заполнителях. Широко применяемые в строительстве полимерные теплоизоляционные материалы отличаются достаточно низкими показателями долговечности и пожаробезопасности, а также более низкой экологичностью по сравнению с бетонами и стеновой керамикой, используемыми в качестве основных конструкционных материалов при возведении зданий. Однако для теплоизоляционных материалов на минеральной основе, например ячеистых бетонов, характерны повышенная средняя плотность и теплопроводность. Попытки изготовления эффективных малотеплопроводных бетонов сталкиваются с проблемой резкого падения показателей прочности и трещиностойкости при уменьшении средней плотности материала до величин 700-550 кг/м³. Основным ресурсом в решении данной задачи может стать использование наполнителя, основными характеристиками которого должны стать низкая средняя плотность при высоких прочностных показателях. Такому комплексу свойств отвечают органические полимерные наполнители. Этим объясняются активные попытки использовать гранулированный пенополистирол как элемент ячеистой структуры цементного бетона. Основным недостатком пенополистирола как наполнителя структуры бетона является сферическая форма частиц заполнителя при низкой прочности контактного слоя «пенополистирол – цемент». Такое сочетание условий приводит к снижению прочностных показателей изделий, т. к. зерна пенополистирола оказываются дефектами макроструктуры ячеистого материала. Также в качестве органического заполнителя для легких бетонов в Саратовской области актуально рассматривать древесные компоненты.

В Саратовской области доли заготавливаемых пород распределяются следующим образом: хвойное – 20 %; твердолиственное – 30 %; мягколиственное – 50 %.

Выход деловой древесины от всех видов рубок составляет 20 %, большая часть которой идет на переработку в цеха лесхозов.

Ежегодно растет объем древесины спелых и перестойных насаждений по причине, в том числе, отсутствия потребителей мелкотоварной древесины внутри области. В результате ежегодно идет накопление дровяной древесины, которая не реализуется. Саратовская область обладает достаточной сырьевой базой для получения древесного волокна на основе дровяной древесины.

Главной задачей данного исследования является рассмотрение возможности использования отходов деревообрабатывающей промышленности, количество которых достигает 60% от исходного сырья при производстве строительных материалов. Немаловажным фактом является то, что, помимо применения в строительстве, эти отходы могут быть распространены и в других отраслях. Использование заполнителей из отходов древесной промышленности даёт возможность получать конструктивно-теплоизоляционные материалы.

Основная проблема при использовании органических заполнителей заключается в том, что эти заполнители под изменением окружающей среды имеют свойство гнить.

Главный представитель группы лёгких бетонов с применением органических заполнителей – арболит.

Арболит – это бетон на цементном вяжущем и природных древесных органических заполнителях. Для получения заданных свойств в него вводятся специальные химические добавки, нивелирующие негативное действие сахаров на цементный камень. В качестве органических заполнителей используют измельчённую древесину из отходов лесозаготовок и деревообработки, а также костру льна, конопли, рисовую солому и дроблёные стебли хлопчатника [1].

Органические заполнители при определенных условиях могут гнить или подвергаться биоповреждениям. Во избежание этих явлений конструкции из арболита используют, как правило, для зданий с относительной влажностью воздуха помещений не более 60% и при отсутствии агрессивных газов. В арболит также вводят жидкое стекло или комплексные добавки (жидкое стекло + хлористый кальций, жидкое стекло+серноокислый глинозем, жидкое стекло + фуриловый спирт и др.), образующие пленку на поверхности органических частиц и тем самым препятствующие протеканию деструктивных процессов в материале.

Наружная поверхность изделий из арболита, соприкасающаяся с атмосферной влагой, должна иметь отделочный фактурный слой, обеспечивающий защиту арболита от увлажнения. Арматуру в конструкциях из арболита защищают антикоррозионными покрытиями. Морозостойкость арболита не должна быть менее F25. Для приготовления арболита применяют различные портландцементы, за исключением пуццоланового цемента. Для конструктивного арболита марки цемента должны быть выше 400 [1].

Для удаления растворимых веществ древесный заполнитель замачивается в течение 2 ч. воде с температурой 60-80° С. Вяжущим является портландцемент, подвергающийся мокрому помолу на вибромельнице; смешивается он с заполнителем в виде цементного молока в обычной растворешалке. Масса заливается в формы и уплотняется на вибростоле с пригрузом.

Панели наружных стен изготавливаются в горизонтальных формах, панели внутренних стен – в вертикальных кассетах с уплотнением арболитовой массы пневмотрамбовками [1].

Основные свойства арболита [1]

Вид арболита	Класс по прочности на сжатие	Средняя плотность, кг/м ³ , арболита на			
		Измельчённой древесины	Костре льна или дроблёных стеблей хлопчатника	Костре конопли	Дроблёной рисовой соломе
Теплоизоляционный	B0,35	400...500	400...450	400...500	500
	B0,75	450...500	450...500	450...500	-
	B1,0	500	500	500	-
Конструкционный	B1,5	500...650	550...650	550...650	600...700
	B2,0	500...700	600...700	600...700	-
	B2,5	600...750	700...800	-	-
	B3,5	700...850	-	-	-

Отформованные из арболита изделия доставляются на площадку для предварительного твердения, где находятся в течение 2 ч, если они изготавливаются на цементе с мокрым домолом, или в течение 7 ч, если употребляется цемент без помола. Затем снимается бортоснастка и изделия укладываются в закрытом складе готовой продукции, оборудованном калориферами и вентиляторами, обеспечивающими сушку изделий в течение 3 суток при температуре 25-30° С. Может применяться для навесных наружных стен зданий, самонесущих наружных и внутренних стен высотой не более 7 м, несущих наружных и внутренних стен зданий до двух этажей, а также в качестве теплоизоляционного материала в стенах и совмещенных покрытиях.

Цементный фибролит представляет собой прессованные гофрированные и пустотелые плиты, полученные в результате прессования и твердения смеси из длинной стружки смолистых или лиственных пород и минерального вяжущего (гипс, цемент или смесь гипса с глиноземистым цементом).

Цементный фибролит в большинстве случаев имеет неровные кромки и размеры, не кратные проектным размерам утеплителя панелей. Цементный фибролит не горит, но тлеет. На изготовление 1 м³ цементного фибролита расходуется 0,4 м³ древесины (отходов), 200 кг цемента, 7-10 кг хлористого кальция или сернокислого глинозема. Древесная шерсть перед приготовлением смеси пропитывается водным раствором хлористого кальция для омыления смолистых веществ и улучшения сцепления шерсти с цементом.

Производство фибролита не может быть конвейерным из-за продолжительности твердения вяжущего, но оно не требует специальных устройств. Изготовление фибролита складывается из процессов приготовления массы и ее прессования.

Древесную стружку, предварительно обработанную жидким стеклом или хлористым кальцием, смешивают с вяжущим в смесителях. Полученную смесь прессуют в деревянных или металлических формах на ручном или гидравлическом прессе. После схватывания изделия освобождают от форм и подвергают сушке и складированию.

Фибролит не горит открытым пламенем. Легко обрабатывается: его можно пилить, сверлить и вбивать в него гвозди. Водопоглощение цементного фибролита – не более 35-45%.

При влажности выше 35% он может поражаться домовым грибом, поэтому его нужно защищать от увлажнения, в частности путем оштукатуривания. Шероховатая поверхность фибролита способствует хорошему сцеплению со штукатуркой.

Теплоизоляционно-конструктивный фибролит применяют для утепления стен и покрытий, конструкционный – для перегородок, каркасных стен и перекрытий только в сухих условиях [2].

В настоящее время основное применение фибролита – установка несъемной опалубки в строительстве. Фибролитовые плиты не удаляются, как некоторые другие виды опалубки, а остаются конструктивной частью или стены, или любого перекрытия.

Костробетон – это лёгкий бетон, разновидность арболита с использованием в качестве органического наполнителя конопляной костры. Изготавливается из смеси костры, вяжущего (как правило, цемента), минерального наполнителя (песка) и воды; для минерализации костры и ускорения отверждения смеси в нее вводят хлористый кальций, сернокислый глинозём совместно с известью-пушонкой или другие добавки.

Плотность костробетона – от 400 до 700 кг/м³. Материал обладает низкой тепло- и звукопроводностью, удобен для обработки, не подвержен гниению, является неблагоприятной средой для грызунов и насекомых. Используется для возведения внутренних перегородок в помещениях, а также для тепло- и звукоизоляции. Костру перемешивают с песком, затем добавляют цементное молоко, тщательно перемешивают, после чего укладывают смесь слоями по 10-15 см и трамбуют [1].

Совмещение отходов растительного происхождения с цементом – хорошо изученный процесс. Получаемый этим способом арболит в процессе эксплуатации доказал свою эффективность как конструктивно-теплоизоляционный материал, совмещающий в себе достоинства цемента (негорючесть, биостойкость и пр.) и дерева (легкость, пористость, обрабатываемость пилением и пр.). Однако древесные отходы, являясь специфическим наполнителем, обуславливают комплекс технологических сложностей, связанных с их применением: повышенная химическая агрессивность в отношении твердеющей цементной композиции, повышенное водопотребление в процессе приготовления сырьевой смеси, резко выраженная анизотропия древесных частиц, низкая адгезия к цементному камню, значительная упругость при уплотнении сырьевой смеси. Решение данных сложностей является приоритетным направлением в области легких бетонов на органических заполнителях, обуславливающим долговечность строительных конструкций и материала в целом.

Список литературы

1. Комаровский А. Н. Панельное и крупноблочное строительство промышленных и энергетических объектов 2-е изд., перераб. и доп. М.: Энергия, 1970. 535 с.
2. Технология строительного производства / под ред. О. О. Литвинова, Ю. И. Беякова. Киев: Вища шк. Головное изд-во, 1984. 479 с.

ВЛИЯНИЕ СВЧ ИЗЛУЧЕНИЯ НА ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Карпухин К.Ю. *, Злобина И.В. *, Бекренев Н.В. *

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

Приведен анализ влияния физических колебательных воздействий в результате использования СВЧ излучения на полимерные композиционные материалы.

Ключевые слова: композиционный материал, СВЧ излучение, структурные элементы, колебания, релаксация

INFLUENCE OF MICROWAVE RADIATION ON POLYMER COMPOSITE MATERIALS

Karpuhin K.Yu. *, Zlobina I.V. *, Bekrenev N.V. *

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

The analysis of the influence of physical vibration effects from the use of microwave radiation on polymer composites.

Keywords: composite, microwave radiation, structural elements, vibration relaxation

В настоящее время одной из актуальных проблем области строительства является совершенствование и разработка технологических приемов для получения материалов, способных противостоять термическим, химическим воздействиям.

Перспективным представляется направление, связанное с использованием композиционных материалов (КМ). Они представляют собой искусственно созданный неоднородный сплошной материал, состоящий из двух или более компонентов с четкой границей раздела между ними. В большинстве композитов (за исключением слоистых) компоненты можно разделить на матрицу (или связующее) и включенные в неё армирующие элементы (или наполнители). В композитах конструкционного назначения армирующие элементы обычно обеспечивают необходимые механические характеристики материала (прочность, жёсткость и т. д.), а матрица обеспечивает совместную работу армирующих элементов и защиту их от механических повреждений и агрессивной химической среды [1].

Одним из способов воздействия на композитные материалы является СВЧ излучение [2, 3].

СВЧ излучение – это, прежде всего, электромагнитное излучение, включающее дециметровый, сантиметровый и миллиметровый диапазоны радиоволн (длина волны от 1 м – частота 300 МГц до 1 мм – 300 ГГц). Однако границы между инфракрасным, терагерцовым, микроволновым излучениями и ультравысоко-частотными радиоволнами приблизительно и могут определяться по-разному [3].

Для того чтобы экономически оправдать применение СВЧ, необходимо выбирать СВЧ оборудование со следующими характеристиками: высокий уровень выходной мощности в непрерывном режиме (примерно 103 Вт и более); дешевые и простые источники питания; конструкция должна быть простая, надежная; большой срок эксплуатации и, самое главное, – высокий коэффициент полезного действия преобразования энергии в энергию СВЧ (80-90%).

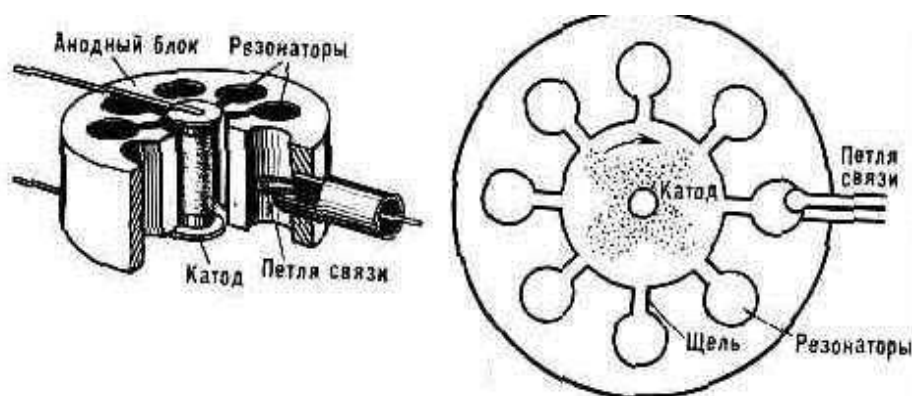


Рис. 1 – Схема магнетрона

На данный момент самым распространенным источником СВЧ является магнетрон. Малые размеры, простота конструкции и высокий КПД позволяют использовать их во многих отраслях промышленности.

Электромагнитное поле СВЧ со второй половины XX века стало использоваться как источник энергии для обработки материалов, изделий и диэлектрических сред. Большой вклад в эту область внесли работы Ю.С. Архангельского, И.А. Рогова, С.В. Некрутмана, И.И. Девяткина, А.В. Нетушила.

Под влиянием СВЧ волн на композиционные материалы молекулам сообщаются физические колебательные воздействия, как и при нагревании, вследствие чего повышается подвижность структурных элементов полимера, то есть, по существу, такие воздействия эквивалентны повышению температуры. Наибольшего эффекта от применения колебательных воздействий следует ожидать при совпадении частоты внешнего воздействия с частотой собственных колебаний структурных элементов макроцепей [1-3].

В случае если образец полимерного материала подвергать переменной механической нагрузке с определённой частотой при различных температурах, максимальные потери механической энергии (максимальный угол сдвига фаз между усилием и деформацией) наблюдаются при такой температуре, при которой период релаксации совпадает с продолжительностью действия силы, то есть когда внешняя сила наиболее эффективно расходуется на принудительное перемещение сегментов в направлении действующей силы.

Так как в полимерах существует спектр времён релаксации, соответствующий различным релаксационным процессам, наряду с главным максимумом потерь могут появиться другие максимумы. Например, у полиметилметакрилата главный максимум потерь появляется при температуре около 100 °С и обусловлен затратой энергии на принудительное перемещение сегментов основной цепи. При понижении температуры движение сегментов затормаживается и потери, характеризующиеся углом сдвига фаз, резко падают. В застеклованном полиметилметакрилате сохраняются и другие виды теплового движения в макромолекулах, в том числе вращение эфирных боковых групп вокруг связи С-С, соединяющей боковую группу с основной цепью. Время, необходимое для вращения эфирных групп, то есть время их релаксации, экспоненциально возрастает с понижением температуры и около 20°С становится равным одной секунде, то есть может совпасть со временем действия силы. В результате на кривой $\delta - T$ появляется второй максимум, гораздо более широкий, чем основной максимум при 100°С. При охлаждении ПММА до -267°С может появиться незначительный по величине третий макси-

мум, если при этой температуре частота вращения метильных групп в эфирной группе вокруг связи С-О совпадает с частотой действующего механического напряжения.

Подводя итог сказанному, можем сделать вывод, что, решить проблему совершенствования технологических приемов при получении качественного материала можно с помощью сверхвысокочастотного излучения [3].

Список литературы

1. Композиционные материалы / под ред. В.В. Васильева, Ю.М. Тарнопольского. М.: Машиностроение, 1990. 512 с.
2. Мамонтов А.В. и др. Микроволновые технологии. М.: ГНУ «НИИ ПМТ», 2008. 308 с.
3. Архангельский Ю.С., Девяткин И.И. Сверхвысокочастотные нагревательные установки для интенсификации технологических процессов. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1983. 140 с.

УДК 691.32

ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ИХ РЕКОНСТРУКЦИИ И ВОССТАНОВЛЕНИИ

Павлова И.Л. *, Игольников А.К. *, Тараканчикова Ю.В. *

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

Описываются способы повышения долговечности железобетонных конструкций. Проведен анализ современных композиционных составов проникающего действия.

Ключевые слова: железобетон, долговечность, защита, составы проникающего действия

INCREASE OF DURABILITY AND PERFORMANCE OF REINFORCED CONCRETE CONSTRUCTIONS AT THEIR RECONSTRUCTION AND RECOVERY

Pavlova I.L., * Igolnikov A.K., * Tarakanchikova Yu.V. *

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

This article describes how to improve the durability of concrete structures. The analysis of modern composite structures penetrating.

Keywords: concrete, durability and protection, penetrating compounds

Одним из самых распространенных строительных материалов является бетон. Важнейшим свойством бетона является его способность противостоять различным физическим и химическим воздействиям. Однако практика показывает, что бетонные и железобетонные конструкции при определенных условиях эксплуатации быстро теряют первоначальные показатели качества. Долговечность железобетонных конструкций может изменяться от 2 до 100 лет и зависит от ряда факторов:

1. Вида агрессивной среды и условий действия;
2. Плотности бетона;
3. Минералогического состава бетона;
4. Конструктивного решения железобетонного элемента;

5. Формы поперечного сечения железобетонного элемента;
6. Применения материалов низкого качества;
7. Нарушений технологии изготовления конструкций и др.

В зависимости от степени агрессивности и вида сред нормы проектирования защиты от коррозии в строительстве предусматривают различные способы защиты конструкций:

1. Первичная защита, заключающаяся в придании материалу свойств, обеспечивающих его сопротивление воздействию коррозионной среды;
2. Вторичная защита, заключающаяся в ограничении или исключении воздействия агрессивной среды на материал конструкции после изготовления

Выбор способов защиты конструкций зданий и сооружений от коррозионного воздействия зависит от агрессивности окружающей среды.

Нормативная долговечность железобетонных конструкций может быть обеспечена путем применения специальных материалов, защитных покрытий или особых конструктивных решений.

При выборе материалов для защиты бетона необходимо учитывать их свойства: прочность, адгезию с защищаемой поверхностью, непроницаемость, химическую стойкость и др.

Добавки, вводимые в бетонную смесь, делятся на:

- 1) добавки, регулирующие реологические свойства (пластифицирующие, водоудерживающие, стабилизирующие);
- 2) добавки, регулирующие процессы твердения (противоморозные, ускорители и замедлители схватывания);
- 3) специальные добавки, придающие бетону жаростойкость, кислотостойкость, снижающие влаго- и водопроницаемость, обеспечивают фунгицидное, бактерицидное, инсектицидное действие и др.
- 4) комплексные добавки, выполняющие одновременно несколько функций.

Существуют группы добавок, введение которых повышает химическое сопротивление цементных бетонов агрессивным средам. Некоторые из этих добавок, вступая во взаимодействие с агрессивными компонентами окружающей среды, образуют нерастворимые соли, уплотняющие поверхностные слои материала.

Достаточно широко применяются гидрофобизирующие и микрогазообразующие добавки, повышающие подвижность бетонной смеси, ее однородность, позволяющие сократить расход цемента, снизить водоцементное отношение, повысить прочность бетона, его водонепроницаемость.

Хлористые соли кальция, натрия, сульфат натрия и другие ускорители твердения образуют в цементном камне высокогидратные комплексные соединения, приводящие к уплотнению структуры бетона и повышению стойкости бетона к действию агрессивных сред.

Надежная работа бетона в агрессивных средах зависит от плотности бетона. Плотные материалы корродируют менее интенсивно, чем пористые. Повысить плотность бетона можно снижением количества воды, введением в бетонную смесь молотых неорганических добавок, введением уплотняющих неорганических веществ, использованием более жестких бетонных смесей (при условии эффективного уплотнения).

Для защиты и восстановления железобетонных конструкций используют композиционные материалы проникающего действия. В таблице приведены некоторые характеристики составов проникающего действия.

Основные физико-механические характеристики составов проникающего действия

№ п/п	Материал	Максимальная крупность заполнителя, мм	Прочность на сжатие через 24 ч./28 сут., МПа	Прочность на растяжение через 24 ч./28 сут., МПа	Марка по водонепроницаемости W, не менее	Марка по морозостойкости F, не менее	Адгезия к бетону, МПа, не менее	Цена, руб./кг
1	Пенетрон ТУ 5745-001-77921756-2006	x			14	200	2,0	291
2	Лахта ТУ 5775-008-11149403-2001	2,5			16	400	2,5	207
3	ЕМАСО S33 СТО 70386662-001-2009	10	30 / 60		12	300	1,5	61
4	ЕМАСО S88C СТО 70386662-001-2009	3	28 / 70		12	300	2,5	46

Принцип действия композиционных составов основан на проникновении в пористую структуру приповерхностной зоны изолируемого материала растворов рабочих веществ и их фиксации в толще материала в виде нерастворимых химических соединений, заполняющих поры с вытеснением из них жидкости. Композиционные составы проникающего действия образуют единое целое с обрабатываемым материалом, пластичны, технологичны, экологически чисты. Составы морозостойки, долговечны, стойки к вымыванию, агрессивным средам, ультрафиолету, пожаро- и взрывобезопасны.

Экономический эффект от применения составов проникающего действия заключается в продлении срока службы конструкций до нормативных значений, в том числе, когда замена поврежденных конструкций невозможна или сопряжена со значительными затратами.

Список литературы

1. Пособие к СНиП 2.03.11-85 Защита от коррозии бетонных и железобетонных строительных конструкций. 91 с.
2. Селяев В.П., Низина Т.А., Уткин В.Н. Химическое сопротивление и долговечность строительных материалов, изделий и конструкций: учеб. пособие. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2003. 48 с.
3. Иващенко Ю.Г., Фомина Н.Н. Химическая стойкость покрытий на основе бутадиенстирольного сополимера // Долговечность строительных материалов, изделий и конструкций: м-лы Всерос. науч.-техн. конф., посв. 70-летию засл. деятеля науки РФ, акад. РААСН, д.т.н. проф. В.П. Селяева. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2014. С. 47-50.
4. СП 28.13330.2012 Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85. 133 с.

ВОДНОДИСПЕРСИОННЫЕ КОМПОЗИЦИИ С КОМПЛЕКСНЫМ ПИГМЕНТОМ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ТИТАНА И КАОЛИНА

Фомина Н.Н. *, Исмаилов А.Р. *

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

Приведены результаты исследований, нацеленных на разработку комплексного пигмента для водно-дисперсионных красок, включающего диоксид титана и каолин. Установлено, что каолин в составе комплексного пигмента улучшает реологические показатели композиций и позволяет снизить расход загустителя. При замене диоксида титана на комплексный пигмент сохраняется высокая укрывистость получаемых покрытий, степень белизны несколько снижается.

Ключевые слова: водно-дисперсионный лакокрасочный материал, композиция, пигмент, диоксид титана, наполнители, степень белизны, укрывистость, каолин

AQUEOUS DISPERSION COMPOSITIONS WITH COMPLEX PIGMENTS BASED ON TITANIUM DIOXIDE AND KAOLIN

Fomina N.N. *, Ismagilov A.R. *

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

The results of research aimed at developing an integrated pigment for water-dispersion paints, including titanium dioxide and kaolin. It is found that a part of complex kaolin pigment improves the rheological parameters of the compositions and reduces consumption thickener. When replacing the titanium dioxide pigment complex remains high opacity of the coatings produced and whiteness declines somewhat.

Keywords: water-dispersion paint material composition, a pigment, titanium dioxide, fillers, whiteness, opacity, kaolin

Водно-дисперсионные краски (ВДК) представляют собой суспензии пигментов и наполнителей в водных дисперсиях полимеров с добавками эмульгаторов, диспергаторов и других вспомогательных веществ.

Пигменты в рецептурах ВДК используют не только для обеспечения необходимых укрывистости и цвета покрытий, но и для повышения атмосферостойкости и стойкости к действию УФ-излучения. Из неорганических пигментов в производстве ВДК применяют диоксид титана, кроны свинцовые и стронциевые, ультрамарин, окись хрома, железоокисные и другие пигменты [1].

В настоящее время наиболее широко применяемым белым пигментом является диоксид титана рутильной формы, обладающий щелочестойкостью, кислотостойкостью, атмосферостойкостью и высоким коэффициентом преломления. Наиболее известными производителями диоксида титана являются такие компании, как: «Сумыхимпром» (марки пигмента SUMTITAN R-206, R-204, R-203, R-202, R-111, P-O2, P-O3), «Крымский титан» (марки пигмента CR-02, CR-03, CR-07, CR-08), «Du Pont» (марки пигмента Ti-Pure® R-706, R-902, R-105), «KRONOS TITAN GmbH & Co. OHG» (марки пигмента KRONOS 1171, 1001, 2190, 2220, 2310, 3070), «Sichuan Lomon Titanium Industry Co. Ltd» (марка пигмента Lomon R-996). Качество пигментов разных производителей существенно различается. Наиболее высококачественные марки диоксида титана (с высокой степенью белизны и высокой степенью перетира) европейских производителей дорогостоящи

(порядка 3 долларов за 1 кг). Поэтому актуальна разработка рецептур ВДК с пониженным содержанием диоксида титана. Таким разработкам посвящен ряд исследований.

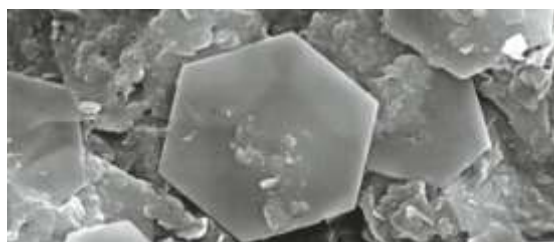
Так, в работе [2] для снижения стоимости лакокрасочных материалов (ЛКМ) предлагается использовать наполнители, достигая значений объемной концентрации пигмента выше критической, при которых заполненные воздухом поры обеспечивают укрывистость высушенной пленки, позволяя таким образом экономить дорогой диоксид титана. Одним из предложенных авторами наполнителей, позволяющих улучшить кроющую способность при сокращении расхода диоксида титана, является каолин.

В работе [3] предлагается вводить в состав ВДК высококачественные наполнители марки «Прокаль» и «Гидроксаль». Это новые виды синтетических наполнителей, сырьем для которых являются промежуточные полупродукты, образующиеся при производстве глинозема. Они представляют собой тонкодисперсный гидроксид и оксид алюминия различных структурных модификаций. Данные наполнители предназначены для частичной – от 5 до 20% – замены пигментной двуокиси титана. Использование этих наполнителей позволяет за счет экономии дефицитного и резко подорожавшего диоксида титана существенно снизить себестоимость выпускаемой продукции (на 10-15%) при сохранении требуемых потребительских свойств. Возможность частичной замены диоксида титана в ЛКМ (как белых, так и цветных) связана с высоким содержанием тонкодисперсных фракций в сочетании с высокой белизной и достаточно высоким коэффициентом преломления «Прокаля» (1,65–1,70). Основной эффект от применения предлагаемых наполнителей достигается за счет улучшения распределения частиц диоксида титана в пленке лакокрасочного покрытия в результате образования микрообластей с неоднородным показателем преломления, что повышает светорассеяние и улучшает укрывистость при сохранении всех показателей ЛКМ.

Таким образом, возможна частичная замена диоксида титана на минеральные порошки с достаточной степенью белизны и укрывистостью. В качестве таких могут быть использованы широко распространенные карбонатные и алюмосиликатные наполнители.

Цель данного исследования – разработка рецептур ВДК с использованием комплексного пигмента на основе диоксида титана и алюмосиликатного наполнителя – каолина.

Каолин представляет собой минеральный продукт, преимущественно состоящий из каолинита. Молотые и классифицированные марки каолина могут содержать малые количества родственных пластинчатых силикатов (слюды, иллита, хлорита, смектита) и кварц. Хорошо сформированные частицы каолинита имеют вид гексагональных пластинок (рисунок).



Микрофотография частиц каолина

В природе эти пластинки складываются в «стопки» или «книжки». Каолин имеет нейтральный или слабокислый pH и может поставляться с заданным распределением частиц по размерам. Пластинчатая форма частиц каолина влияет на реологические свойства композиций и физико-механические свойства покрытий.

Исследовалась эффективность применения каолина в ВДК на основе стирол-акриловой дисперсии Акрилан 101. В исследованиях применяли каолин марки Kamín 2000С (производство США). Разработанные рецептуры представлены в таблице.

Рецептуры ВДК

Состав композиции, % масс.		
Компоненты композиции	пигментированной ди-оксидом титана	с комплексным пигментом
Вода	29,2	29,2
Консервант	0,4	0,4
Диспергатор	0,5	0,5
Пеногаситель	0,4	0,45
Пигмент TiO ₂	9,0	5,0
Загуститель	0,2	0,15
Наполнитель микрокальцит М-5	16,8	16,8
Наполнитель микрокальцит М-2	26,7	22,7
Каолин Kamín 2000С	-	8,0
Растворитель	2,8	2,8
Дисперсия Акрилан 101	14,0	14,0
Итого:	100%	100%
Свойства композиции и покрытия		
Укрывистость, г/м ²	90	93
Декоративные свойства	Цвет белый	Цвет белый, слегка замечен желтоватый оттенок
Условная вязкость по вискозиметру ВЗ-246 диаметром сопла 4 мм, с	51	63

Критерием оценки качества разработанных композиций являлась укрывистость ЛКМ, а также визуальная оценка декоративных свойств получаемых покрытий.

Анализ экспериментальных данных показывает, что введение комплексного пигмента, содержащего каолин Kamín 2000С, позволяет улучшить реологические показатели композиций, снизив при этом расход дорогостоящего загустителя. При уменьшении концентрации диоксида титана в композиции от 9% до 5% укрывистость ЛКМ, содержащего комплексный пигмент, сохранилась на прежнем уровне; степень белизны покрытий при этом несколько снижается.

Таким образом, использование комплексного пигмента с частичной заменой диоксида титана на каолин целесообразно при изготовлении ВДК для получения фасадных покрытий, а также для базисных (светлых тонов) ВДК для внутренней отделки.

Список литературы

1. Крутько Э.Т., Прокопчук Н.Р. Химия и технология лакокрасочных материалов и покрытий. Минск: Белорус. гос. технол. ун-т, 2003. 285 с.
2. Казакова Е.Е., Скороходова О.Н. Водно-дисперсионные акриловые лакокрасочные материалы строительного назначения. М.: Изд-во ООО «Пэйнт-Медиа». 2003. 136 с.
3. Чижигов С.Н., Ильченко В.И. АР-ТЭК // Производители и поставщики сырья для производства ЛКМ. 2007. № 1. С. 592-604.

ЗАЩИТНЫЕ КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ РАСТВОРОВ ВТОРИЧНОГО ПОЛИСТИРОЛА

Фомина Н.Н.*, Пименов С.А.*, Полянский М.М.*

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

Анализируются экспериментальные данные по получению связующих для лакокрасочных и пропиточных композиций на основе растворов вторичного полистирола. Предложены растворители полистирола, определены защитные свойства растворов полистирола по отношению к гипсовой подложке.

Ключевые слова: полимерные отходы, полистирол, растворитель, адгезия, вязкость, покрытие

PROTECTIVE COMPOSITIONS ON THE BASIS OF SOLUTIONS OF RECYCLED POLYSTYRENE

Fomina N.N.*, Pimenov S.A.*, Polyanskiy M.M.*

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

The article analyzes the experimental data to obtain a binder for paints and impregnating compositions on the basis of solutions of recycled polystyrene. The proposed solvents of polystyrene, the protective properties of polystyrene solutions with respect to gypsum substrate.

Keywords: waste plastic, polysterene, solvent, adhesion, viscosity, coating

Полистирол (ПС) является одним из наиболее востребованных и используемых полимеров. Комплекс физико-механических свойств позволяет полистиролу охватывать все сферы промышленности, начиная от производства товаров народного потребления и заканчивая автомобильной промышленностью и строительством. Объемы его производства составляют порядка 13 % от общего объема производства полимеров. Потребление ПС в России только за январь 2016 года, по данным Росстата, составило 47,2 тыс. тонн. Потребление ПС обуславливает образование соответствующего количества трудноразлагаемых отходов, которые загрязняют окружающую среду. ПС достаточно легко идентифицируется в процессе сортировки полимерных отходов. Причем, в отличие от таких многотоннажных полимеров, как полиолефины и полиэтилентерефталат, ПС достаточно хорошо растворяется в некоторых органических растворителях при обычных температурах. Поэтому перспективны исследования, нацеленные на получение связующих композиционных материалов, модификаторов композиций на основе растворов ПС.

Разработке композиционных материалов на основе растворов вторичного ПС посвящен ряд исследований. Так, в работе [1] предложены лакокрасочные материалы (ЛКМ) на основе растворов вторичного пенополистирола (ППС) для антикоррозионной защиты бетонных и железобетонных строительных конструкций. В качестве растворителей авторы использовали о-ксилол, сольвент и смесь бензина с ацетоном. Установлены механизмы разрушения пластифицированных дибутилфталатом и непластифицированных пленок.

Авторами [2] предложен способ антикоррозионной защиты стальных, бетонных и прочих поверхностей от агрессивных сред (щелочных, кислотных, солевых). Для этого используют состав, содержащий ударопрочный ПС, растворенный

в стироле. Раствор смешивают с виниловой смолой или ненасыщенным полиэфиром в присутствии ускорителей или катализаторов. Авторы предлагают изготавливать ЛКМ на основе этого состава, а также использовать в качестве связующего строительных растворов. Однако предлагаемый авторами растворитель стирол является токсичным веществом, обладающим раздражающим, мутагенным и канцерогенным эффектом и имеет очень неприятный запах.

В [3] предлагается защитная композиция, полученная модификацией вторичного ПС кремнийорганическим модификатором. В качестве модификатора предложено использовать тетрабутоксисилан. Модификация этим алкоксисиланом позволяет значительно повысить физико-механические и эксплуатационные свойства полученного защитного покрытия. Однако из работы не ясно, что используют авторы в качестве растворителя ПС.

Таким образом, несмотря на исследовательский интерес к переработке вторичного ПС в защитные строительные композиции, остаются нерешенными задачи по исследованию пленкообразующей способности растворов вторичного ПС, защитных и декоративных характеристик получаемых пленок, адгезионных свойств покрытий из растворов вторичного ПС к различным подложкам и др.

Целью данной работы явилось получение связующего для лакокрасочных и пропиточных материалов на основе растворов вторичного ПС и исследование его свойств.

Для приготовления растворов использовались отходы потребления ПС (пищевая упаковка), которые измельчались до размера 10-30 мм и погружались в растворитель. Растворители подобраны согласно теории Гильднебранда-Скетчарда [4] и исходя из безопасности вещества и его доступности:

- сольвент нефтяной (ГОСТ10214-78);
- ксилол нефтяной (ГОСТ 9410-78);
- скипидар живичный (ГОСТ 1571-82);
- смесь ацетона (ГОСТ2768-84) и бензина АИ-76(ГОСТ2084-77) в соотношении 1:1 (АБ).

Концентрация ПС в растворителе определялась из условий получения рабочей вязкости раствора (табл. 1), которая составляет от 30 до 180 секунд (по ГОСТ 8420-74) в зависимости от способа нанесения.

Таблица 1 – Концентрация растворов рабочей вязкости

Растворитель	Концентрация ПС в растворе, %	Вязкость раствора, с
Сольвент	25	144,3
Ксилол	25	147,6
Скипидар	25	143,0
АБ	25	41,6

С целью определения проницаемости и защитных свойств полученные растворы наносились на гипсовые образцы и высушивались в течение суток. Затем определялись внешний вид и адгезия образовавшейся пленки к подложке.

Защитные свойства покрытий оценивались путем погружения окрашенных по всем граням образцов в воду комнатной температуры до полного водонасыщения. Далее определялась прочность водонасыщенных образцов и прочность их после полного высушивания. Результаты экспериментов представлены в табл. 2, 3.

Таблица 2 – Внешний вид покрытий и их адгезия к подложке

Покрытие на основе раствора ПС в:	Внешний вид окрашенной поверхности	Адгезия покрытия к подложке, МПа	Тип отрыва при определении адгезии
сольвенте	шероховатая, неблестящая	0,24	адгезионный
ксилоле	блестящая, прозрачная	0,28	когезионный по гипсу
скипидаре	плотная, блестящая, мутная	0,24	адгезионный
АБ	блестящая, прозрачная	0,20	адгезионный

Таблица 3 – Прочность водонасыщенных и высушенных образцов

Образцы с покрытием на основе раствора ПС в:	Прочность при изгибе, МПа		Прочность при сжатии, МПа	
	Водонасыщенный	Высушенный	Водонасыщенный	Высушенный
сольвенте	2,42	4,4	2,79	10,25
ксилоле	1,49	4,9	3,83	11,6
скипидаре	2,75	4,9	3,85	10,2
АБ	2,30	4,2	3,26	10,79
Контрольный (неокрашенный)	1,77	2,5	2,75	11,7

Полученные экспериментальные данные позволяют сделать следующие выводы:

1. Наиболее эффективным растворителем из исследованных является смесь ацетона с бензином. Также достаточно эффективен ксилол. Процесс полного растворения вторичного ПС в этих растворителях заканчивается в течение двух часов.

2. При равной вязкости растворов раствор вторичного ПС в АБ наиболее концентрирован с достаточной адгезией к подложке.

3. Растворы ПС в ксилоле, скипидаре, АБ образуют на гипсовой подложке качественное лакокрасочное покрытие. При этом наиболее плотную пленку при равных концентрациях полимера в растворителе образуют растворы ПС в скипидаре. Лучшие показатели адгезии к гипсовой подложке имеют растворы ПС в ксилоле. Раствор ПС в сольвенте в большей степени впитывается, проникая в структуру гипсовых образцов.

4. Все исследованные растворы создают защитный барьер проникновению воды в структуру гипсовых образцов. Прочность водонасыщенных образцов при этом на 18-55% больше прочности контрольных неокрашенных образцов.

Список литературы

1. Кислицина С.Н. Разработка и исследование свойств лакокрасочных материалов на основе раствора пенополистирола: дис. ... канд. техн. наук. Пенза, 1999. 186 с.
2. Пат. RU 2158283 от 06.12.1995. Румье Ж. Способ защиты поверхностей от коррозионных веществ и продукт в виде строительного раствора для его осуществления.
3. Чухланов В.Ю., Селиванов О.Г., Селиванова Н.В. Новая защитная композиция на основе модифицированного вторичного полистирола для строительных конструкций // Фундаментальные исследования. 2014. № 9. С. 297-301.
4. Никольский Б.П. Физическая химия. Теоретическое и практическое руководство 2-е изд., перераб. и доп. Л.: Химия, 1987. 880 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БАЗАЛЬТОВОЙ ФИБРЫ В ЦЕМЕНТНОМ БЕТОНЕ

Козлов Н.А., Бычков П.П.,* Козлова И.Э.**

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

Приведена классификация видов фибры, их качества, а также рассмотрена базальтовая фибра в отдельности.

Ключевые слова: базальтовая фибра, цементный бетон

THE USE OF BASALT FIBER IN CEMENT CONCRETE

Kozlov N.A., Bychkov P.P.,* Kozlova I.E.**

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

Requirements of fiber types, their quality, and also, basalt fiber is considered separately.

Keywords: basalt fiber, cement concrete

Неармированные бетоны имеют низкую ударную прочность, низкую прочность на растяжение, изгиб, а также подвержены образованию усадочных трещин при отверждении. Избежать возникновения усадочных трещин можно несколькими путями: применением без усадочных цементов, металлической или полимерной сеткой, арматурой, сварной проволокой, применением добавок модификаторов или фибры. Широкое распространение получило армирование дисперсными волокнами, такими как стальные, минеральные и полимерные. Дисперсное армирование волокнами фибры увеличивает прочность материала на растяжение и уменьшает образование трещин на всех уровнях его структуры.

Классификация фибры представляет деление волокон на натуральные и синтетические. Существует несколько основных видов волокна применяемых в бетоне: базальтовые, полимерные, металлические и стеклянные (стекловолокно). Обычно дисперсные волокна используют в монолитном строительстве для уменьшения усадочных трещин и увеличения прочности на изгиб бетонных конструкций. Однако существуют другие виды фибры, которые, помимо основных свойств, присущих большинству армирующих волокон (увеличение прочности на изгиб, уменьшение трещиностойкости), имеют отличные от других волокон свойства, характерные только для них: увеличение ударной и усталостной прочности, увеличение прочности на растяжение и срез, повышенные показатели морозостойкости, жаропрочности, пожаростойкости и водонепроницаемости и пр. [1]. В зависимости от объекта строительства выбирают те волокна, которые в сочетании с бетонной смесью при отвердевании позволяют увеличить необходимую прочность, а также добиться нужных показателей для достижения определенных целей в строительстве (например, использование фиброцементных плит для вентилируемых фасадов).

Каждое волокно в работе с цементным бетоном имеет свои достоинства и недостатки. Стеклянная фибра обладает меньшей плотностью по сравнению с металлической, что позволяет использовать ее в тонкостенных конструкциях, штукатурных смесях и пр., а стальная благодаря высокой прочности и плотности применяется в тяжелых бетонах и т.д. Большинство исследователей выделяют базальтовые волокна, полученные из химически неактивных горных пород, в качестве материала для армирования.

Базальтовая фибра обладает низкой плотностью волокна по сравнению с металлической (плотность базальтового волокна $(2,6-2,7 \text{ г/м}^3)$ в 2,5 раза меньше металлической $(7,8 \text{ г/м}^3)$), имеет прочность на растяжение от 600 до 3200 МПа и модуль упругости в пределах от 7 до 60 ГПа. Базальтовая фибра, помимо хороших показателей физико-механических свойств, справляется с агрессивной химической средой. По мере повышения диаметра волокна ее стойкость к различным средам увеличивается. Фибра диаметром от 16 до 18 мкм имеет стойкость к воде, щелочи и кислоте в пределах 95-100 % [3].

Стальные сетки уменьшают количество усадочных трещин, однако сетка не предотвращает образование трещин на стадии твердения бетона в отличие от фибры. Базальтовые волокна обеспечивают высокую степень дисперсности в бетоне, т. е. волокна распределены по всему объему бетона равномерно, благодаря чему между материалами повышается адгезия, что позволяет значительно уменьшить количество усадочных трещин.

Базальтовое волокно практически не имеет пластических деформаций при растяжении и имеет более высокий модуль упругости, что позволяет бетонным конструкциям, укрепленным базальтовой фиброй, выдерживать большие напряженные деформации.

При твердении цемента происходят химические процессы, которые негативно влияют на поверхность волокна и частично разрушают его структуру. Однако проведенные исследования показали, что наиболее рационально применение базальтовой фибры диаметром более 40 мкм, т.к. изменения структуры фибры оказываются незначительными. Бетон, укрепленный базальтовой фиброй, сохраняет необходимые эксплуатационные качества при пожаре, так как базальтовые волокна не разрушаются при высокой температуре (до 960°C) [2].

По сравнению с бетоном, не армированным фиброй, введение базальтовых волокон в цементную матрицу позволяет добиться увеличения прочности на осевое растяжение до 300-400%, повышения ударной и усталостной прочности, а также повышения прочности на сжатие до 40% [2].

Применение волокна актуально для вяжущих смесей, используемых при создании конструкций с необычными поверхностями, строительстве сложных архитектурных элементов, а также при построении портов, дамб и пр. вследствие того, что базальт – эффузивная химически неактивная горная порода, устойчивая к воздействию щелочей и кислот.

Таким образом, одним из способов улучшения прочности на растяжение и изгиб, уменьшения количества усадочных трещин является использование базальтовой фибры в качестве дисперсной добавки в цемент. При правильном подборе диаметра волокон агрессивная среда цемента не сильно влияет на прочность материала фибры. Базальтовые волокна находят широкое применение в повседневном строительстве сложных объектов и объектов повышенной степени ответственности.

Список литературы

1. Баженов Ю.М., Демьянова В.С., Калашников В.И. Модифицированные высококачественные бетоны. М.: АСВ, 2006. С. 291.
2. Калугин И.Г. // Ползуновский альманах. 2009. № 3. Т. 2. С. 37-39.
3. http://unienc.ru/w/ru/224867-bazaltovaya_fibra.html#.D0.9B.D0.B8.D1.82.D0.B5.D1.80.D0.B0.D1.82.D1.83.D1.80.D0.B0

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЦЕМЕНТОВ НИЗКОЙ ВОДОПОТРЕБНОСТИ

Зинченко С.М.*, Пешкова Д.А.*

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

Рассмотрены вопросы состояния цементной промышленности. Отмечены пути повышения энергоэффективности производства. Представлены результаты исследований по разработке составов вяжущих низкой водопотребности на основе пород алюмосиликатного состава.

Ключевые слова: портландцемент, клинкер, вяжущее, добавка, эффективность, механоактивация, производство

PROSPECTS FOR THE USE OF CEMENTS WITH LOW WATER DEMAND

Zinchenko S.M.*, Peshkova D.A.*

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

Reviewed the status of cement industry. Marked ways to improve the efficiency of production. The results of studies on the development of satawu binders of low water requirement on the basis of aluminosilicate rocks composition.

Keywords: Portland cement, clinker, binder, additive, performance, mechanical activation, production

В соответствии с декларированной правительством необходимостью ежегодного повышения объёмов строительства жилья до 150...160 млн. м² и ежегодного увеличения протяжённости новых дорог в России до 30...35 тыс. км прогнозируется значительная нехватка цемента российских производителей. В 2008 году при значительно меньших объёмах строительства уже начался массовый ввоз цемента из-за рубежа [1].

Сегодня цемент в России производится более чем на 50 предприятиях, принадлежащих различным собственникам и построенных в 60-е – 80-е годы прошлого столетия. В период с 1993 по 2007 год цементных заводов в стране не строилось. Основной проблемой предприятий цементной промышленности остаются высокие затраты на топливо, составляющие по России: на предприятиях сухого способа производства – около 154 кг у.т./т клинкера; мокрого – около 212 кг у.т./т клинкера. Например, уровень удельных затрат топлива современных цементных предприятий, работающих по сухому способу составляет 115...120 кг у.т./т клинкера [2].

Увеличения объёмов производства цемента в России со значительно меньшими капиталовложениями можно добиться благодаря внедрению отечественной технологии производства цемента низкой водопотребности (ЦНВ).

Российскими учёными впервые в мире разработана, отработана в промышленности и в рамках Госзаказа СССР апробирована (на мощных технологических линиях Белгородского и других цементных заводов) в объёме более 1 млн т технология ЦНВ. Цементы, полученные по новой технологии, проверены в производстве железобетона, что позволило разработать новую нормативную базу производства высококачественных малоклинкерных цемента и бетонов на их основе.

Новая технология даёт возможность ввода значительного объёма минеральных добавок с сохранением высокого качества ЦНВ [2].

При её применении для производства дополнительных объёмов цемента не требуются затраты на технологические переделы по обжигу клинкера, а необходимые капиталовложения включают только развитие помольных мощностей и небольшие затраты на доставку и сушку минеральных добавок.

Разработанная в России технология ЦНВ открывает перспективы радикального энергосбережения в производстве цемента и повышения свойств цемента как общестроительных, так и специальных. Введение до 50...75 % от массы минеральных кремнезёмистых добавок в цементы с сохранением их высокой активности может позволить снизить (с учётом затрат топлива на сушку добавок) реальные удельные затраты условного топлива на тонну цемента до 80...100 кг [1].

Весьма важным является возможность эффективного использования при этом в качестве минеральных добавок не только различных природных пуццолановых пород, мелких кварцевых песков, отходов вскрыши и т. п., но и техногенных отходов; зол и шлаков ТЭЦ, металлургических заводов и других различных производств, накопленных в отвалах. Экономия клинкерной доли в цементах с минеральными добавками позволяет, кроме энергосбережения, значительно уменьшить выбросы CO_2 в атмосферу, сопровождающие производство цементного клинкера и ставшие во всем мире проблемой отрасли.

Механохимическая активация цемента – новое направление регулирования строительно-технических свойств и получения высококачественных бетонов с вышеуказанными свойствами, наиболее конкурентоспособное с обычным модифицированием бетонных смесей, упрощающее требования к крупному и мелкому заполнителям, позволяющее существенно снизить стоимость бетона, отказаться от его тепловой обработки.

Широкое внедрение механохимической обработки цемента может позволить в короткие сроки произвести в России дополнительно уже в ближайшие годы 10...15 млн т цемента с капиталовложениями порядка 40...50 долларов США на тонну продукта, в зависимости от мощности помольного производства. Для этого необходимо или увеличить существующие помольные мощности на цементных предприятиях, или создать на площадках ЖБИ, ДСК и других предприятий региональные помольные цеха мощностью 300...500 тыс. т цемента в год. С учётом возрастающих потребления и стоимости цемента окупаемость капиталовложений в такие цеха составит в зависимости от объёма производства от двух до четырёх лет [1].

Близкое решение в настоящее время реализует Европейский союз: производя цементный клинкер на 250 цементных заводах, там построили дополнительно 70 помольных цехов в различных регионах. Аналогичная практика применяется и в КНР, где около трети клинкера с крупных цементных заводов распродаётся по десяткам малых региональных производителей. Однако эффективность таких помольных предприятий в Европе и КНР пока существенно ниже в связи с отсутствием новой технологии, разработанной в России [2].

В этом аспекте особую актуальность приобретает решение вопросов расширения сырьевой базы использования активного природного сырья и техногенных отходов в качестве минеральных добавок, а также способы активации инертных материалов для использования при производстве композиционных вяжущих.

Систематизация обширного накопленного экспериментального материала по исследованию и использованию минеральных добавок свидетельствует о том, что они в основном представлены продуктами осадочного (опоки, трепелы, диатомиты, глиежи) и вулканического (пеплы, пемзы, туфы, трассы) происхождения, а также искусственными материалами (шлаки, золы, микрокремнезем), обладающими различными технологическими свойствами и перспективными для использования при производстве композиционных вяжущих [3].

Практически все анализируемое сырье, используемое в качестве минеральных добавок, является полиминеральным с преобладанием аморфного кремнезема в смеси минералов осадочного происхождения, в то время как для вулканических пород характерно присутствие большого количества минералов алюмосиликатного состава и стеклофазы. Химико-минералогический состав минеральных добавок является основной причиной формирования их достаточно высокой активности и в некоторых случаях повышенной водопотребности, что обуславливает необходимость использования водоредуцирующих добавок пластифицирующего действия.

Экспериментальные данные свидетельствуют о том, что весьма перспективным для использования в качестве активной минеральной добавки является тонкомолотый пумицит Бедыкского месторождения (Кабардино-Балкария), представляющий собой рыхлых продукт смеси пород алюмосиликатного состава вулканического происхождения [4].

С целью повышения эффективности технологических свойств композиционных вяжущих были изготовлены серии составов ВНВ с применением минеральной добавки молотого пумицита, а в качестве пластификатора – добавки ФАС с испытанием реологических и физико-механических свойств образцов. Были разработаны следующие составы ВНВ:

- ВНВ-40 (ПЦ М500-Д0 – 40 %; пумицит – 58 %; ФАС – 2 %);
удельная поверхность – 5200,0 см²/г; остаток на сите № 0.08 – 2,8 %.
- ВНВ-60 (ПЦ М500-Д0 – 60 %; пумицит – 38 %; ФАС – 2 %);
удельная поверхность – 5100,0 см²/г; остаток на сите № 0.08 – 3,5 %.

Реологические и физико-механические характеристики образцов ВНВ
с добавкой ФАС

Вяжущее	Кол-во пумицита, %	Кол-во ФАС, %	НГ, %	В/Ц	Расплав конуса, мм	Сроки схватывания, ч-мин		Прочность об- разцов на сжа- тие, МПа	
						начало	конец	7 сут.	28 сут.
ПЦМ500-Д0	–	–	27,0	0,41	110	1 – 50	4 – 40	26,6	47,2
ВНВ-60	38,0	2,0	19,8	0,24	112	3 – 50	6 – 00	38,9	54,8
ВНВ-40	58,0	2,0	22,0	0,32	110	4 – 10	6 – 30	24,8	42,4

Полученные результаты демонстрируют эффективность применения композиционных вяжущих, разработанных с использованием доступных сырьевых ресурсов. При этом эффективность минеральной добавки может быть значительно увеличена присутствием органической добавки с направлено измененной струк-

турой с образованием органоминеральных комплексов оптимизированного состава. Создание такого рода органоминеральных комплексов позволяет достичь значительной экономии энергоемкого клинкера до 40 % без ухудшения прочностных показателей цементных композитов.

Список литературы

1. Бикбау М.Я. Наноцементы – будущее мировой цементной промышленности и технологии бетонов // Вестник Российской Академии естественных наук. 2015. № 5.
2. Бикбау М.Я. Новые цементы и бетоны. Открытие явления нанокапсуляции дисперсных веществ // ЖБИ и конструкции. 2012.
3. Баженов Ю.М., Демьянова В.С., Калашников В.И. Модифицированные высокопрочные бетоны М.: Ассоциация строительных вузов, 2006. 368 с.
4. Иващенко Ю.Г., Зинченко С.М., Сеньков А.Н. Использование тонкомолотого пумицита для получения композиционных вяжущих // Достижения и проблемы материаловедения и модернизации строительной индустрии: материалы XV академических чтений РААСН – Междунар. науч.-техн. конф. Казань, 2010. Т. 1.

УДК 691.328.4

ИЗМЕНЕНИЕ ИК-СПЕКТРА МОДИФИЦИРОВАННЫХ ГИДРОСИЛИКАТОВ В РЕАКЦИИ ДЕГИДРАТАЦИИ В ПРИСУТСТВИИ АГЕНТОВ РАЗЛИЧНОЙ ГИДРОФИЛЬНОСТИ

*Шошин Е.А.**

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

Изучены с применением метода ИК-спектроскопии процессы дегидратации гидросиликатов, модифицированных D-мальтозой. Для подготовки образцов применялись вспомогательные материалы различной гидрофильности (KBr, нуйол). Показано, что характер применяемого материала влияет на характер ИК-спектров.

Ключевые слова: модифицированные гидросиликаты, D-мальтоза, термообработка, дегидратация, ИК-спектр, KBr, нуйол

THE CHANGE THE IR SPECTRUM OF MODIFIED HYDROSILICATES IN THE DEHYDRATION REACTION IN THE PRESENCE OF AGENTS OF DIFFERENT HYDROPHILIC PROPERTIES

*Shoshin E.A.**

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

In this article the processes of dehydration of hydrosilicates, modified D-maltose were studied using the method of IR-spectroscopy. For sample preparation were applied auxiliary materials of different hydrophilicity (KBr, nujol). It is shown that the nature of the material used affects the nature of the IR spectra.

Keywords: modified hydrosilicates, D-maltose, heat treatment, dehydration, IR spectrum, KBr, nujol

Вода играет чрезвычайно важную роль в структурообразовании цементных систем [1], что определяет важность изучения ее состояния и взаимодействия с силикатным каркасом гидросиликатов.

Определение состояния воды в силикатных системах возможно спектральными методами [2-5], в частности изучением изменений ИК-спектров указанных продуктов в ходе дегидратации. ИКС-исследованию могут быть подвергнуты образцы гидросиликатов, помещенные в соляные (KBr) кюветы или в среду гидрофобного парафина, в частности, нуйола. Данная работа посвящена изучению влияния характера среды, в которой распределен образец гидросиликата, на результаты ИКС исследования.

Объектом исследования послужили продукты гидратации цемента (ЦЕМ II/В-Ш 32,5 Н ОАО «Вольскцемент»), модифицированного D-мальтозой в количестве 5 % от массы исходного цемента и характеризующихся брутто-формулой $10\text{CaO} \cdot 7\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ без учета органической составляющей.

Гидратация углевод-цементной смеси проводилась в условиях помола по схеме [6] при В/Ц=4,0. Твердая фаза полученной суспензии отфильтровывалась и промывалась ацетоном для удаления воды. Ацетон из образцов удалялся вакуумированием (25°C). Полученный образец делился на порции, которые термообработывались при 105, 150 и 200°C соответственно. Полученные таким образом термообработанные образцы подвергались ИКС исследованию.

ИКС исследование проводилось на оборудовании (спектрофотометр ФТ-801) научно-образовательного центра по нанотехнологиям и наноматериалам СГТУ имени Гагарина Ю.А.

На общем ИК-спектре модифицированного образца (рис. 1) представлены основные полосы поглощения: $3000\text{--}3700\text{ см}^{-1}$ – широкая полоса поглощения ОН-групп, связанных водородными связями. В данном диапазоне частот поглощают ОН-группы как воды, так и углевода, в связи с чем данная полоса поглощения малоинформативна. Колебания молекулы мальтозы проявляются в серии полос поглощения в области $2800\text{--}3000\text{ см}^{-1}$ (валентные колебания CH_2 -групп) и 1725 см^{-1} (валентные колебания альдегидной $\text{C}=\text{O}$ -группы) [7]. Остальные полосы поглощения отвечают деформационным колебаниям ОН-группы воды (1640 см^{-1}) (которая может находиться в адсорбированном виде на поверхности силиката [2] или заполнять межслоевое пространство тоберморитовых силикатов [3, 4]) и различным колебаниям кремнекислородного остова ($1100, 930\text{ см}^{-1}$) [4].

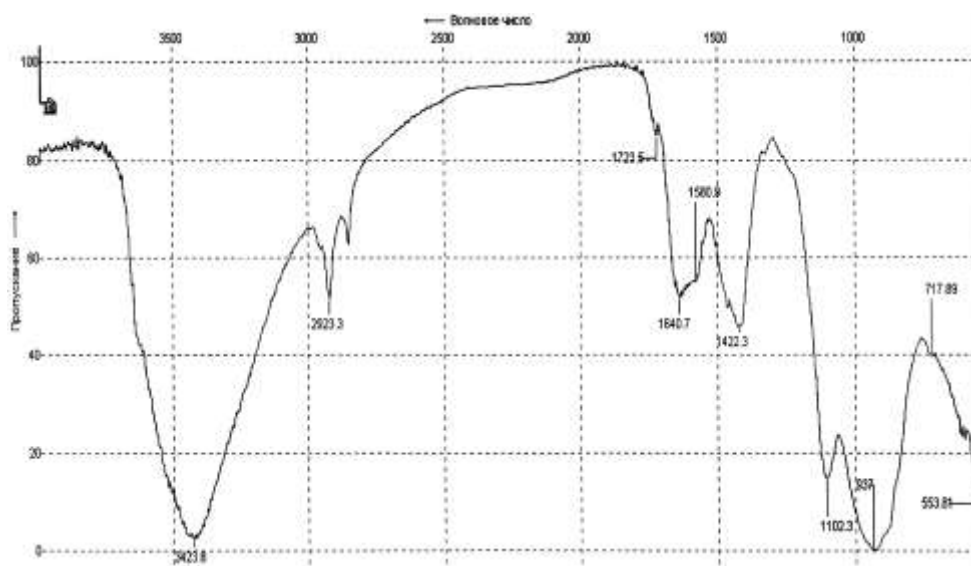


Рис. 1 – ИК-спектр модифицированного образца, высушенного при 25°C

Анализ динамики изменения интенсивности полос поглощения 1100 и 930 см^{-1} (рис. 2) приводит к выводу, что по мере роста температуры термообработки происходит полимеризация силикатов: при 25°C на спектре отчетливо видны полосы поглощения 110 и 937 см^{-1} , что соответствует ассиметричным валентным колебаниям (ν_{as}) Si-O-Si островных силикатов кальция (рис. 2, а) [4]. По мере роста температуры термообработки полоса поглощения при 937 см^{-1} расширяется, вторая полоса поглощения (1102 см^{-1} , 25°C) смещается в длинноволновую часть спектра до 1088 см^{-1} (при 200°C), теряя в интенсивности (рис. 2, г) – такая картина характерна для тоберморита [8]. Последнему соответствует и полоса поглощения 1640 см^{-1} , отвечающая деформационным колебаниям ОН-групп межслоевой воды [4, 5]. По всей видимости, в системе присутствуют обе структуры и тоберморита, и CaSiO_4 , но с ростом температуры меняется их соотношение в системе. Интенсивная полоса поглощения в области 1420 см^{-1} соответствует карбонату кальция. Однако КВг-кювета отличается высокой гигроскопичностью, что мешает удалению воды из силикатной системы. В связи с этим была проведена параллельная съемка образца в гидрофобном нуйоле (рис. 3).

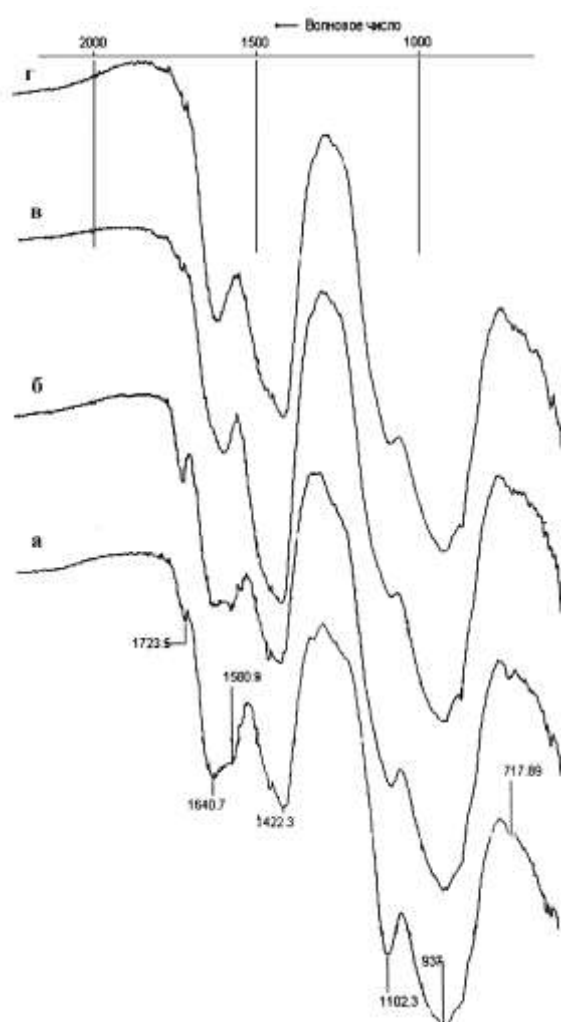


Рис. 2 – ИК-спектры модифицированного образца (кювета КВг) при различных температурах термообработки: а – 25°C; б – 105°C; в – 150°C; г – 200 °C

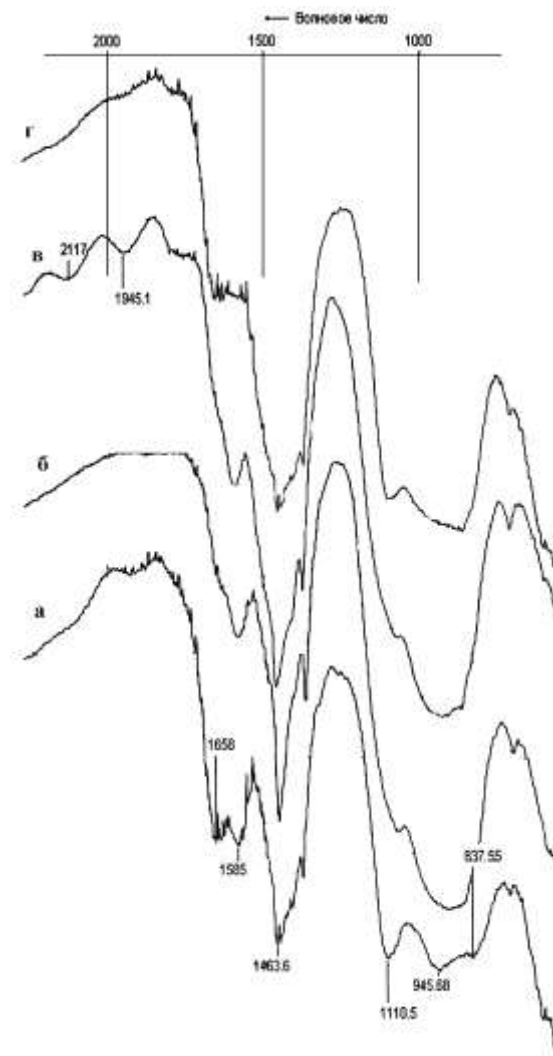


Рис. 3 – ИК-спектры модифицированного образца (в нуйоле) при различных температурах термообработки: а – 25°C; б – 105°C; в – 150°C; г – 200 °C

Сильные полосы поглощения нуйола в области 1456 и 1375 см^{-1} маскируют полосу поглощения карбонатов (1420 см^{-1}), однако в отсутствие гигроскопичного КВг доминантная в данной области полоса поглощения деформационных колебаний межслоевой воды (1640 см^{-1}) исчезает и доминирующей в этой области остается полоса поглощения 1585 см^{-1} , связанная, по-видимому, с присутствием в структуре силиката молекулы углевода. Появление полосы поглощения 1660 см^{-1} на спектре (рис. 3, г) объясняется частичной регидратацией образца в процессе подготовки к анализу. Наибольший интерес вызывает спектр на рис. 3, в, где в результате частичной регидратации образца появляются две слабые полосы поглощения 2117 и 1945 см^{-1} , полностью исчезающие при повторном прокаливании. Отнесение данных полос поглощения в рамках данной работы затруднительно, однако такое поведение системы (с учетом данных исследования [6]) свидетельствует, что термообработка образца при температурах выше 150°C приводит к трансформации аморфной фазы и стабилизации ее свойств.

Таким образом, использование гидрофобных носителей для образцов гидросиликатов позволяет проявить специфику взаимодействия органической молекулы модификатора с силикатным каркасом гидросиликата, проявляющиеся в характере полос поглощения в области $800\text{--}2000\text{ см}^{-1}$.

Список литературы

1. Наука о бетоне: физико-химическое бетоноведение / В. Рамачандран, Р. Фельдман, Дж. Бодуэн; пер. с англ. под ред. В.Б. Ратинова. М.: Стройиздат, 1986. 278 с.
2. Киселев А.В., Лыгин В.И. . Инфракрасные спектры поверхностных соединений и адсорбированных веществ. М.: Наука, 1972. 459 с.
3. Лазарев А.Н. Колебательные спектры и строение силикатов. Л.: Наука, 1968. 348 с.
4. Плюснина И.И. Инфракрасные спектры силикатов. М.: Изд-во МГУ, 1967. 190 с.
5. Structure of Calcium Silicate Hydrate (C-S-H): Near-, Mid-, and Far-Infrared Spectroscopy / Yu. P., Kirkpatrick R. J., Poe B., McMillan P. F., Cong X. // J. Am. Ceram. Soc. 1999. 82. P. 742–48.
6. Микроскопическое исследование продуктов термической дегидратации модифицированных цементных гидросиликатов / Е.А. Шошин, А.В. Поляков, Н.Н. Былинкина, А.М. Буров // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 1. С. 18-25.
7. Наканиси К. Инфракрасные спектры и строение органических соединений. М.: Мир, 1965. 209 с.
8. Origins of saccharide-dependent hydration at aluminate, silicate, and aluminosilicate surfaces / B.J. Smith, A. Rawal, G.P. Funkhouser, La. R. Roberts, V. Gupta, J. N. Israelachvili, B. F. Chmelka // PNAS. 2011. vol. 108. №22. pp. 8949-8954.

УДК 691.328.4

СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ В МОДЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ

$\text{Ca}(\text{OH})_2$ -ОПОКА-САХАРОЗА- H_2O

*Шошин Е.А. *, Поляков А.В. **

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

Сахароза хорошо известна как эффективный замедляющий процессы схватывания цементных систем агент. При этом зависимость замедляющего эффекта от концентрации сахарозы имеет выраженный нелинейный характер. На модельной системе опока-СаО изучена эволюция наноструктур силикатов и портландита при различных концентрациях сахарозы. Обнаружены эффекты, позволяющие объяснить некоторые явления, наблюдаемые при гидратации цемента в присутствии сахарозы.

Ключевые слова: сахароза, гидратация, цемент, твердение, гидросиликаты кальция

STRUCTURE FORMATION IN THE MODEL SYSTEM

$\text{Ca}(\text{OH})_2$ -SILICA-SUCROSE- H_2O

Shoshin E.A., Polyakov A.V.**

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

Sucrose effective retarder of cement. The dependence of the retarding effect of sucrose concentration has a nonlinear character. Using a model system of silica-Cao studied the evolution of the nanostructures of silicates and portlandite with different concentrations of sucrose. Discovered effects that can explain some phenomena observed during the hydration of cement in the presence of sucrose.

Keywords: sucrose, hydration, cement, gypsum, calcium hydro

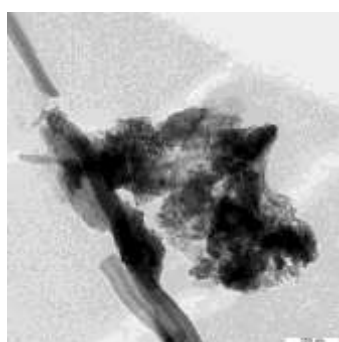
Механизм действия сахарозы на процессы гидратации цемента остается дискуссионным, в том числе и по причине противоречивости данных, получаемых различными авторами. Еще в работах Янга и др. [1, 2] отмечена эффективность сахарозы как замедляющего процессы схватывания цементных систем агента. Уже тогда была высказана весьма популярная до сих пор адсорбционная модель [1-3], согласно которой сахара стабилизируют зародышевую фазу цементного камня, образуют хелатные соединения и меняют растворимость силикатов. Однако периодически появляются данные, плохо укладывающиеся в эту модель. И если способность сахарозы влиять на микроструктуру цементного камня [4] относительно легко объяснима, то немонотонная зависимость замедляющего эффекта сахарозы от ее концентрации [5] в рамках данной модели объяснения не находит. Например, согласно данным [6], сахароза в малых дозах (менее 0,1%) проявляет себя как ускоряющая гидратацию цемента добавка. При концентрациях сахарозы менее 0,3% наблюдается эффект замедления схватывания цементных паст, а при дозировке более 0,3% – эффект ускорения схватывания [7] (необходимо отметить, что данные [5] и [7] приведены для разных типов цемента и разных В/Ц). Для выявления причин нелинейности зависимости эффекта замедления от концентрации сахарозы в цементных системах было предпринято электронно-микроскопическое исследование поведения модельной системы опока-СаО [8] в условиях последовательно возрастающих концентраций сахарозы. При помоле данной смеси в водной среде имитируются процессы фазообразования силикатов. При этом химическая активность опоки существенно ниже цемента, что определяет низкую скорость растворения SiO_2 . Как показали исследования [8], помол этой смеси в воде в присутствии различных концентраций сахарозы приводит к формированию наноструктур, характер которых зависит от исходного отношения $\text{Ca}(\text{OH})_2$ /сахароза. Так как сахароза не поглощается образующимися гидросиликатами, ее концентрация в растворе относительно постоянна, а следовательно, имеет смысл рассматривать отношение $\text{Ca}(\text{OH})_2$ /сахароза, находящихся в растворе. Поэтому в настоящем исследовании диапазон концентраций сахарозы был расширен с учетом мольного отношения $\text{Ca}(\text{OH})_2$ /сахароза в растворе так, чтобы получить последовательную картину изменений, происходящих в наноструктуре модельной системы. Учитывая, что растворимость $\text{Ca}(\text{OH})_2$ составляет 0,185г/100мл H_2O , дозировки сахарозы составили 1,1%, 2%, 3,4% и 10% от массы минеральной составляющей смеси, что соответствует мольным отношениям $\text{Ca}(\text{OH})_2$ /Сахароза (в растворе) 3/1, 2/1, 1/1 и 1/3 соответственно.

В качестве силиката была выбрана опока карьера села Поливановка Саратовской области, характеризующаяся высоким содержанием SiO_2 (не менее 80%). В качестве источника СаО – известь строительная (ГОСТ 9179-77).

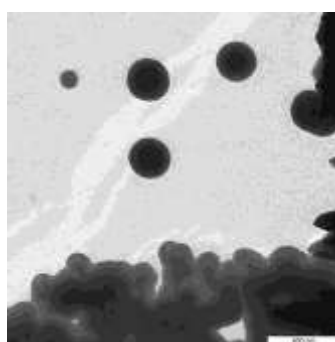
Исходное массовое отношение опока/CaO было выбрано аналогично цементному клинкеру и составило 2/3. Помол смеси производился в шаровой мельнице МП/0,5×4 при частоте вращения стакана 280-300об/мин в присутствии водного раствора сахарозы при В/Т=4,0 в течение 2 ч. Полученные суспензии направлялись на электронно-микроскопическое исследование с помощью просвечивающего электронного микроскопа CarlZeiss Libra 120 с предварительной обработкой образцов в ультразвуковой бане [8].

Электронно-микроскопическое исследование проводилось в центре коллективного пользования научным оборудованием в области физико-химической биологии и нанобиотехнологии «Симбиоз» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН.

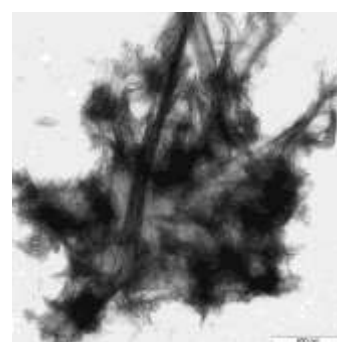
В структуре немодифицированной модельной системы преобладают слоистые призматические элементы (поперечное сечение более 100 нм), сросшиеся в плотные развитые агрегаты (рис. 1 а, б). В меньших количествах присутствуют сферические частицы и продукты их агрегирования (рис. 1в). В системе так же присутствуют фрагменты с войлочной структурой (рис. 1г), характерной для продуктов гидратации цемента, гидратированного в аналогичных условиях помола (рис. 2 а, б). Согласно [9], характер наноструктуры частиц C-S-H-геля определяется Ca/Si-отношением: при Ca/Si=0,66, формируются агрегированные частицы с волокнистой структурой, аналогичной продуктам гидратации цемента при В/Ц=4,0 (рис. 2 а). При Ca/Si=1,5, напротив, формируются микронного размера плотные агрегированные частицы, аналогичные по структуре рис. 1 а.



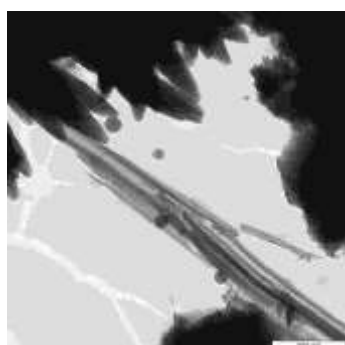
а



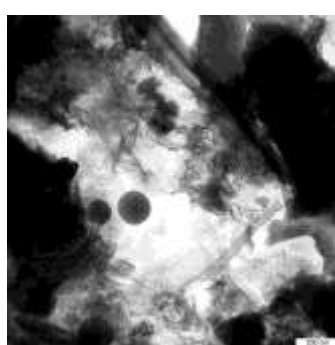
б



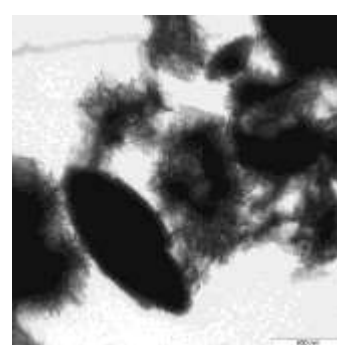
а



б



г



б

Рис. 1 – Наноструктуры немодифицированной модельной системы опока/CaO (помол 2 ч).

Рис. 2 – Наноструктуры цементной суспензии (В/Ц=4,0) (помол 2 ч)

Согласно современным представлениям о механизме формирования С-S-H-фазы, портландит, выпадая в осадок, формирует в растворе пластинчатые частицы, на поверхности которых оседают силикаты различной степени полимеризации [10,11]. Однако в используемой модельной системе растворимость кремнезема низка, а гидроокись кальция взята в значительном избытке, вследствие чего слоистые частицы портландита достигают значительных размеров и срастаются в агломераты. Структура образующихся наночастиц С-S-H-фазы разнообразна и отвечает широкому диапазону Ca/Si-отношений, что, скорее всего, связано с тем, что С-S-H-частицы зафиксированы на разных стадиях эволюции.

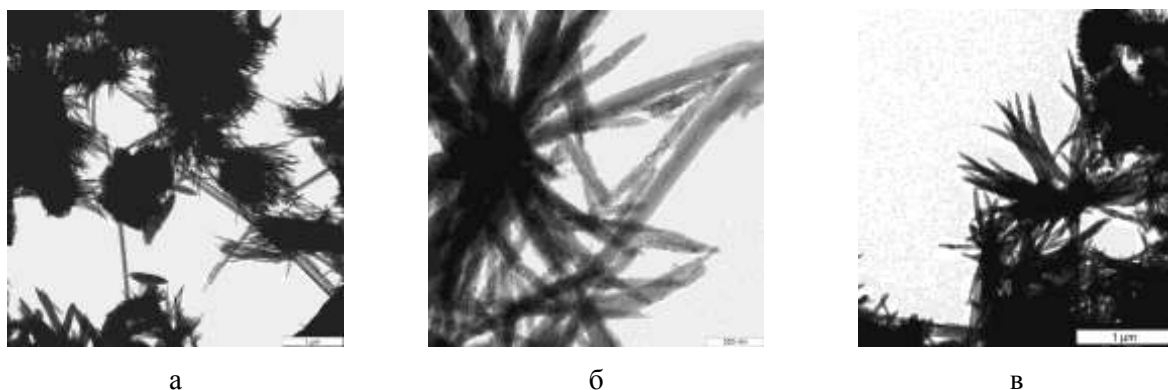


Рис. 3 – Наноструктуры модельной системы, модифицированной 1,1% сахарозы ($\text{Ca}(\text{OH})_2/\text{Сахароза}=3/1(\text{моль})$). Концентрация сахарозы в растворе – 0,27%

В присутствии 1,1% сахарозы картина кардинально меняется: из перечисленных выше структурных элементов в наноструктуре модифицированной системы были обнаружены призматические частицы, сросшиеся в звездчатые структуры, где каждый призматический элемент равноудален от соседей (рис. 3, а-в). Последнее объясняется адсорбцией сахарозы, что, с одной стороны, приводит к преимущественно одномерному росту частиц портландита, а с другой стороны, увеличивает рост их z-потенциала [12] частиц портландита, что приводит к эффекту пептизации.

Увеличение концентрации сахарозы до 2% приводит к дальнейшему развитию адсорбционных слоев сахарозы на поверхности портландита, в результате чего наблюдается предельно возможное утончение частиц $\text{Ca}(\text{OH})_2$, который на фоне усиления эффектов пептизации приводит к образованию войлочной структуры из нитей с поперечным сечением 5-30 нм (рис. 4 а-в).

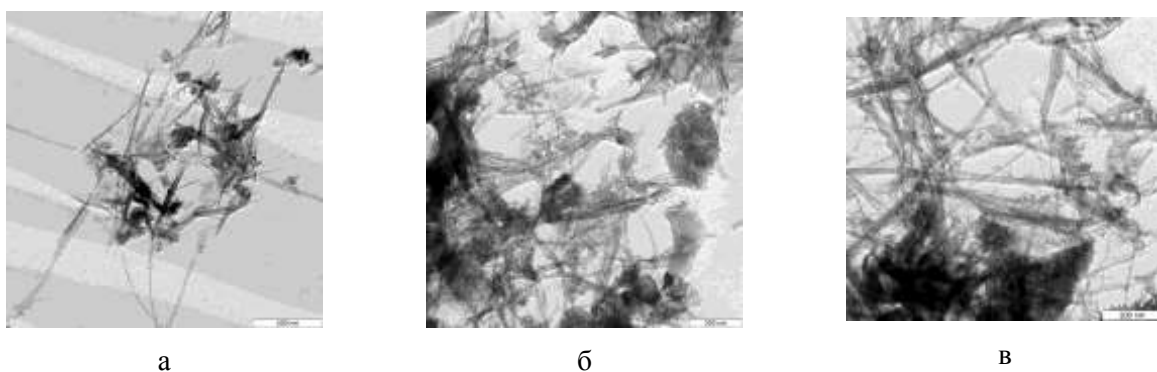


Рис. 4 – Наноструктуры модельной системы, модифицированной 2,0% сахарозы ($\text{Ca}(\text{OH})_2/\text{Сахароза}=2/1(\text{моль})$). Концентрация сахарозы в растворе – 0,50%

Этой концентрации сахарозы соответствует появление в системе агрегированных частиц силикатов (100-300нм), представляющих собой плотный коагулом из частиц неправильной формы (рис. 4б, г). Следует отметить, что данные агрегированные частицы аналогичны описанным в работе [9], что позволяет предположить высокое Ca/Si-отношение силикатов в их составе.

При концентрации сахарозы 3,4% в микроструктуре модельной системы выделяются крупные плотные сферические частицы, образующие цепочечные структуры (рис.5). нити портландита образуют отдельные неплотные скопления, наблюдается частичное обрастание поверхности нитей наночастицами силикатов (диаметром от 4нм) и их агрегатами (до 40-50нм в диаметре) (рис. 5 б).

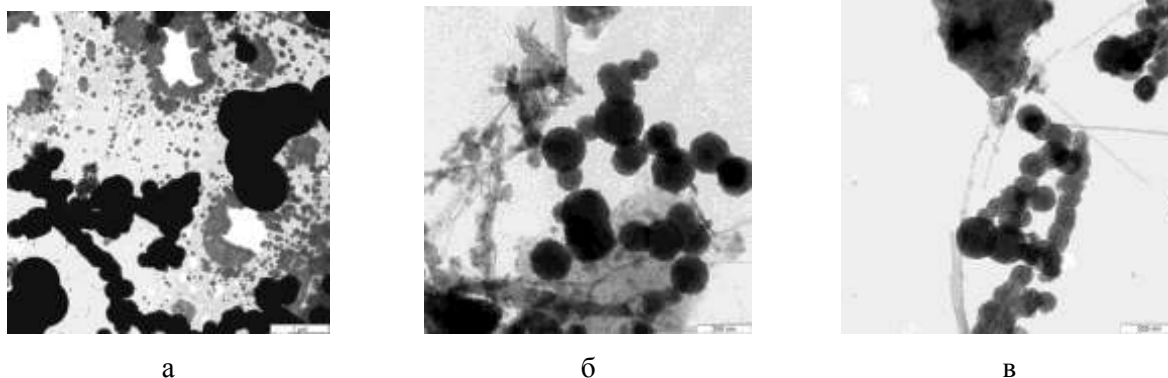


Рис. 5 – Наноструктуры модельной системы, модифицированной 3,4% сахарозы ($\text{Ca}(\text{OH})_2/\text{Сахароза}=1/1$ (моль)). Концентрация сахарозы в растворе – 0,85%

Крупные сферические наночастицы (более 80 нм) образуют собственные цепочечные и кольцеобразные агрегаты (рис. 5, б, в). Вырождение размеров частиц в составе цепочечных агрегатов, видимо, является следствием действия эффекта изотермической перегонки, т.е. в данных условиях активизируется процесс роста изолированных частиц; частицы силикатов, осевшие на поверхности нитей портландита, в процессе роста срастаются, повторяя геометрию последних.

При максимальной концентрации сахарозы (10%) нитевидных элементов структуры, аналогичных предыдущему образцу не наблюдается, однако характер присутствующих структур предполагает «обрастание» войлочной структуры наночастицами силикатов (рис. 6 а) с последующим уплотнением в крупные (микронного размера) агрегаты (рис. 6 б).

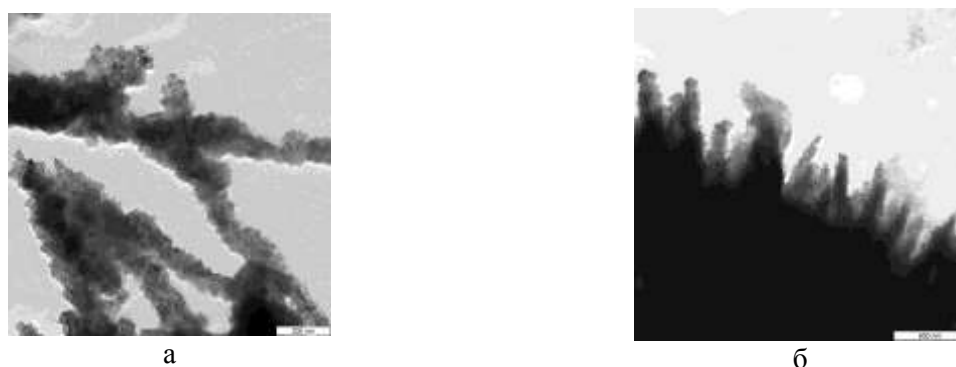


Рис. 6 – Наноструктуры модельной системы, модифицированной 10,0% сахарозы ($\text{Ca}(\text{OH})_2/\text{Сахароза}=1/3$ (моль)). Концентрация сахарозы в растворе – 2,50%

Анализ представленного материала свидетельствует о том, что при прочих равных условиях существует некая пороговая концентрация сахарозы в растворе (1,1-2%, что соответствует молярному отношению в растворе $\text{Ca}(\text{OH})_2/\text{Сахароза}=3/1-2/1$), при которой кристаллизующийся портландит образует войлочную структуру с предельно малым поперечным сечением нити (5-30нм). Дальнейший рост концентрации сахарозы не влияет на характеристики войлочной структуры портландита, но провоцирует активизацию процессов изотермической перегонки и выпадения в осадок плотных мелких частиц силикатов, причем при максимальной концентрации сахарозы в системе присутствуют только продукты коагуляции последних.

Если исходить из того, что формирование частиц портландита – начальная стадия образования тоберморитподобной структуры C-S-H-фазы, то влияние сахарозы в малых концентрациях будет аналогично действию этtringита – будет наблюдаться ускорение процессов схватывания. Данное предположение легко проверить, проанализировав данные [5]: при В/Ц=0,42 дозировки сахарозы 0,05; 0,1; 0,2 и 0,4% от массы цемента соответствуют водным растворам с концентрацией 0,1; 0,23; 0,47 и 0,95% соответственно и аналогичны рассмотренному в настоящей работе диапазону концентраций сахарозы в модельной системе. Согласно [5] при дозировке сахарозы 0,4% (0,95% водный раствор сахарозы), образцы цементного бетона демонстрируют лавинообразный набор прочности только на 14 сутки (табл. 1). Данная концентрация сахарозы наиболее близка модельному образцу, содержащему 3,4% сахарозы (0,85% водный раствор) (рис. 5), где наблюдалась активизация роста индивидуальных частиц силикатов предположительно в результате активной изотермической перегонки. Иными словами, лавинообразный рост прочности бетонного образца соответствует моменту взаимопрораствания частиц силикатов.

Эффект влияния сахарозы на свойства образцов бетона (В/Ц=0,42) (по данным [5])

Содержание сахарозы, % от массы цемента.	Средняя прочность при сжатии, (Н/мм ²)			
	3 сут	7 сут	14 сут	28 сут
0	16,05	26,62	36,44	40,88
0,05	17,95	26,07	36,60	41,99
0,1	16,39	26,21	31,32	35,43
0,2	12,82	20,05	25,03	32,64
0,4	0	0	20,17	32,08
0,6	0	0	3,00	31,47
0,8	0	0	2,20	30,66

При этом начало схватывания по мере роста содержания сахарозы, согласно данным [5], монотонно сокращается, что хорошо объяснимо исходя из полученных в настоящей работе данных. Таким образом, полученные данные о влиянии сахарозы на процессы фазообразования в модельной системе опока/СаО способны удовлетворительно объяснить наблюдаемые явления в цементных системах, модифицированных сахарозой.

Таким образом, изучение поведения модельной системы в различных условиях приводит к выводу о сложном и многоплановом воздействии сахарозы на силикатную систему.

Сахароза активно адсорбируется на частицах портландита, меняя характер их роста и увеличивая z-потенциал; изменение сроков схватывания цементных систем, модифицированных сахарозой, по всей видимости, связано именно с ростом анизотропии частиц портландита.

Сахароза изменяет характер эволюции зародышевой фазы кремнезема, подавляя формирование гелевых структур. Этот эффект наблюдается даже при незначительных концентрациях сахарозы.

В присутствии сахарозы усиливается эффект изотермической перегонки частиц силикатов. Сопоставление полученных результатов с данными сторонних исследователей приводит к выводу о принципиальной значимости обнаруженного эффекта для преодоления негативного влияния сахарозы на цементные системы.

Список литературы

1. Young J.F. A review of the mechanisms of set-retardation in Portland cement pastes containing organic admixtures // *Cem. Concr. Res.* 1972. 2 (4). P. 415-433.
2. Birchall J.D., Thomas N.L. The mechanism of retardation of setting of OPC by sugars // *Br. Ceram. Proc.* 1984. Vol. 35. P. 305-315.
3. Глекель Ф.Л. Физико-химические основы применения добавок к минеральным вяжущим. Ташкент: ВАН, 1974. 123 с.
4. Maria C. Garci Juenger, Hamlin M. Jennings. New insights into the effects of sugar on the hydration and microstructure of cement pastes // *Cement and Concrete Research*. V.32, 2002. P. 393-399.
5. Akogu Elijah Abalaka. Effects of Sugar on Physical Properties of Ordinary Portland Cement Paste and Concrete // *AU J.T.* 2011. № 14 (3). P. 225-228.
6. Тараканов О.В. Цементные материалы с добавками углеводов. Пенза: Изд-во ПГАСА, 2003. 166 с.
7. Bazid Khan, Bulent Baradan. The effect of sugar on setting-time of various types of cements // *Quarterly science vision*. 2002. Vol. 8 (1) P. 71-78.
8. Шошин Е.А. Поляков А.В., Горшков Н.В., Былинкина Н.Н., Буров А.М. Соотношение $\text{Ca}(\text{OH})_2$ – сахароза как фактор влияния на морфологию аморфных гидросиликатов кальция // *Научное обозрение*. 2015. № 16. С. 168-179.
9. Helene Viallis-Terrisse, Andr'e Nonat, Jean-Claude Petit. Zeta-potential study of calcium silicate hydrates interacting with alkaline cations // *Journal of Colloid and Interface Science*. 2001. 244. P. 58–65.
10. Hamlin M. Jennings A model for the microstructure of calcium silicate hydrate in cement paste // *Cement and Concrete Research*. 2000. № 30. P. 101-116.
11. Brunet F., Bertani Ph., Charpentier Th., Nonat A., Virlet J. Application of ^{29}Si homonuclear and ^1H - ^{29}Si heteronuclear NMR correlation to structural studies of calcium silicate hydrates // *J. Phys. Chem. B*. 2004. V. 108. P. 15494-15502.
12. Шошин Е.А., Широков А.А. Исследование электрокинетического потенциала модифицированных углеводами цементных паст на начальной стадии гидратации // *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова*. 2015. № 5. С. 235-240.

**РОЛЬ УСКОРИТЕЛЯ ТВЕРДЕНИЯ В ФОРМИРОВАНИИ
СВОЙСТВ ПОРИСТОГО ГРАНУЛИРОВАННОГО
СИЛИКАТНАТРИЕВОГО МАТЕРИАЛА**

Кочергина М.П. *, Александров А.А. *, Цопин И.П. *

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

Приводятся экспериментальные данные по влиянию добавки кремнефтористого натрия на физико-механические параметры и процесс получения пористого гранулированного материала на основе жидкого натриевого стекла.

Ключевые слова: жидкое натриевое стекло, кремнефтористый натрий, опока, гранулированный материал, коэффициент размягчения

**ROLE IN THE FORMATION OF HARDENING
ACCELERATOR PROPERTIES OF POROUS GRANULAR
MATERIAL A SODIUM SILICATE**

Kochergina M.P. *, Alexandrov A.A. *, Tsopin I.P. *

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

Experimental data on the effect of sodium silicofluoride on the physic-mechanical properties and a process for producing a porous granular material based on liquid sodium glass.

Keywords: glass liquid sodium, sodium fluorosilicate, flask, granular material, softening coefficient

Комплекс задач по повышению энергоэффективности в строительном комплексе решается за счет применения эффективных теплоизоляционных материалов (плитных, гранулированных и т.д.), а также за счет снижения энергоемкости их производства.

Достаточно широко в строительстве используются гранулированные материалы: в качестве теплоизоляционных засыпок; искусственных пористых заполнителей для легких бетонов, растворов (штукатурных и огнезащитных); теплоизоляционных изделий (блоков, плит, скорлуп, сегментов) и т.д. Конкурентно привлекательны гранулированные материалы на основе силикатнатриевых связующих (жидкое натриевое стекло) с поризованной структурой с заданным комплексом функциональных свойств, что находит свое подтверждение в ряде работ [1-3]. При этом особую актуальность приобретают разработки, направленные на улучшение теплотехнических характеристик, прочностных показателей, на повышение водостойкости и др., а также на снижение энергоемкости производства гранул.

Технология получения вспученных гранулированных материалов на основе силикатнатриевых связующих включает: получение модифицированной жидкостекольной композиции, формирование сырцовых гранул, предварительная сушка сырцовых гранул, термическая обработка (вспучивание). Исследованиями И.В. Рыжкова и В.С. Толстого [4] установлено, что вспучивание жидкого стекла независимо от силикатного модуля практически полностью заканчивается при нагревании до 200-250 °С, т.е. до температуры, соответствующей максимальному удалению свободной и адсорбционной воды. Повышение температуры до 400-500 °С приводит к закреплению структуры жидкостекольного материала в результате

кристаллизации продуктов вспучивания. Дальнейшее повышение температуры не оказывает значительного влияния на вспучивание и, соответственно, приводит только к увеличению энергоемкости процесса получения пористых жидкостекольных материалов.

Задачей настоящего исследования является определение влияния традиционного отвердителя – кремнефтористого натрия на формирование таких свойств гранулированного материала, как водостойкость, насыпная плотность, прочность, водопоглощение, а также на температурные параметры вспучивания гранулированного силикатнатриевого материала.

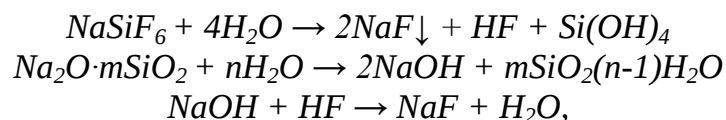
Образцы изготавливались в виде гранул размером 10-20 мм и подвергались тепловой обработке в диапазоне температур 150-450 °С до постоянной массы. В качестве связующего в составах для получения образцов применялось жидкое натриевое стекло с силикатным модулем 2,7 и плотностью 1,48 г/см³. В качестве отвердителя использовался кремнефтористый натрий, соответствующий ТУ 6-09-05807960-114-94, который вводился в силикатнатриевую композицию в количестве от 5 до 15% по массе связующего. В качестве минерального наполнителя применялась тонкомолотая опока ($S_{уд} = 3000-5500 \text{ см}^2/\text{г}$). Химический состав опоки представлен в таблице.

Химический состав опоки

Содержание оксидов, масс. %						
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	п.п.п.
83,7	8,41	2,02	0,92	0,46	1,12	5,62

Экспериментально установлено оптимальное соотношение между связующим и наполнителем, которое составило соответственно 1:0,85. Критериями оптимальности являлись показатели прочности, насыпной плотности, водопоглощения гранул. Основные физико-механические параметры гранул определялись в соответствии с ГОСТ 9758-2012.

Результаты эксперимента показывают, что водостойкость наполненных образцов без отвердителя увеличивается с повышением температуры тепловой обработки (рис. 1). Содержание в наполнителе аморфного кремнезема, способствующего увеличению модуля жидкого стекла, а также наличие оксидов алюминия и железа, способствующих формированию водонерастворимых силикатов, в совокупности приводят к повышению показателя водостойкости (коэффициента размягчения) образцов. С увеличением температуры тепловой обработки кремнефтористый натрий в меньшей степени способствует повышению водостойкости гранул. По известным данным водостойкость жидкостекольных композитов, отвержденных кремнефтористым натрием, главным образом зависит от полноты протекания реакций отвердителя с жидким стеклом по схеме



Вероятно, в результате более интенсивного испарения свободной воды из жидкостекольной системы в условиях воздействия повышенных температур химическое взаимодействие между кремнефтористым натрием и связующим оказывается недостаточно полным, что, соответственно, приводит к снижению показателя водостойкости образцов.

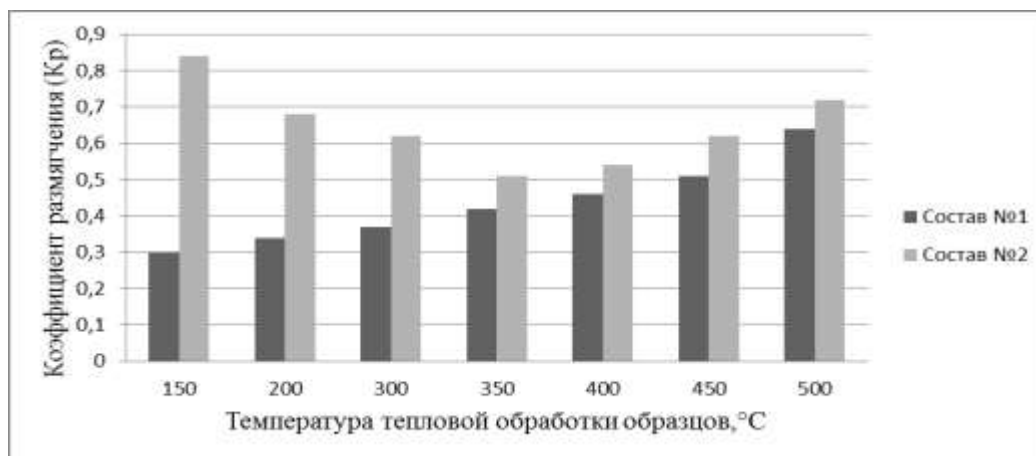


Рис. 1 – Изменение коэффициента размягчения образцов в зависимости от температуры тепловой обработки: состав № 1 – жидкое натриевое стекло, опока; состав № 2 – жидкое натриевое стекло, кремнефтористый натрий, опока

В процессе исследования установлено, что введение в состав отвердителя - кремнефтористого натрия позволяет исключить из процесса получения гранулированного материала предварительную сушку сырцовых гранул, которая, как известно, при получении пористых силикатнатриевых материалов необходима для формирования мелкопористой структуры с максимальной однородностью. Так, образцы без отвердителя имеют неправильную форму с неоднородной пустотелопористой структурой, что является результатом интенсивного удаления избытка адсорбционной влаги, которая приводит к образованию крупных сквозных пор. Образцы с отвердителем имеют шарообразную форму (рис. 2) и равномерно распределенную мелкопористую структуру без крупных сквозных пор. Формирование равномерно распределенной мелкопористой структуры у образцов с отвердителем приводит к снижению водопоглощения по массе от 52-67 % до 14-24 %. Для достижения указанного эффекта необходимо вводить кремнефтористый натрий непосредственно в жидкое натриевое стекло в количестве 10% по массе связующего. При введении отвердителя в силикатнатриевую систему в меньшем количестве необходимый эффект не достигается: значительно снижается водостойкость гранул, а также требуется предварительная сушка сырцовых гранул. Следует отметить, что с увеличением содержания отвердителя повышается насыпная плотность гранул.



Рис. 2 – Фото гранулированного силикатнатриевого материала (состав: жидкое натриевое стекло; опока; кремнефтористый натрий (10 % по массе связующего))

При этом формирование мелкопористой структуры объясняют тем, что Na_2SiF_6 по известной схеме взаимодействует с водой, содержащейся в жидкостекольной системе [5]:



уменьшая тем самым ее избыточное количество, а следовательно, и количество водяного пара при разогреве, что приводит к образованию ячеистой структуры без крупных сквозных пор.

Таким образом, установлены закономерности влияния кремнефтористого натрия на формирование структуры и свойств вспученного гранулированного материала. В результате получен пористый гранулированный силикатнатриевый материал, который обладает следующими свойствами: насыпная плотность $\rho_n=449-480 \text{ кг/м}^3$; предел прочности при сжатии в цилиндре $R_{сж}=2,69-2,81 \text{ МПа}$; коэффициент размягчения $K_p=0,61-0,67$; водопоглощение по массе $W=14-24\%$. При получении гранулята не требуется предварительная сушка сырьевых гранул, что позволяет снизить энергоемкость технологического процесса.

Список литературы

1. Инновационные теплоизоляционные материалы на основе силикатнатриевых композитов / Иващенко Ю.Г., Павлова И.Л., Страхов А.В., Иващенко Н.А., Кочергина М.П., Хаюк Н.В. // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона: сб. науч. тр. по материалам Междунар. науч.-практ. конф. Саратов: СГТУ, 2013. С. 188-189.
2. Иващенко Ю.Г., Страхов А.В. Теплоизоляционный композиционный материал на основе местных силикатных пород и инновации и актуальные проблемы техники и технологий: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых: в 2 т. Т. 2 /под общ. ред. А.А. Большакова. Саратов: СГТУ, 2009. С. 188-190.
3. Кудяков А.И., Свергунова Н.А., Иванов М.Ю. Зернистый теплоизоляционный материал на основе модифицированной жидкостекольной композиции /; под ред. А.И. Кудякова; Том. гос. арх.-строит. ун-т, Брат. гос. ун-т. Томск : Изд-во ТГАСУ, 2010.
4. Рыжков И.В., Толстой В.С. Физико-химические основы формирования свойств смесей с жидким стеклом. Харьков: Изд-во Харьков. ун-та, 1975. 136 с.
5. Пат. РФ 2148044. Композиция для изготовления ячеистого материала / Гаркави М.С., Оглоблина Е.А., Шишкин В.И. Якубов В.И. 27.04.2000.

УДК 691.542

СОСТОЯНИЕ ЦЕМЕНТНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ВОПРОСЫ ЕЁ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

*Иващенко Ю.Г. *, Багапова Д.Ю. **

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

Рассматриваются вопросы, связанные с проблемами цементной промышленности Российской Федерации. А именно возможные пути повышения конкурентоспособности российского цемента на мировом рынке в условиях современной экономики, за счет сокращения затрат на производство.

Ключевые слова: портландцемент, клинкер, обжиг, альтернативные сырьевые материалы, энергоэффективность

CONDITION CEMENT INDUSTRY AND ITS ENERGY EFFICIENCY ISSUES

*Ivashchenko Yu.G. *, Bagapova D.Y. **

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

The article discusses the problems associated with the cement industry of the Russian Federation. Namely, the possible ways of improving the competitiveness of the Russian cement market in the world in today's economy, by reducing production costs.

Keywords: Portland cement, clinker, burning, alternative raw materials, energy efficiency

На сегодняшний день цемент является, пожалуй, самым потребляемым видом гидравлического вяжущего во всем мире. Ежегодно в мире производится свыше 3 млрд т цемента. Географическая структура мирового производства цемента представлена на рисунке 1.

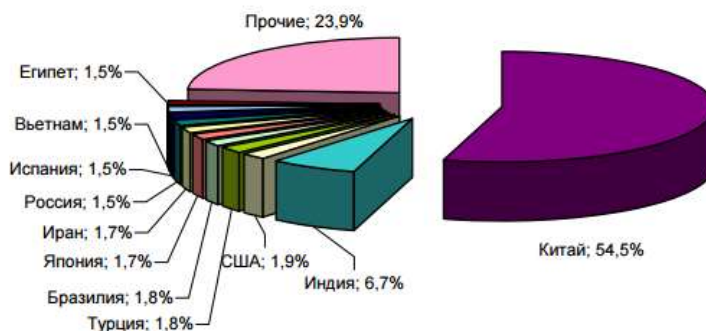


Рис. 1 – Географическая структура мирового производства цемента

На российском рынке цемента присутствуют более 10 крупных производителей и такое же количество мелких региональных заводов.

Согласно данным, опубликованным Федеральной службой государственной статистики, объем произведенного цемента в мае 2016 года перевалил порог в 5,5 миллиона тонн и составил 5 564,5 тыс. тонн. И уже на протяжении 7 последних месяцев этот результат является худшим результатом за последние 5 лет. Производство цемента за последние семь месяцев стабильно находится на уровне 5-летней давности, существенно отставая от максимальных результатов [1].



Рис. 2 – Производство цемента в Российской Федерации (тыс. тонн). Период май 2016

Одной из наиболее существенных проблем, с которыми столкнулись производители цемента, является высокая стоимость заемного капитала вследствие введения экономических санкций. Руководители компаний-производителей цемента считают данную проблему не менее значимой, чем традиционный рост тарифов на энергоносители. Возникший дефицит источников финансирования и снижение потребления цемента в 2015 году еще больше усилили конкуренцию в отрасли и борьбу за рынки потребления. Ввиду этого компании все чаще уделяют внимание мероприятиям по снижению издержек производства, повышению эффективности использования имеющихся производственных мощностей и их модернизации [1].

Крупнейшим вкладом в науку о цементе, несомненно, являлись исследования, проведенные Джоном Смитом и послужившие началом всех современных открытий в этой области [2].

Также можно отметить таких исследователей как Д. Паркер, Л. Вика, Д. Фрост. Но историю открытия портландцемента обычно связывают с именем Джозефа Аспдина. Первый патент Аспдина датирован 21 октября 1824 года.

Однако обнаруженные в последние годы учеными архивные документы доказывают, что открытие принадлежит Егору Герасимовичу Челиеву.

Из дошедших до наших дней документов известно, что Егор Герасимович Челиев родился в 1771 году в Саратовской губернии в семье отставного военного.

Изобрел цемент Егор Челиев в годы пребывания в Москве. Впервые цемент как строительный материал начали применять в России еще в начале XVIII века, но он был далеко не совершенен. Егору Герасимовичу Челиеву удалось создать новый, более прочный силикатный цемент, твердеющий в воде. Он и является предшественником современного цемента как по подбору искусственной сырьевой смеси, так и по основным техническим условиям обжига и помола [3].

В принципе по способу Челиева цемент изготавливают до сих пор. Созданный Егором Герасимовичем Челиевым цемент, обладающий высокими строительными качествами, в 1813-1824 годах широко использовался на строительстве различных сооружений и при восстановлении разрушенной пожаром в 1812 году Москвы, особенно Кремля.

Способы изготовления и применения своего цемента Челиев обобщил, выпустив в 1825 году книгу под названием «Полное наставление, как приготовить дешевый и лучший мертель, или цемент, весьма прочный для подводных строений, как-то: каналов, мостов, бассейнов и плотин, подвалов, погребов и штукатурки каменных и деревянных строений». При этом автор указывал, что книга написана им «по опыту произведенных в натуре строений». В книге Егора Герасимовича Челиева описан способ приготовления цемента путем обжига смеси извести (или мела) и глины с последующим измельчением обожженного продукта [4].

На сегодняшний день производство цемента осуществляется различными способами, различающимися потреблением тепла (топлива), электрической энергии и природных материальных ресурсов. Тем не менее производство цемента является достаточно энергоемким процессом.

Энергозатратные способы производства при постоянном росте тарифов на энергоресурсы и отсутствие условий для проведения модернизации предприятий являются ключевыми факторами, обуславливающими низкую конкурентоспособность России на мировом рынке.

Для повышения конкурентоспособности отечественной цементной отрасли и продукции необходимо принятие смелых технологических решений таких как: стимулирование и развитие сырьевой базы, широкое использование вторичного сырья, технологическая модернизация и повышение энергоэффективности производственного оборудования. На сегодняшний день в этом направлении ведется активная работа и она далека от завершения. Этому способствуют новые научные открытия в области производства вяжущих.

На рис. 3 представлены возможные пути повышения энергоэффективности производства цемента.



Рис. 3 – Возможные пути повышения энергоэффективности производства цемента

Как видно из рисунка 3, в той или иной степени повысить энергоэффективность возможно на любом этапе производства цемента.

Например, при использовании альтернативных видов сырьевых материалов таких как доменный шлак, зола бурого угля, продукты переработки различных видов бетона и отходов сахарной промышленности позволяет значительно снизить затраты на добычу и переработку сырья с сохранением физико-механических характеристик конечного продукта [5].

Самым энергоемким процессом в производстве цемента является производство клинкера и составляет примерно 90 % от общих энергозатрат.

Оптимизация включает в себя методы подбора оптимального состава сырьевой смеси, эффективного управления процессами обжига и совершенствования работы охлаждающего оборудования.

Эксплуатационные расходы печи с усовершенствованной системой управления, как правило, уменьшаются, в частности, из-за уменьшенного количества потребляемого топлива, снижения затрат на техническое обслуживание и более высокую производительность оборудования [6].

Управление обжигом имеет первостепенное значение для оптимизации и требует внимания к таким аспектам как:

- качество топлива;
- поддержание необходимой концентрации кислорода в печи;
- управление рекуперацией тепла в охлаждающее оборудование.

Для оптимизации процесса обжига могут быть использованы автоматизированные компьютерные системы управления.

Кроме экономии энергии, управление процессом обжига также поможет улучшить качество продукции. Например, путем тонкой настройки оборудования можно добиться повышения реакционной способности и твердости полученного клинкера [7].

В статье рассмотрены лишь некоторые пути повышения энергоэффективности цементной промышленности, применение которых может способствовать переходу России на принципы наилучших доступных технологий и повысить конкурентоспособность на мировом рынке.

Список литературы

1. <http://beton.ru/news/obzor/cement/>
2. Значко-Яворский И.Л. Очерки истории вяжущих веществ от древнейших времен до середины XIX века. М.: АН СССР, 1963. 500 с.
3. <http://rus-eng.org/eng/CHeliev%20Egor%20Gerasimovich.htm>
4. Murat, M. & Sorrentino, F. (1996). Effects of large additions of Cd, Pb, Cr, Zn to cement raw meal on composition and properties of clinker and the cement. Cement and Concrete Research. 26 (3): 377-385.
5. Newman, J. & Choo, B.S. (2003). Advanced Concrete technology; Constituent Materials. Elsevier Butterworth Heinemann.
6. Vesilind, P.A. & Ramsey, T.B. (1996). Effect of drying temperature on the fuel value of wastewater sludge. Waste Management & Research. 14. P. 189-196.

УДК 691

К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ ЖИДКОЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ

*Зинченко С.М. *, Багапова Д.Ю. *, Хододосов А.К. *, Алексеев К.А. **

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

Рассмотрены вопросы применения жидких теплоизоляционных материалов. проведено сравнение физико-технических характеристик с выявлением достоинств и недостатков трех рассматриваемых наиболее популярных в этой области материалов.

Ключевые слова: теплоизоляция, шумоизоляция, жидкая изоляция, долговечность, пенополиуретан, пеноизол, изоллат

TO THE QUESTION OF THE APPLICATION OF LIQUID THERMAL INSULATION

*Zinchenko S.M. *, Bagapova D.Yu. *, Hododosov A.K. *, Alekseev K.A. **

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

The paper deals with the application of heat-insulating liquid material. A comparison of physical and technical characteristics with the identification of strengths and weaknesses of the three considered the most popular in the field of materials.

Keywords: thermal insulation, sound insulation, liquid insulation, durability, polyurethane foam, penoizol, isollat

В последние годы приоритетной целью при создании строительных материалов стало повышение их тепло- и шумоизоляционных характеристик. В России это было подтверждено официально: принятый в 2009 году закон был призван простимулировать создание улучшенных условий для присутствия на рынке как импортных, так и отечественных материалов тепло- и шумоизоляции.

Результатом большого количества лабораторных и «полевых» экспериментов стал вывод, согласно которому для достижения максимальной теплоизоляции начинать утепление стоит с минимизации потерь тепла через ограждающие конструкции. Таким образом, на данный момент в России применение альтернативных источников энергии не является первоочередной задачей строительства.

Основной целью любого теплоизоляционного материала является обеспечение наилучшего микроклимата в помещении, а основной характеристикой – теплопроводность. Однако на сегодняшний день это не единственный параметр, играющий роль при выборе используемого материала. Также имеют значение

энергоёмкость процесса изготовления материала, долговечность материала, особенности (трудности) монтажа.

Для конкретного проекта на выбор материала также влияет ряд других условий: температурный и влажностный режим эксплуатации, расчётные нагрузки, допустимая деформация и т. д. Кроме того, существует ряд требований, описанных в п. 4.2 СНиП 23-02-2003. Туда входят: пожарная безопасность, защита от переувлажнения, воздухопроницаемость и другие.

Так как в конструкции теплоизоляционный материал практически всегда остаётся закрытым облицовкой с одной стороны и основной кладкой – с другой, проследить за его поведением в ходе эксплуатации достаточно сложно. При этом крайне важно, чтобы геометрические характеристики материала оставались в первоначальном состоянии, откуда следует вывод, что более предпочтительными являются материалы с более плотной оболочкой, но при этом менее плотной внутренней структурой.

В данной статье рассматриваются некоторые виды наиболее популярных жидких теплоизоляционных материалов, а именно пенополиуретан (далее – ППУ), пеноизол и сверхтонкая жидкая теплоизоляция, получившая название изоллат. Изучены их состав, свойства, способы нанесения и сделаны выводы об их преимуществах и недостатках на основании не только физико-технических параметров, но и отзывов опытных застройщиков. Важно отметить, что рассматривается закрытоячеистый ППУ, так как он практически по всем параметрам превосходит открытоячеистый ППУ. Ниже приводится сравнительная таблица с параметрами каждого из материалов.

Физико-технические характеристики жидких теплоизоляционных материалов

Характеристики	ППУ	Пеноизол	Изоллат
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)	0,019-0,025	0,028-0,047	0,005
Расширение по сравнению с начальным объемом	1 к 30		
Плотность, кг/м ³	25-280	5-75	400
Паропроницаемость, мг/(м·ч·Па)	0,02 - 0,05	0,1-0,14	0,09
Влагопоглощение, %	1-2,1	10,5-20	-
Стоимость 1 м ³ , руб.	1500-2500	950	1500-2000 руб. за 1 м ² изолированной поверхности слоя
Гидроизоляционные свойства	хорошие	-	-
Звукопоглощение свойства	хорошие	хорошие	-
Горючесть	Г2-Г4	Г1	НГ

Пенополиуретан

Пенополиуретан (ППУ) является крайне легким, но при этом достаточно прочным гидротеплоизоляционным материалом. Его получают в ходе экзотермической реакции всего двух жидких компонентов: полиэфира (полиола) и полиизоционата (ПИЦ). Исходные компоненты доставляются на место нанесения в отдельных баках, но материал наносится уже в виде пены, так как процесс вспенивания занимает всего несколько секунд. В результате получают клейкую реактивную смесь. Данная смесь под давлением выбрасывается на обрабатываемую поверхность, схватывается и высыхает, на что уходит несколько минут. Другим способом нанесения ППУ является заполнение полости между облицовочной кирпичной кладкой и основной кладкой из бетонных блоков через небольшие отверстия во внешней кладке. Такой способ крайне удобен при устранении недостатка теплоизоляции уже после завершения процесса возведения здания. Оба способа нанесения изображены на схемах в конце статьи. Стоит сказать, что по полученное покрытие из ППУ не клеится, и в случае такой необходимости может дополнительно покрываться средством для защиты от ультрафиолетового излучения.

Достоинства:

- достаточно хорошее сцепление с самыми разными материалами (металл, древесина, стекло, камень);
- высокая шумо- и теплоизоляция;
- экологичность (не содержит токсичные соединения (в т. ч. фреон));
- долговечность (срок службы до 30 лет);
- устойчивость к перепадам температуры (актуально в климатических условиях России);
- не поддерживает горения.

Недостатки:

- относительно высокая стоимость;
- не устойчив к УФ-излучению;
- можно наносить только на тёплые поверхности.

Пеноизол

Пеноизол – это жидкий карбамидоформальдегидный пенопласт, твердение которого происходит при достаточно невысокой температуре (всего +15С). Одним из главных достоинств данного утеплителя стала хорошая паропроницаемость. Этот факт позволяет заливать пеноизол в стены зданий. Пеноизол хорошо принимает форму заполняемых пустот, практически исключая вероятность того, что останутся хоть какие-то неутепленные зоны внутри кладки. При этом его объём во время отвердевания не увеличивается, что освобождает от необходимости проведения дополнительных расчётов. Вдобавок к этому пеноизол – пожаробезопасный материал. Он абсолютно не горит, и даже при плавлении под действием высоких температур не выделяет токсичных газов.

Однако существует и ряд недостатков пеноизола, которые проявились в процессе работы с этим утеплителем. К примеру, в ходе утепления чердачных перекрытий неоднократно было замечено, что по причине усадки данного утеплителя с течением времени в нем могут образовываться сквозные трещины. Это является причиной снижения теплоизолирующих свойств. Частично эту проблему удалось решить использованием в качестве основы пеноизола нетоксичных смол. Такая разновидность пеноизола получила марку ЭКО.

Вторым минусом пеноизола можно назвать невозможность нанесения его на стены путем напыления. Многие считают это серьёзным технологическим недостатком и именно по этой причине предпочитают пеноизолу ППУ. Заливка во внутренние пустоты – единственный способ использования такого теплоизолирующего материала. Впрочем, на рынке уже появился листовой пеноизол, который можно применять для облицовки наружных поверхностей стен.

Пеноизол обладает открытой пористой структурой. Этот факт обеспечивает хороший отвод водяного пара из отапливаемого помещения, однако при этом требует достаточно надежной защиты от влаги. По этой причине важно помнить, что при облицовке стен поверхность этого материала следует закрыть слоем водоотталкивающей цементно-песчаной штукатурки.

Достоинства:

- экологичность;
- достаточно низкая температура отвердевания;
- не горит и не выделяет токсичных газов при плавлении;
- хорошо принимает форму пустот и не расширяется при отвердевании.

Недостатки:

- при усадке могут появляться трещины;
- невозможность нанесения путём напыления;
- требует надёжной защиты от влаги.

Изоллат

Изоллат – жидкий теплоизоляционный материал на основе поризованных керамических микрогранул. Его наносят при помощи малярного валика, обычной кисти или компрессора. Это относительно новый материал, но производителей, готовых предложить его, уже немало.

Заявлено, что всего 1-2 мм сверхтонкого покрытия могут заменить 8-9 см минваты или целых 50 см кирпича. Теплокраска изначально разрабатывалась для защиты паропроводов, водопроводов и воздухопроводов в различных системах кондиционирования. Такое покрытие получило хорошие отзывы как теплоотражающая изоляция рефрижераторов, цистерн и прочих ёмкостей. Однако даже при всех достоинствах изоллата нельзя сказать, что его покрытие может надёжно защитит стены здания от промерзания. Таким образом, этот теплоизоляционный материал не стоит использовать как основной материал для утепления дома. Это также объясняется банальными законами физики: слой изоллата слишком тонкий. Наносить его слоем даже в несколько сантиметров уже не будет иметь смысла по причине высокой стоимости.

Кроме того, ряд исследований теплоизолирующей краски показал, что её способность к отражению инфракрасного излучения начинает проявляться только при достаточно высокой температуре. Это означает, что покраска стен в комнатах таким материалом не даст ровным счётом никакого результата. Гораздо лучше изоллат подойдёт для горячих труб или кровли, разогретой солнцем. За счёт постоянно сохраняющейся температуры керамическая сверхтонкая изоляция начнёт работать и не даст теплу проникнуть сквозь свой тонкий слой.

Достоинства:

- лёгкость нанесения;
- тонкий слой;
- достаточно хорошее сцепление с различными материалами.

Недостатки:

- тонкий слой;
- высокая стоимость;
- необходимость постоянной высокой температуры.

ПРОНИЦАЕМЫЕ БЕТОННЫЕ ПОКРЫТИЯ

Снарский С.В.*, Козлов Н.А.*, Рыбалка А.С.*

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

Исследуется проблема состояния дренажных систем города. Предложено модернизировать системы за счет применения покрытия из пористого бетона. Описаны его физико-механические и эксплуатационные свойства и преимущества применения. Рассмотрены основные особенности применения и эксплуатации в различных условиях.

Ключевые слова: пористый бетон, цемент, пористость, дренажная система, паводки, водосток

PERMEABLE CONCRETE COVERINGS

Snarsky S.V.*, Kozlov N.A.*, Rybalka A.S.*

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

The article raised the problem of the drainage systems of the city. Asked to upgrade the system through the use of coatings of porous concrete. Described by its physical-mechanical and operational properties and application advantages. Describes the main features of application and operation in various conditions.

Keywords: Porous concrete, cement, porosity, drainage system, floods, drain

Во время ливневых дождей дренажные системы городов не справляются с потоками воды. Это оказывает влияние на качество воды и здоровье окружающей среды. Больше количество дождевой воды попадает на водонепроницаемые поверхности, такие как: автостоянки, подъездные пути, тротуары и улицы, а не впитывается в почву. Это вносит дисбаланс в природные экосистемы и приводит к целому ряду проблем, в том числе эрозии, паводкам, истощению грунтовых вод, загрязнению рек, озер и прибрежных вод. Когда дождевая вода течет по мостовой поверхности, она поднимает все: от разливов масла и жира до солей и химических удобрений. Изучение свойств пористого бетона и рациональности его использования при проектировании системы водоотводов, анализ результатов исследований и применение их на практике – все это может внести существенный вклад в решение данных проблем.

Проницаемый пористый бетон – это смесь цементирующих материалов крупного заполнителя бетона и воды.



Рис. 1 – Испытания образца пористого бетона при проливе его струёй воды

Однако он содержит мало или совсем не содержит песка, поэтому получается открыто-ячеистая структура (от 15 до 35 % взаимосвязанных пустот), которая позволяет воде легко проходить через слой покрытия. Как правило, он может пропускать поток в 200 литров воды на каждый квадратный метр тротуара в минуту,

но теоретически пропускная способность может быть существенно выше. Когда пористый бетон используется для мощения дорожек и тротуаров, он может пропускать огромное количество дождевой воды, а она, в свою очередь, проникает в нижележащие слои почвы. Покрытие помогает предотвратить загрязнение стоков, что обычно происходит с непроницаемыми тротуарами, потому что процесс фильтрации также способствует очищению воды. Когда вода проходит через открытые ячейки тротуара, аэробные бактерии в пустотах помогают расщеплять вредные вещества и химикаты.

Первоначальные затраты для пористого бетона дорожных покрытий выше за счет более толстого покрытия по сравнению с обычным бетоном или асфальтом. Причина в том, что вода будет проходить и насыщать земляное полотно под ним. Но затраты окупаются за счет увеличения срока службы дорожного покрытия и отсутствия необходимости в реконструкции дренажной системы города.

Установка традиционных бордюров, желобов, ливнеприемников, трубопроводов и резервуаров-накопителей может стоить в два-три раза меньше, если применяется пористый бетон. Проекты, которые используют пористый бетон, как правило, не нуждаются в ливневой канализации, связевых модулях, что исключает затраты на установку подземных трубопроводов и ливневых стоков, а также на их обслуживание. Требования к гранулометрическому составу для дорожного покрытия также снижаются, поскольку нет необходимости уклона дорожного покрытия для отвода ливневых стоков. Позволяет использовать существующие системы канализации.

Необходимость реконструкции систем ливневой канализации города при его более плотной застройке расширяет перспективы применения пористого бетона. Также он увеличивает территорию использования земельного участка, потому что проницаемое бетонное покрытие работает как система управления ливневыми водами, и нет необходимости покупки дополнительного земельного участка для установки больших отстойных прудов и систем фильтрации. Это означает, что девелоперы и собственники могут использовать землю более эффективно и максимизировать отдачу от своих инвестиций.

Ливневые стоки являются ведущими источниками загрязняющих веществ, попадающих в водопровод. Предотвращение проникновения – одна из важных проблем. Вот некоторые из причин, почему проницаемые бетонные покрытия могут быть использованы. Они позволяют: уменьшить объем неочищенных стоков, выпадающих в ливневую канализацию, увеличить уровень водоносного горизонта, увеличить канал воды, следовательно корни деревьев будут впитывать больше влаги, тем самым будут меньше нуждаться в орошении, уменьшить загрязняющие вещества, которые могут загрязнить и повредить чувствительные экосистемы водоразделов, устранить углеводородные загрязнения с асфальтобетонных покрытий.

В дополнение городской пористый бетон светлого цвета и имеет открытую структуру клеток. Проницаемое бетонное покрытие поглощает и аккумулирует тепло. Открытая пористая структура также позволяет охладить покрытие за счет нижележащих слоев земли, имеющих более низкие температуры. Чем светлее цвет бетона, тем выгоднее с энергетической точки зрения. Поскольку бетон является отражающей поверхностью, необходимость освещения в ночное время уменьшится. Сравнительное исследование проницаемых бетонных покрытий и асфальтового покрытия показали потенциальную экономию до 31 % стоимости начальной энергии и технического обслуживания данных покрытий по освещению.

Пористые бетонные покрытия также являются более безопасными для водителей и пешеходов, потому что проницаемый бетон впитывает воду, не позволяя образовываться лужам в летний период и особенно в зимний, так как препятствует образованию наледи. При проектировании пористых покрытий необходимо учитывать возможность засорения. Как показали исследования, проведенные Ассоциацией портландцемента, особую сложность составляет зимнее содержание проницаемого покрытия. В северном и континентальном климатах зимнее содержание обычно включает использование каменной соли и песчаных смесей, которые также могут привести к засорению. Открытая структура пор проницаемого бетона позволяет сохранить прочность при циклическом замораживании и оттаивании воды, скопившейся в межпоровом пространстве. Своевременная уборка снега в зимний период помогает значительно увеличить срок службы проницаемого бетона. Мойка под давлением весенне-летний период помогает восстановить 80 до 90 % пористости от начального состояния. Следует также отметить, что даже забитый проницаемый бетон частично выполняет изначальную функцию. Также на высокую работоспособность покрытия влияет правильность установки.

Проницаемый пористый бетон, помещенный в стандартные формы, доставляют на стройплощадку обычные бетоновозы. Так как пористый бетон гуще по консистенции, чем обычный, при стяжке вибрация сопровождается уплотнением тяжелым стальным роликом для достижения большей прочности. Поскольку проницаемый бетон имеет низкое содержание воды, после размещения он пропаривается водой, а затем покрывается полиэтиленовой пленкой и хранится во влажной среде не менее 7 дней для полной гидратации цемента. Часто бригады рабочих выполняют работу по укладке пористого бетона быстрее, чем обычного, потому что не нужно проводить отделочные операции, поскольку это может привести к перекрытию поверхности, тем самым уменьшится площадь проникновения воды.

В Саратове есть районы, подвергаемые риску затопления дождевыми водами. Наибольшее внимание привлекла сложившаяся ситуация на участке проспекта 50 лет Октября от 2-й до 3-й Дачной, где воды в дождливую погоду набирается до 80 мм.



Рис. 2 – Участок проспекта 50 лет Октября, 3-я Дачная



Рис. 3 – Участок дороги в районе ВСО

Вода скапливается вокруг подземных переходов, проход к ним отрезается большими ручьями. Также затапливаются трамвайные рельсы, по которым проходит маршрут № 3. Осложнения для движения автомобилей также возникают под мостом на ВСО в Ленинском районе, где не справляется дренажная система и систематически скапливается дождевая вода. Часть улиц погружаются в воду на

территории поселка «Солнечный». Эти проблемы требуют наискорейшего применения инновационных технологий – покрытия из пористого бетона, что позволит ускорить процесс водоотведения и предотвратит скопление такого большого количества осадков на территории общественного пользования – тротуары, проезды, пешеходные дорожки и парковки.

Таким образом, исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что, используя покрытия из пористого бетона для благоустройства городов, можно сократить потребность в водостоках, так как сами тротуары, дорожное полотно и т.п. действуют как водосток. В итоге сократятся затраты на строительство и обслуживание водостоков, насосов, дренажных труб и других систем управления стоками. Дорогие ирригационные системы могут также быть сокращены или совсем устранены. Проектировщики используют проницаемый бетон для автостоянок, чтобы увеличить использование объектов коммерческой недвижимости. Земля, отведенная проектировщиками на управление потоками воды, может теперь быть освоена в полном объеме. Покрытия из пористого бетона долговечны, следовательно, должным образом разработанные и построенные улицы, стоянки, тротуары просуществуют много лет с минимальным обслуживанием. Предложенная инновационная технология зарекомендовала себя только с положительной стороны и имеет высокие показатели в современном градостроительстве.

Список литературы

1. Шефер В., Ван К., Сулейман М., Д. Кеверн, «Разработка проницаемых покрытий в холодном климате», Национальный центр технология бетонных тротуаров, заключительный отчет, февраль 2006 года.
2. Теннис П., Леминг М., Эйкерс, Д., «Проницаемый тротуарный бетон», Ассоциация портландцемента, 2004.
3. Гайда Д., М. Ван Гим, «Сравнение воздействия окружающей среды на асфальтные и бетонные покрытия», Ассоциация портландцемента, 1997.
4. <http://www.concretenetwork.com/pervious/installation-tips.html>
5. <http://www.zaborekran.ru/lujinet.html>

УДК 658.5

ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПОМЕЩЕНИЯМ РЕСТОРАНА

Козлов Н.А. *, Шаферстова М.А. *

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

Приведены требования к технической оснащенности ресторана, а также возможные альтернативы для сбережения тех или иных ресурсов.

Ключевые слова: требования, ресторан, техническая оснащенность

TECHNICAL REQUIREMENTS TO PREMISES OF RESTAURANT

Kozlov N.A. *, Shaferstova M.A. *

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

Requirements to technical equipment of restaurant are provided. And also, possible alternatives of saving of these or those resources.

Keywords: requirements, restaurant, technical equipment

Вопрос технической оснащенности – основной вопрос, которым должны задаться начинающие рестораторы. Если в большей степени они будут уделять внимание проходимости и имиджевому расположению ресторана, то могут пропустить важные аспекты, касающиеся технических требований, в результате чего возможны осложнение функциональной работы ресторана или полная остановка рабочего процесса.

Технические требования к помещению ресторана связаны с такими характеристиками как: площадь и высота помещения, электромощность, вентиляция, звукоизоляция, водоснабжение и водоотведение, освещение, отопление, планировочное решение, система входов и выходов, архитектурно-планировочное решение.

Общая площадь помещения будущего ресторана должна составлять 200-300 м², так как любое предприятие общепита, имеющее собственное производство, должно иметь кухню достаточно больших размеров, разделенную на несколько цехов. Но не стоит забывать и о площади, отведенной под торговую зону. Она составляет всего одну треть от всей площади заведения. Также в общей площади необходимо выделить место под отдельный гардероб и санузел для персонала и для посетителей. Если говорить о заведениях с площадью 80-100 м², то стоит добавить, что, как правило, горячий цех будет отсутствовать. Следовательно, придется сотрудничать с поставщиками полуфабрикатов, рынок которых в России не слишком развит, поэтому такой путь развития будет более затратным.

Если говорить о высоте помещений, то она зависит от многих показателей, приведенных в СНиП 2.08.02 «Общественные здания и сооружения», категория «Общие требования».

Чтобы оснастить заведение общей площадью 200-300 м² полным комплектом профессионального оборудования, мощность должна составлять 30-40 кВт. Сложность заключается в том, что в некоторых местах города не представляется возможной подача такой мощности. Можно решить этот вопрос проведением дополнительных коммуникаций, но на это уйдет много денежных средств. А можно применить энергосберегающие технологии, такие как: оптимизация оборудования за счет использования электроприводов, что актуально для создания энергосберегающего режима в работе механизмов, которые часть времени работают с пониженной нагрузкой: вентиляторы, кондиционеры, насосы; «умное» освещение – включение света автоматически и только тогда, когда нужно, и регулирование яркости свечения ламп в зависимости от времени суток с помощью установки микрофонов и оптических датчиков; современные энергосберегающие лампы; минимизация непродуктивных потерь тепла с помощью утепления стен, энергосберегающей кровли, энергосберегающих красок, современных стеклопакетов, экономических систем обогрева [9].

Чтобы оценить, сколько электроэнергии требуется ресторану, достаточно ознакомиться с усредненным списком энергозависимого ресторанного оборудования, и прибавить к нему дополнительное оборудование, которое понадобится для вспомогательных процессов заведения. Дефицит мощностей – сложность, с которой сталкиваются многие предприниматели.

В любом заведении общепита должна быть установлена вытяжная вентиляция, которая, в свою очередь, должна быть выведена на крышу, чтобы не оказывать негативного влияния на жителей верхних этажей и прохожих. Но необходимо предварительно рассчитать «мощность» и количество вытяжных конструкций, для

того, чтобы при эксплуатации оборудование справлялось с объемами, образующимися в результате приготовления пищи. Выделение большого количества тепла, испарений, влаги оборудованием (машинами и устройствами) требует применения приточно-вытяжной вентиляции. Вентиляционные вытяжки должны быть расположены над источниками парообразования и тепла. Над основной кухонной плитой устраивают вентиляционный навес, который отводит испарения и тепло, образующиеся во время приготовления пищи.

Для создания искусственного микроклимата возможно применение автоматических установок для кондиционирования воздуха.

Заведения, работающие допоздна или круглосуточно, должны соблюдать требования к звукоизоляции по ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум.

Искусственного освещения можно добиться путем применения соответствующих приборов разных типов, но стоит уделять большее внимание естественному освещению, которое наиболее благоприятно для зрения. Стоит обратить внимание на ряд факторов, влияющих на естественное освещение, таких как: ориентация окон по отношению к сторонам света; размеры, конструкция, затемнение окон; размеры и окраска помещений, световой климат местности. Искусственное освещение прилегающей территории ресторана в вечернее время является обязательными.

Отопительные приборы должны обеспечивать установленную технологическими нормами температуру воздуха. Температура поверхностей нагревательных приборов не должна быть больше 85 °С. Системы отопления возводятся для регулирования теплоотдачи поверхностью отопительных приборов, простоты обслуживания и ухода. Бесшумность и безопасность в пожарном отношении системы отопления – еще одно требование, необходимое для выполнения.

Обеспечение заведения холодной и горячей водой также необходимо для нормального функционирования рабочих процессов. Из-за необходимости проведения водоснабжения в помещениях заведения возникает необходимость в проводке водоотведения. При устройстве канализационной системы предусматривается быстрое удаление сточных вод. Снабжение приборов гидравлическими затворами мешает проникновению канализационных запахов.

Правильное размещение помещений очень важно, так как оно является одним из основных факторов, влияющих на поточность процессов. Помещения ресторана между собой должны быть расположены максимально доступно, с кратчайшими связями между ними. Поточность процессов приготовления пищи очень важна, необходимо исключать встречные потоки сырья (полуфабрикатов) и готовой продукции, использованной и чистой посуды, движения посетителей и персонала. Технологические процессы должны быть размещены по ходу: производство, торговля, административно-бытовые, подсобные.

Входы в здание и лестницы необходимо делать автономными для посетителей и персонала. Производственные и складские помещения должны быть непроходимыми, вход осуществляется со стороны внутреннего двора, вход в торговую зону – со стороны улицы. При стесненных размерах помещений под склад можно оборудовать подвал. Возможность быстрой эвакуации в случае пожара очень важна, ведь хозяева ресторана отвечают за сохранность жизнедеятельности своих клиентов. Подъездные пути и пешеходные доступы к входу должны быть удобными.

Архитектурно-планировочное решение и конструктивные элементы здания, техническое оборудование должны соответствовать СНиПам, противопожарным правилам, правилам экологической безопасности, электробезопасности.

Анализируя вышеперечисленные требования к технической оснащенности помещения под ресторан или кафе, можно сделать вывод, что при открытии ресторанного бизнеса обеспеченность всеми техническими составляющими, архитектурно-планировочное решение, достаточная площадь и коммуникации являются значительной частью успеха будущего ресторана. Приоритет внимания проходимости и имиджевому расположению ресторана может способствовать потере важных аспектов, касающихся технических требований, в результате чего возможно осложнение функциональной работы ресторана или полное его закрытие.

Список литературы

1. СНиП 2.08.02-89 «Общественные здания и сооружения».
2. СНиП 2.04.01-85 «Внутренний водопровод и канализация зданий».
3. СНиП 2.04.05-91 «Отопление, вентиляция и кондиционирование».
4. СНиП 23-05-96 «Естественное и искусственное освещение».
5. ГОСТ 13109-97 «Электрическая энергия. Требования к качеству энергии в электрических сетях общего пользования».
6. СанПиН 42-123-5777-91 «Санитарные правила для предприятий общественного питания».
7. Радченко Л.А. Организация производства на предприятиях общественного питания: учеб. Ростов н/Д.: Феникс, 2006.
8. Кексель О.С. Техника и технология в социально-культурном сервисе и туризме. <http://www.tinlib.ru>

УДК 69

ВЫБОР МАТЕРИАЛА ДЛЯ ВОЗВЕДЕНИЯ ЧАСТНОГО ДОМА

Козлов Н.А. *, Панчурина Т.Д. *

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

Проведено исследование свойств материалов, на основании которого выбран наиболее оптимальный вариант для постройки частного дома.

Ключевые слова: строительные материалы, частный дом, характеристика

THE CHOICE OF MATERIAL FOR THE CONSTRUCTION OF A PRIVATE HOUSE

Kozlov N.A. *, Panchurina T.D. *

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

A study of the properties of materials on the basis of which selected the most optimal variant for the construction of a private house.

Keywords: building materials, private house, feature

Выбор материала для возведения частного дома – это важный шаг для будущих жильцов дома. В современном мире очень много различных строительных материалов, поэтому в данной статье рассмотрим некоторые из них, а после сделаем вывод, какой материал наиболее рационально использовать в строительстве.

Итак, разберем материалы, из которых может быть построен частный дом.

1. Дерево.

Дерево – долговечный материал, но довольно дорогой и трудоемкий в плане возведения стен, если сравнивать с тем же кирпичом и пеноблоком. У дерева лучшие показатели микроклимата в помещении за счет его волокнистой структуры, направленной вдоль ствола. Также за счет той же структуры у дерева прекрасные показатели теплоизоляции. Строительство дома из дерева не требует заливки тяжелого фундамента, эти дома довольно легки по сравнению с панельными или кирпичными. Также дерево обладает свойствами престижности.

На основе перечисленных плюсов строительства из дерева сделать вывод: строительство частного дома из дерева хороший вариант, так как дерево – очень живой материал. Даже после сруба оно продолжает дышать, излучать энергию тепла, источать аромат смолы. Деревянные дома дают людям биоэнергетическую подпитку, исцеляют их, позитивно действуют на нервную систему человека.

2. Кирпич.

Кирпич имеет довольно долгую историю применения, так как он прост в строительстве, долговечен, экологичен, имеет неплохие эстетические качества, шумоизоляцию, пожаробезопасность.

По стоимости строительства кирпичный дом конечно же дороже домов из других материалов. Из кирпича можно создавать замечательные и тёплые малоэтажные дома с разнообразной архитектурой.

3. Газобетон.

Газобетон – это новейший строительный материал, представляет собой вид ячеистого бетона.

Газобетонные блоки – это один из самых подходящих для строительства дома материалов. Он имеет множество преимуществ, которые позволяют построить надежный дом, способный сохранить все свои характеристики в течение долгого времени. К положительным свойствам относятся: хорошая влагостойкость, легкость материала, высокая влагостойкость, высокий коэффициент огнестойкости, долговечность.

4. Пеноблок

Довольно часто пеноблок путают с газоблоком, хотя у них совсем разная технология производства и объединяет их только тот факт, что оба они относятся к группе ячеистых материалов.

Пеноблоки имеют небольшую трудоемкость при возведении стен, высокие показатели теплоизоляции и звукоизоляции, низкую стоимость, высокую легкость обработки. Пеноблок экологичен.

Ячеистая структура пеноблока, которая придает большинство плюсов материалу, играет и отрицательную роль, так как существенно снижает его прочность.

5. Сэндвич-панели.

Большим плюсом сэндвич-панелей можно считать то, что на монтажные работы уходит минимум времени. При этом отделочные работы можно начать сразу после возведения стен. Стены из сэндвич-панелей проходят химическую обработку, которая предохраняет их от вредителей, от возгорания, от сырости. Дом из сэндвич-панелей можно построить в течение считанных месяцев. Ещё одним преимуществом таких построек является то, что по сроку службы они не уступают деревянным домам.

Стены из сэндвич-панелей почти не дышат, поэтому нужно продумать в доме систему вентиляции с притоком и оттоком воздуха или использовать минеральную вату в сэндвич-панели, которая позволит дому дышать лучше пенополистирольной теплоизоляции. Недостатками сэндвич-панелей являются низкая прочность, недолговечность.

Сравнительные характеристики строительных материалов

Характеристика	Дерево (брус)	Кирпич	Газобетон	Пенобетон	Сэндвич-панели
Плотность, кг/м ³	500	1400	500	500	40-50
Теплопроводность, Вт/м*С°	0,14	0,52	0,115	0,2-0,25	0,019-0,025
Морозостойкость, циклы	70	25-35	40	25-35	20
Расход раствора, м ³	-	0,24	0,11	0,11-0,15	-
Рекомендуемая толщина стены, м	0,5	1	0,375	0,4-0,6	0,1
Трудозатраты, необходимые для укладки 1 м ³ стены, чел./ч	0,5	2	0,15	0,15	0,2
Цена за 1 м ³	5500-9000	5000	3200	2400	1300

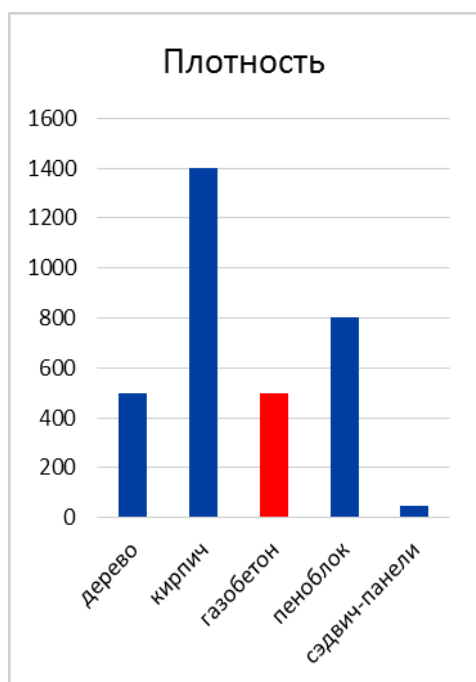


Рис. 1 – График сравнения строительных материалов по плотности

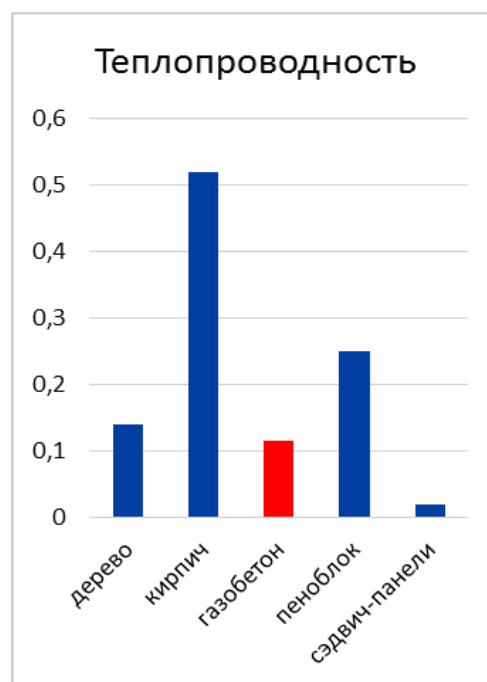


Рис. 2 – График сравнения строительных материалов по теплопроводности

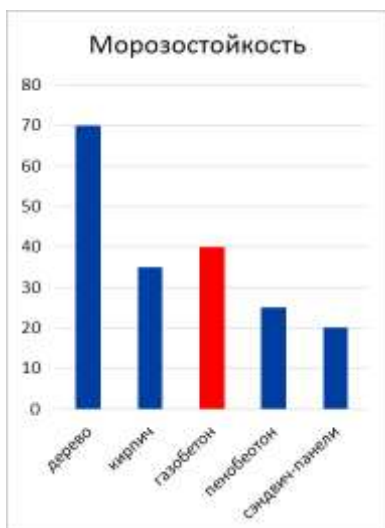


Рис. 3 – График сравнения строительных материалов по морозостойкости

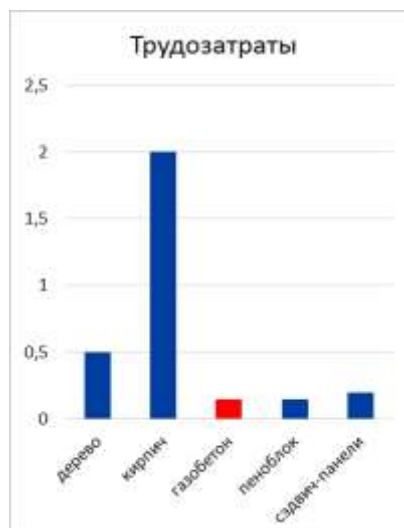


Рис. 4 – График сравнения строительных материалов по трудозатратам

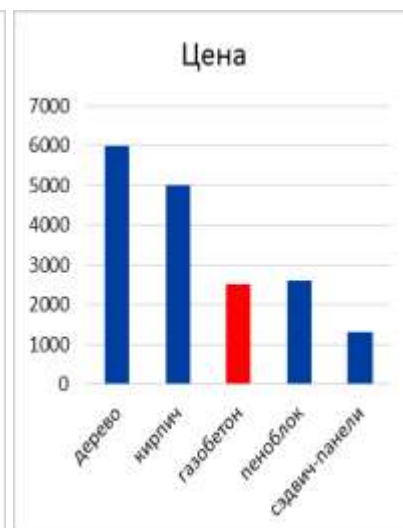


Рис. 5 – График сравнения строительных материалов по цене

Характеристика	Ед. изм.	Керамический кирпич	Керамзитобетон	Дерево	Пенобетон	Газобетон
Плотность	кг/м ³	1400	100 – 1200	500	800	500
Теплопроводность	Вт/м°С	0,52	0,3 – 0,4	0,14	0,25	0,115
Морозостойкость	цикл	25 – 35	15 – 35	-	25	100
Расход раствора	м ³	0,24	0,11	-	0,11 – 0,15	0,11
Коэффициент экологичности	-	5 - 6	20	1	3	2
Толщина стены при одинаковой теплопроводности	м	1	0,6	0,3	0,4	0,35
Трудозатраты, необходимые для укладки стены 1м ³ стены	чел/ч	2	0,2	0,5	0,15	0,15

Таким образом, из представленных характеристик материалов можно сделать вывод, что «золотой» серединой при выборе строительных материалов при строительстве частного дома является газобетон, что в прочем подтверждается широким спросом на данный материал и увеличение объема строительства с его применением.

Список литературы

1. Мещеряков Ю.Г., Фёдоров С.В. Строительные материалы: учеб. для студентов ВПО, обучающихся по направлению 270800 «Строительство». М., 2013.
2. Строительные материалы и изделия: учеб. для инж.-экон. спец. строит. вузов. 5-е изд., перераб. и доп. М., 2008.
3. Барабанщиков Ю.Г. Строительные материалы: учеб. М., 2008.
4. Строительные материалы : учеб для вузов / В.Г. Микульский, В.Н. Куприянов, Г.П. Сахаров [и др.]; под ред. В.Г. Микульского. М., 2000.
5. Попов К.Н., Каддо М.Б. Строительные материалы и изделия. М., 2001.

ВИНТОВЫЕ СВАИ

Козлов Н.А. *, Мирзоян И.П. *

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

Рассматривается срок службы фундамента на сваях, преимущества фундамента. Рассмотрены способы установки винтовых свай и их преимущества.

Ключевые слова: свая, фундамент, монтаж, строительство, бетон

SCREW PILES

Kozlov N.A. *, Mirzoyan I.P. *

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

This article discusses the term foundation service on stilts, the benefits of the foundation. The methods of installation of screw piles and their benefits.

Keywords: pile, foundation erection, construction, concrete

Прежде чем приступить к строительству, необходимо выбрать тип будущего фундамента, от которого зависит будущее целого дома. Тип фундамента зависит от характеристик будущего здания и от климатической зоны, в которой планируется строительство.

Винтовая свая изготовлена из стальной трубы с заострённым наконечником и спиральной лопастью, которая позволяет вкручиваться в грунт как саморез.



Рис. 1 – Винтовая свая производства «ЭкоФундамент»

Винтовые сваи могут прослужить почти 200 лет. Их срок службы зависит от таких показателей, как качество материала, марка и толщина сваи. А если она покрыта цинковым покрытием, то срок службы только антикоррозионного покрытия увеличивается как минимум на 60 лет.

Винтовые сваи предназначены для любых зданий и сооружений, но в основном применяют при строительстве деревянных, в том числе каркасных домов,

а также при возведении таких конструкций как заборы, причалы и т.д. Преимуществ фундамента на винтовых сваях достаточно много. Наиболее важными являются:

- а) высокая скорость и простота монтажа;
- б) возможность работать даже зимой;
- в) по окончании монтажа можно приступить к возведению стен;
- г) свайный фундамент является более экономичным вариантом в сравнении с бетонным фундаментом.

Перед тем как начать, нужно произвести инженерно-геодезическую разметку здания. Если грунт твердый и плотный, то рекомендуется за час залить по два ведра воды для упрощения монтажа. Как правило, монтаж осуществляется двумя способами:

- 1) вручную, с помощью рычагов; недостаток данного метода – неточная установка свай, высокий риск человеческой ошибки. Это зависит не столько от мастерства монтажников, сколько от геологических условий в конкретной точке;
- 2) механизированный способ: наиболее надёжную установку свай обеспечивает гидробур на базе экскаватора.

После установки сваи обрезаются по уровню. Внутри ствола заливается бетон, чтобы защитить сваю от внутренней коррозии и увеличить жесткость и рабочую способность. Сверху на сваю надевается оголовок (рис. 1) для крепления деревянного обвязочного бруса, или вместо оголовков используют металлический швеллер.



а) установка свай вручную



б) установка гидробуром

Рис. 2 – Процесс монтажа винтовых свай [2]

Залитый внутри сваи бетон с грунтом в сочетании с режущей лопастью – это то, что не позволяет фундаменту «двигаться» даже при глубоком промерзании грунта. Чем сложнее рельеф участка, тем существеннее преимущества винтовых свай. Наибольшей популярностью пользуются фундаменты на винтовых сваях при строительстве на склонах с большим перепадом высот.

Список литературы

- 1. <http://ecofundament.ru/price/>
- 2. <http://www.hotwell.ru/pile.htm>

**КОМПОЗИЦИОННОЕ ВЯЖУЩЕЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ
ТЕРМОХИМИЧЕСКИ МОДИФИЦИРОВАННОГО
КРЕМНЕЗЁМСОДЕРЖАЩЕГО НАПОЛНИТЕЛЯ**

*Иващенко Ю.Г. *, Евстигнеев С.А. *, Страхов А.В. *, Корольков Г.Г. **

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

Рассматривается влияние термохимической активации кремнеземсодержащих пород сульфатом железа для получения эффективного наполнителя. Устанавливается положительный эффект на образование вяжущих свойств и повышение прочности при сжатии композиционного связующего при применении модифицированного наполнителя.

Ключевые слова: кремнеземсодержащий наполнитель, фосфогипс, модификация, термохимическая активация

**COMPOSITE BINDERS WITH THE USE OF THERMOINACTIVATION
SILICA-CONTAINING FILLER**

*Ivaschenko Yu.G. *, Evstigneev S.A. *, Strahov A.V. *, Korolkov G.G. **

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

The paper examines the impact of thermo-chemical activation of siliceous rocks of iron sulfate to produce an effective filler. Mounted positive effect on the formation of astringency and improving the compressive strength of the binder composition when applying the modified filler.

Keywords: The silica filler-containing, phosphogypsum, modification, activation thermochemical

Научные и прикладные разработки по использованию в производстве строительных композиционных материалов местных сырьевых ресурсов и техногенных отходов приоритетны, результаты исследований научных школ проф. Комохова П.Г., Рахимова Р.З., Селяева В.П., Калашникова В.И., Лесовика В.С., Дворкина Л.И. др. подтвердила актуальность и необходимость их дальнейшего развития. Спектр возможных направленных воздействий на изменение поверхностных свойств минеральных наполнителей обеспечивает результаты качественно нового уровня. Модифицирование поверхности минеральных веществ можно осуществлять по хорошо изученным различным схемам, в основе которых реализуются химический, электрохимический, механохимический, термический и другие способы. Среди неорганических материалов, используемых в качестве наполнителей и выступающих в качестве матричной основы - носителя для модифицирования особое место занимают оксиды и в первую очередь оксид кремния SiO_2 . [1-5]

Направленное регулирование свойств минеральных кремнеземсодержащих наполнителей для композиционного гипсосодержащего вяжущего предлагается осуществлять путём комплексных воздействий, включающих термохимическую модификацию наполнителя обработкой раствором сернокислого железа с последующей термообработкой при 100-300°C и механохимическую активацию измельчением.

Сырьём для получения модифицированного наполнителя являлись кремнеземсодержащие осадочные породы, распространенные в Поволжском регионе. Химический состав представлен в таблице 1.

Таблица 1

Кремнеземсодержащий компонент	Химический состав, масс.%						
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	п.п.п.
Опока карьера села Поливановка, Саратовская область	86,0-92,0	3,0	≤2,5	1,0	1,5	0,3	3,06
Трепел Зикеевского месторождения, Калужская область	85,0-89,0	9,14	≤5,0	1,55	1,3	1,09	4,1
Диатомит Балашейского месторождения, Самарская область	82,0-87,0	8,68	≤4,34	0,57	0,83	0,7	6,62

Рентгеноструктурный анализ исследуемых кремнеземсодержащих пород подтвердил содержание SiO₂ в виде двух основных модификаций: β-кварц ($d = 0,3324; 0,4230; 0,1817; 0,1541; 0,1373; 0,1288$) и β-кристобалит ($d = 0,4088; 0,3187; 0,2495; 0,2454; 0,1602$). Кроме этого в составе пород присутствуют гидрослюда переменного состава преимущественно в виде глауконита ($d = 0,4230; 0,3324; 0,2564$) и кальцит ($d = 0,3029; 0,2281; 0,1912; 0,1869$).

В качестве активатора кремнеземсодержащих пород принят сульфат железа Fe₂(SO₄)₃ с целью создания центров кристаллизации в композиционном гипсосодержащем вяжущем. Активация кремнеземсодержащих пород осуществлялась путем пропитки измельченной породы фракцией 5 мм раствором сульфата железа в количестве 4 % от массы кремнеземсодержащей породы. Термохимическая модификация осуществлялась в термошкафу путем прокаливании насыщенной породы при температуре 300°C в течение 3 часов до набора постоянной массы породы. Впоследствии порода подвергалась тонкому измельчению до удельной поверхности частиц $S_{уд} = 2000-2500 \text{ см}^2/\text{г}$ на планетарной мельнице.

Рентгеноструктурный анализ термохимически активированного наполнителя показал, что в процессе термохимической модификации поверхности наполнителя наблюдаются изменения межплоскостных расстояний, характерных для индексов плоскостей кристаллохимической решетки SiO₂. Так, межплоскостные расстояния $d = 0,4088; 0,3187; 0,2454$, соответствующие индексам 101, 111, 112 (1120) кристаллической решетки SiO₂, увеличиваются до значений, равных $d = 0,4095; 0,3223; 0,2464; 0,2460$, а $d = 0,2281$ (1012); $0,2127$ (2020); $0,167$ (2022); $0,1541$ (2131); $0,1373$ (2023) уменьшаются до $d = 0,2279; 0,2119; 0,1667; 0,1540; 0,1372$. Появляются новые линии с $d = 0,2959$ (102); $0,2239$ (1121) и исчезает с $d = 0,1288$ (1014). Кроме этого, наблюдается как уменьшение интенсивности характерных пиков линий с $d = 0,154$ (2131); $0,1815$ (1122); $0,2279$ (1012); $0,2460$ (112, 1120), так и увеличение $d = 0,4230$ (1010); $0,4095$ (101); $0,3324$ (1011) и т.д.

Характерные пики кальцита с $d = 0,3029; 0,1912; 0,1869$ в модифицированном наполнителе не идентифицируются, что, возможно, связано с переходом CaCO₃ в CaSO₄ в результате обработки раствором Fe₂(SO₄)₃.

Таким образом, термохимическая модификация наполнителей влияет на структуру кремнекислородного каркаса SiO₂ и изменяет поверхностные свойства минеральных частиц, с появлением новообразований, оказывающих положитель-

ное влияние на формирование вяжущих свойств композиционных вяжущих на основе фосфогипса.

Для определения указанного положительного эффекта в работе использовался фосфогипс дигидрат Балаковского филиала АО «Апатит», химический состав приведён в таблице 2.

Таблица 2

CaO	SO ₄	P ₂ O ₅	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	F	pH
27,3-31,02	54,15-65,40	0,98-1,19	0,55-0,68	0,35-0,44	0,18-1,7	4,5-5,8

Приготовление вяжущего производили в следующей последовательности: необожженный фосфогипс дигидрат с влажностью не более 16-18% с удельной поверхностью частиц $S_{уд}=1600-1800 \text{ см}^2/\text{гр.}$ в количестве 77,0-87,5 % (масс.) от общего количества и модифицированный кремнезёмсодержащий компонент с удельной поверхностью частиц $S_{уд}=2000-2500 \text{ см}^2/\text{г}$ в количестве 10-20% (масс.) от общего количества помещали в шаровую мельницу, где производили совместный помол (механоактивацию) сырьевой смеси до удельной поверхностью частиц $S_{уд}=3500-4200 \text{ см}^2/\text{г}$. Полученную смесь загружали в тепловой агрегат (сушильный шкаф), в котором осуществляли обработку при 150°C в течение 2 часов (низкотемпературный обжиг).

В результате определения основных физико-механических характеристик установлено, что композиционное вяжущее на основе модифицированного вяжущего имеет прочность при сжатии в пределах 18,2-22,0 МПа, что превышает значения прочности при сжатии аналогичного вяжущего с применением немодифицированного наполнителя на 8-12 % [6].

Таким образом, установлена возможность применения широко распространённых в Поволжском регионе кремнезёмсодержащих пород осадочного происхождения в качестве эффективного наполнителя композиционных вяжущих на основе фосфогипса.

Список литературы

1. Бобков С.П. Механическая активация твердых тел с целью интенсификации гетерогенных процессов: дис. ... д-ра техн. наук. М., 1992. 280 с.
2. Georg Schober. Die chemischen Umsetzungen bei der Herstellung von Porenbeton: Aus Zement, Kalk, Gips und Quarzsand wird Porenbeton // ZementKalk-Gips International. 2005. № 7. P. 63-70.
3. Калашников В.И., Кузнецов Ю.С., Ишева Н.И. Роль тонкодисперсных добавок и функциональных групп жидкой фазы в усилении эффекта действия пластификатора // Тезисы докладов Всесоюзного симпозиума. Ч. 1. Юрмала, 1982. С. 139-142.
4. Теоретические и технологические основы получения высокопрочного силицитового геополимерного камня / В.И. Калашников, В.Ю. Нестеров, Ю.В. Гаврилова, Ю.С. Кузнецов // Строительные материалы. 2006. № 5. С. 60-63.
5. Управление свойствами цементных смесей природой наполнителя / П.Г. Комохов, Л.Б. Сватовская, Н.Н. Шангина, А.П. Лейкин // Известия вузов. Строительство. 1997. № 9. С. 51-54.
6. Пат. 2538556 Российская Федерация, МПК C04B11/26 (2006.01) Вяжущее / Ю.Г. Иващенко, А.В. Страхов, С.А. Евстигнеев, Д.К. Тимохин; заявитель и патентообладатель ФГБОУВПО СГТУ имени Гагарина Ю.А. № 2013146483/03; заявл. 17.10.2013; опубл. 10.01.2015, Бюл. № 1. 6 с.

ДИСПЕРСНОЕ АРМИРОВАНИЕ ПЕНОБЕТОНА ТЕХНИЧЕСКИМ УГЛЕРОДОМ

Иващенко Ю.Г.*, Багапова Д.Ю.*

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

Низкая прочность материалов на основе пенобетона значительно ограничивает область их применения. Улучшения прочностных характеристик можно добиться путем введения в пенобетонную смесь микроармирующих добавок. Рассматривается влияние частиц технического углерода, относящихся к высокодисперсным порошкам, на физико-технические характеристики цементного пенобетона.

Ключевые слова: пенобетон, дисперсное микроармирование, прочность, технический углерод

FOAM CONCRETE DISPERSE REINFORCEMENT OF CARBON BLACK

Ivaschenko Yu.G.*, Bagapova D.Yu.*

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

The low strength foamed concrete-based materials greatly limits their application. Improvement of strength properties can be achieved by introducing a mixture of foam concrete microarming additives. The paper examines the impact of the carbon black particles, related to fine powder on the physical and technical characteristics of cement foam concrete.

Keywords: foam concrete, disperse the microreinforcement, carbon black

В последние годы материалы на основе пенобетона вызывают все больший интерес. Развитие этой отрасли происходит благодаря способности пенобетона сочетать в себе такие свойств как низкая теплопроводность и экономическая эффективность. При производстве пенобетона основная задача состоит в равномерном распределении максимального количества воздуха в цементное (цементно-песчаное) тесто, различными способами. Благодаря этому пенобетонная смесь формирует ячеистую структуру, снижается средняя плотность и теплопроводность. При этом такие механические свойства как прочность на сжатие и изгиб также снижаются. Поэтому основной интерес в области исследования пенобетона направлен на повышение механических свойств и уменьшение средней плотности с использование меньшего количества сырьевых материалов.

Эффективным методом повышения прочностных характеристик цементного пенобетона является введение в их состав микроармирующих добавок. В качестве таких добавок часто используют фибры различного происхождения. Однако, учитывая толщину межпоровых перегородок пенобетона, добиться положительного эффекта можно, используя добавки, состоящие из частиц, размеры которых меньше диаметра стенки пор.

В работах зарубежных авторов [1, 2] описываются способы получения высокоэффективного пенобетона с улучшенными характеристиками. Эти способы основаны на применении растворов низкой водопотребности с введением активных добавок, водного раствора пенообразователя и оптимизации упаковки частиц. Также есть данные исследований по улучшению цементного пенобетона при помощи углеродных нанотрубок [3]. Было обнаружено, что снижение теплопровод-

ности происходит за счет теплотехнических свойств самих трубок. Есть данные о влиянии нанотрубок на микроструктуру пенобетона, где они выступают направленными центрами кристаллизации с образованием мелких продуктов гидратации [4].

Опираясь на результаты исследований в данной области, было принято решение в качестве ультрадисперсной добавки вводить в пенобетонную смесь технический углерод марки П-803, отвечающий требованиям ГОСТ 7885-86.

На рисунке 1 представлен анализ дисперсности порошка технического углерода.

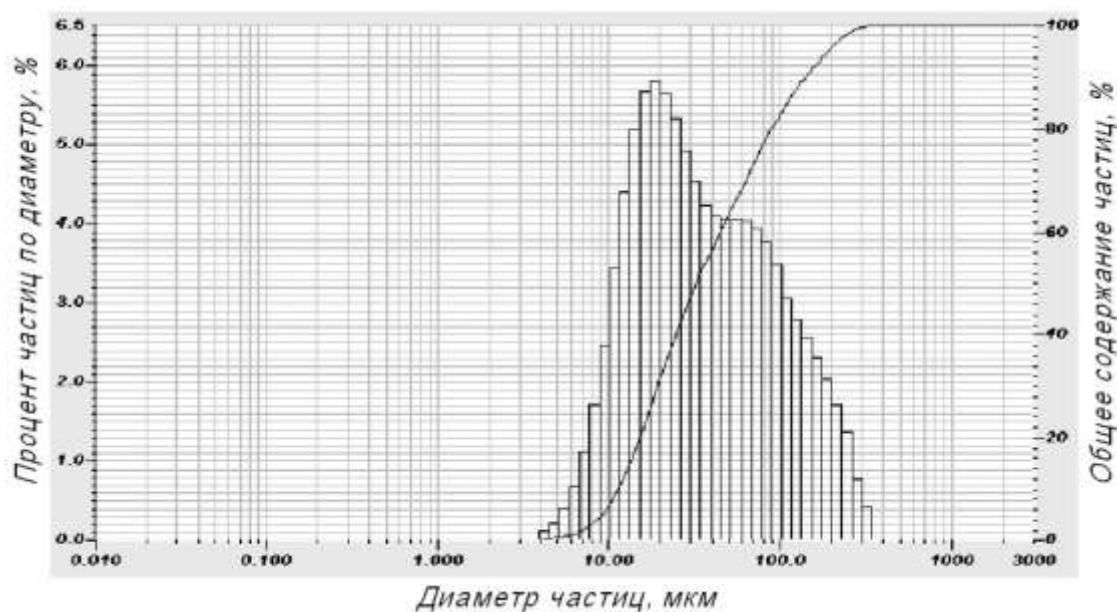


Рис. 1 – Гранулометрический состав технического углерода

Также основными компонентами пенобетонной смеси являлись следующие сырьевые материалы: в качестве основного вяжущего портландцемент марки ЦЕМ I 32,5Н ГОСТ 31108-2003; песок Песчанковского месторождения строительных песков Саратовской области ГОСТ 8736-93, белковый пенообразователь «GreenFroth P» ASTM 869-80; вода водопроводная по ГОСТ 23732-79.

Образцы пенобетона изготавливались двухстадийным способом по технологической схеме, представленной на рисунке 2.



Рис. 2 – Технологическая схема изготовления образцов

Для проведения эксперимента были изготовлены образцы пенобетона разной средней плотности 500 кг/м³ (марка D500), 600 кг/м³ (марка D600) и 700 кг/м³ (марка D700), составы которых представлены в таблице.

Составы пенобетонной смеси на 1 м³

Средняя плотность образцов пенобетона, кг/м ³	500	600	700
Цемент, кг	310	320	320
Песок, кг	110	200	330
Вода	200	210	240
Пенообразователь, мл	3	3	3

Добавка технического углерода вводилась в представленные составы пенобетонной смеси в количестве 0,5-0,75% от массы цемента.

Результаты полученных испытаний образцов пенобетона показали, что добавка технического углерода оказывает значительное влияние на прочность при сжатии (рис. 3). Значение предела прочности при сжатии образцов пенобетона с добавкой технического углерода изменялось в диапазоне от 14 до 20 % в сравнении с контрольным образцом. Как видно из графика, образцы с добавкой технического углерода в количестве 0,5% от массы цемента показали более высокие результаты, чем образцы с добавкой 0,75%, прочность которых была немного ниже, но выше, чем у контрольного образца.

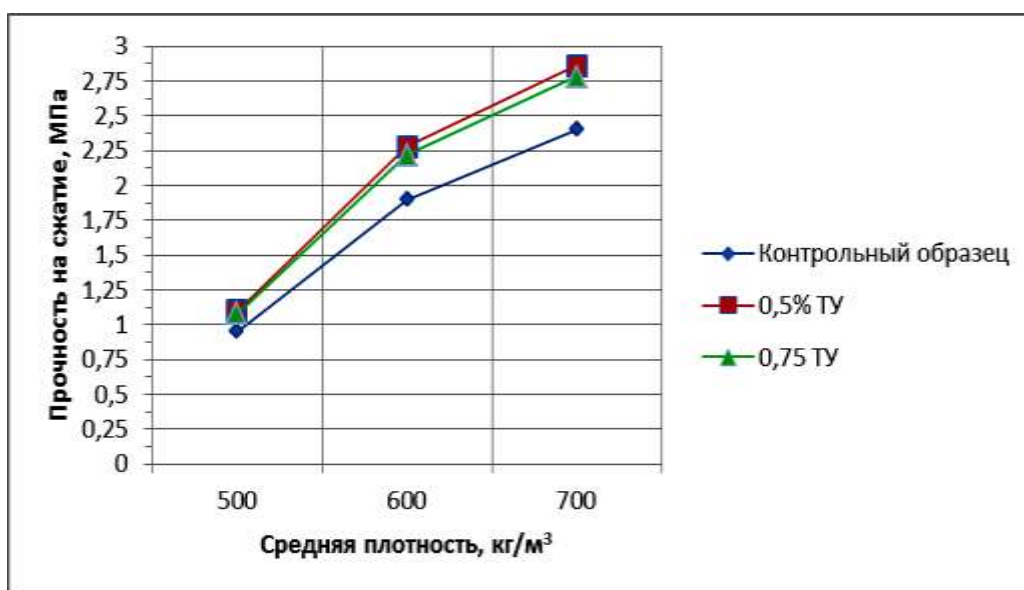


Рис. 3 – Предел прочности на сжатие образцов пенобетона в зависимости от процентного содержания технического углерода

На рисунке 4 представлены результаты испытаний на изгиб образцов пенобетона с добавкой технического углерода в количестве 0,5 и 0,75% от массы цемента. Как видно, добавка оказывает незначительное влияние на значение предела прочности при изгибе, который изменяется в диапазоне от 5 до 7,5%. Это происходит из-за особенностей строения частиц технического углерода, которые пре-

имущественно располагаются в каналах Плато. При концентрации 0,5% прочность образца при изгибе возрастает лучше, чем при концентрации 0,75%.

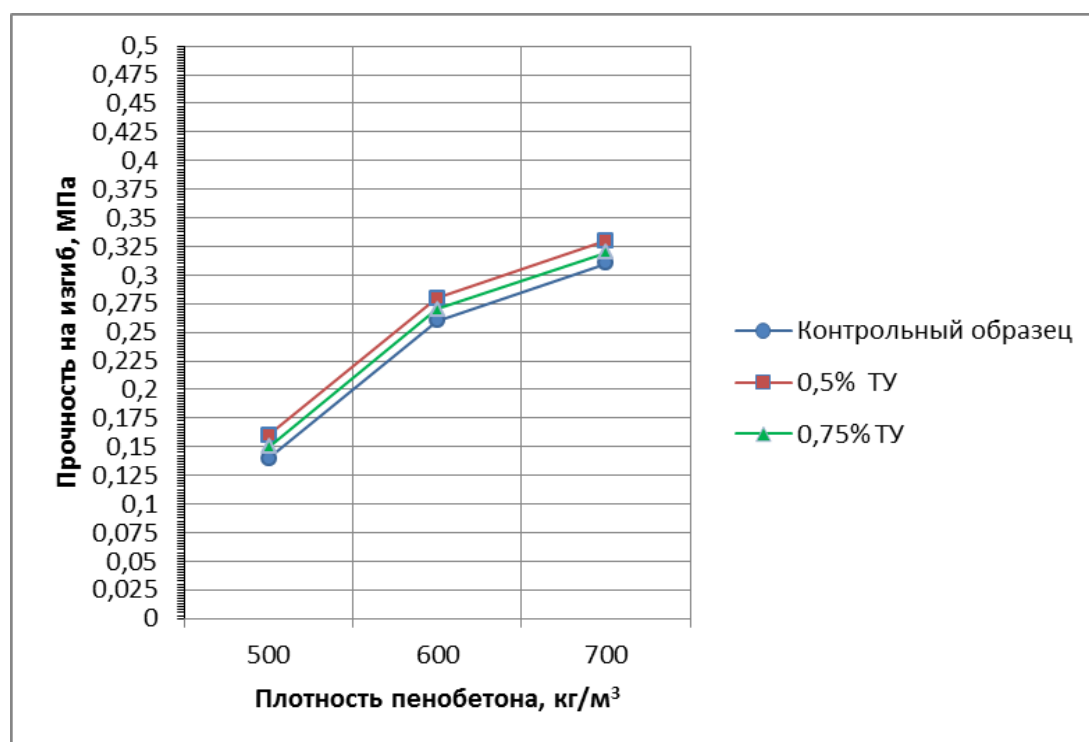


Рис. 4 – Предел прочности на изгиб образцов пенобетона в зависимости от процентного содержания технического углерода

По результатам проведенных исследований можно сделать вывод, что при высоких концентрациях 0,75% в сравнении с образцами с концентрацией 0,5% от массы цемента добавка технического углерода препятствует прохождению процессов гидратации цементного камня. Это показывает, что добавка имеет устойчивую связь с цементной матрицей образца.

Использование технического углерода в качестве микроармирующей добавки является перспективным направлением исследований в области ячеистых бетонов. Дальнейшие исследования технического углерода в качестве микроармирующей добавки к пенобетонной смеси необходимо направить на изучение его влияния на процессы структурообразования цементного камня.

Список литературы

1. Schauerte M., Trettin R. (2011) Schaumbetonherstellung auf der Grundlage von Ultrahochleistungsbeton (UHPC). GDCh- Monographie 44th edn., p. 140-146, Hamburg, Germany
2. Schauerte M., Trettin R. (2012) Neue Schaumbetone mit gesteigerten mechanischen und physikalischen Eigenschaften. 18th Ibausil, Tagungsband p. 2-0066 to 2-0072, Weimar, Germany
3. Yakovlev G., Kerien J., Gailius A., Girmien I. (2006) Cement based foam concrete reinforced by carbon nanotubes. Materials Science, 12 (2), 147-151
4. Ибрагимов Р.А., Киямова Л.И. Микроструктура цементного камня модифицированного углеродными нанотрубками // Вестник Казанского технологического университета. 2015. Т. 18. № 5. С. 71-73.

РЕАЛИЗАЦИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЗДАНИЯХ ДОВОЕННОЙ ПОСТРОЙКИ

Козлов Н.А. *, Лишенко Т.М. *, Шахмартов Д.В. *

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

Рассмотрены способы увеличения показателей энергоемкости в зданиях довоенной постройки, причины обеспечения эффективной энергоемкости в здании, необходимость увеличения уровня комфорта проживания и снижения экономических затрат на эксплуатацию объекта. Рассмотрено выполнение работ по теплоизоляции стеновых конструкций с целью создания «защитной оболочки» здания.

Ключевые слова: защитная оболочка, теплоизоляция, энергоемкость здания, довоенная застройка, повышение эффективности изоляции конструкций

IMPLEMENTATION OF ENERGY SAVING TECHNOLOGIES IN BUILDINGS BUILT BEFORE THE WAR

Kozlov N.A. *, Lishenko T.M. *, Shakhmartov D.V. *

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

The methods of increasing energy intensity in the buildings of pre-war construction Causes the effective energy consumption in the building, the need to increase the level of comfort of living and reduce the economic operating costs of the facility. Reviewed performance of works on thermal insulation of wall constructions with the aim of creating a «protective shell» of the building.

Keywords: shielding, insulation, energy consumption of the building, pre-war buildings, improving the efficiency of the isolation structures

На сегодняшний день порядка 60 % жилых зданий, эксплуатируемых в крупных городах, относятся к объектам, которые были возведены до 1940 года. Здания данного вида поражают красотой своих фасадов и планировкой. Как следствие, они пользуются популярностью в вопросе приобретения недвижимости, несмотря на то, что стоимость такой жилплощади является достаточно высокой. Однако ввиду того, что объекты были возведены достаточно давно, они имеют множество проблем в вопросе эксплуатации. Современные технологические решения позволяют усовершенствовать эксплуатационные характеристики объектов и, соответственно, обеспечить комфортное проживание.

В большинстве жилых зданий, которые были возведены в советские времена, существует достаточно высокий уровень тепловых потерь. Такие тепловые потери связаны с неэффективной теплоизоляцией в здании. Для экономии тепла применяются различные методы, связанные с утеплением кровли, а также внешним утеплением стен. В таком случае можно сэкономить до 35 % тепла на объекте.

Однако реализация большинства современных методов утепления зданий практически невозможна в зданиях довоенной постройки. Дело в том, что такие сооружения в большинстве случаев являются памятниками архитектуры и охраняются со стороны государственных органов. Если такое здание будет утеплено с внешней стороны пенополистиролом, а также фасадной штукатуркой, его внешний вид изменится, и, как следствие, действие будет считаться нарушением законодательства. Таким образом, многократное выполнение ремонтных работ и пе-

репланировка в зданиях довоенной постройки приводят к тому, что теплоизоляция таких сооружений находится на низком уровне.

Каким же образом можно увеличить показатели энергоемкости в таком здании и довести их до уровня современных сооружений? Прежде всего, необходимо отметить, что обеспечение эффективной энергоемкости в здании необходимо для того, чтобы повысить уровень комфорта проживания и снизить экономические затраты на эксплуатацию объекта. Для того чтобы уменьшить затраты на коммунальные платежи, после реализации современных теплоизолирующих решений необходимо использовать энергоэффективные решения, предназначенные для обеспечения вентиляции и обогрева объекта.

Отличным и относительно доступным решением в сложившейся ситуации может стать создание «защитной оболочки» здания. Такое решение подразумевает выполнение работ по теплоизоляции стеновых конструкций. В данном случае утеплитель устанавливается во внутреннюю часть конструкции стены. Заказывая данный вид работ, необходимо доверить выполнение утепления квалифицированным специалистам. В противном случае установленный утеплитель может «просесть», и уровень теплопотерь увеличится вновь. Создание такой защиты позволяет утеплить фасад здания, кровлю и фундамент. Увеличение уровня тепла в здании довоенной постройки также может быть улучшено путем использования стеклопакетов трехкамерного типа. При этом появление конденсата будет исключено, а эксплуатационные характеристики объекта довоенной постройки увеличатся.

Для обеспечения энергосберегающих технологий также проводят работы по модернизации отопительной системы. Современный рынок предлагает множество энергоэффективных моделей радиаторов, которые могут заменить устаревшие аналоги. Также производится установка регуляторов температуры, термостатов и специализированных теплоотражающих экранов. Преимуществом таких методов энергосбережения является то, что они отличаются своей надежностью и доступностью. Работы по их установке могут быть произведены в течение нескольких рабочих дней.

Немаловажным также является выполнение модернизации системы вентиляции. Большая часть теплопотерь в зданиях довоенной постройки обусловлена именно тем, что система вентиляции функционирует не должным образом. Для управления вентиляцией могут быть установлены специальные контроллеры. Снижение уровня температуры отводимого воздуха может быть реализовано путем установки тепловых насосов. В подвалах охлаждение воздуха выполняется при помощи реверсивных теплонасосов.

Бесспорно, мероприятия данного вида должны выполняться только после того, как были выполнены расчеты эффективности и окупаемости. При правильном подходе к решению данного вопроса современные энергосберегающие технологии могут сократить затраты на эксплуатацию довоенного здания в три раза. При этом эксплуатация объекта станет более качественной и удобной. Реализация энергосберегающих технологий должна осуществляться профессиональными специалистами, имеющими опыт работы в данной сфере деятельности. Они смогут выполнить работы максимально быстро и с экономией денежных средств.

УТЕПЛЕНИЕ ДОМОВ ПОЛИСТИРОЛОМ

*Козлов Н.А. *, Лишенко Т.М. *, Карпушкина А.А. **

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

Рассмотрены экономические и практические аспекты применения полистирола как утеплителя. Затронуты показатели, имеющие важнейшее значение при выборе утеплителя, плюсы и минусы данного вида утепления. Приведены технические характеристики полистирола.

Ключевые слова: вспененные материалы, теплоизоляция, энергоёмкость здания, утепление зданий

INSULATION OF BUILDINGS WITH POLYSTYRENE

*Kozlov N.A. *, Lishenko T.M., * Karpushkina A.A. **

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

The economic and practical aspects of the use of polystyrene as insulation. Affected indicators, which are critical when selecting insulation, as well the pros and cons of this type of insulation. Given the same technical characteristics of the polystyrene.

Keywords: foam insulation, energy consumption of buildings, thermal insulation of buildings

При помощи испытаний, в частности тепловизионного обследования ограждающих конструкций, было установлено, что плохая теплоизоляция стен обеспечивает более 30 % потерь тепла, поэтому важность данного вопроса особенно актуальна в преддверии отопительного сезона.

Работы по утеплению домов проводятся как снаружи, так и внутри. Наружное утепление считается наиболее правильным, поскольку оно предотвращает существенные потери тепла, а также возникновение конденсата при создающейся разнице в температурах внутри и снаружи жилых помещений.

Особенное значение при выборе материала-утеплителя уделяют показателю поглощения им влаги, чтобы избежать значительных потерь теплоизоляционных свойств в момент ее воздействия, а также исключить последующее гниение и разрушение.

Такой универсальный вид теплоизоляции, как правило, осуществляется с применением плит, выполненных из полистирола. Для многоквартирных домов обычно используется теплоизоляция в виде плит из полистирола, поскольку она наиболее выгодна и не подвержена накоплению влаги.

Полистирол является вспененной смесью пенопласта с воздухом в соотношении 2:98 соответственно. Так как количество воздуха в данном теплоизоляционном материале большое, уровень энергосбережения при использовании этого материала будет достаточно высоким. Кроме того, он отличается высокими звукоизолирующими свойствами, не подвержен воздействиям внешней среды, не накапливает влагу, устойчив к различным видам деформации, в том числе к сжатию, растяжению, исключает появление плесени, размножение микроорганизмов. Однако у полистирола имеются как положительные, так и отрицательные стороны.

К преимуществам этого теплоизоляционного материала для утепления домов относят:

– сравнительно низкую стоимость, вполне доступную каждому;

- малый вес, который не отягощает фундамент, а значит и безопасность;
- отличные теплоизоляционные способности;
- прекрасные водоотталкивающие свойства без изменения теплоизоляционных качеств, что особенно важно для внешних стен домов, крыш;
- высокую теплопроводность материала (лист толщиной десять сантиметров приравнивается по качеству к кирпичной кладке в один метр).

Среди отрицательных свойств полистирола выделяют следующие:

- за счет низкой устойчивости к пожару, подверженности быстрому горению с выделением опасного для жизни дыма его не рекомендуют применять для утепления внутри жилых помещений;
- поскольку такой вид теплоизоляции не пропускает воздух извне, должна быть установлена отличная вентиляция, а также важен правильный расчет толщины пластов и их расположения специалистом во избежание возникновения оледенения.

Для наглядного примера рассмотрим технические характеристики полистирола: плотность – от 15 до 25 кг/м³, прочность на сжатие при 10% деформации – не менее 0,1 МПа, предел прочности при изгибе – не менее 0,1 МПа, теплопроводность – не более 0,039 Вт/м² · С, водопоглощение за 24 часа – не более 2% от объема, температура эксплуатации – -50 +75 °С. При правильной эксплуатации полистирола в качестве теплоизоляции он сохраняет свои физико-механические свойства на протяжении более 50 лет; и минеральной ваты (жесткие плиты): плотность – 175-225 кг/м³, теплопроводность – 0,043 Вт/м² · С, предельные температуры- 100 °С, срок эксплуатации – 30 лет. Главным минусом минваты является ее увлажнение, что существенно снижает ее изоляционные свойства и требует дополнительного пароизоляционного слоя.

Таким образом, утепление внешних стен домов полистиролом – самый выгодный вариант как в экономическом, так и в практическом отношении.

УДК 699.86

СПОСОБЫ УТЕПЛЕНИЯ ФАСАДОВ ДОМОВ

Козлов Н.А. *, Лишенко Т.М. *, Касатов А.Ю. *

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

Рассмотрены виды теплоизоляции фасадов, способы выбора материалов для утепления зданий, плюсы и минусы различных видов утепления, произведено экономическое сравнение вариантов утепления, рассмотрены вопросы выбора типов утепления, рассмотрено так же утепление жидкими составами.

Ключевые слова: изоляция, сохранения тепла, жидкие композиционные составы.

METHODS OF INSULATION OF FACADES OF HOUSES

Kozlov N.A. *, Lishenko T. M. *, Kasatov A. Yu. *

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

The types of thermal insulation of facades, choice of materials for insulation of buildings, the pros and minutes of various types of insulation produced economic comparison of options of warming, the issues of selection of types of insulation are considered as the insulation liquid compositions.

Keywords: insulation, heat preservation, liquid composite compositions

Говоря об утеплении фасада дома, чаще всего имеют в виду его теплоизоляцию, поскольку такое выражение является более корректным. Правильно произведенная теплоизоляция дома позволит сохранить тепло в холодную пору года и обеспечит прохладу в летний зной.

Различают несколько видов теплоизоляции: наружную, внутреннюю и скрытую. Скрытая теплоизоляция подразумевает размещение внутри стены слоя из теплоизоляционного материала, например пенополистирола. Проведение этой операции возможно только на начальных этапах строительства дома. Процесс такого утепления должен быть предусмотрен проектом, в котором произведены предварительные расчеты с учетом выбора толщины соответствующего изоляционного материала. Внутренняя теплоизоляция имеет несколько минусов: во-первых, она «съедает» некоторую часть пространства комнаты, а во-вторых, ее необходимо защищать от воздействия паров воды, другими словами, влажности помещения. Наиболее эффективным является наружный способ размещения теплоизоляции.

Внутренний вид теплоизоляции особенно удобен тем, что проведение работ по утеплению не требует специального возведения строительных лесов и не зависит от времени года и погоды. Выбор материалов должен быть произведен с особой тщательностью: они должны быть негорючими и совершенно безвредными. Именно такими свойствами обладают жидкие сверхтонкие теплоизоляционные смеси, которые относятся к классу инновационных материалов. В отличие от более традиционных материалов, имеющих в своей основе базальт или минеральную вату, применение жидких композиционных составов не требует сооружения несущего каркаса, сходного по технологии с гипсокартонными работами. Толщина такого теплоизолятора, нанесенного подобно краске в несколько слоев, составит всего один-два миллиметра, однако утепляющий эффект при этом будет обеспечен такой же, как с применением рыхлого утеплителя толщиной 50-60 мм. Полученная поверхность может быть оклеена обоями, окрашена или отделана керамической плиткой. Единственным минусом этого уникального материала является его значительная цена: ведро объемом 20 литров стоит примерно 8 тыс. рублей.

Наружный вид теплоизоляции используется в тех случаях, когда нет необходимости сохранять неизменным внешний вид фасада. При таком способе возникает проблема устранения влаги из слоя наружного утеплителя, в который перемещается «точка росы». Для осуществления этой задачи можно либо создавать паропроницаемые защитные поверхности, либо обустраивать вентилируемые фасады.

Для осуществления первого способа используют такие строительные составы, как шпатлевки, краски, штукатурки, предназначенные для технологий «мокрой» отделки. Такие системы утепления включают целый комплекс материалов: крепежные элементы, плиты, штукатурные сетки, краски. Кроме того, существуют вполне определенные правила монтажа. Первым правилом является требование плотного прилегания изолятора к стене и отсутствия в нем пустот и щелей. Второе правило касается прочности конструкции. При невысоких стенах достаточным оказывается клеевой способ крепления. При использовании жестких плит появляется необходимость в применении пластиковых дюбелей, а многослойное утепление потребует дополнительных крепежных элементов.

Вентилируемые фасады обладают рядом преимуществ перед «мокрыми». К таким плюсам относят: всепогодность, большой выбор материалов для облицовки.

Огромное значение при утеплении фасада имеет вес конструкции. Использование для отделки таких материалов, как керамогранит, клинкерная плитка, искусственный камень, значительно увеличивают нагрузку на фундамент, поэтому более подходящими для такого вида работ являются легкие материалы: сайдинг, профнастил.

В осенне-зимний период намного возрастают расходы на обогрев помещений. Летом, в свою очередь, использование кондиционеров вызывает повышенное потребление электроэнергии. Теплоизоляция стен помещений позволяет на 60% сократить расходы на энергоресурсы, требуемые для нагрева или охлаждения жилых и производственных помещений.

Самым доступным является внутренний способ теплоизоляции, хотя благодаря ряду особенностей он не получил широкого распространения. Самым технически грамотным способом специалисты считают наружное утепление. Наиболее эффективным, но достаточно дорогим методом является осуществление теплоизоляции с помощью современных жидких составов.

В заключение необходимо добавить, что сбережение тепла и, как следствие, экономия энергоресурсов позволяют сохранить часть нашей природы. Мы все должны принять посильное участие в осуществлении государственных программ, принятых в 1998 году и направленных на энергосбережение. Своевременная теплоизоляция своего жилища будет весомым вкладом в реализацию такого перспективного проекта.

УДК 699.86

ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ОСТЕКЛЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ЗДАНИЙ

Янкилевич Д.Г. *

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

Рассмотрены вопросы энергоэффективности остекления современных зданий, способы выбора материалов для остекления зданий, плюсы и минусы различных видов стёкол.

Ключевые слова: остекление, сохранения тепла, эффективность

PROBLEMS AND SOLUTIONS OF ENERGY EFFICIENCY OF GLAZING OF MODERN BUILDINGS

Yankilevich D.G.*

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

Reviewed the energy efficiency of glazing of modern buildings, choice of materials for the glazing of buildings, the pros and minutes of various types of glass.

Keywords: glazing, heat preservation, efficiency

Одной из основных современных тенденций в общественном строительстве является разработка и конструирование зданий в которых сочеталась бы планировка, экологичность и энергоэффективность. Комфортная планировка зависит от проектировщика, экологичность – от качества и природы применяемого материала, энергоэффективность же зависит от современных прорывов в строительных

материалах и конструктивных решений. Энергоэффективность в России еще слабо развита, особенным пробелом является часть ограждающих светопрозрачных конструкций, которая по статистике занимает нишу потерь на 50 %.

Строительная промышленность работает над улучшением энергоэффективности стекла со времен гражданской войны, когда в 1865 году изобретатель Томас Д. Стентсон запатентовал первый стеклопакет с использованием веревки как прокладки и смолы в качестве клея [2].

Энергоэффективность окон, а также витражей и витрин определяется, главным образом, теплозащитными и светопропускающими свойствами стекла, а также энергосберегающими качествами и паропроницаемостью оконного профиля, остекление можно классифицировать на три группы:

1. Энергосберегающие стекла.

Энергосберегающими называют стекла со специальным низкоэмиссионным покрытием, уменьшающим коэффициент тепловой эмиссии (излучения) стекла и позволяющим снизить потери тепла через остекление. Применение этого вида стекол особенно актуально в районах с холодным и умеренным климатом.

В зависимости от стойкости к внешним воздействиям низкоэмиссионные покрытия делятся на:

- твердые покрытия, у которых стойкость к истиранию и химическая стойкость соответствуют стойкости стекла;
- мягкие покрытия, которые не выдерживают агрессивных воздействий окружающей среды.

2. Солнцезащитные стекла.

Под «солнцезащитным стеклом» понимается стекло, которое обладает способностью снижать пропускание световой или солнечной тепловой энергии.

К солнцезащитным стеклам относятся:

- стекла, окрашенные в массу;
- стекла с солнцезащитным неорганическим покрытием;
- стекла с солнцезащитной полимерной пленкой.

3. Многофункциональные стекла.

В строительстве многофункциональными стеклами обычно называют стекла с покрытиями, сочетающими свойства низкоэмиссионного и солнцезащитного покрытий. Такие покрытия наносятся как на бесцветное, так и на окрашенное в массу стекло, бывают твердыми и мягкими и обладают теми же преимуществами и недостатками, что и другие виды покрытий.

Во всем мире бурно развивается применение стекла, увеличиваются площади остекления, производители предлагают широкий ассортимент строительных стекол с различными функциональными свойствами, которые позволяют успешно решать проблемы энергоэффективного остекления. Однако следует отметить, что все эти стекла существенно различаются по своим характеристикам, и это необходимо учитывать при выборе остекления для каждого здания индивидуально.

Список литературы

1. Особенности энергоэффективных светопрозрачных ограждающих конструкций / Л. А. Голованова, д-р экон. наук А. С. Ерошенко; Тихоокеанский государственный университет. Хабаровск, 2014.

2. Энергоэффективные стекла [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://glazingmag.ru/vzglyad-na-proshloe-nastoyashhee-i-budushhee-vysokoeffektivnyh-reshenij-dlya-ostekleniya/>

3. Энергоэффективные стекла [электронный ресурс]. Режим доступа: https://stroim.ru/builder_science/energoeffektivnye-zhilye-doma-mirovaya-i-otekhestvennaya-praktika-proektirovaniya-i-stroitelstva

4. Энергоэффективные стекла [электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.know-house.ru/info_new.php?r=walls2&uid=821

5. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ СИСТЕМ ГАЗОТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ И СТРОИТЕЛЬНОЙ КЛИМАТОТЕХНИКИ

УДК 697.34:621.6:338.5

О ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГАЗИФИЦИРОВАННЫХ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

*Доронин М.С. *, Доронина В.Д. *, Илмарс Бодэ***

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

*** Акционерное общество «Латвияс Газе», Латвия, Рига*

Дан краткий анализ систем теплоснабжения России. Показана возможность повышения эффективности теплоснабжения при рациональной степени централизации.

Ключевые слова: теплоснабжение, эффективность, децентрализация

IMPROVING THE EFFICIENCY OF HEAT GASIFIED

*Doronin M.S. *, Doronina V.D. *, Ilmars Bode***

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

*** Akciju Sabiedriba «Latvijas Gāze», Latvija, Rīga*

A brief analysis of the Russian heat supply systems. The possibility to increase the heating efficiency in the rational degree of centralization.

Keywords: heating, efficiency, decentralization

Системы централизованного теплоснабжения в России обеспечивают теплом около 75 % всех потребителей, включая сельские населенные пункты. При этом около 35 % потребности в тепловой энергии дают теплофикационные системы с паротурбинными ТЭЦ различной мощности. В общей сложности централизованными системами вырабатывается около 1,5 млрд. Гкал в год, из них 47,5 % на твердом топливе, 40,7 % на газе и 11,8 % на жидком топливе.

Одним из проблемных элементов в централизованной системе теплоснабжения является система транспорта теплоносителя. В системе централизованного теплоснабжения России находится в эксплуатации 183,3 тыс. км тепловых сетей в двухтрубном исполнении, 60 % которых изношены и требуют замены или восстановительного ремонта. В таблицах 1 и 2 представлены данные о расходе энергоносителей в системах транспорта тепла России.

Таблица 1 – Годовые потери тепловой энергии и топлива в системах транспорта при средних в течение отопительного периода температурах теплоносителя в подающем трубопроводе 90 °С, в обратном 50 °С

Наименование потерь тепла	Нормативные		Сверхнормативные	
	тепла, млн. Гкал	топлива, млн. т у.т.	тепла, млн. Гкал	топлива, млн. т у.т.
С утечками	17	2,5	28	4,1
Через изоляцию	200	30	200	30

Таблица 2 – Расходы электроэнергии и топлива на перекачку теплоносителя на источниках тепла и в тепловых сетях

Наименование	Электроэнергия, млрд. кВт·ч	Топливо, млн. т у.т.
Источники тепла	22,0	7,5
Магистральные и распределительные сети	11,0	3,5

Анализ показывает, что величина нормативных и сверхнормативных потерь тепла в системах транспорта достигает 450 млн. Гкал в год. Это составляет более 30 % от выработки тепла в системах централизованного теплоснабжения. Расход электроэнергии на перекачку теплоносителя превышает 3 % от общей выработки электроэнергии в России.

Средний возраст тепловых сетей по стране из года в год повышается, так как объемы замен обветшалых трубопроводов недостаточны. В связи с этим повреждаемость теплопроводов выросла до 200 зарегистрированных повреждений в год на 100 км тепловых сетей. Для приведения системы транспорта теплоносителя в надежное состояние необходимо капитально отремонтировать или построить заново 150 тыс. км теплотрасс в двухтрубном исчислении. Капиталовложения в реализацию этого мероприятия ориентировочно составляют около 900 млрд. руб., а его продолжительность оценивается периодом более 20 лет.

Следует отметить, что системы транспорта тепловой энергии являются сферой естественных монополий. Одним из путей снижения риска инвестиций и затрат на эксплуатацию является экономически обоснованный переход с централизованной на децентрализованную схему теплоснабжения. Этот переход не только уменьшит величину капиталовложений в модернизацию систем транспорта тепла, но и повысит надежность, снизит расход топлива на компенсацию потерь и тарифы на тепловую энергию. Все это будет способствовать решению следующих задач:

- повышение качества жизни населения;
- укрепление энергетической безопасности;
- снижение энергоемкости экономики и воздействия на окружающую среду;
- обеспечение устойчивости экономического развития.

Частичная или полная децентрализация систем теплоснабжения принципиально возможна в газифицированных регионах. Переход на использование твердого или жидкого топлива в индивидуальных (местных) системах теплоснабжения связан с большими трудностями, в том числе с невозможностью автоматизации процессов горения твердого топлива в котлах малой мощности, необходимостью складирования топлива и т.д. На крупных источниках тепла эти проблемы решаются значительно эффективнее, тем более что КПД крупных угольных и мазутных котлов выше, чем мелких.

Очевидно, что целесообразность перехода с централизованной на индивидуальную систему теплоснабжения, обоснование рациональной степени централизации требуют всестороннего анализа на основе учета всего комплекса влияющих факторов, к которым относятся:

- капитальные вложения в центральные и местные источники тепловой энергии и систему транспорта тепловой энергии и природного газа;
- нормативные и сверхнормативные тепловые потери при транспорте теплоносителя;

- климатические факторы;
- структура тепловых нагрузок;
- режимы работы оборудования;
- эксплуатационные издержки, связанные с обслуживанием всего комплекса технологического оборудования;
- запланированное повышение стоимости природного газа в России;
- изменение надежности системы теплоснабжения;
- воздействие на окружающую среду;
- возможность использования альтернативных источников энергии, включая электрическую энергию;
- вопросы безопасности при использовании местных газовых теплогенераторов и пр.

Территория России расположена в нескольких климатических зонах, существенно различающихся по уровню температур и продолжительности отопительного периода. В совокупности эти показатели характеризуются параметром D_d – градусо-сутками отопительного периода, $^{\circ}\text{C}\times\text{сут}$:

$$D_d = (t_{\text{int}} - t_{ht}) \cdot z_{ht},$$

где t_{int} – расчетная средняя температура внутреннего воздуха здания, $^{\circ}\text{C}$; t_{ht} , z_{ht} – соответственно, средняя температура наружного воздуха, $^{\circ}\text{C}$, и продолжительность, сут., отопительного периода, со средней суточной температурой наружного воздуха не более 8°C .

Характеристики окружающей среды оказывают существенное влияние на капитальные вложения в источник тепловой энергии, в тепловые сети, определяют **уровень потерь тепла при транспорте теплоносителя** т.д. Так, величина потерь тепла при транспорте зависит от следующих факторов:

- температуры окружающей среды;
- продолжительности отопительного периода;
- геометрических характеристик теплопроводов;
- температурного графика тепловой сети.

Следовательно, район размещения, величина потерь тепла при транспорте теплоносителя существенным образом определяют тип и структуру системы теплоснабжения. Для каждой климатической зоны, характеризуемой параметром D_d , следует обосновать и установить допустимый уровень потерь тепла, превышение которого должно быть запрещено нормативно-правовыми документами. Этот предельный уровень потерь тепла будет определять и допустимую суммарную протяженность магистральных и распределительных тепловых сетей. В свою очередь, оптимальная структура системы теплоснабжения должна определяться в зависимости от типа источника энергии. При этом возможны два случая:

1. При отсутствии возможности в развитии комбинированных источников на базе ТЭЦ централизованное производство тепла в газовых котельных должно быть **запрещено** при отношении потерь тепла при транспорте ΔQ_{TP} к полезному отпуску Q_{OT} более, чем величина $\overline{\Delta Q_{TP}}$, заданная для данной климатической зоны, характеризуемой D_d .

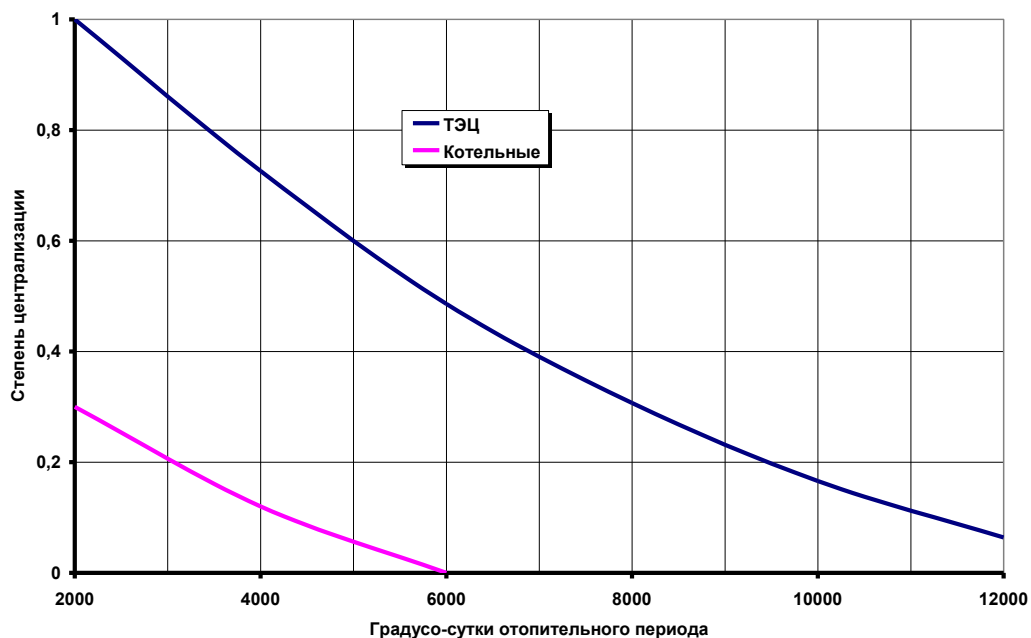
2. Если система теплоснабжения может быть сформирована на базе газовых ТЭЦ, то степень централизации должна быть такой, при которой

$$\frac{\Delta Q_{\varepsilon} - \Delta Q_{TP}}{Q_{OT}} \leq \overline{\Delta Q_{TP}},$$

где ΔQ_{ε} – экономия энергии при комбинированном производстве тепловой и электрической энергии на ТЭЦ по сравнению с отдельной выработкой электроэнергии на КЭС, а тепла в котельной.

Выполнение указанных условий приведет к тому, что системы теплоснабжения *на базе газовых котельных* в климатических зонах с большими значениями D_d будут децентрализованными, а при меньших значениях D_d может быть допущена частичная централизация.

В системах теплоснабжения, формируемых *на базе газовых ТЭЦ*, в зависимости от параметра D_d должна быть определена оптимальная степень централизации. При этом при низких значениях D_d будет допустима высокая степень централизации, а при высоких D_d даже использование комбинированной выработки в централизованной системе может оказаться неэффективным (рисунок).



Зависимость оптимальной степени централизации от климатических условий и типа источника тепловой энергии

Оптимизация степени централизации в системе теплоснабжения на базе ТЭЦ для различных климатических условий должна производиться с использованием системного подхода с учетом:

- рассмотрения в комплексе всего процесса производства, транспорта и потребления тепловой и электрической энергии на основе принципов устойчивого развития;
- соблюдения при производстве и транспорте энергии заданных уровней экономичности, надежности, маневренности, экологических показателей и пр.;
- обеспечения при потреблении энергоресурсов заданных уровней качества жизни потребителей.

ФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ СИСТЕМЫ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Малая Э.М., Голиков Д.В.**

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

Функциональность системы теплоснабжения влияет на эффективность использования топлива в ней. Новые конструктивные решения, устройства и технологии, использование энергии альтернативных источников и низкотемпературных контуров, оснащение современной автоматикой, при учете требований экологичности работы системы способны сделать ее гибкой и энергетически эффективной. Объемно-планировочное решение дома, грамотный выбор конструктивных материалов способствуют гармоничному энергообмену с окружающей средой и совместно с функциональными инженерными системами поддерживают параметры микроклимата помещений комфортными вне зависимости от меняющихся погодных условий.

Ключевые слова: децентрализованная система, альтернативный источник, экологичность, энергия солнечного излучения, гелиоприемник, система «теплый пол», объемно-планировочное решение, тепловой баланс, энергообмен

FUNCTIONALITY OF THE DECENTRALIZED HEAT SUPPLY SYSTEM

Malaya E.M., Golikov D.V.**

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

Functionality of heat supply system influences the efficiency of use of fuel in her. New constructive decisions, devices and technologies, use of energy of alternative sources and low-temperature contours, equipment by modern automatic, at the accounting of requirements of environmental friendliness of work of system, are capable to make it flexible and energetically effective. The space-planning solution of the house, the competent choice of constructive materials promote a harmonious power exchange with environment, and, together with functional engineering systems support parameters of a microclimate of rooms comfortable regardless of the changing weather conditions.

Keywords: the decentralized system, an alternative source, environmental friendliness, energy of sunlight, the helioreceiver, the «heat-insulated floor» system, the space-planning decision, thermal balance, a power exchange

Как сделать систему децентрализованного теплоснабжения функциональной? Автоматизировать ее. Сконструировать ее из качественных материалов (элементов, составляющих). Организовать в системе новое техническое решение, способствующее снижению энергетических затрат (количества исходного топлива) на прохождение рабочим телом одного цикла преобразования энергии. Ископаемые ресурсы, используемые в качестве ТЭР, возобновляются значительно медленнее, чем темпы их добычи и использования, что в скором времени приведет к их дефициту. Необходимо полноценно «освоить» неограниченные и в то же время бесплатные источники энергии (альтернативные источники), то есть научиться эффективно их «улавливать» и использовать. К многочисленным плюсам такого метода «добычи» энергий, необходимых для функционирования различного рода установок, можно отнести также экологичность, что очень важно в связи с большой загрязненностью планеты.

Остановимся на солнечной энергии. Солнечная энергия проста в «добывании», особенно в местностях, где теплый период составляет более полугода с преобладанием в нем солнечной погоды. Устройства для улавливания солнечной

энергии (с возможным дальнейшим преобразованием ее в тепловую энергию) различного рода имеет смысл размещать на южном или смежном с южным фасадом здания. При выборе такого устройства необходимо учитывать непостоянство (колебание) интенсивности солнечного излучения по времени (зависимость от времени суток, периода – теплого, переходного, холодного). Тогда, если местность расположена в климатической зоне, где много солнечных дней, применительно к децентрализованной (в большей степени) и централизованной системам весьма разумно создать такое техническое решение, которое будет направлено на максимальную эффективность улавливания энергии солнечного излучения совместно с непрерывным ее использованием. При конструировании устройств такого назначения необходимо уделить внимание материалам, из которых сделаны его составляющие, возможность нанесения специальных покрытий (например, покрытий с большим коэффициентом поглощения и малым коэффициентом излучения), необходимо решить, какие конструктивные слои необходимы в устройстве (возможно, такими слоями будут тепловоспринимающий, теплоизолирующий, теплоаккумулирующий), и в соответствии с назначением слоя определить необходимую степень его инерционности, плотность, теплоемкость, коэффициенты тепловосприятия, теплопроводности, также коэффициенты излучения и поглощения. Возможно, при малых количествах солнечного излучения устройство будет выполнять функцию теплоизолятора ограждающей конструкции. Таким образом, энергия солнечного излучения может быть уловлена устройством специальной конструкции и доставлена по необходимому маршруту. Можно будет посчитать прибывшее от солнца в помещение (группу помещений, здание) количество тепловой энергии за расчетный период, рассчитать в данном периоде среднее количество полученной энергии солнца на один цикл прохождения рабочего тела внутри системы, и затем рассчитать экономию энергии ТЭР на один цикл данного расчетного периода. Таким методом, усредненно, возможно рассчитать экономию за более крупный период, составляющий группу расчетных периодов. Зная примерное количество экономии топлива за расчетный период (например, теплый, холодный), можно решить, куда направить сэкономленную энергию. Например, в летний период возможно всю сэкономленную энергию пустить на подогрев горячей воды (таким образом, контур ГВС в теплый период будет полностью питаться от альтернативного источника), или рассмотреть другие варианты.

В местности с большим количеством солнечных дней имеет смысл в ряде помещений дома (коттеджа) устраивать систему «теплый пол». Данная система предполагает невысокую температуру теплоносителя (относительно традиционного отопительного контура) и равномерный прогрев помещения, причем такую систему можно применять совместно с традиционной в одном помещении. В целом система отопления, которая может включать контуры различного рода, должна быть сбалансирована с помощью автоматики, имеющей минимальную инерционность. Это будет означать, что в каждый момент времени при меняющихся параметрах наружного и внутреннего воздуха система будет своевременно и адекватно реагировать на возникающие изменения.

Дом похож на живой организм. Он является частью окружающей среды и находится с ней в постоянном энергообмене. Дом дышит. Он вдыхает энергию ветра, питается энергией земли, получает энергию солнца, а на выдохе отдает окружающей среде продукты жизнедеятельности, которыми могут быть накопив-

шиеся загрязнения, удаляемые с системами вентиляции или через открытые световые и дверные проемы (которые несут в себе также продукты жизнедеятельности человеческого организма – углекислый газ), а также продукты «жизнедеятельности» котельного агрегата в случае децентрализованной системы и расположения котельного оборудования внутри дома. Материал ограждения должен обладать качествами теплоустойчивости, хорошо усваивать и аккумулировать тепло, способствовать сохранению благоприятного микроклимата в помещении и в то же время позволять происходить энергообмену внутреннего пространства дома с окружающей средой, чему благоприятствуют материалы естественного происхождения (например, силикатный кирпич, дерево, черепица совместно с другими материалами с применением необходимых технологий) и в значительной мере препятствуют синтетические материалы. При постоянном энергообмене с окружающей средой дом поддерживает тепловой, воздушный и влажностный баланс (или микроклимат в целом) благодаря наличию и функционированию внутри него различного рода инженерных систем, в основном систем теплогазоснабжения и вентиляции. Котел похож на «сердце» системы теплоснабжения и дома в целом, для его «питания» необходимо экологически чистое топливо, создающее при сжигании минимальную концентрацию вредных веществ. «Сердце» подает энергетически наполненный материал, горячий теплоноситель, по «артериям» прямой магистрали, в помещениях преимущественно через поверхность нагревательных приборов, контуров «теплых полов» и прочих контуров происходит необходимый энергообмен для поддержания параметров микроклимата, и отработанный теплоноситель возвращается по «венам» обратной магистрали в исходный пункт – котел.

Дом можно сделать солнечным, грамотно создав его объемно-планировочное решение, предусмотрев необходимое количество световых проемов по каждому из фасадов. В доме, как в энергетически живой системе, в целях ее продуктивного функционирования не должно происходить образование застойных зон, а также наблюдаться «перекосов» во влажностном режиме с возможным неблагоприятным влиянием на конструктивные элементы. Дом должен научиться не сопротивляться энергиям окружающей среды, а использовать их себе во благо, потому что энергообмен имеет место быть постоянно. Чем больше полезной для своего функционирования энергии удастся извлечь и привнести во внутреннее пространство в результате такого взаимодействия, тем эффективнее будет происходить «жизнедеятельность» коттеджа, эффективнее будут происходить циклы преобразования энергии рабочего тела в системе теплоснабжения. Окружающая среда станет поддерживать дом.

Излишки тепловой энергии необходимо полезно использовать или аккумулировать на необходимое время в специальных устройствах с последующим ее использованием. Важны чистота внутреннего воздуха и защищенность помещения от шумов. Забота об окружающей среде на стадии проекта возводимого сооружения в значительной мере будет способствовать полноценности жизни и долговечности его эксплуатации.

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ НА БАЗЕ УСТАНОВКИ ПЛАСТИНЧАТЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ

Малая Э.М., Культяев С.Г.*, Брыкина И.А.**

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

Отечественные системы теплоснабжения в ряде случаев находятся в кризисном состоянии. Вследствие этого необходимо применение энергосберегающего оборудования и материала. Таким оборудованием на примере Саратовской области являются пластинчатые теплообменники российского производства, а также погодозависимые системы теплоснабжения. Все это повысило энергоэффективность Саратовской области в 2013 году.

Ключевые слова: теплогазоснабжение, тепловая энергия, пластинчатый теплообменник, водоподогреватель, теплоисточник

ENERGY SAVING SYSTEM OF HEAT SUPPLY BASED ON THE INSTALLATION OF PLATE HEAT EXCHANGERS

Malaya E.M., Kulnyaev S.G.*, Brykina I.A.**

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

Domestic heating system in some cases, are in crisis. As a result, it is necessary to use energy-saving equipment and material. Such equipment, by the example of Saratov region of the Russian plate are heat exchanger production, as well as weather-compensated heating system. This has increased energy efficiency in Saratov region in 2013.

Keywords: heat, thermal energy, plate heat exchanger, water heater, he heat source

Основным потребителем тепловой энергии в Саратовской области является население. В 2013 году потребление тепловой энергии, выработанной централизованными теплоисточниками, составило: населением – 6542,4 тыс. Гкал, или 45,3 процента от общего количества тепла, бюджетными организациями – 1781,4 тыс. Гкал, или 12,3 процента от общего количества тепла. Потери тепловой энергии в сетях и собственные нужды станций (котельных) равны 2080,6 тыс. Гкал (14,4 процента) и 276,7 тыс. Гкал (1,9 процента) от общего количества теплоты. Анализ динамики теплотребления показал большой рост потребления теплоты жилым фондом и объектами жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ) (рис. 1).

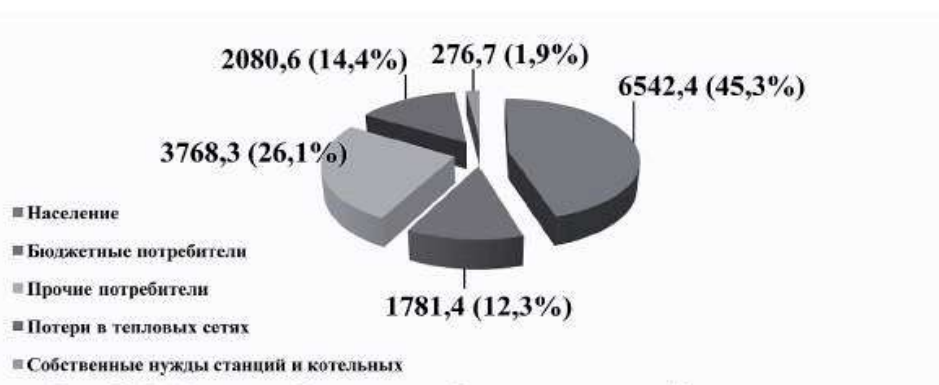


Рис. 1 – Динамика распределения потребления тепловой энергии в жилищно-коммунальном секторе Саратовской области [1]

Производство тепловой энергии в 2013 году составило 14449,4 тыс. Гкал (таблица 1). Прогноз производства тепловой энергии, рассчитанный с учетом существующей тенденции роста производства, показал, что без внедрения энергосберегающих технологий существующая динамика производства тепловой энергии будет ниже расчетных темпов роста потребления теплоты. Расчеты роста потребления тепловой энергии учитывают динамику нового строительства с повышенным уровнем теплозащиты и при соблюдении норм теплопотребления, согласно СП 124.13330.2012(таблица 2).

Таблица 1 – Производство тепловой энергии [1]

Год	Размерность	Производство тепловой энергии	Комбинированная выработка на тепловых электрических станциях	Котельные коммунального комплекса	Использование вторичных энергоресурсов
2012	тыс. Гкал	13642,5	7574,3	4530,9	1537,3
2013	тыс. Гкал	14449,4	7346,8	5571,0	1531,60

Таблица 2 – Прогноз производства тепловой энергии [2]

Год	Размерность	Производство тепловой энергии	Комбинированная выработка	Котельные и ЖКХ	Использование вторичных энергоресурсов
2013 (факт)	тыс. Гкал	14449,4	7346,82	5570,98	1531,60
2014 (оценка)	тыс. Гкал	14546,6	7294,57	5608,02	1643,99
2019 (прогноз)	тыс. Гкал	14499,4	7244,87	5608,02	1646,51

Нами рассмотрены только импортозамещаемые пластинчатые теплообменники [2]:

– Разборные пластинчатые теплообменники ГЕА Машинпэкс (г. Москва) [<http://www.korund-tkb.ru/>]

– Пластинчатые теплообменники компании «Теплоконтроль» (г.Смоленск) [<http://chistiye-stoki.tiu.ru/>]

– Пластинчатые теплообменники компании «Ридан» (г. Нижний Новгород) [<http://www.ridan.ru/>]

Методика расчета пластинчатых водоподогревателей основана на использовании в них всего располагаемого напора теплоносителей с целью получения максимальной скорости каждого теплоносителя и соответственно максимального значения коэффициента теплопередачи или при неизвестных располагаемых напорах по оптимальной скорости нагреваемой воды, как и при подборе кожухотрубных водоподогревателей [3].

1. В первом случае оптимальное соотношение числа ходов для греющей X_1 и нагреваемой X_2 воды находится по формуле

$$\frac{X_1}{X_2} = \left(\frac{G_h}{G_d} \right)^{0,636} \cdot \left(\frac{\Delta P_{rp}}{\Delta P_H} \right)^{0,364} \cdot \frac{1000 - t_{cp}^H}{1000 - t_{cp}^{rp}}. \quad (1)$$

Если соотношение ходов получается >2 , то для повышения скорости воды целесообразна несимметричная компоновка, т.е. число ходов теплообменивающихся сред будет неодинаковым (рис. 2, 3).

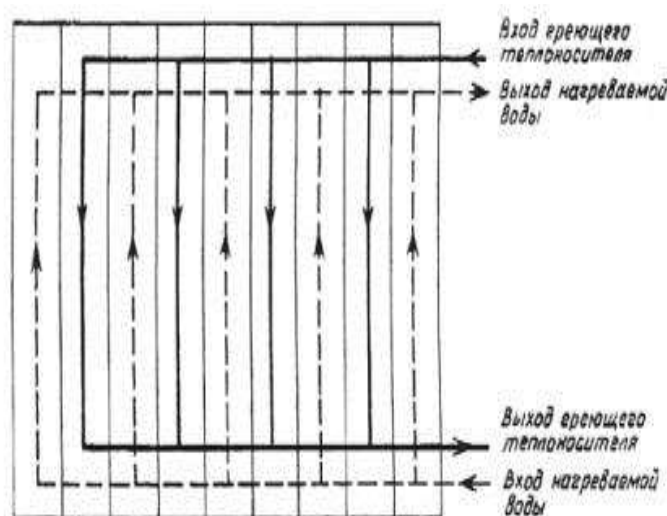


Рис. 2 – Симметричная компоновка пластинчатого водоподогревателя, обозначение Сх 4/5

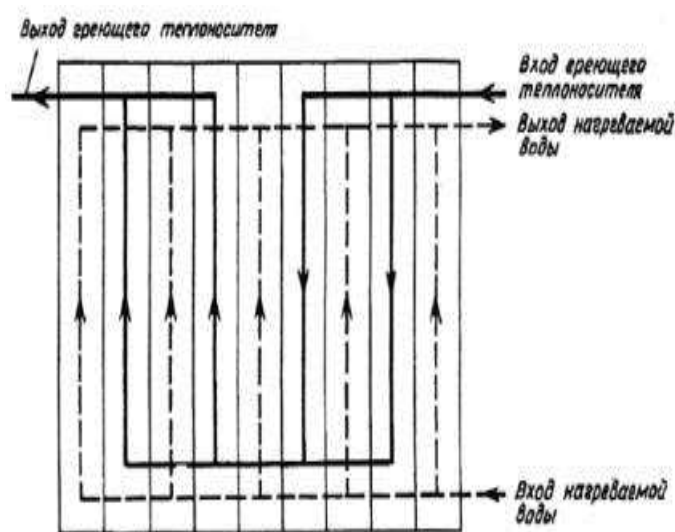


Рис. 3 – Несимметричная компоновка пластинчатого водоподогревателя, обозначение Сх(2+2)/5

При несимметричной компоновке получается смешанное движение потоков: в части каналов – противоток, в части – прямоток, что снижает температурный напор установки по сравнению с противоточным характером движения теплообменивающихся сред, который имеет место при симметричной компоновке, и в определенной степени уменьшает выгоду от повышения скорости воды при несимметричной компоновке. Поэтому для исключения смешанного тока теплоносителей более эффективно водоподогревательную установку собирать из двух или нескольких отдельных теплообменников с симметричной компоновкой, включенных последовательно по теплоносителю, у которого получается большее число ходов, и параллельно – по другому теплоносителю. При этом обвязка со-

единительными трубопроводами должна обеспечить противоток в каждом теплообменнике.

2. При расчете пластинчатого водоподогревателя оптимальная скорость принимается исходя из получения таких же потерь давления в установке по нагреваемой воде, как при применении кожухотрубного водоподогревателя, – 100-150 КПа, что соответствует скорости воды в каналах $W_{\text{опт}} = 0,4$ м/с.

Поэтому, выбрав тип пластины рассчитываемого водоподогревателя горячего водоснабжения, по оптимальной скорости находим требуемое количество каналов по нагреваемой воде m_H :

$$m_H = \frac{G_{h \max}}{W_{\text{опт}} f_k \rho \cdot 3600}, \quad (2)$$

где f_k – живое сечение одного межпластинчатого канала.

3. Компоновка водоподогревателя симметричная, т.е. $m_{\text{гр}} = m_H$. Общее живое сечение каналов в пакете по ходу греющей и нагреваемой воды

$$f_{\text{гр}} = f_H = m_H f_k \quad (3)$$

4. Находим фактические скорости греющей и нагреваемой воды, м/с

$$W^{\text{гр}} = \frac{G_d}{3600 f_{\text{гр}} \rho}; \quad (4)$$

$$W^H = \frac{G_{h \max}}{3600 f_H \rho} \quad (5)$$

Если соотношение ходов, определенное по формуле (40), оказалось >2 (при подстановке $\Delta P_H = 100$ кПа, а $\Delta P_{\text{гр}} = 40$ кПа – для I ступени), водоподогреватель собираем из двух отдельных теплообменников и более и в формулах (4) или (5) расход того теплоносителя, у которого получилось меньше ходов, уменьшаем соответственно в 2 раза и более.

5. Коэффициент теплоотдачи α_1 , Вт/(м²·°C), от греющей воды к стенке пластины определяется по формуле

$$\alpha_1 = 1,16 A [23\,000 + 283 t_{\text{ср}}^{\text{гр}} - 0,63 (t_{\text{ср}}^{\text{гр}})^2] W_{\text{гр}}^{0,73}, \quad (6)$$

где A – коэффициент, зависящий от типа пластин, принимается по [11];

$$t_{\text{ср}}^{\text{гр}} = \frac{t_{\text{вх}}^{\text{гр}} + t_{\text{вых}}^{\text{гр}}}{2}.$$

6. Коэффициент тепловосприятия α_2 , Вт/(м²·°C), от стенки пластины к нагреваемой воде принимается по формуле

$$\alpha_2 = 1,16 A [23\,000 + 283 t_{\text{ср}}^H - 0,63 (t_{\text{ср}}^H)^2] W_H^{0,73}, \quad (7)$$

$$\text{где } t_{\text{ср}}^H = \frac{t_{\text{вх}}^H + t_{\text{вых}}^H}{2}.$$

7. Коэффициент теплопередачи k , Вт/(м²·°C), определяется по формуле

$$k = \frac{\beta}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{D_{CT}}{\lambda_{CT}} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (8)$$

где β – коэффициент, учитывающий уменьшение коэффициента теплопередачи из-за термического сопротивления накипи и загрязнений на пластине, в зависимости от качества воды принимается равным 0,7-0,85.

8. При заданной величине расчетной производительности Q^{sp} и по полученным значениям коэффициента теплопередачи k и температурному напору Δt_{cp} определяется необходимая поверхность нагрева $F_{тр}$ по формуле (19а) из [3].

При сборке водоподогревателя из двух отдельных теплообменников и более теплопроизводительность уменьшается соответственно в 2 раза и более.

9. Количество ходов в теплообменнике X :

$$X = \frac{F_{тр} + f_{пл}}{2mf_{пл}}, \quad (9)$$

где $f_{пл}$ – поверхность нагрева одной пластины, m^2 .

Число ходов округляется до целой величины.

10. Действительная поверхность нагрева всего водоподогревателя определяется по формуле

$$F = (2mX - 1)f_{пл}. \quad (10)$$

11. Потери давления ΔP , кПа, в водоподогревателях следует определять по формулам:

для нагреваемой воды

$$\Delta P_H = \phi_B (33 - 0,08 t_{cp}^H) W_{H.c}^{1,75} X; \quad (11)$$

для греющей воды

$$\Delta P_{гр} = \phi_B (33 - 0,08 t_{cp}^{гр}) W_{гр.c}^{1,75} X, \quad (12)$$

где ϕ – коэффициент, учитывающий накипеобразование, который для греющей сетевой воды равен единице, а для нагреваемой воды должен приниматься по опытным данным, при отсутствии таких данных можно принимать $\phi = 1,5-2,0$; B – коэффициент, зависящий от типа пластины, принимается по табл. 1 [11]; $W_{H.c}$ – скорость при прохождении максимального секундного расхода нагреваемой воды.

Список литературы

1. Приложение к постановлению Правительства Саратовской области от 29 декабря 2014 года № 725-П/ ОАО Саратовский филиал «ВоТГК» // Схема и программа перспективного развития электроэнергетики Саратовской области на 2015-2019 годы. Электрон. дан. Режим доступа: URL <http://docs.cntd.ru/document/467705174> (дата обращения: 21.04.2016).
2. Проектирование и расчет пластинчатых теплообменников для систем теплогазоснабжения: учеб. пособие / сост. Э. М. Малая, А. Л. Шурайц. Саратов, 2013. С. 62-66.
3. Теплоснабжение: учеб. пособие / сост. Э. М. Малая. Саратов, 2010. С. 21-23.

РАЗРАБОТКА ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОПТИМАЛЬНОГО ПОЛОЖЕНИЯ ПУНКТОВ РЕДУЦИРОВАНИЯ

*Медведева О.Н. *, Афанасьев И.М. **

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

Предлагается вариант определения оптимального местоположения пунктов редуцирования газа шкафного типа.

Ключевые слова: пункт редуцирования, оптимизация, приведенные затраты

DEVELOPMENT OF ECONOMIC AND MATHEMATICAL MODEL OPTIMAL THE PROVISIONS OF PRESSURE REDUCTION ITEMS

*Medvedeva O.N. *, Afanasyev I.M. **

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

The article proposes a variant of determining the optimal location of the pressure reduction items in the cabinet.

Keywords: pressure reduction item, optimization, the costs

Анализ развития распределительных систем газоснабжения показывает тенденцию к снижению централизации путем широкого внедрения пунктов редуцирования шкафного типа (ПРГШ) [1, 2].

В качестве целевой функции задачи примем удельные (на 1 человека населения, проживающего в газифицируемом населенном пункте) приведенные затраты по технологической цепочке: газопровод низкого давления – пункт редуцирования – газопровод среднего давления:

$$З = З_{\text{ПРГШ}} + З_{\text{нд}} + З_{\text{сд}}, \quad (1)$$

где $З$ – удельные затраты по элементам технологической цепочки, руб./((год·чел).

В свою очередь:

$$З_{\text{ПРГШ}} = \frac{З'_{\text{ПРГШ}}}{q \cdot \pi \cdot R^2} \quad (2)$$

где $З'_{\text{ПРГШ}}$ – приведенные затраты в сооружение и эксплуатацию ПРГШ, руб./год, принимаются по соответствующей литературе в зависимости от конструктивной схемы пункта и его пропускной способности [3];

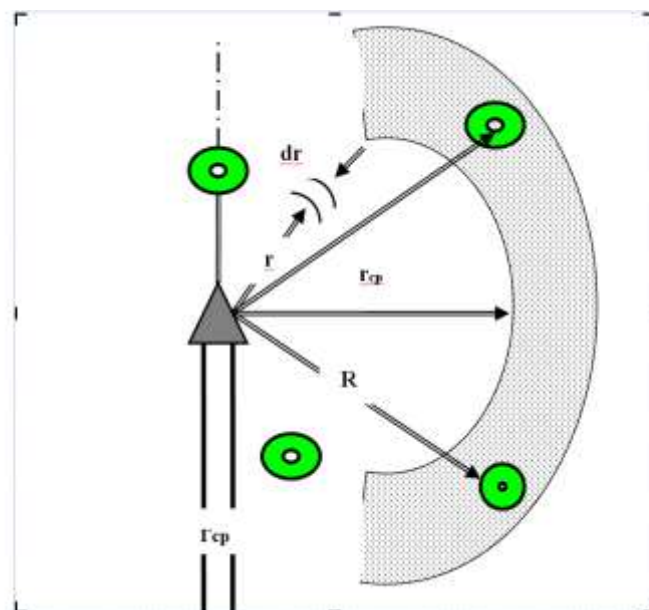
q – плотность населения, чел/км²

R – радиус действия ПРГШ, км.

Общее количество объектов, газоснабжаемых от одного пункта редуцирования:

$$M = \frac{2\pi q}{n_c} \int_0^R r dr = \frac{\pi q R^2}{n_c}, \quad (3)$$

где n_c – средняя численность жителей в населенном пункте (микрорайоне), чел.



Расчетная схема задачи

Приведенные затраты в сети низкого давления определяются по формуле

$$Z_{\text{нд}} = E \cdot K_{\text{нд}} + I_{\text{нд}}, \quad (4)$$

где $K_{\text{нд}}$, $I_{\text{нд}}$ – капитальные вложения и расходы по эксплуатации сетей низкого давления.

При этом удельные капитальные вложения в 1 км газопровода определяются по формуле

$$K'_{\text{нд}} = a + bd, \quad (5)$$

где d – диаметр газопровода, см;

a, b – стоимостные параметры 1 км газопровода, принимаются по результатам сметно-финансовых расчетов.

Диаметр газопровода низкого давления определится по формуле [4]:

$$d = \alpha^{0,21} Q^{0,368} \left(\frac{L}{\Delta P} \right)^{0,21}, \quad (6)$$

где α – коэффициент, зависящий от состава газа, $\frac{\text{Па} \cdot \text{см}^{4,75}}{\text{м} \left(\frac{\text{м}^3}{\text{ч}} \right)^{1,75}}$;

ΔP – перепад давления в распределительных газопроводах, Па;

Q – величина расхода газа, $\text{м}^3/\text{ч}$;

L – длина распределительных газопроводов, км.

Тогда с учетом преобразований

$$K_{\text{нд}} = 0,9 \left(\frac{\alpha}{\Delta P} \right)^{0,21} \cdot q^{0,368} \cdot (aR)^{0,578} \cdot \sum L_{\text{нд}}; \quad (7)$$

$$I_{\text{нд}} = \left[0,03b \left(\frac{\alpha}{\Delta P} \right)^{0,21} \cdot q^{0,368} \cdot (aR)^{0,578} + 0,2 \right] \cdot \sum L_{\text{нд}}; \quad (8)$$

$$Z_{\text{нд}} = b \left(\frac{\alpha}{\Delta P} \right)^{0,21} q^{0,368} (a \cdot R)^{0,578} L_{\text{нд}} (0,9E + 0,03) + 0,2 \cdot L_{\text{нд}}. \quad (9)$$

Аналогично, по сетям среднего давления:

$$K_{\text{сд}} = b \cdot d_{\text{ср}} \cdot \frac{\beta F}{2R}; \quad (10)$$

$$I_{\text{сд}} = (0,33b \cdot d_{\text{ср}} + 0,5) \frac{\beta F}{2R}; \quad (11)$$

$$Z_{\text{ср}} = b \cdot d_{\text{ср}} \cdot \frac{\beta F}{2R} (E + 0,03) + 0,5 \cdot \frac{\beta F}{2R}, \quad (12)$$

где F – площадь газоснабжаемой территории;

$Q_{\text{ср}}$ – расход газа на сетях среднего давления:

$$Q_{\text{ср}} = 0,55q \cdot \alpha \cdot R; \quad (13)$$

$$d_{\text{ср}} = 0,9 \left(\frac{\alpha}{\Delta P} \right)^{0,21} \cdot q^{0,368} \cdot (a \cdot R)^{0,578}. \quad (14)$$

Суммарные затраты в газовые сети:

$$Z = \frac{2 \cdot Z'_{\text{ПРГШ}}}{q\pi R^3} + \frac{2R}{3n_c} \left(b \left(\frac{\alpha}{\Delta P} \right)^{0,21} q^{0,368} (a \cdot R)^{0,578} L_{\text{нд}} (0,9E_{\text{н}} + 0,03) + 0,2L_{\text{нд}} \right) + \frac{1}{n_c} \left(b d_{\text{ср}} \frac{\beta F}{2R} (E + 0,03) + 0,5 \frac{\beta F}{2R} \right). \quad (15)$$

Для выявления оптимального радиуса действия пункта возьмем первую производную от целевой функции (15) [5]:

$$R = \sqrt[3]{\frac{1}{\gamma_1 R^{0,578} + \gamma_2} \left(\gamma_3 R + \frac{2Z'_{\text{ПРГШ}}}{q\pi} \right)}. \quad (16)$$

где $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ – переменные из уравнений (7)-(15).

Представленная экономико-математическая модель предлагает еще один вариант решения задачи по выбору оптимального количества потребителей, подключаемых к источнику газоснабжения, путем снижения удельных расходов материальных ресурсов за счет реализации мероприятий на начальном этапе строительства газораспределительной системы.

Список литературы

1. Медведева О.Н., Грешнов Р. Решение задачи расчета тупиковой газовой сети // Инновационная наука и современное общество: материалы Междунар. науч.-практ. конф. Уфа: Академия МБА, РИЦ БашГУ, 2013. Т. 1. С. 88-92.
2. Газоснабжение населенных пунктов: монография / О.Н. Медведева и др. Саратов: СГТУ, 2011. 104 с.
3. Промышленное газовое оборудование: справочник. Саратов: Газовик, 2014. 920 с.
4. Ионин А.А. Газоснабжение: учеб. М.: Эколит, 2011. 440 с.
5. Медведева О.Н. Рекомендации по выбору оптимальных параметров систем газоснабжения населенных пунктов // Вестник МГСУ. 2011. № 7. С. 515-519.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОПРОСОВ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ

Медведева О.Н.*, Слепченко М.В.*

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

В сложившихся условиях эксплуатации газораспределительных систем, приоритетной задачей является обеспечение надежности сетей газоснабжения.

Ключевые слова: надежность, газораспределительная сеть, утечки, отказ

RESEARCH OF QUESTIONS RELIABILITY IMPROVEMENT GAS SUPPLY SYSTEM

Medvedeva O.N.*, Slepchenko M.V.*

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

Under these circumstances operation of gas distribution systems, a priority task is to provide gas supply reliability.

Keywords: reliability, gas distribution network, leakage, failure

Для обеспечения газораспределительными системами надежной и безопасной поставки газа потребителям необходимо поддерживать их в надлежащем состоянии и обеспечивать их дальнейшее развитие. Основными направлениями инвестирования в газораспределение в настоящее время и на перспективу должны являться газификация регионов России и масштабная реконструкция и модернизация существующих газовых распределительных сетей [1].

Следует отметить, что на эффективность работы системы газоснабжения влияет такой фактор, как надежность, поскольку большое число отказов системы – один из показателей её неудовлетворительного состояния. Чтобы повысить эффективность работы распределительных сетей газоснабжения, требуется комплексный анализ мероприятий по их оптимизации и надежной эксплуатации, поскольку существует множество вариантов решения проблемы, и необходимо проведение исследований для выбора оптимальных решений.

Согласно [2], надежность – свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования.

Таким образом, надежность системы газоснабжения – это способность системы обеспечивать бесперебойное снабжение потребителей газом, состав которого соответствует стандартам качества, не допуская возникновения опасных ситуаций для людей и окружающей среды. В надежность газоснабжения входят безопасность, безотказность работы, режимная управляемость, ремонтпригодность, долговечность.

Одним из главных показателей опасности эксплуатации систем газоснабжения являются выбросы и утечки из газопроводов. Рассмотрим один из возможных случаев отказа сетей газоснабжения – утечку газа.

Несмотря на важность этой проблемы, вопросы оценки опасности выбросов и утечек газа как для подземных, так и надземных газопроводов остаются малоизученными. Большой объем исследований по распространению газа в закрытых помещениях был проведен Л.М. Фастовым. Как показывают результаты, объем утечки газа из поврежденного газопровода зависит от следующих параметров: давления газа внутри газопровода в месте сквозного повреждения, площади отверстия сквозного повреждения и гидравлических режимов течения газа в данный момент [1]. Причем гидравлический режим полностью меняется при больших повреждениях газопровода и значительных утечках газа.

Представив процесс утечки газа как истечение из отверстия с конечным давлением $P_c=1\text{атм}$, в расчете можно применить формулы для определения пропускной способности регулятора давления газа.

В настоящее время для определения утечки газа используются формулы для газопроводов высокого и среднего давления [3, 4]:

$$V = 0.0125\alpha d^2 \varphi \sqrt{\frac{P_b \gamma_b}{\gamma_c}}; \quad \varphi = \sqrt{\frac{k}{k-1} \left(\frac{P_c}{P_b}\right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{P_c}{P_b}\right)^{\frac{k+1}{k}}}, \quad (1)$$

где P_b и P_c – абсолютные давления внутри газопровода перед отверстием повреждения и снаружи, кг/см^2 ;

α – коэффициент расхода, безразмерная величина;

γ_b – удельный вес газа в рабочем состоянии перед отверстием, кг/м^3 ;

γ_c – удельный вес воздуха, кг/м^3 ;

k – показатель адиабаты;

g – ускорение свободного падения, м/с^2 .

Или величину утечки газа определяют по формуле, предложенной в [5]:

$$V_{\max} = f \sqrt{2g \frac{k}{k+1} P_b V_1}, \quad (2)$$

где V_1 – удельный объем газа, $\text{м}^3/\text{кг}$ (при давлении P_b).

Анализ результатов, полученных в результате расчета по существующим формулам, позволяет использовать более простой вариант, основанный на законах неразрывности струи и сохранении массы [6]:

$$V = 330 \cdot 10^{-6} f \cdot P_b \text{ м}^3/\text{с}; \quad V = 1.2f \cdot P_b \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (3)$$

Результаты расчетов по указанным формулам представлены в таблице.

Величина утечки газа, $\text{м}^3/\text{ч}$, через отверстие площадью 1 см^2

Давление газа в газопроводе	По формуле (1)	По формуле (2)	По формуле (3)
Среднее, 1 кг/см^2	83	270	240
Среднее, 3 кг/см^2	167	540	480
Высокое, 6 кг/см^2	292	950	840
Высокое 12 кг/см^2	542	1760	1560

Анализ этих формул показывает, что использование формулы (1) дает нам при истечении из сквозных отверстий площадью 1 см^2 сильно заниженное значение ($83 \text{ м}^3/\text{ч}$). Данные, полученные при расчете по формуле (2), на 13% выше, чем при расчете по формуле (3). Здесь следует учесть, что в формуле (2) не учитыва-

ется коэффициент расхода α при истечении газа из отверстия. Кроме этого, формула (3) имеет очень простой вид и может легко применяться для проведения расчетов в полевых условиях.

Таким образом, необходимо постоянно совершенствовать методики прогнозирования отказов и разрабатывать новые решения по устранению возможных причин отказов распределительных газовых сетей.

Список литературы

1. Фастов Л.М., Медведева О.Н., Соловьева Е.Б. Надежность систем газоснабжения: монография. Саратов: СГТУ, 2012. 148 с.
2. ГОСТ Р 27.002-2009. Надежность в технике. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2011. 32 с.
3. Надежность городских систем газоснабжения / А.А.Ионин, К.С. Алибеков, В.А. Жила, С.С. Затикян. М.: Стройиздат, 1980. 231 с.
4. Стаскевич Н.Л., Северинец Г.Н., Вигдорчик Д.Я. Справочник по газоснабжению и использованию газа. Л.: Недра, 1990. 762 с.
5. РД 153-39.4-079-01. Методика определения расходов газа на технологические нужды предприятий газового хозяйства и потерь в системах распределения газа. «Гипрониигаз», 2001.
6. Фастов, Л. М., Иванов А. И., Хореев В. В. Методика определения потерь газа в системах газораспределительных организаций. Саратов: ОАО «Саратовоблгаз», 2002. С. 25.

УДК 621.6.036

ОБОСНОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНОГО РЕШЕНИЯ ПРИ СООРУЖЕНИИ ПОДЗЕМНЫХ РЕЗЕРВУАРНЫХ УСТАНОВОК СУГ

Осипова Н.Н. *, Кузнецов С.С. *, Саяпина К.А. *

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

Важную альтернативу установкам снабжения природным газом получили системы СУГ. Однако высокая стоимость монтажа и обслуживания резервуарных установок побуждает к разработке новых технических решений. Значительно снизить ресурсоемкость сооружения резервуарных систем позволяет техническое решение по монтажу, в основе которого заложено снижение материальных ресурсов при сооружении установок СУГ.

Ключевые слова: материалоемкость, паропроизводительность, опалубка, теплоприток, регазификация

JUSTIFICATION OF THE CONSTRUCTION DECISION AT A CONSTRUCTION OF THE SUG UNDERGROUND RESERVOIR INSTALLATIONS

Osipova N.N. *, Kuznetsov S.S. *, Sayapina K.A. *

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

The important alternative to installations of supply with natural gas was received by the SUG systems. However, the high cost of mounting and service of reservoir installations induces to development of new technical solutions. Considerably the technical solution on mounting at the heart of which lowering of the material resources in case of a construction of installations of SUG is put allows to reduce resource intensity of a construction of reservoir systems.

Keywords: material capacity, steam generating capacity, timbering, heat inflow, regasification

Применение сжиженных углеводородных газов (СУГ) получило широкое распространение при газоснабжении потребителей удаленных от магистральных газопроводов сетевого природного газа.

Наиболее распространенную форму снабжения потребителей СУГ представляют собой резервуарные установки сжиженного углеводородного газа [1]. В отдельных случаях установки применяются вместе с испарительными устройствами. Однако высокая стоимость резервуаров в совокупности с материалоемкостью и трудоемкостью их сооружения обуславливают высокую стоимость резервуарных систем, побуждая находить новые технические решения по повышению эффективности резервуарных установок, работающих на базе сжиженных углеводородных газов.

Существующие типовые проекты [2, 3] для резервуарных установок сжиженного углеводородного газа предусматривают полную обратную засыпку котлована с расположенными в нем резервуарами, песком или песчаным грунтом средней зернистости. При этом грунт, вынутый из котлована, вывозится в отвал, как правило, за черту населенного пункта. Высокая стоимость песка с учетом его доставки, а также транспортные расходы по вызову грунта в отвал обуславливают значительные затраты материальных и денежных ресурсов, заставляют изыскивать эффективные технологии сооружения резервуарных установок сжиженного газа.

Песчаная засыпка в данном случае предназначена для сохранности антикоррозийного защитного покрытия и предупреждения перемещений резервуаров при промерзании пучинистых грунтов.

С целью снижения затрат в сооружение резервуарной установки была разработана и запатентована технология [4] строительно-монтажных работ с установкой скользящей металлической опалубки и частичной засыпкой котлована песком. Применение данной технологии монтажа позволяет снизить потребность в песчаном грунте и исключает условие вывоза грунтовых масс в отвал. Это решение обеспечивает весомую экономию денежных и материальных средств, в сооружение резервуарных установок.

Обратная засыпка песком и ранее вынутым грунтом котлована с установленным в нем резервуаром производится в следующей последовательности.

1. По контуру резервуара на расстоянии 200-250 мм от его поверхности устанавливается набор из скользящих металлических опалубок так, как это показано на рис. 1.

2. Осуществляется засыпка песка в пространство между фундаментом и опалубкой глубиной не более 300 мм. После этого производится обратная засыпка слоя насыпного грунта в пространство между опалубкой и стенками котлована таким образом, чтобы уровень насыпного грунта был ниже края опалубки на 50 мм. Далее производится уплотнение насыпного песка. При этом необходимо следить, чтобы основание трамбовки не касалось защитного антикоррозийного покрытия во избежание его повреждения. С этой целью деревянное основание трамбовки для уплотнения песка рекомендуется выполнять с закругленными краями и покрывать брезентом.

3. Затем каждая опалубка последовательно вынимается из массива на 300 мм своей высоты с таким расчетом, чтобы нижняя часть стоек (400 мм) и листа (50 мм) осталась в массиве между грунтом и песком. Частичное заглубление элементов опалубки в грунт обеспечивает ее устойчивость в процессе засыпки и

уплотнения. После этого производится уплотнение первого слоя насыпанного грунта. Уплотнение насыпанного грунта и песка рекомендуется осуществлять механизированным способом.

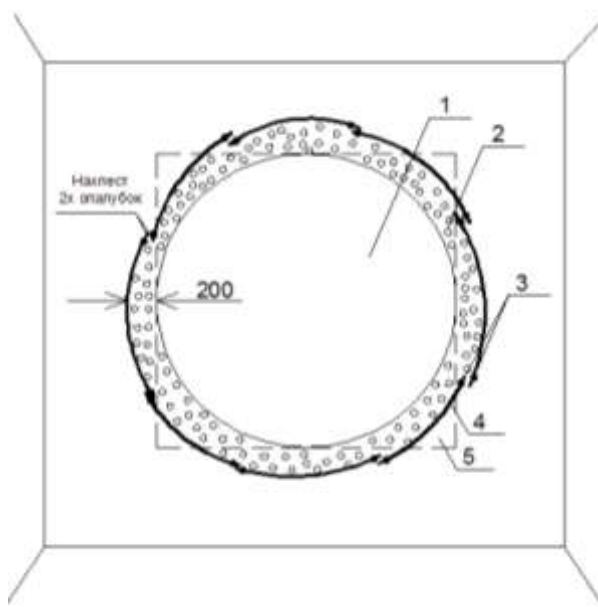


Рис. 1 – Установка набора скользящих опалубок вокруг резервуара. Вид сверху.
1 – резервуар; 2 – песок; 3 – стойки; 4 – скользящая опалубка; 5 – фундамент

4. Последовательно производится засыпка второго слоя песка в опалубку и второго слоя грунта между опалубкой и стенками котлована с последующим уплотнением песчаной засыпки.

5. Согласно п. 3 производится поднятие скользящих опалубок, и операция повторяется. Таким образом, осуществляются засыпка и уплотнение песка и грунта.

На рис. 2 показаны схемные решения подземных резервуарных установок сжиженного газа.

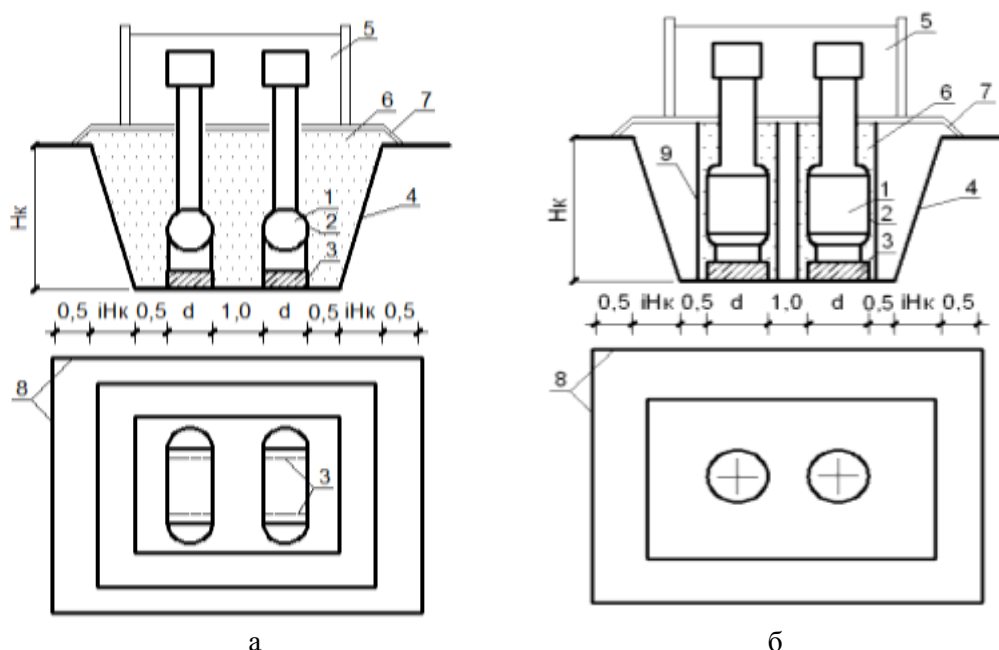


Рис. 2 – а) существующий вариант: горизонтальная установка резервуаров с полной засыпкой котлована песком; б) предлагаемый вариант: вертикальная установка резервуаров с частичной засыпкой котлована песком в передвижную металлическую опалубку

С целью проверки эффективности предлагаемой технологий были проведены испытания в условиях полигона. При испытаниях использовались: песок средней зернистости речной; насыпной грунт-суглинок весовой влажностью 14 %; опалубка из стального оцинкованного листа $1000 \times 350 \times 1,5$ мм.

Поднятие опалубки осуществлялось двумя операторами с помощью ручек, расположенных с каждой ее стороны. К ручкам присоединялись безменные пружинные весы. Максимальное усилие, приходящееся на одного человека при вертикальном перемещении опалубки в системе песок-суглинок, составило 9,6 кг. Горизонтального отклонения опалубки при засыпке и уплотнении песка и грунта при испытаниях не наблюдалось.

При использовании предложенной схемы технического решения значительно снижаются капиталовложения в размере 22,5 %, также уменьшается объем песка для обратной засыпки, уменьшается площадь территории, отчуждаемой под установку резервуара, и другие технико-экономические параметры.

Результаты испытаний позволяют рекомендовать разработанную технологию обратной засыпки песком в скользящую металлическую опалубку к применению при сооружении систем резервуарного газоснабжения.

Список литературы

1. Курицын Б.Н. Системы снабжения сжиженным газом. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1988. 196 с.
2. Типовой проект 905-1-37-87. Установки двух подземных резервуаров с электрическим регазификатором РЭП / АПП ЦИТП, АО «Росгазификация», АО «Гипрониигаз», 1987. 27 с.
3. Типовой проект 905-1-40-88. Установка двух подземных резервуаров с двумя испарителями-приставками ИП / АПП ЦИТП, АО «Росгазификация», АО «Гипрониигаз». 1991. 52с.
4. Пат. на изобретение 2495196 Российская Федерация. Способ монтажа подземных вертикальных резервуаров / Б.Н. Курицын, Н.Н. Осипова, С.С. Кузнецов; заявитель и патентообладатель Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А. № 2012109141; заявл. 11.03.2012; опубл. 10.11.2013.

УДК 662.767

ПЕРСПЕКТИВЫ РАСШИРЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЖИЖЕННОГО УГЛЕВОДОРОДНОГО ГАЗА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Осипова Н.Н. *, Бычкова И.М. *, Ряписова Ю.С. *

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

Приведены результаты обработки статистических материалов, позволяющих оценить перспективы расширения использования сжиженного углеводородного газа в России как альтернативного источника энергии для коммунально-жилищного сектора, промышленности и автомобильного транспорта.

Ключевые слова: сжиженный углеводородный газ, объемы производства, динамика потребления, перспективы газификации

OUTLOOK INCREASED USE OF LIQUEFIED PETROLEUM GAS IN THE RUSSIAN FEDERATION

Osipova N.N. *, Bychkova I.M. *, Ryapisova Yu.S. *

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

The results of the processing of statistical data, to assess the prospects for expanding the use of liquefied petroleum gas in Russia as an alternative source of energy for communal housing sector, industry and road transport.

Keywords: liquefied petroleum gas, production, consumption dynamics, gasification prospects

Сжиженные углеводородные газы (СУГ) используются во многих странах мира, в том числе и в России, для нужд промышленности, нефтехимических производств, автомобильного хозяйства, жилищного и коммунально-бытового сектора. Россия в настоящее время производит около 15 млн тонн сжиженного углеводородного газа в год, внутреннее потребление из которых около 10 млн тонн. С учетом роста объемов производства в размере 3-4 % ежегодно, к 2020 году производство СУГ планируется увеличить до 20 млн тонн в год [1]. В таблице 1 представлены данные по динамике объемов производства СУГ в России и распределению СУГ между экспортом и внутренним потреблением с 2005 года с учетом прогноза до 2020 года [1-3].

Таблица 1 – Изменение объемов производства, экспорта и внутреннего потребления СУГ в Российской Федерации

Распределение СУГ, тыс. тонн			
годы	производство	экспорт	внутреннее потребление
2005	8033	1103	6930
2010	11493	3264	8669,8
2015	15000	5200	9800
2020 (прогноз)	19270	8000	11270

В ближайшей перспективе можно ожидать дальнейшего роста производства сжиженного газа в РФ по мере реализации программы утилизации попутного нефтяного газа (ПНГ) [4]. По оценкам специалистов, в настоящее время в России ежегодно добывается 60 млрд. м³ ПНГ из которых до 30-40 % сжигается в факелах. Согласно постановлению Правительства РФ с 2012 года вводится обязательная норма для нефтяных компаний по утилизации 95 % объема добычи ПНГ. Таким образом, дополнительно производство СУГ вырастет дополнительно на 14-21 млн тонн в год [4].

Как видно из таблицы 1, внутреннее потребление СУГ в России имеет устойчивую динамику роста. При этом современная структура внутреннего потребления углеводородов распределяется между основными секторами следующим образом: коммунальный сектор (отопление и бытовые нужды), промышленный сектор (в основном нефтехимия) и транспорт (рисунок 1).

Как видно из рисунка 1, внутреннее потребление СУГ в РФ имеет устойчивую тенденцию развития. При этом распределение между секторами потребления по состоянию на 2015 год имеет вид: промышленный сектор – 53 %, автотранспорт – 25 %, жилищный и коммунально-бытовой сектор – 22%. Таким образом, расширение сферы применения сжиженного углеводородного газа в жилищном и коммунально-бытовом секторе вполне перспективно.

Учитывая географические особенности России, потребительские свойства продукта, возможность его поставки населению в сосудах различной емкости, созданную в России сеть газонаполнительных станций и кустовых баз, использование СУГ в быту, а также в сельском хозяйстве остается важным и социально значимым направлением. Спрос на СУГ в данном секторе определяется территори-

альными и климатическими особенностями регионов РФ, а также ценами на конкурирующие виды источников тепла (уголь, дизельное топливо, электричество и т.д.). Обладая рядом преимуществ, таких как высокая теплотворная способность, чистота сгорания, удобство хранения и транспортировки, СУГ нашел широкое применение для обеспечения всех коммунально-бытовых нужд населения.

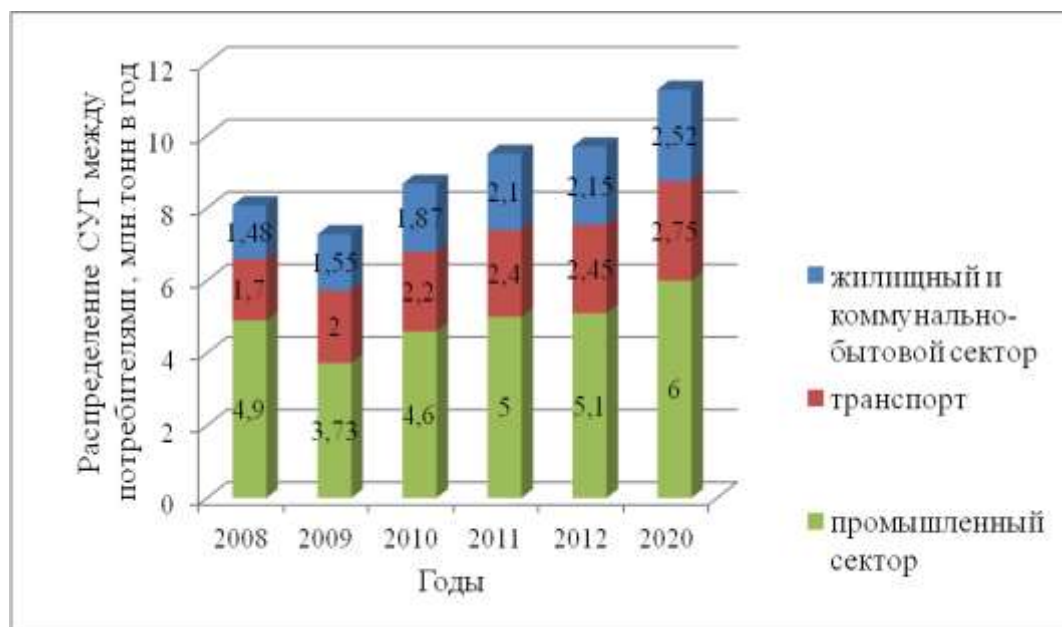


Рис. 1 – Распределение внутреннего потребления СУГ в РФ с прогнозированием до 2020 года

Генеральная схема развития газовой отрасли на период до 2030 года, предусматривающая газификацию регионов Российской Федерации преимущественно на природном сетевом газе, предполагает вместе с тем, расширение и развитие альтернативных технологий газоснабжения на базе сжиженного природного газа, компримированного природного газа и сжиженного углеводородного газа [5]. Если в 2008 году на внутреннем рынке для обеспечения коммунально-бытовых нужд было реализовано 1,48 млн тонн СУГ (рисунок 1), то к 2020 году планируется реализовать 2,52 млн тонн, т.е. рост потребления составит в 1,7 раза.

Еще один динамично развивающийся сектор в РФ – потребление СУГ в виде моторного топлива для автомобилей. Интерес к использованию СУГ в качестве альтернативного топлива обусловлен следующими основными преимуществами:

- отсутствие в выбросах сажи, соединений серы, бенз(а)пирена, пентаоксида ванадия (в отличие от дизельного топлива и мазута);
- уменьшение вредных выбросов в выхлопных газах в атмосферу. При использовании СУГ выбросы в атмосферу ниже, чем у дизельного топлива: оксида углерода – в 2-3 раза, окиси азота – в 1,2 раза, углеводородов – в 1,9 раза;
- сокращение затрат на моторное топливо. Оптовая цена поставки СУГ составляет 50-60 % цены бензина распространенных марок (например, АИ-92);
- эффективность использования (пропан в составе СУГ имеет точку кипения при температуре минус 42 °С). Даже при очень низких температурах СУГ быстро испаряется, что обеспечивает полное сгорание топлива без устройств для регазификации и дополнительных приборов и оборудования.

СУГ на сегодняшний день является лидирующим альтернативным моторным топливом в мире. Общий мировой парк газобаллонных автомобилей (ГБА) на СУГ составляет 18 млн единиц с суммарным потреблением около 25 млн тонн сжиженного углеводородного газа в год, том числе в РФ около 2,5 млн тонн СУГ в год [2, 6]. За последние шестнадцать лет в России количество АГЗС выросло более чем в 10 раз. По экспертным оценкам, в настоящее время функционируют более 4500 комплексов по заправке СУГ, в их числе 3413 автогазозаправочных станций, около 1,4 млн автомобилей работают на газе (примерно 3 % от общего числа автомобилей), из них 1,26 млн – на сжиженном углеводородном газе.

В настоящее время при поддержке правительства России разрабатывается комплексная программа стимулирования использования газомоторного топлива в общественном и грузовом транспорте, а также для легковых коммерческих автомобилей [7]. Это явилось стимулом для отечественных автопроизводителей, которые стали охотнее выпускать ГБА. С апреля 2010 года на главном конвейере Горьковского автозавода в Нижнем Новгороде организовано производство газобаллонных «ГАЗелей». В 2013 году завод вышел на ежегодный выпуск 3,5-4,0 тыс. автомашин, использующих СУГ в качестве топлива. Также серийно производятся грузовики «КамАЗ» и автобусы «НефАЗ», «ЛиАЗ», «ПАЗ» и «КАвЗ».

Повсеместное внедрение в транспортную структуру крупных городов страны (с населением свыше 500 тыс. жителей) муниципального и грузового транспорта с использованием СУГ в качестве топлива позволит значительно улучшить экологическую обстановку и увеличить спрос на внутреннем рынке в данном сегменте до 2,75 млн тонн сжиженного углеводородного газа к 2020 году [7].

Проведенный анализ производства и потребления СУГ показывает, что использование сжиженного углеводородного газа в России и мире имеет устойчивую тенденцию развития, а сжиженный углеводородный газ является актуальным и востребованным источником газового топлива в различных отраслях экономики, в том числе при газификации населенных пунктов, а также объектов промышленного и коммунально-бытового и сельскохозяйственного назначения.

Список литературы

1. Анализ рынка сжиженных углеводородных газов в России в 2006-2010 гг., прогноз на 2011-2015 гг.: аналитич. отчет. М.: BusinesStat, 2010. 97 с.
2. Исследование состояния и перспектив направлений переработки нефти и газа, нефте- и газохимии в РФ аналитич. исслед. / Институт современного развития. М.: Эко-информ, 2011. 806 с.
3. Рынок сжиженных углеводородных газов. Текущая ситуация и прогноз 2014-2018: маркетинговое исследование. ALTO CONSULTING GROUP, 2014. 167 с.
4. Книжников А.Ю., Кутепова Е.А. Проблемы и перспективы использования нефтяного попутного газа в России: ежегодный обзор. М.: WWF России, 2013. 40 с.
5. Генеральная схема развития газовой отрасли на период до 2030 года. М.: Минпромэнерго, 2008. 145 с.
6. Пронин Е. Перспективы развития рынка газомоторного топлива Европы и России: мировой рынок СУГ. М: Газпром экспорт, 2014. 15 с.
7. Предложения о стимулировании использования газа в качестве моторного топлива. М.: Минэнерго России, 2011.

**ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ПРИРОДООХРАННЫЕ РЕШЕНИЯ
КОТЕЛЬНОЙ С КОТЛАМИ КВ-ГМ-50-150
С УТИЛИЗАЦИЕЙ ТЕПЛОТЫ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ**

*Малая Э.М.**

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

Минимизация выбрасываемых в атмосферу из дымовых труб котельных продуктов сгорания является актуальной задачей. Обеспечение микроклимата помещения для достойного пребывания людей позволяет обеспечить максимально-разовые концентрации.

Ключевые слова: котёл, атмосфера, газ, температура, загрязнение

**EFFICIENT ENERGY ENVIRONMENTAL SOLUTIONS BOILERS
KB-ГМ-50-150 WITH HEAT RECOVERY OF FLUE GASES**

*Malaya E.M.**

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

Minimization of emissions from stack of boiler of combustion products is an urgent task. Climate control facilities for a decent stay people allows to provide the maximum one-time concentration.

Keywords: boiler, atmosphere, gas, temperature, pollution

Выбрасываемые в атмосферу из дымовых труб котельных продукты сгорания содержат токсичные вещества, пагубно воздействующие на биосферу. Наиболее опасными по степени воздействия на организм человека и выбрасываемыми в значительных количествах с дымовыми газами являются: оксид углерода, оксиды серы и оксиды азота. Для предотвращения вредного воздействия загрязненного атмосферного воздуха на человека и окружающую его среду необходимо, чтобы содержание токсичных веществ в воздухе было предельно ограничено.

Минимально допустимая высота дымовой трубы для теплогенерирующей установки определяется с учётом работы всех котельных агрегатов на максимальную теплопроизводительность, исходя из условия рассеивания вредных загрязняющих веществ на высоте 2 метров от земли в атмосферном воздухе т.е. обеспечения такого рассеивания, при котором концентрация вредных веществ у поверхности земли будет меньше максимально разовой предельно-допустимой концентрации данного вещества в атмосферном воздухе, утверждённой Минздравом России.

Исходные данные:

Расчетным видом топлива для определения высоты дымовой трубы и рассеивания вредных выбросов принят газ из Североставропольского месторождения, $\rho = 0,727 \text{ кг/м}^3$; расход газового топлива тремя котлами КВ-ГМ-50-150, $B = 18780 \text{ м}^3/\text{ч} = 5,217 \text{ м}^3/\text{с} = 3,79 \text{ кг/с}$; высота дымовой трубы (задаем), $H = 30 \text{ м}$; скорость дымовых газов на выходе из дымовой трубы, $w_0 = 30 \text{ м/с}$; коэффициент избытка воздуха в уходящих газах, $\alpha_{yx} = 1,15$; температура уходящих газов, $T_{yx} = 140^\circ \text{C}$; температура наружного воздуха в ХП, $t_{xn} = -30^\circ \text{C}$; температура самого жаркого месяца лета, $t_{лн} = 23,3^\circ \text{C}$; потери от химической неполноты горения,

$q_3 = 1,0\%$; фоновая концентрация оксида углерода, $c_{co}^{\phi} = 0,020 \text{ мг/м}^3$; фоновая концентрация золы, $c_{зола}^{\phi} = 0,010 \text{ мг/м}^3$.

Характеристики газового топлива:

- содержание оксида углерода, $CO_2 = 0,1\%$
- содержание азота, $N^P = 0,7\%$
- теплота сгорания низшая, $Q_n = 35,7 \text{ МДж/кг}$
- объем воздуха при $\alpha = 1$, $V^0 = 9,58 \text{ м}^3/\text{кг}$
- объем дымовых газов при $\alpha = 1$, $V_g^0 = 10,76 \text{ м}^3/\text{кг}$

Предельно допустимые концентрации вредных веществ по табл.12.1 [5]:

- пыль нетоксичная, $ПДК_{зола} = 0,5 \text{ мг/м}^3$
- сернистый ангидрид, $ПДК_{SO_2} = 0,5 \text{ мг/м}^3$
- оксид углерода, $ПДК_{CO} = 3,0 \text{ мг/м}^3$
- диоксид азота, $ПДК_{NO_2} = 0,085 \text{ мг/м}^3$

Максимальная приземная концентрация вещества в выбросах продуктов сгорания:

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot m \cdot n}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V \cdot \Delta T}}, \text{ мг/м}^3,$$

где A – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы, $A=120$;

M – масса вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени, г/с;

F – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе, $F=1$;

m и n – коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси из устья дымовой трубы.

Значения коэффициентов m и n определяются в зависимости от параметров f , v_m :

$$f = 1000 \cdot \frac{w_o^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T};$$

$$f = 1000 \cdot \frac{30^2 \cdot 1,7}{30^2 \cdot (140 - 23,3)} = 14,5$$

$$v_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V \cdot \Delta T}{H}};$$

$$v_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{69,9 \cdot (140 - 23,3)}{30}} = 4,2$$

Коэффициент m определяется в зависимости от параметра f по формуле

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{f} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f}} = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{14,5} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{14,5}} = 0,53$$

Коэффициент n в зависимости от V_m принимается равным $n=1$ при $V_m \geq 2$ м/с:

$$C_{mCO} = \frac{120 \cdot 67,65 \cdot 0,53 \cdot 1}{30^2 \cdot \sqrt[3]{69,9 \cdot 116,7}} = 0,24 \text{ мг/м}^3$$

$$C_{mNO_2} = \frac{120 \cdot 10,7 \cdot 0,53 \cdot 1}{30^2 \cdot \sqrt[3]{69,9 \cdot 116,7}} = 0,036 \text{ мг/м}^3$$

$$\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ПДК_i} \leq 1$$

$$\frac{C_{\phi}^{зопы}}{ПДК_{зопы}} + \frac{C_{\phi}^{CO} + C_{mCO}}{ПДК_{CO}} + \frac{C_{mNO_2}}{ПДК_{NO_2}} \leq 1$$

$$\frac{0,01}{0,5} + \frac{0,02 + 0,24}{3,0} + \frac{0,036}{0,085} \leq 1$$

$$0,02 + 0,087 + 0,42 = 0,53 < 1$$

Расстояние X_m , м, от дымовой трубы, на котором приземная концентрация вредных веществ при неблагоприятных метеорологических условиях достигает максимального значения:

$$X_m = \frac{5-F}{4} \cdot d \cdot H,$$

где d – безразмерный коэффициент, определяемый из соотношения при $v_m \geq 2$

$$d = 7 \cdot \sqrt{V_m} \left(1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f} \right) = 7 \cdot \sqrt{4,2} \cdot \left(1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{14,5} \right) = 24,1$$

$$X_m = \frac{5-1}{4} \cdot 24,1 \cdot 30 = 723 \text{ м}$$

Проверим высоту дымовой трубы по расчету на рассеивание вредных веществ в атмосфере из условия суммарного действия оксидов серы и азота по формуле:

$$H_{\min} = \sqrt{\frac{A \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \left(\frac{ПДК_{SO_2}}{ПДК_{NO_2}} \cdot M_{NO_2} + \frac{ПДК_{SO_2}}{ПДК_{CO_2}} \cdot M_{CO} \right)}{\left(\frac{ПДК_{SO_2}}{ПДК_{CO}} - \frac{ПДК_{SO_2}}{ПДК_{CO}} \cdot C_{CO}^{\phi} - \frac{ПДК_{SO_2}}{ПДК_{зопы}} \cdot C_{зопы}^{\phi} \right) \cdot \sqrt[3]{V \cdot \Delta T}}}, \text{ м}$$

$$H_{\min} = \sqrt{\frac{120 \cdot 1 \cdot 0,53 \cdot 1 \cdot \left(\frac{0,5}{0,085} \cdot 10,7 + \frac{0,5}{3,0} \cdot 67,65 \right)}{\left(0,5 - \frac{0,5}{3,0} \cdot 0,24 - \frac{0,5}{0,5} \cdot 0,036 \right) \cdot \sqrt[3]{69,9 \cdot 116,7}}} = 23,5 \text{ м}$$

Минимальная дымовая труба, обеспечивающая предельно допустимые нормы рассеивания вредных веществ в атмосфере с учетом суммарного действия оксидов серы и азота, составляет высоту 23,5 м. Но мы можем уменьшить высоту дымовой трубы, снижая количество выбросов оксида азота, применив прямоточную горелку, при этом $\beta_2 = 0,85$. Также можно применить рециркуляцию газов и подачу их в рас-сечку двух воздушных потоков ($e_1 = 0,03$) в количестве $r = 30\%$, при этом

$$M_{NO_2} = 3,79 \cdot 35,7 \cdot 0,8 \cdot 0,11 \cdot (1 - 0,03 \cdot 30) \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 0,9 = 0,91 \text{ г/с},$$

$$C_{mNO_2} = \frac{120 \cdot 10,7 \cdot 0,53 \cdot 1}{30^2 \cdot \sqrt[3]{69,9 \cdot 116,7}} = 0,036 \text{ мг/м}^3$$

$$H_{\min} = \sqrt{\frac{120 \cdot 1 \cdot 0,53 \cdot 1 \cdot \left(\frac{0,5}{0,085} \cdot 0,91 + \frac{0,5}{3,0} \cdot 67,65 \right)}{\left(0,5 - \frac{0,5}{3,0} \cdot 0,24 - \frac{0,5}{0,5} \cdot 0,036 \right) \cdot \sqrt[3]{69,9 \cdot 116,7}}} = 11,1 \text{ м} \approx 11 \text{ м}$$

$$C_{\text{мСО}} = \frac{120 \cdot 67,65 \cdot 0,53 \cdot 1}{11^2 \cdot \sqrt[3]{69,9 \cdot 116,7}} = 1,77 \text{ мг/м}^3$$

$$C_{\text{мNO}_2} = \frac{120 \cdot 0,91 \cdot 0,53 \cdot 1}{11^2 \cdot \sqrt[3]{69,9 \cdot 116,7}} = 0,024 \text{ мг/м}^3$$

$$\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i} \leq 1$$

$$\frac{C_{\phi}^{\text{зола}}}{\text{ПДК}_{\text{зола}}} + \frac{C_{\phi}^{\text{СО}} + C_{\text{мСО}}}{\text{ПДК}_{\text{СО}}} + \frac{C_{\text{мNO}_2}}{\text{ПДК}_{\text{NO}_2}} \leq 1,$$

$$\frac{0,01}{0,5} + \frac{0,02 + 1,77}{3,0} + \frac{0,024}{0,085} \leq 1,$$

$$0,02 + 0,6 + 0,282 = 0,902 < 1,$$

что допустимо для нас.

$$X_M = \frac{5-1}{4} \cdot 24,1 \cdot 11 = 265 \text{ м}$$

$X_M, \text{ м}$ – расстояние от дымовой трубы, на котором приземная концентрация вредных веществ, при неблагоприятных метеорологических условиях, достигает максимального значения должно проверяться расчетом для различных направлений ветра с учетом среднегодовой розы ветров района расположения котельной по формуле

$$X_M = X_{M0} \cdot \frac{v}{v_0},$$

Значение X_M отсчитывается от дымовой трубы, пересчитанные размеры наносятся на генплан района.

Если $X_M < 265 \text{ м}$, то принимаем 265 м.

$$v_0 = 4,9 \text{ м/с}$$

$$X_{\text{мс}} = 265 \cdot \frac{4,2}{4,9} = 227 \text{ м}$$

$$X_{\text{мсв}} = 265 \cdot \frac{7,0}{4,9} = 379 \text{ м}$$

$$X_{\text{мв}} = 265 \cdot \frac{3,3}{4,9} = 178 \text{ м}$$

$$X_{\text{мюв}} = 265 \cdot \frac{4,4}{4,9} = 238 \text{ м}$$

$$X_{\text{мю}} = 265 \cdot \frac{4,9}{4,9} = 265 \text{ м}$$

$$X_{\text{мюз}} = 265 \cdot \frac{4,6}{4,9} = 249 \text{ м}$$

$$X_{\text{мз}} = 265 \cdot \frac{4,1}{4,9} = 222 \text{ м}$$

$$X_{\text{мсз}} = 265 \cdot \frac{4,1}{4,9} = 222 \text{ м}$$

Полученные значения X_M сведены в таблицу.

Направление ветра	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Скорость v , м/с	4,2	7,0	3,3	4,4	4,9	4,6	4,1	4,1
Размер X_m , м	227	379	178	238	265	249	222	222
Принятый размер X_m , м	265	379	265	265	265	265	265	265

Список литературы

1. Яновский Ф. Б. Михайлова С. А. // Энергосбережение. 2013. № 6.
2. Шеин И. С. Оптимизация развития систем теплоснабжения городов: учеб. пособие. М: Бастет, 2012.

УДК 621.6.036

ВЫЯВЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ КОЛЕБАНИЯ ДАВЛЕНИЯ В ИСПАРИТЕЛЬНОМ ЗМЕЕВИКЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАСХОДА СЖИЖЕННОГО УГЛЕВОДОРОДНОГО ГАЗА

Усачев А.П. *, Рулев А.В. *, Толочкова И.С. *, Капичина М.С. *

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

Предложены результаты экспериментальных исследований по определению максимально допустимой величины колебания давления в испарительном змеевике в зависимости от расхода полностью испаренного сжиженного углеводородного газа для ряда стандартных диаметров бесшовной трубы, наиболее часто применяемых в инженерной практике регазификации.

Ключевые слова: сжиженные углеводородные газы, испаритель, теплообмен, пропан-бутан, исследования, пульсация, режим течения

IDENTIFYING MAGNITUDE OF PRESSURE FLUCTUATIONS IN EVAPORATOR COIL, DEPENDING ON FLOW RATE LIQUEFIED HYDROCARBON GAS

Usachev A.P. *, Rulev A.V. *, Tolochkova I.S. *, Kapichina M.S. *

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

The proposed results experimental researches on definition maximum permissible value pressure fluctuations in evaporator coil, depending on flow of completely vaporized liquefied petroleum gas for several standard diameters seamless pipes, the most commonly used in engineering practice evaporation.

Keywords: liquefied petroleum gas, evaporator, heat exchange, propane-butane, research, ripple, flow regime

В результате разработки новых технических решений по обеспечению максимально возможной интенсивности теплообмена при проточной регазификации пропан-бутановых смесей сжиженных углеводородных газов (СУГ) в условиях ограничения пульсаций давления, оказывающих негативное воздействие на испарительное устройство и приводящих к возникновению аварийных ситуаций, были предложены двухступенчатые испарительные устройства СУГ [1].

С целью определения геометрических и эксплуатационных параметров двухступенчатых испарительных устройств СУГ, обеспечивающих беспульсационные режимы эксплуатации при оптимальных значениях коэффициента теплоотдачи от внутренней поверхности испарительного змеевика СУГ были проведены специальные натурные испытания.

Испытания проводились во всем диапазоне изменения расхода $G=30\div380$ кг/ч, характерном для установок регазификации централизованных систем резервуарного газоснабжения, для типов испарительных устройств, выполненных из бесшовной трубы: 1 тип – $d_m=15$ мм; $d_6=21$ мм для изменения расхода в диапазоне $30<G<150$ кг/ч; 2 тип – $d_m=21$ мм; $d_6=25$ мм для изменения расхода в диапазоне $150<G<250$ кг/ч; 3 тип $d_m=25$ мм; $d_6=32$ мм для изменения расхода в диапазоне $250<G<380$ кг/ч.

Испытания проводились в экспериментальном центре института ОАО «ГипроиниГаз», на пропан-бутановых смесях с содержанием пропана $\xi=43$ вес. %, при постоянном давлении 0,5 МПа и удельных тепловых нагрузках $q=12380$ Вт/м².

Целью испытаний было определение максимально допустимой величины колебания давления в змеевике в зависимости от расхода полностью испаренного СУГ для ряда стандартных диаметров бесшовной трубы, наиболее часто применяемых в инженерной практике регазификации.

Результаты испытаний для двухступенчатых испарительных трубопроводов, выполненных из бесшовной трубы: 1 тип – $d_m=15$ мм; $d_6=21$ мм для изменения расхода в диапазоне $30<G<150$ кг/ч приведены на графике (рис. 1).

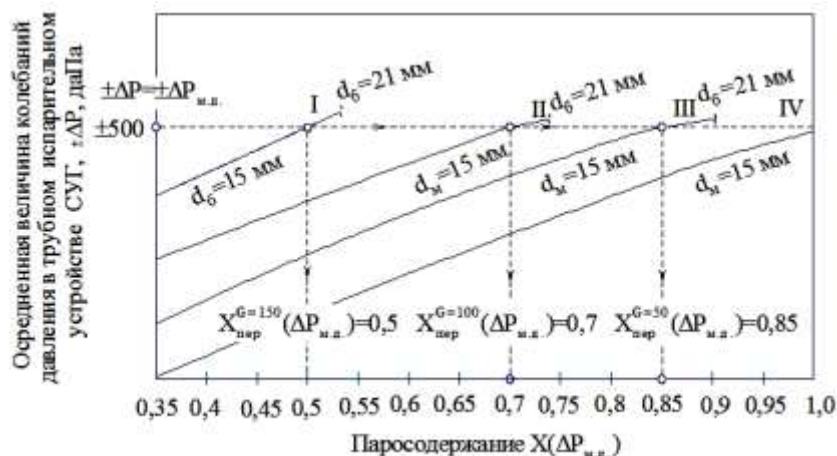
Результаты испытаний для двухступенчатых испарительных трубопроводов, выполненных из бесшовной трубы 2 типа – $d_m=21$ мм; $d_6=25$ мм для изменения расхода в диапазоне $150<G<250$ кг/ч, а также 3 типа $d_m=25$ мм; $d_6=32$ мм для изменения расхода в диапазоне $250<G<380$ кг/ч, приведены на графиках (рис. 2, 3).

В результате опытов установлено, что бесперебойная подача газа из испарительного трубопровода в регулятор давления обеспечивается при величине максимально допустимого колебания давления $\Delta P_{м.д.}$, равной ± 500 даПа. Также выявлено, что колебания давления перед регулятором низкого давления величиной до 500 даПа для всего ряда внутренних диаметров испытываемых труб не оказывают заметного влияния на качество регулирования давления газа в узле редуцирования. Указанная величина показана на графике (рис. 1-3) прямой пунктирной линией, параллельной оси абсцисс.

Установлено, что для величины $X_{к.м.и}|_{\Delta P_{м.д.}=500 \text{ даПа}}$ характерна максимально возможная величина коэффициентов теплопередачи и теплоотдачи (рис. 2.13).

С учетом полученных результатов предлагается в диапазоне изменения расхода $30<G<150$ кг/ч испарительное устройство изготавливать двухступенчатым из труб следующих диаметров: $d_m=15$ мм; $d_6=21$ мм.

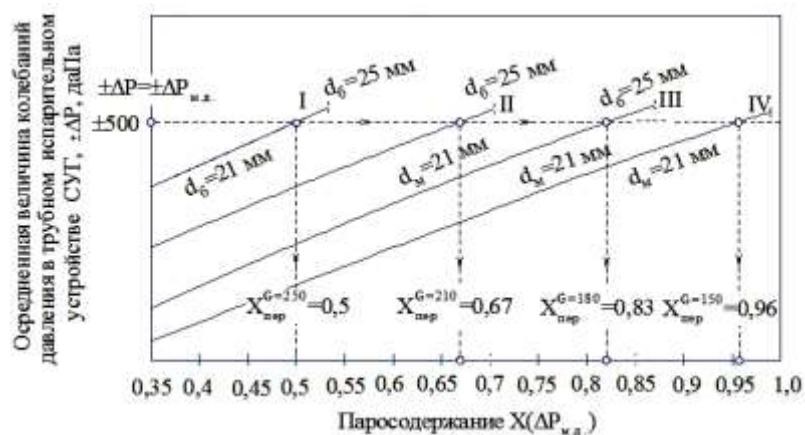
Для определения интенсивности теплообмена α_v при кипении сжиженного углеводородного газа при различных значениях степени сухости для двухступенчатого трубного испарительного устройства с диаметрами $d_m=0,015$ м и $d_6=0,021$ м проведены соответствующие расчеты.



Расход и степень сухости смеси пропан-бутан:

I $G=150$ кг/ч; II $G=100$ кг/ч; III $G=60$ кг/ч; IV $G=30$ кг/ч

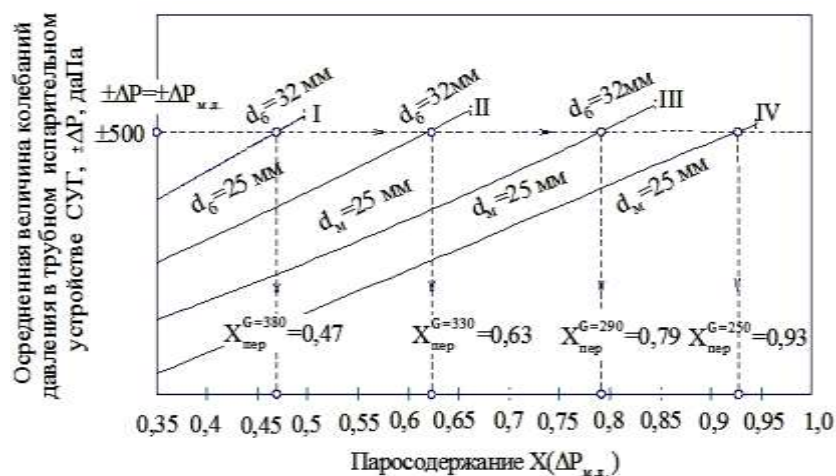
Рис. 1 – Зависимость величины колебаний давления в испарительном устройстве СУГ от места перехода диаметров для изменения расхода в диапазоне $30 < G < 150$ кг/ч



Расход и степень сухости смеси пропан-бутан:

I $G=250$ кг/ч; II $G=210$ кг/ч; III $G=180$ кг/ч; IV $G=150$ кг/ч

Рис. 2 – Зависимость величины колебаний давления в испарительном устройстве СУГ от места перехода диаметров для изменения расхода в диапазоне $150 < G < 250$ кг/ч



Расход и степень сухости смеси пропан-бутан:

I $G=380$ кг/ч; II $G=330$ кг/ч; III $G=290$ кг/ч; IV $G=250$ кг/ч

Рис. 3 – Зависимость величины колебаний давления в испарительном устройстве СУГ от места перехода диаметров для изменения расхода в диапазоне $250 < G < 380$ кг/ч

Из графика на рис. 4, на котором приведены результаты этих расчетов, видно, что коэффициент теплоотдачи трубного испарительного устройства резко изменяется в зависимости от режима течения.

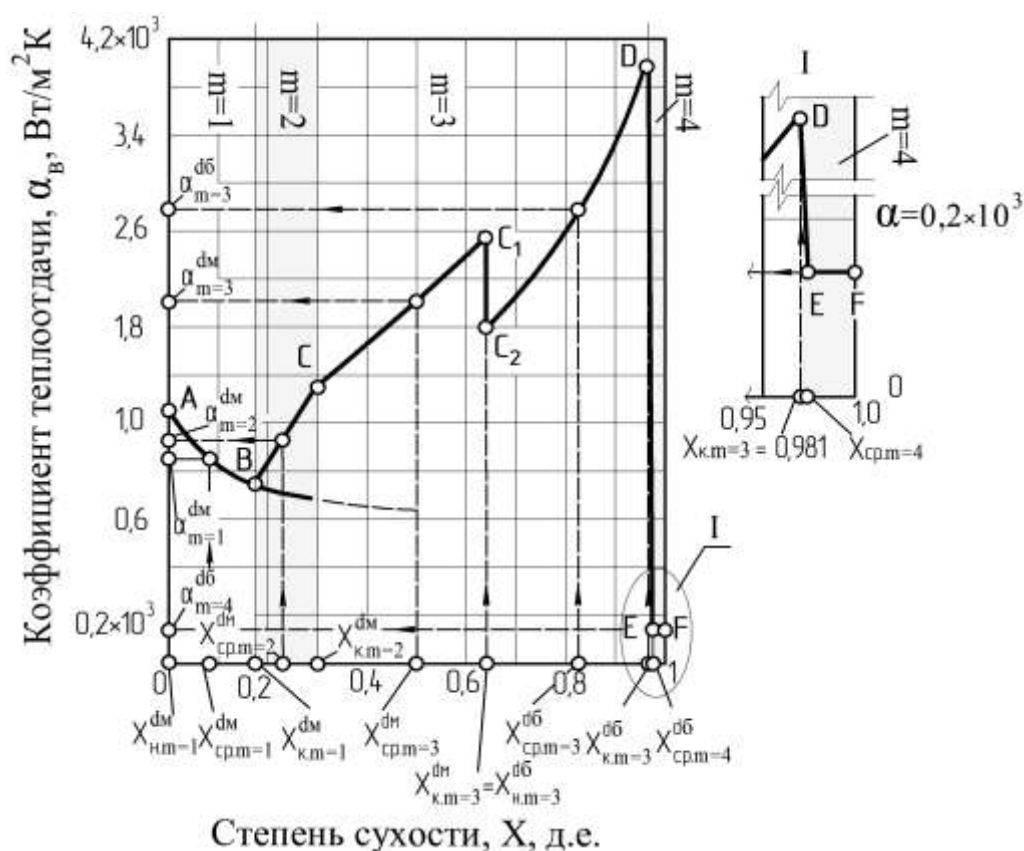


Рис. 4 – Графическая зависимость коэффициента теплоотдачи α_v от степени сухости X для парожидкостной смеси пропана и бутана при $\Psi_{ж} = 50$ мол. % для двухступенчатого трубного устройства с диаметрами: $d = 0,015$ м; $d = 0,021$ м

Участки АВ и ВС₁ целиком охватывают первую ступень проточного трубного испарителя $d_m = 0,015$ м, характер изменения и значения коэффициента теплоотдачи α_v сохраняются такими же, как и для одноступенчатого проточного трубного испарителя. Так, на линии СС₁ происходит развитие пленочного режима течения и коэффициент теплоотдачи α_v возрастает до величины $\alpha_{C1} = 2620,5$ Вт/(м²·К) в точке С₁. Однако переход с первой ступени $d_m = 0,015$ м на вторую $d_6 = 0,021$ м происходит при скачкообразном уменьшении коэффициента теплоотдачи α_v до значения $\alpha_{C2} = 1788,5$ Вт/(м²·К) из-за роста проходного сечения испарительного устройства и уменьшения скорости пропан-бутановой смеси.

Список литературы

1. Усачев А.П., Рулев А.В. Моделирование испарительного трубопроводного змеевика сжиженного углеводородного газа с максимально возможной интенсивностью внутреннего теплообмена // Нефтегазовое дело. 2012. № 4. С. 428-436.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ УСЛОВИЙ КИПЕНИЯ ПРОПАН-БУТАНОВЫХ СМЕСЕЙ В ИСПАРИТЕЛЬНОМ ТРУБОПРОВОДЕ

Усачев А.П. *, Рулев А.В. *, Шингалиева Д.Н. *, Кружилина Е.А. *

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

Предложены результаты экспериментальных исследований по выявлению изменения температурных условий кипения пропан-бутановых смесей сжиженных газов в зависимости от диаметра испарительного трубопровода и расхода газа. Определена точка перехода режима проточного испарения при постоянной температуре кипения пропан-бутановой смеси в режим проточного испарения при переменной температуре кипения.

Ключевые слова: сжиженные углеводородные газы, испаритель, режим кипения, пропан-бутан, исследования, сравнение, энергоноситель

STUDY OF CHANGE TEMPERATURE UNDER BOILING PROPANE- BUTANE MIXTURES IN THE EVAPORATOR TUBING

Usachev A.P. *, Rulev A.V. *, Shingalieva D.N. *, Kruzhilina E.A. *

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

The proposed experimental results to identify change of temperature conditions the boiling point of propane-butane mixtures of liquefied gases, depending on the diameter of the evaporation pipe and the gas flow. Defined the transition point of the flow regime of evaporation with a constant boiling point of propane-butane mixture in the flow regime of evaporation with a variable boiling temperature.

Keywords: liquefied petroleum gas, the evaporator, the boiling, propane-butane, research, comparison, source of energy

В процессе многочисленных испытаний промышленных трубных испарителей сжиженных углеводородных газов, состоящих из смеси пропана и бутана, неоднократно наблюдалось изменение температурных условий кипения в зависимости от диаметра трубы и расхода газа. Иногда имело место проточное испарение при постоянной температуре кипения, равной температуре конца кипения пропан-бутановой смеси (ПБС). В ряде случаев наблюдалось кипение при переменной температуре в интервале от температуры начала кипения до температуры конца кипения ПБС.

Для определения возможности перехода режима проточного испарения, происходящего при постоянной температуре кипения пропан-бутановой смеси, в режим проточного испарения, протекающий в интервале от температуры начала до температуры конца кипения, были проведены исследования.

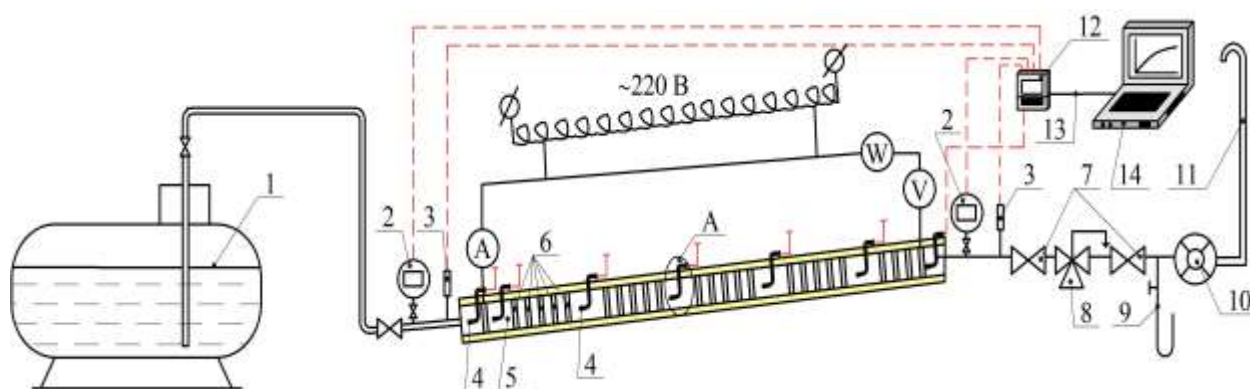
Схема экспериментальной установки изображена на рисунке. Насыщенная жидкая фаза (ЖФ) сжиженного углеводородного газа при давлении $P = \text{const} = 0,01 \text{ МПа}$ поступает из резервуара в наклонный испарительный трубопровод, где полностью испаряется, а пары сжиженного углеводородного газа сжигаются на выходе из свечи.

Наклонный испарительный трубопровод наружным диаметром $25 \times 5 \text{ мм}$ был выполнен из температуростойкого стекла с добавкой молибдена. Угол наклона испарительного трубопровода изменялся от 30° до 90° .

Энергия на нужды испарения к наклонному испарительному трубопроводу подводилась при помощи электронагревательного провода, навитого на его наружную поверхность.

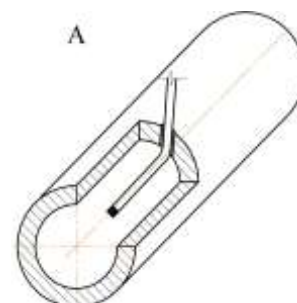
Во время проведения испытаний измерялись следующие параметры:

- давление и температура жидкой и паровой фазы пропан-бутановой в начале и конце наклонного испарительного трубопровода;
- температура пропан-бутановой смеси по длине наклонного испарительного трубопровода;
- продолжительность эксперимента и расход сжиженного газа;
- состав сжиженного газа;
- количество электроэнергии, подводимой к нагревательному элементу, навитому на наклонный испарительный трубопровод.



Принципиальная схема экспериментальной установки:

- 1 – резервуар СУГ; 2 – дифференциальный манометр;
 3 – термометр; 4 – термоэлектрический кабельный преобразователь марки ТП 0198; 5 – наклонный испарительный трубопровод;
 6 – нагревательный элемент; 7 – вентили; 8 – регулятор давления с предохранительно-запорным клапаном; 9 – U-образный манометр;
 10 – счетчик газа; 11 – свеча безопасности 12 – блок многоканальных измерителей температуры и давления; 13 – нуль-модемный кабель;
 14 – переносной компьютер



Отбор проб пропан-бутановой смеси осуществлялся в пробоотборники 4 раза в течение испытаний. Перед проведением испытания пробоотборники продувались сжиженным углеводородным газом в течение 5 минут, затем производился анализ газа при помощи хроматографа ХЛ-6.

Показания с приборов снимались при стационарном тепловом режиме работы испарителя, когда температура сжиженного газа на выходе из него в течение 15 ÷ 20 минут не изменяла своего значения.

Температура конца кипения пропан-бутановой смеси находилась, согласно рекомендациям [1, 2] в зависимости от состава газа и давления в испарительной установке пропан-бутановых смесей.

С целью сведения к минимуму теплопотерь от стеклянного испарительного трубопровода наружная поверхность покрывалась тепловой изоляцией из термо-

стойкой теплоизоляционной трубки типа «Термофлекс» толщиной 9 мм. Через 150 мм в теплоизоляционной трубке прорезались смотровые окна для наблюдения за характером отделения паровых пузырьков с поверхности нагрева и за режимом испарения парожидкостной смеси.

В качестве параметра, характеризующего режим испарения ПБС, принят критерий Фруда

$$Fr = \omega^2 / (d \cdot g),$$

где ω – скорость паровой фазы на выходе из стеклянной трубки при фактическом давлении в трубопроводе, м/с;

d – внутренний диаметр стеклянной трубки, м;

g – ускорение свободного падения, м/с².

Опыты проводили при изменении критерия Фруда в диапазоне от $2,7 \cdot 10^{-4} \pm 20\%$ до $5 \cdot 10^{-2} \pm 20\%$.

В результате экспериментальных исследований выявлено, что процесс испарения ПБС в проточной системе имеет два режима.

Первый режим характеризуется постоянством температур по всей длине испарительного трубопровода. При этом паровые пузырьки отделялись от поверхности нагрева, поднимались через слой жидкости к концу испарительного участка, собирались здесь, и уходили из испарительной трубы.

Было установлено, что поддержание $Fr < 5,9 \cdot 10^{-3} \pm 20\%$ при движении паров испаренного СУГ внутри канала обеспечивает температурные условия, свойственные первому режиму испарения, когда температура кипения равна температуре конца кипения ПБС, а состав жидкой фазы на входе в испарительный трубопровод равен составу паровой фазы на выходе из него.

Второй режим характеризуется переменной температурой кипения по всей длине испарительного трубопровода. При этом паровые пузырьки уже на начальном участке отделялись от поверхности нагрева, собирались в верхней части трубы, объединялись в более крупные пузыри и, двигаясь вдоль верхней образующей трубы, формировали сплошную пробку. Затем имело место последовательное изменение режимов течения: с четкой границей раздела паровой и жидкой фаз, волнового, пленочного, дисперсного, после чего пары уходили из испарительной трубы.

Было установлено, что поддержание $Fr > 5,9 \cdot 10^{-3} \pm 20\%$ при движении паров испаренного СУГ внутри канала обеспечивает температурные условия, свойственные второму режиму испарения при переменной температуре в интервале от температуры начала кипения до температуры конца кипения ПБС, а состав жидкой фазы на входе в испарительный трубопровод равен составу паровой фазы на выходе из него.

Список литературы

1. Усачев А.П., Герасимова Л.И. Исследование температурных условий при кипении смеси пропан – бутан – изобутан в испарителях проточного типа // Распределение и сжигание газа: сб. тр. Сарат. политехн. ин-та. Саратов: СПИ, 1974. Вып. 65. С. 190-196.
2. Усачев А.П. Применение температурного метода для экспериментального определения длины грунтового испарителя сжиженного газа проточного типа // Использование газа в промышленности: межвуз. науч. сб. Саратов: СПИ, 1978. Вып. 4. С. 71-75.

**ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ КОНФИГУРАЦИИ РЕЗЕРВУАРА
СЖИЖЕННОГО УГЛЕВОДОРОДНОГО ГАЗА
ПРИ ЗАДАННОМ ГАЗОПОТРЕБЛЕНИИ**

Осипова Н.Н.*, Кузнецов С.С.*, Саяпина К.А.*

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

Представлены результаты исследований по оптимизации геометрических параметров резервуаров сжиженного углеводородного газа с учетом реального газопотребления объектами газоснабжения. Для практического внедрения результатов исследований предложен оптимальный типовый ряд резервуаров, наиболее адаптированный к условиям современной газовой практики.

Ключевые слова: резервуар, сжиженный углеводородный газ, конфигурация, затраты в сооружение и устройство резервуара

**THE CHOICE OF AN OPTIMUM CONFIGURATION OF THE TANK OF THE
LIQUEFIED HYDROCARBONIC GAS AT THE SET GAS CONSUMPTION**

Osipova N.N.*, Kuznetsov S.S.*, Sayapina K.A.*

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

Results of researches on optimization of geometrical parameters of tanks of the liquefied hydrocarbonic gas taking into account real gas consumption by objects of gas supply are presented in article. For practical introduction of results of researches an optimum standard number of tanks which is most adapted to conditions of modern gas practice is offered.

Keywords: the reservoir, the liquefied hydrocarbonic gas, configuration, the costs in a construction and the device of the reservoir

При газификации потребителей, удаленных от сетевого магистрального газа, объектов, расположенных на местности со сложным рельефом, а также при отсутствии сетевого магистрального газа с перспективой дальнейшего его подключения к потребителям в качестве источников энергоснабжения выступают системы автономного газоснабжения. Наиболее развитыми и часто применяемыми являются системы на сжиженном углеводородном газе.

В то же время практика монтажа и эксплуатации данных систем показала их ресурсо- и материалоемкость. Наиболее ресурсоемкими и дорогостоящими элементами автономной системы газоснабжения являются резервуары сжиженного углеводородного газа [1].

Вследствие сурового климата практически на всей территории Российской Федерации широкое распространение получили подземные резервуарные установки. Расположение в грунте обеспечивает стабильный приток тепла к сосуду и следовательно, бесперебойную регазификацию газа для подачи потребителю. На рынке Российской Федерации представлено значительное количество резервуаров СУГ зарубежного производства, которые зачастую не адаптированы к условиям эксплуатации в России (имеют короткую горловину). В России производители в основном ориентируются на крупного потребителя, использующего газ в размерах от 50 до 100 тонн в год. Таким образом, для энергоснабжения объектов до 50 тонн в год (индивидуальные жилые дома, дачные товарищества, небольшие коттедж-

ные поселки) предлагаемые размеры используемых резервуаров представляются весьма завышенными [2].

Для обоснования оптимальных геометрических параметров резервуаров СУГ была разработана экономико-математическая модель, комплексно учитывающая длину резервуара, его диаметр и годовое газопотребление объектом газификации.

За основу были приняты минимум затрат в сооружение и эксплуатацию резервуарной установки:

$$Z = K + UI = \min, \quad (1)$$

где K – капитальные вложения в сооружение резервуарной установки, руб.;

I – годовые эксплуатационные расходы, руб./год;

U – дисконтирующий множитель, год, определяемый по формуле

$$U = \frac{(1+E)^{t_{\text{сн}}} - 1}{(1+E)^{t_{\text{сн}}} \cdot E}, \quad (2)$$

где $t_{\text{сн}}$ – срок службы резервуарной установки, лет. Принимается в соответствии с нормами амортизационных отчислений и составляет с учетом морального старения техники 20-25 лет;

E – минимальная приемлемая для инвестора норма прибыли на капитал.

В общем виде указанные затраты (1) можно представить в виде следующего функционала:

$$Z = f[\Phi, V_p(Q_{\text{год}})] = \min, \quad (3)$$

где Φ – формфактор резервуара (отношение длины цилиндрической части резервуара $l_{\text{ц}}$ к его диаметру d);

V_p – геометрический объем резервуара, м^3 ;

$Q_{\text{год}}$ – годовой объем потребления газа от резервуарной установки, т/год.

Результаты реализации математической модели (1)-(3) с учетом зоны экономической определенности представлены на рисунке.

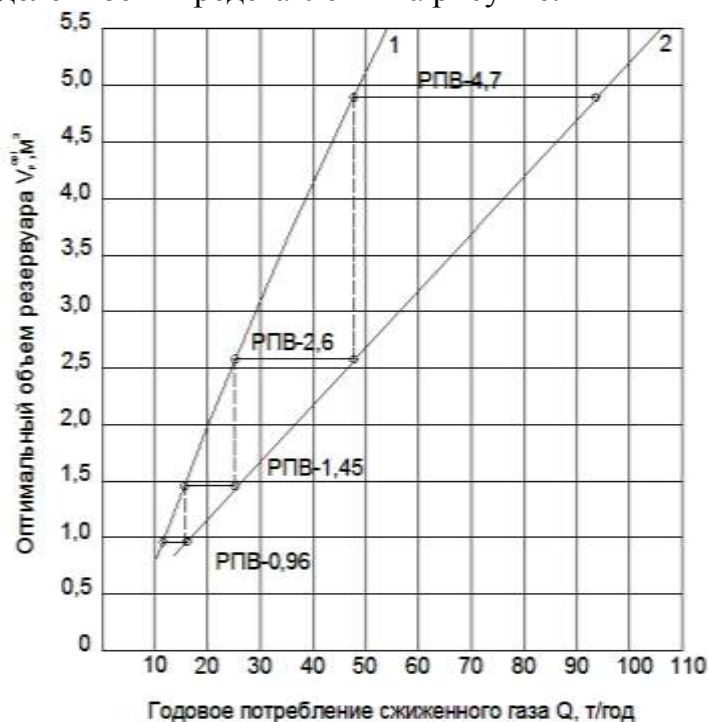


Рис. 1 – Оптимальный типоряд вертикальных подземных резервуаров СУГ.

1,2 – верхняя и нижняя границы ЗЭН

Данная математическая модель позволяет определить оптимальное сочетание основных геометрических размеров резервуара – длины и диаметра при заданном объеме сосуда, который в свою очередь определяется объемом годового газопотребления в зависимости от газоиспользующего оборудования, установленного у потребителя.

На основе математической модели был разработан типовой ряд резервуаров, максимально адаптированный к условиям современной газовой практики, сориентированный на газопотребление объектов газификации менее 50 тонн в год.

Технические характеристики подземных резервуаров СУГ приводятся в таблице.

Технические характеристики подземных вертикальных резервуаров сжиженного углеводородного газа

Наименование параметра	Обозначение (марка) резервуара			
	РПВ-0,96	РПВ-1,45	РПВ-2,6	РПВ-4,7
Геометрический объем резервуара $V_p, \text{м}^3$	0,96	1,45	2,6	4,7
Полезный объем резервуара при 85% заполнения	0,82	1,24	2,22	4,0
Внутренний диаметр корпуса $d, \text{мм}$	900	1100	1400	1800
Толщина стенки корпуса и днища $\delta, \text{мм}$	6	6	8	8
Длина резервуара по эллиптическим длинам $l, \text{мм}$	1819	2050	2070	2190
Рекомендуемый диапазон годового газопотребления $Q_{\text{год}}, \text{т/год}$	≤ 15	15 - 25	25 - 45	45 - 100

Вывод:

1. Разработана экономико-математическая модель оптимизации геометрических параметров резервуаров сжиженного углеводородного газа с учетом реального газопотребления объектами газоснабжения.
2. Разработан оптимальный типовой ряд резервуаров, наиболее адаптированный к условиям современной газовой практики.

Список литературы

1. Курицын Б.Н., Усачев А.П., Шамин О.Б. Оптимизация геометрических параметров резервуарных установок сжиженного газа // Совершенствование систем теплогазоснабжения и вентиляции: межвуз. науч. сб. Саратов: СГТУ, 1994. С. 64-71.
2. Шамин О.Б. Паропроизводительность подземных резервуарных установок сжиженного газа с вертикальным размещением резервуаров // Совершенствование архитектурных решений, строительных конструкций, технологий и организации строительства: межвуз. науч. сб. Саратов: СГТУ, 1997. С. 185-189.

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К СВЯЗИ МЕЖДУ ЭНЕРГЕТИКОЙ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ

Малая Э.М.*, Голиков Д.В.*, Леонова Д.А.*

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

Недостаточно иметь хорошие методы, способы или системы оценок. Иногда они должны быть весьма специфичными, чтобы, например, учесть воздействие на окружающую среду, различные альтернативные решения, необходимые ресурсы для производства энергии и т.д. Именно они составляют содержание данной статьи.

Ключевые слова: энергетика, окружающая среда, системный подход, устойчивость

A SYSTEMATIC APPROACH TO THE RELATIONSHIP BETWEEN ENERGY AND THE ENVIRONMENT

Malaya E.M.*, Golikov D.V.*, Leonova D.A.*

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

It is not enough to have good methods, assessment methods or systems. Sometimes they must be highly specific to, for example, consider the impact on the environment, various alternative solutions needed resources for power generation, etc. They make up the content of this article.

Keywords: energy, environment, systems approach, stability

При изменении системы энергоснабжения и/или выборе приоритетов при реализации определенных мероприятий с учетом стоимости и экологии могут быть выбраны различные пути:

- энергосберегающие мероприятия, предпринимаемые пользователем;
- энергосберегающие мероприятия при производстве и распределении энергии;
- использование такого вида топлива, которое в минимальной степени влияет на окружающую среду;
- использование топлива такого качества, которое оказывает минимальное воздействие на окружающую среду;
- технологические методы по улучшению процесса горения в котлах и т.д.
- улучшение эксплуатации и ремонта;
- очистка дымовых газов.

Очистка, использование топлива с улучшенными характеристиками, или совершенствование топочного процесса для данной энергетической системы можно охарактеризовать как мероприятия по модернизации.

Однако другие мероприятия могут дать более существенный эффект для окружающей среды: повышение эффективности, приводящее к снижению потребности в энергии; выбор более эффективной системы с более экономичным производством энергии и таким образом меньшими выбросами; или выбор энергетической системы, использующей экологически благоприятные топлива, при сжигании которых некоторые виды загрязнений могут быть полностью или частично устранены. Проблемы окружающей среды и мероприятия по энергетике часто реализуются совершенно изолированно одно от другого. Муниципальные и региональные органы

экологического надзора отвечают, в первую очередь, за инспекцию и контроль за вредными выбросами от определенного предприятия.

Имеется достаточно причин для усиления диалога между участниками энергетической и экологической сфер деятельности, причем этот диалог необходим на самой ранней стадии. В результате становится возможным выбор экологически приемлемых и экономически эффективных решений.

Устойчивость энергетики, занятость и т.д.

Уязвимость общества к потрясениям, связанным с кризисными ситуациями техническими авариями, резкими изменениями цен и другими неожиданностями работе энергосистем, вызывает большое беспокойство. Следовательно, необходимо принимать во внимание непредвиденные обстоятельства. С этой точки зрения очень важными представляются гибкость и надежность энергосистем, а также диверсификация источников энергии.

Более широкое использование местных топлив и различные пути повышения эффективности энергетики оказывают положительное влияние на занятость. Опасность безработицы заставляет искать возможности повышения занятости. Если вместо дорогого мазута можно использовать местные возобновляемые топлива, когда основные затраты уходят на оплату труда, муниципалитеты предоставляют налоговые послабления, которых энергетики в противном случае не имели бы.

Характерно, что многие мероприятия, которые оказываются полезными для защиты окружающей среды, так же хороши с точки зрения готовности и повышения занятости. Это справедливо, например, при увеличении использования биомассы вместо ископаемого топлива, при внедрении централизованного теплоснабжения вместо индивидуального, а также при внедрении экономических мероприятий, особенно более эффективного использования электроэнергии.

Расширение базы, на основе которой принимаются решения

Основой для принятия решений относительно энергетического проекта может стать информация, полученная при обсуждении не только вопросов финансирования, эффективности и воздействия на окружающую среду, но и многие другие факторы. Изучение воздействия на окружающую среду может быть дополнено исследованием воздействия на другие стороны жизни.

На рис. 1 и 2 приведены примеры сложных связей в системе преобразования энергии. Оценивается использование биомассы для получения энергии. Как видим, наряду с положительными факторами имеются и негативные последствия.

Видно, что преимущества использования биомассы для получения энергии превышают недостатки, особенно в тех случаях, когда речь идет о крупных установках, таких, как централизованные отопительные котельные. Биомассу также можно использовать для комбинированной выработки тепла и электроэнергии.

Что касается обогрева односемейных домов с помощью древесины, то для этих целей необходимо использовать специальные котлы с минимальным загрязнением окружающей среды, чтобы их достоинства превышали их недостатки. Обязательным условием для таких котлов является установка аккумуляторного бака. Это позволит добиться экологически более чистого сжигания и значительно повысить эффективность топочного процесса.



Рис. 1 – Преимущества использования биомассы для производства энергии

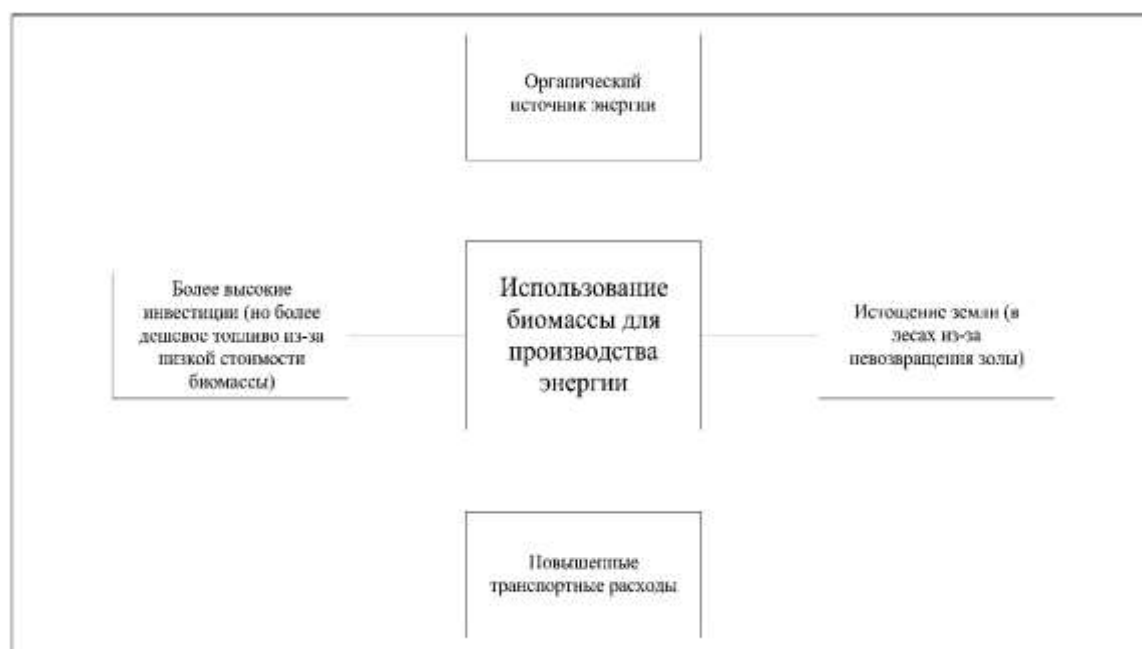


Рис. 2 – Недостатки использования биомассы для производства энергии

Важнейшим преимуществом использования биомассы является возобновляемый характер этого вида топлива, что повышает степень занятости и приводит, в конечном счете, к дополнительному образованию диоксида углерода.

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

УДК 624.159

ФУНДАМЕНТЫ ПРИСТРОЕННОЙ ЧАСТИ ЖИЛОГО ДОМА: ОСОБЕННОСТИ УСТРОЙСТВА И ПОСЛЕДСТВИЯ

Айгумов М.М., Байрамкулов Т.Э.**

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

Рассмотрены фундаменты пристроенной части здания. По результатам обследования в шурфах установлены конструкция использованных фундаментов и особенности их возведения.

Ключевые слова: фундаменты, грунты, глубина заложения, трещины, шурф

FOUNDATIONS ATTACHED PART OF A RESIDENTIAL HOUSE: PRODUCT FEATURES AND CONSEQUENCES

Aigumov M.M., Bayramkulov T.E.**

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

Considered the attached part of the foundations of the building. According to a survey in the pits set design used foundations and features of their construction.

Keywords: foundations, soils, laying depth, crack, hole

В 60-е годы XX века существующее двухэтажное здание исторической постройки конца XIX столетия было надстроено на два дополнительных этажа с пристройкой второго жилого подъезда. В результате надстройки здание стало четырехэтажным, с подвальной частью в середине жилого дома сложной формы в плане [1]. На первом этаже здания со стороны главного фасада располагаются торговые помещения, а со стороны дворового фасада и полностью со второго по четвертый этаж – жилые квартиры. В подвальной части здания расположены тепловой пункт и хозяйственные постройки для жильцов дома.

После проведенной реконструкции жилое здание в течение 30 лет нормально эксплуатировалось без существенных деформаций и появления повреждений в несущих строительных конструкциях. Однако в начале 90-х годов в наружных кирпичных стенах дворового фасада начали проявляться первые трещины, которые в дальнейшем достигли аварийных значений.

Проектная и исполнительная документация на строительство и реконструкцию дома не сохранилась. В связи с этим было выполнено обследование жилого дома, в том числе исследование фундаментов и грунтов основания в шурфах. Результаты обследования показали следующее:

– фундаменты исторической части здания в осях «4-9» – ленточные, на естественном основании, из керамического кирпича на известковом растворе. При реконструкции (надстройке) жилого дома было выполнено усиление существующего ленточных фундаментов этой части здания путем одностороннего уширения

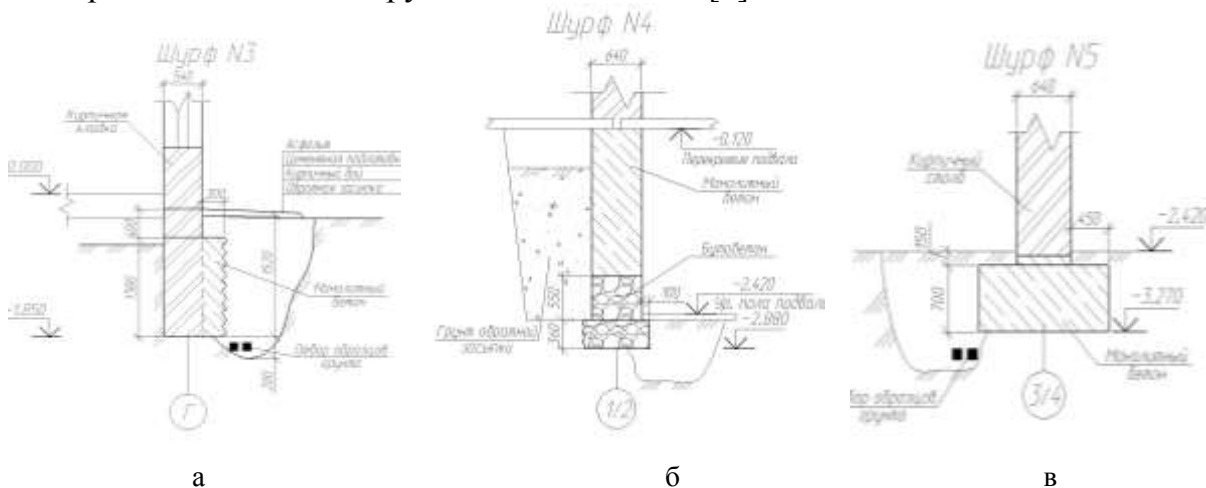
из монолитного бетона. При этом высота уширения составляет 1100 мм, а верх уширения находится на 360-400 мм ниже уровня отмостки;

- фундаменты под наружные несущие кирпичные стены пристроенной части здания в осях «1-4» – ленточные, на естественном основании, выполнены из бутобетона и бутовой кладки. Под внутренние кирпичные столбы выполнены отдельно стоящие фундаменты из монолитного бетона;

- глубина заложения подошвы ленточных фундаментов пристроенной части в осях «1-4» с подвалом изменяется от – 3.270 м в осях «3-4» до – 2.880 по оси «1/2» (рис. б, в);

- глубина заложения подошвы фундаментов без подвальной части здания в пределах второго подъезда в осях «1-2» составляет – 1.520 м по оси «1» и – 1.650 по оси «Г» (рис. а).

Таким образом, при строительстве здания в пределах пристроенной части (второй подъезд) использованы разные конструктивные схемы фундаментов, глубина заложения подошвы которых в пределах небольшой длины меняется от 3,27 до 1,52 м. При проектировании фундаментов мелкого заложения без подвальной части здания в осях «1-2» не были учтены особенности грунтов основания верхней просадочной толщи грунтового основания [2].



Глубина заложения фундаментов

Несущим слоем для фундаментов пристроенной части здания жилого дома служат серо-коричневые суглинки твердой консистенции (ИГЭ №2) со следующими физико-механическими показателями:

$$\omega = 20,0 \%; \omega_L = 34,0 \%; \omega_p = 21,0 \%;$$

$$I_p = 13 \%; I_L < 0; \rho_d = 1,52 \text{ г/см}^3;$$

$$\rho^H = 1,82 \text{ г/см}^3; \rho_{II} = 1,75 \text{ г/см}^3;$$

$$\rho_s = 2,65 \text{ г/см}^3; e = 0,75; Sr = 0,70;$$

$$\varphi^H = 21 \text{ град}; \varphi_{II} = 20 \text{ град};$$

$$C^H = 28 \text{ кПа}; C_{II} = 21 \text{ кПа};$$

$$Es = m_c E_c = 9,0/6,0 \text{ МПа}.$$

Грунты несущего слоя (ИГЭ № 2) по результатам лабораторных испытаний отнесены к просадочным грунтам по 1 типу: начальное просадочное давление грунта $p_{sl} = 0,18 \text{ МПа}$; относительная просадочность ε_{sl} при давлениях 0,2; 0,25; 0,3 МПа соответственно составляет 0,011; 0,013; 0,02. Мощность слоя от 3,1 м до 3,6 м.

Ниже расположены коричневые туго-мягкопластичные суглинки (ИГЭ № 3, 4) мощностью до 12 м, которые имеют одинаковое происхождение и условия формирования с верхним слоем, являются, по сути, одним и тем же грунтом с разной природной влажностью и консистенцией.

Аварийные деформации без подвальной части здания являются результатом замачивания грунтов основания поверхностными водами и утечками из водонесущих инженерных коммуникаций, расположенных с дворовой стороны фасада. В наружной кирпичной стене дворового фасада по оси «Г» были зафиксированы многочисленные вертикальные и наклонные трещины с шириной раскрытия до 40-80 мм, которые носят явно выраженный осадочный характер.

Наиболее опасная трещина расположена вблизи торцевой кирпичной стены по оси «1», где она имеет ширину раскрытия до 80 мм. На этом участке отдельные трещины проходят через фундамент и имеют ширину раскрытия до 30 мм. На трещины в разное время были установлены гипсовые маяки, которые свидетельствуют о нарастании деформаций.

Осадки грунтового основания на период обследования жилого дома не были завершены, что потребовало проведения работ по усилению грунтового основания.

Список литературы

1. Айгунов М.М., Иващенко Ю.Г. Опыт усиления фундаментов аварийного жилого дома по улице Котовского в г. Саратове // Научное обозрение. 2015. № 11. С. 69-74.
2. Коновалов П.А. Основания и фундаменты реконструируемых зданий. М. : Стройиздат, 1988. 287 с.

УДК 624.154

ТЕХНОЛОГИЯ ПОГРУЖЕНИЯ СВАЙ ЗАВИНЧИВАНИЕМ В НОВОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Айгунов М.М.* , Мавлюдов Д.В.*

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

Рассмотрена технология погружения винтовых свай завинчиванием с использованием специального навесного оборудования. Приведены область рационального применения винтовых свай в новом строительстве и существующая классификация оборудования для завинчивания свай.

Ключевые слова: технология погружения, тип фундамента, навесное оборудование, винтовая свая, кабан, новое строительство

TECHNOLOGY PILING SCREWING IN NEW CONSTRUCTION

Aigunov M.M.* , Mavlyudov D.V.*

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

We consider dipping screw piles screwing technology using special attachments. Shows the area of rational use of screw piles for new construction and existing classification equipment for screwing piles.

Keywords: immersion technology, type of foundation, attachments, screw pile, capstan, new construction

На выбор типа фундамента при строительстве зданий и сооружений влияет большое количество различных факторов. При этом проблема рационального проектирования фундаментов в строительной отрасли до последнего времени остается одной из актуальных задач. Особенно остро эта проблема стоит при проектировании фундаментов в сложных инженерно-геологических условиях, когда доля затрат на возведение подземной части здания может составить до 20 % от общих затрат на строительство. В случае, когда с поверхности залегают слабые болотистые грунты и нагрузка от постройки требуется передать на более плотные грунты, залегающие глубоко более экономичным вариантом может оказаться использование винтовых свай.

Винтовые сваи – тип свай, заглубляемых в грунт методом завинчивания в сочетании с вдавливанием. Винтовые сваи изготавливаются из литых либо сварных стальных деталей и состоят из ствола и одного или нескольких лопастей. Расчёт при проектировании свайных фундаментов с применением винтовых свай выполняется по СП 24.13330.2011 [1]. Погружение винтовых свай производят при помощи гидравлических механизмов, установленных различных базовых строительных машинах, а в отдельных случаях – вручную. Такие сваи погружаются в грунт наподобие шурупа, закручиваемого в дерево. В некоторых случаях при наличии в основании твердых включений для облегчения процесса погружения свай используют лидерные скважины.

При новом строительстве винтовые сваи рационально использовать в качестве фундаментов ЛЭП и мачт, ангаров, рекламных щитов, на обводненных грунтах, для малоэтажного строительства на болотистых грунтах, в условиях дефицита по времени на строительство и т.д.

Область применения винтовых свай в условиях реконструкции: под фундаменты для оборудования в существующих зданиях, при строительстве вблизи исторических зданий, при необходимости исключить вибрационные нагрузки на существующие здания, при усилении в сложных грунтовых условиях, для восприятия отрицательных усилий и т.д.

Технология погружения свай завинчиванием основано на внедрении в грунт стальных и железобетонных элементов со стальным наконечником с помощью мобильных установок, которые устанавливают на базовый автомобиль или другое самоходное средство. Данная технология применяется в основном при устройстве фундаментов под мачты линий электропередачи, вышек сотовой связи и других мачтовых сооружений, где в достаточной мере могут быть использованы несущая способность винтовых свай и их сопротивление на выдергивание.

Установки для завинчивания свай в своем составе имеют следующие основные элементы: рабочий орган, привод для вращения и наклона рабочего органа, гидросистема, пульт управления, гидравлические выносные опоры и другое вспомогательное оборудование. Рабочим органом установки является кабестан – механизм, который состоит из двух парных захватов и электродвигателя. Захваты обжимают сваю и передают ей вращательное движение от электродвигателя. Винтовые лопасти наконечников в зависимости от назначения свай могут иметь размеры в диаметре до 3 м, минимальный диаметр лопастей составляет 30 см; длина свай может превышать 20 м [2].

Конструкция рабочего органа позволяет выполнять следующие технологические процессы по погружению свай: втягивание винтовой сваи внутрь трубы

рабочего органа, создание заданного рабочего угла, под которым свая погружается в грунт ($0...45^{\circ}$ от вертикали), погружение свай в грунт за счет вращения с одновременным использованием осевого усилия. Вращательное усилие, создаваемое такими установками, при необходимости можно использовать для выдергивания свай из грунта.

При необходимости внутренняя полость винтовой сваи после завинчивания заполняется монолитным бетоном с армированием. Скорость погружения винтовых свай зависит от диаметра лопасти, физико-механических характеристик грунта и находится в пределах $0,2...0,6$ м/мин.

Основным препятствием широкому внедрению винтовых свай было отсутствие машин для погружения свай, поэтому сваи приходилось завинчивать вручную или с использованием простейших механизмов, что требовало чрезмерных трудовых затрат и денежных средств.

Расширение области применения винтовых свай тесно связано, с одной стороны, с появлением потребности в таких сваях, а с другой – с облегчением работ по их погружению и совершенствованием механизмов, предназначенных для этой технологической операции [3].

Существующее оборудование для завинчивания свай и анкеров принято классифицировать:

- по типу ходового оборудования: на самоходные (на пневмоколесном, гусеничном ходу) и навесное (непосредственно на сваю, тягач);
- по типу привода механизма вращателя: на механические, гидравлические, электрические, тросовые и ручные;
- по типу механизма осевой подачи якоря или свай (гидравлические, фрикционные, тросовые, винтовые и вибрационные).

Кабестаны относятся к навесным механизмам. Электрические кабестаны состоят из неподвижной рамной части, которая в процессе работы оборудования должна быть закреплена против вращения, и подвижной части, вращающейся вместе со сваями [3].

Применение гидрокабестана в качестве механизма для обеспечения вращательного движения свай, ключа оригинальной конструкции для фиксации свай, передачи на нее моментов сил и применение мачты, шарнирно закрепленной на раме базового трактора, а также несущей на себе кабестан, стали шагом вперед в сравнении с установками для завинчивания прошлого поколения.

Из отечественных разработок наиболее перспективным является механизм завинчивания МВ-85, созданный ОАО «Завод Стройдормаш», который устанавливается в качестве навесного оборудования на краны, экскаваторы и краны манипуляторы [4].

Список литературы

1. СП 24.13330.2011 Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85*.
2. Айгумов М.М., Айгумов Ш.М. Применение винтовых свай в строительстве и способы их погружения // Ресурсо- и энергоэффективные технологии в строительном комплексе региона: сб. науч. тр. по материалам Междунар. науч.-практ. конф. Саратов: СГТУ, 2014. С. 330-334.
3. Железков В.Н. Винтовые сваи в энергетической и других отраслях строительства. СПб.: Прагма, 2004. 128 с.
4. ОАО «Завод Стройдормаш» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.zavod-sdm.ru>

ЗОНЫ ДЕФОРМИРОВАНИЯ И УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТОВ В ОСНОВАНИИ ФУНДАМЕНТОВ ПРИ ИХ УСТРОЙСТВЕ

Айзумов М.М., Макарова С.В.**

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

Рассмотрены вопросы деформирования и уплотнения грунтов в основании фундаментов при их устройстве. По литературным источникам изучены размеры зон уплотнения и изменения физико-механических свойств грунта в этих зонах, отмечено повышение природной плотности и прочности грунта.

Ключевые слова: зона уплотнения, фундаменты в вытрамбованных котлованах, физико-механические свойства грунта, плотность грунта

DEFORMATION ZONES AND SEALS SOILS UNDERLYING FOUNDATION DURING THE DEVICE

Aigumov M.M., Makarova S.V. **

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

The problems of deformation and compaction of soil at the base of foundations in their device. According to literature sources studied dimensions sealing zones and changes the physical and mechanical properties of the soil of these areas, marked increase of the natural density and strength of the soil.

Keywords: seal area, foundations punched in pits, physical and mechanical properties of the soil, soil density

При вытеснении некоторого объема грунта внутри массива создается зона деформации, в пределах которой повышается природная плотность, прочность и его несущая способность [1]. Повышение прочности и несущей способности грунта происходит в основном в результате явлений уплотнения, при которых, прежде всего, разрушаются структурные связи между частицами грунта и последующего формирования новой структуры с более плотным расположением частиц и агрегатов рассматриваемого грунта.

Размеры зоны деформирования зависят физико-механических свойств грунта, геометрических размеров фундамента характера и вида действующей нагрузки. Вопросу определения размеров зон деформирования и уплотнения грунта, а также изменению физико-механических характеристик грунта в этих зонах посвящены работы многих исследователей.

Исследования, выполненные в работе [2] по изучению изменений плотности грунта вокруг забивных висячих свай в грунтовых условиях I типа по просадочности, показали, что при погружении свай вдоль их боковой поверхности плотность сухого грунта лессовидных суглинков (ρ_d) изменяется от 1,4 до 1,82 г/см³.

Широкомасштабные натурные исследования свайных фундаментов и одиночных свай, выполненные Бартоломеем А.А. [3, 4], показали, что при погружении свай в четвертичные суглинки тугопластичной и мягкопластичной конси-

стенции ($S_r = 0,75-0,82$) размеры зон деформации грунта достигают $(6-7)d$ в случае одиночных свай и $(10-11)d$ вокруг ленточных свайных фундаментов. Под нижним концом свай уплотненные зоны распространяются на глубину до $(3-3,5)d$ в случае одиночных свай, а под ленточными свайными фундаментами – до $(4-5)d$ соответственно. В зонах уплотнения зафиксированы следующие изменения физико-механических свойств грунта: плотность грунта (ρ^H) изменилась от 1,9 до 2,26 г/см³ под одиночными сваями и до 2,35 г/см³ под ленточными свайными фундаментами; удельное сцепление грунта (c^H) в плоскости острия изменилось от 0,021-0,024 до 0,09-0,095 МПа; отмечено увеличение модуля деформации грунта (E) на глубину $(3,5-4,0)d$ под нижним концом одиночных свай и на глубину $(6-7)d$ под ленточными свайными фундаментами.

При устройстве пирамидальных свай, фундаментов в вытрамбованных котлованах и пробитых скважинах под подошвой и вокруг боковой поверхности создается уплотненная зона из грунта повышенных плотности, прочности и несущей способности [5]. Нагрузка от такого фундамента подошвой и боковой поверхностью вначале передается на уплотненный грунт, а затем с уплотненного массива грунта на грунты природного сложения, благодаря чему достигается более высокая несущая способность фундаментов по грунту.

Изучение напряженно-деформированного состояния основания фундаментов из пирамидальных свай в вытрамбованных скважинах со слабым подстилающим слоем выполненные в работе [6] показали, что максимальная ширина уплотненной зоны находится в области среднего сечения и составляет около $4d_{cp}$, а глубина под нижним концом $2d_{cp}$. Деформирование грунта при устройстве фундамента и создание уплотненной зоны привело к повышению прочностных и деформационных характеристик грунта: угол внутреннего трения увеличился на 2-3 град; удельное сцепления в 1,17-9 раза; модуль деформации – а 1,23-2,45 раза.

Список литературы

1. Зоценко Н.Л. Пенетрационный способ исследования зоны уплотнения, возникающей при погружении пирамидальной сваи в песчаный грунт // Сборник трудов. Киев, 1974. С. 17-21.
2. Григорян А.А., Мамонов В.М. Определение несущей способности забивной висячей сваи в грунтовых условиях I типа по просадочности // Основания, фундаменты и механика грунтов. 1963. № 3. С. 15-17.
3. Бартоломей А.А. Основы расчета свайных ленточных фундаментов по предельно допустимым осадкам. М.: Стройиздат, 1982. 223 с.
4. Бартоломей А.А., Омельчак И.М. Юшков Б.С. Прогноз осадок свайных фундаментов / под ред. А.А. Бартоломея. М.: Стройиздат, 1994.
5. Крутов В.И., Багдасаров Ю.А., Рабинович И.Г. Фундаменты в вытрамбованных котлованах. М.: Стройиздат, 1985. 164 с.
6. Щукенбаев А.Б. Напряженно-деформированное состояние оснований фундаментов в вытрамбованных котлованах со слабым подстилающим слоем: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Пермь, 1994. 22 с.

ОРГАНИЗАЦИЯ ОБСЛЕДОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЗДАНИЯ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Зобкова Н.В. *, Пшенов А.А. **

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

***ООО «Экспресс-проект», Россия, Саратов*

Рассмотрены вопросы по организации обследования производственного здания действующего предприятия г.Саратова. Приведены результаты работ по обследованию. Разработаны рекомендации для дальнейшей безаварийной эксплуатации здания.

Ключевые слова: организация работ, конструкция, часть здания, обследование, дефект, физический износ, эксплуатация

THE ORGANIZATION OF INSPECTION OF THE INDUSTRIAL BUILDING THE OPERATING ENTERPRISE

Zobkova N.V. *, Pshenov A.A. **

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

***LLC «Express-Project», Russia, Saratov*

Questions on the organization of inspection of an industrial building of the operating enterprise Saratov are considered. Results of works on inspection are resulted. Recommendations are developed for the further accident-free operation of a building.

Keywords: organization of work, construction of the building, inspection, defect, physical wear and tear, maintenance

Своевременный контроль технического состояния зданий и сооружений, проверка исправности строительных конструкций и частей зданий имеют большое значение при их эксплуатации. Преждевременный износ строительных конструкций зданий и сооружений можно предотвратить регулярным визуальным, а при необходимости, и инструментальным контролем. Также контроль за состоянием конструктивных элементов и частей зданий позволяет планировать и проводить профилактические мероприятия по сохранению зданий и сооружений в целом.

Плановые осмотры зданий и сооружений проводятся два раза в год: весной и осенью. В результате весеннего визуального планового осмотра действующего производственного корпуса специалистами ОКС предприятия ООО «Завод Саратовгазавтоматика» были выявлены ряд дефектов частей здания, что вызвало необходимость проведения технического обследования строительных конструкций и других частей здания специализированной проектной организацией.

Техническое обследование строительных конструкций зданий и сооружений проводилось в соответствии с СП [1].

Целью обследования являлось определение фактического состояния основных несущих строительных конструкций здания производственного здания с выдачей рекомендаций по их усилению и дальнейшей безаварийной эксплуатации.

Обследование строительных конструкций осуществлялось на основе задания и включало следующие этапы:

– Предварительный визуальный осмотр с целью ознакомления с объектом исследования, выявления возможных аварийных участков исполнителем (специалистами ООО «Экспресс-проект», а также определения действительного возраста, наличия технической документации, предполагаемых изменений в эксплуатации объекта. На момент выполнения работ полностью отсутствовала проектная и другая техническая документация по данному объекту. Заказчик представил технический паспорт БТИ, подготовленный ГУП «Саратовское областное бюро технической инвентаризации и оценки недвижимости» в июне 2006года. По данным паспорта БТИ дата введения объекта в эксплуатацию 1961-1973гг.

В результате предварительного осмотра установлено здание в плане имеет сложную конфигурацию и состоит из 8 строительных объемов: двухэтажного здания в осях «1-4», «А-Г»; двухэтажного здания в осях «4-11», «А-Г»; одноэтажного здания в осях «12*-15*», «Ж-И»; одноэтажного здания в осях «12-17», «В/1-Е»; одноэтажного здания в осях «12-15», «Б/1- В/1»; двухэтажного здания в осях «15-17», «Б/1- В/1»; здания переменной этажности в осях «12-17», «А-Б/1»; одноэтажное здание в осях «7-11», «Г-Д/1» (рисунок).

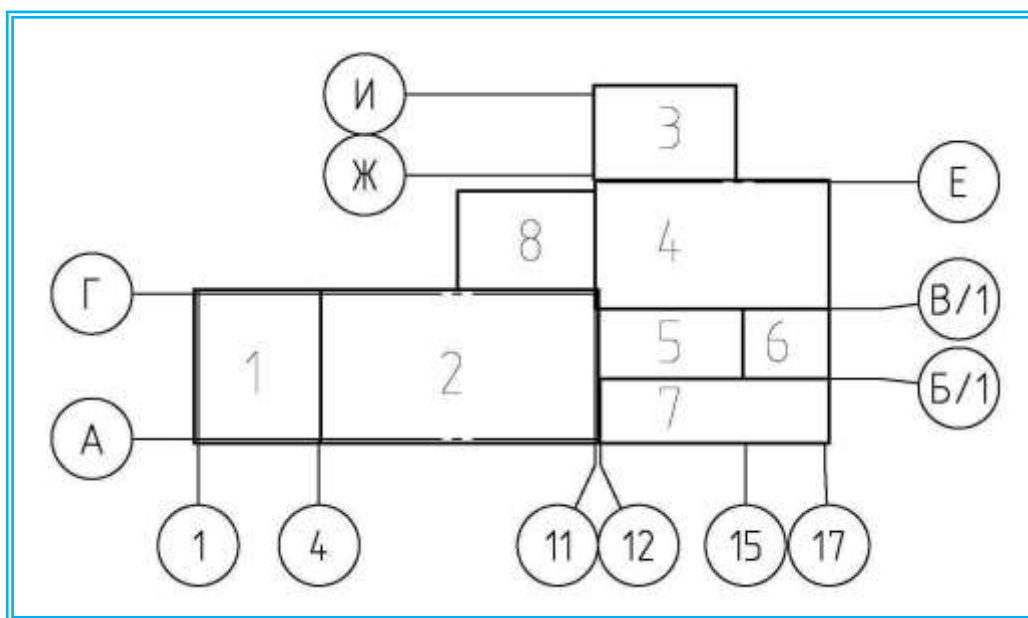


Схема расположения строительных объёмов производственного корпуса

– Составлена программа обследования с обязательными мероприятиями по технике безопасности при проведении работ.

– Геологические и гидрогеологические исследования, позволяющие оценить состояние грунтов основания, глубину заложения фундамента, а также конструктивное решение фундамента. Были отрыты шурфы вблизи стен фундаментов. Производили визуальный и инструментальный осмотр фундамента. Фундамент ленточный, выполнен без уступов. Нижняя часть фундамента высотой 1,76м из бутовой кладки, верхняя из керамического кирпича высотой 0,77 м; ширина подошвы фундамента предположительно 500 мм; вертикальная гидроизоляция фундамента не обнаружена; материал фундамента и грунт основания (песок) на момент обследования находились во влажном состоянии.

– Геодезические работы по определению положения здания и его частей (отметки, крены и т.д.), в том числе и определение размеров общих размеров здания. Геодезические измерения по оси «А» в осях «1-11» показали, что ряды каменной кладки здания имеют отклонения от горизонтальности с максимальными значениями у оси «7» здания. Максимальное значение составило 218мм. Указанные отклонения превышают предельно допустимые значения по СНиП 3.03.01-87.

– Обмер конструкций, узлов и элементов с целью определения фактических размеров. Составлены обмерочные чертежи конструкций, узлов, планов, разрезов, фасадов здания. Выполнена фотофиксация.

– Детальный осмотр элементов здания с выявлением износа, дефектов, повреждений конструкций, составлением дефектных карт. Анализ причин. Основным повреждением наружных кирпичных стен являются участки разрушения лицевой кладки в карнизной части стен и под оконными проемами. Разрушение происходит из-за размораживания в зимний период после увлажнения атмосферными осадками. Наружные кирпичные стены имеют также повреждения в виде вертикальных и наклонных трещин осадочного характера. Максимальная ширина раскрытия до 20мм на фасаде по оси «А» и до 10мм на фасаде по оси «Г».

Увлажнение стен атмосферными осадками и разрушение лицевого слоя происходит из-за недостаточного карнизного свеса и неорганизованного наружного водоотвода, что не соответствует современным требованиям п.5.34 СП 56.13330.2011. Основной причиной появления трещин является увлажнение грунтов основания из-за отсутствия организованного водоотвода атмосферных осадков с кровли здания и неудовлетворительного состояния отмостки по периметру здания.

На момент обследования толщина кирпичной кладки и состояние лицевого слоя не соответствует требованиям нормативных документов, однако отсутствует опасность внезапного разрушения и функционирование конструкции возможно при контроле ее состояния, поэтому техническое состояние наружных стен оценивается как работоспособное. По оси «А» в осях «4-11» техническое состояние наружных стен – недопустимое состояние.

В здании в осях «12*-15*»; «Ж-И» колонны каркаса не имеют связевых элементов. Связи по покрытию установлены с нарушением (крепление связевых элементов осуществлено не в узлах ферм, связевые элементы от верхнего пояса одной фермы приходят к нижнему поясу соседней фермы и т.д.).

– Составлено заключение о техническом состоянии конструкций на объект исследования.

– Разработка рекомендаций по дальнейшей нормальной эксплуатации конструкций. Для дальнейшей безаварийной и безопасной эксплуатации производственного здания необходимо выполнить следующие рекомендации:

1. По специально разработанному проекту усилить грунтовое основание под фундаментами наружных стен по оси «А», «Г» между осями «1-11», по оси «1».

2. По специально разработанному проекту усилить перемычки оконных проемов первого этажа в стене по оси «А» между осями «1-11».

3. По специально разработанному проекту для увеличения жесткости установить стальные пояса в уровне 1-го и 2-го этажей по оси «А» между осями «1-11».

4. После выполнения мероприятий по усилению организовать мониторинг за состоянием кирпичных стен на участке между осями «1-11» по оси «А», «Г» и на участке по оси «1».

3. Выполнить организованный наружный водоотвод с кровли здания в соответствии с рекомендациями СП 56.13330.2011. При неорганизованном водоотводе вынос карниза от плоскости стены должен составлять не менее 600мм по требованию СП 17.13330.2011.

4. По наружному периметру кровли в соответствии с требованием СП 56.13330.2011 выполнить ограждения, отвечающие требованиям ГОСТ 25772.

5. По периметру здания выполнить отмостку с минимальной шириной 1,0м. При этом ее ширина в обязательном порядке должна превышать вынос карниза от плоскости стены минимум на 20см. При устройстве отмостки предусмотреть благоустройство прилегающей территории.

6. Заменить оконные блоки на энергоэффективные и выполнить капитальный ремонт стен с выполнением дополнительного утепления с доведением значения термического сопротивления стен до уровня, соответствующего требованиям современных нормативных документов.

7. Для дополнительного утепления рекомендуется использовать современные минераловатные плиты. Толщина плит рекомендуется 100мм, которая должна быть уточнена теплотехническим расчетом в специально подготовленном проекте.

8. Для защиты дополнительного утеплителя от увлажнения атмосферными осадками рекомендуется использовать вентилируемый фасад с цветовой гаммой, соответствующей принятой на фасадах зданий ООО «Завод Саратовгазавтоматика».

9. На участке здания в осях «12-15», «Ж-И» и «12-17», «В/1-Е» по специально разработанному проекту выполнить реконструкцию связей по покрытию и установить связи по колоннам.

10. На участке здания в осях «12-15», «Б/1-В/1» по специально разработанному проекту установить связи по колоннам.

11. Вести систематический мониторинг за техническим состоянием основных несущих конструкций и всего здания в целом. Периодичность визуального обследования – один раз в год (после схода снегового покрова), а инструментального – один раз в пять лет.

12. При выполнении всего комплекса рекомендаций возможна безаварийная эксплуатация здания сроком не менее 25лет.

Список литературы

1. СП 13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений. М.: ФГУП ЦПП, 2003. 31 с.

2. Технический отчет «Проведение обследования технического состояния и выдачи рекомендаций по усилению строительных конструкций производственного корпуса литер «Б», расположенного по адресу: г. Саратов, ул. Лопатина гора, 7. Саратов, 2015. 70 с.

РАСЧЕТ ЯДРА ЖЕСТКОСТИ ВЫСОТНОГО ЗДАНИЯ СТОЛЬНО-КАРКАСНОЙ СИСТЕМЫ НА ВЕТРОВЫЕ НАГРУЗКИ

Иноземцев В.К., Редков В.И.**

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

Приводятся результаты расчетов компьютерной модели ядра жесткости высотного здания ствольно-каркасной системы на ветровые нагрузки. Определена критическая нагрузка на грунтовое основание по модели Пастернака и деформации крена ядра жесткости от действия ветровой нагрузки.

Ключевые слова: высотное здание, ядро жесткости, плитный фундамент, компьютерная модель, ветровая нагрузка, расчет, устойчивость, крен

THE CALCULATION OF THE CORES OF HIGH-RISE BUILDINGS OF THE RECEIVER-FRAME SYSTEM FOR WIND LOADS

Inozemtsev V.K., Redkov V.I.**

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

The results of calculations of a computer model of the core hardness of high-rise buildings of the receiver-frame system to wind loads. The critical load of foundation soil on the model of Pasternak and deformation of the core roll stiffness from the action of wind load.

Keywords: high-rise building, the rigidity of the core slab foundation, a computer model, wind loading, calculation, stability, roll

Учитывая результаты тестовых расчетов ядра жесткости здания ствольно-каркасной системы при загрузении вертикальными нагрузками, в том числе приложенных с эксцентриситетом относительно одной из главных осей, выполним расчет в ПК МОНОМАХ САПР модели здания (рис. 1) на ветровые нагрузки.

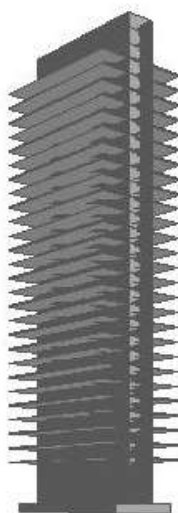


Рис. 1

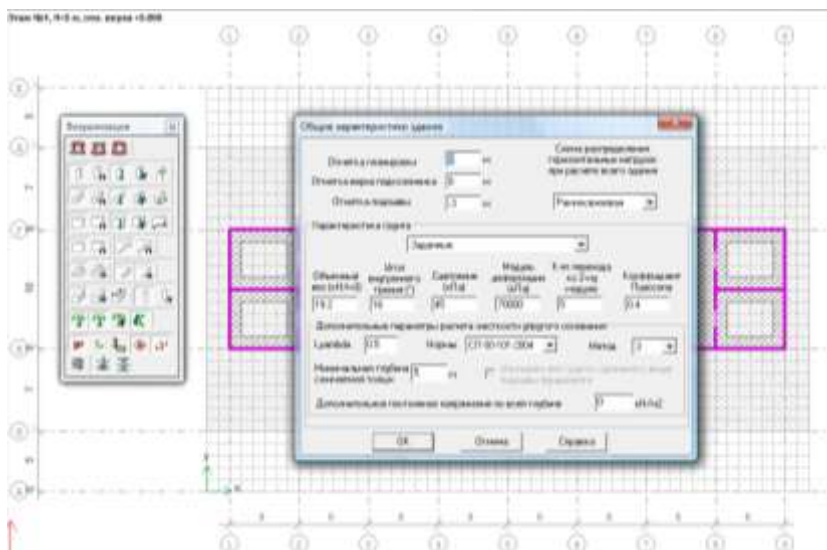


Рис. 2

Рассмотрим схему здания ствольно-каркасной системы с подвешенными этажами общей высотой 160 м с плитным фундаментом, имеющим размеры в плане 24×52 м и толщину 3 м (рис. 1, 2).

Общие характеристики здания, грунтового основания и параметры ветровой нагрузки приведены на рис. 2 и в табл. 1-3.

Таблица 1

Характеристики здания				
Отметка планировки			0 м	
Отметка верха подколонника			0 м	
Отметка подошвы фундамента			-3 м	
Схема распределения горизонтальных нагрузок при рас- чете всего здания			Рамно-связевая	
Материалы				
Название	Модуль упругости, кПа	Коэф. Пуассона	Объемный вес, кН/м ³	Детали
Железобетон	2.94204e+007	0.2	25	B25, A400, A400

Таблица 2

Характеристики грунта	
Объемный вес	19.2 кН/м ³
Угол внутреннего трения	16 °
Сцепление	45 кПа
Модуль деформации	70000 кПа
Коэффициент Пуассона	0.4
Дополнительные параметры расчета жесткости упругого основания грунта γ_{λ}	0.5

Таблица 3

	Направление	Коэффициент
Ветер 1	0°	1
Ветер 2	90°	1
Ветровой район	III	
Тип местности	B	
Аэродинамический коэффициент	1.3	

Отдельные результаты МКЭ расчета для наиболее неблагоприятного направления действия ветровой нагрузки (Ветер 2, угол к оси X – 90° приведены в табл. 4 и на рис. 3-6.

Таблица 4

Номер	Загружение	Форма/ комбинация	N(кН)	Mx (кН*м)	My (кН*м)	Rx (кН)	Ry (кН)
Этаж № 1 Фундаментная плита № 1 b=3 м, S=1248 м ² , 1. Железобетон, C1Min=8018.647 кН/м ³ , C1Max=12525.442 кН/м ³ , C1Ave=9065.396 кН/м ³ , C2Min=462496.75 кН/м ² , C2Max=721253.313 кН/м ² , C2Ave=643398.563 кН/м ²							
1_1	Постоянная		854744.563	861.563	-274.864	0.003	-0.003
	Длительная		184320.156	-0.042	0.212	0.001	-0
	Кр. времен.		138240.047	-0.084	0.209	-0.001	-0.001
	Ветер 1		0.001	0.005	-186120.094	-1744.773	-0
	Ветер 2		-0.027	907649.625	0.057	-0	-8792.213
	Сочетание 1		1177304.75	861.437	-274.443	0.003	-0.004



Рис. 3 – Изополя перемещений X (сочетание 1: 1*По+1*Дл+1*Кр)



Рис. 4 – Изополя углов поворота U_x (2-е ветровое нагружение)

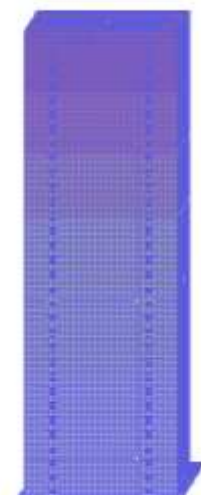


Рис. 5 – Изополя перемещений Y (2-е ветровое нагружение)



Рис. 6 – Изополя углов поворота U_y (2-е ветровое нагружение)

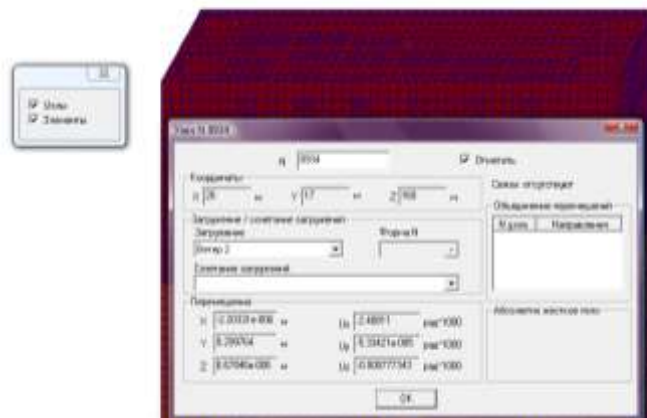


Рис. 7 – Перемещения узла № 8934 от 2-го ветрового нагружения

Компьютерная модель дает следующие максимальные значения горизонтального и углового перемещения узла № 8934 (рис. 7) с координатами $x=26$ м, $y=17$ м, $z=160$ м:

- горизонтальное перемещение $Y=0.299764$ м;
- угловое перемещение $U_x=-2.40811 \cdot 10^{-3}$ рад.

Если взять за основу усредненные значения жесткости упругого основания на сжатие $C1Ave=9065.396 \text{ кН/м}^3$ и сдвиг $C2Ave=643398.563 \text{ кН/м}^2$ (модель Пастернака), полученные в ПК МОНОМАХ-САПР (табл. 4), то критическая нагрузка составит

$$P_{кр} = \frac{a^2 \cdot C2Ave}{h_c H_{um}} \sqrt{\frac{6}{(1-\nu_0)}} + \frac{a^3 b \cdot C1Ave}{12 H_{um}} =$$

$$= 1364271.2 + 5547357.0 = 6911628.2 \text{ кН}$$

Общий вес здания с постоянными и временными нагрузками, вычисленный в программе КОМПОНОВКА ПК МОНОМАХ-САПР, – 1085539.3 кН, что не превосходит критической нагрузки $P_{кр} = 6911628.2$ кН.

По данным компьютерного расчета (табл. 4), суммарные значения равнодействующей ветрового давления и изгибающего момента от ветрового давления составляют:

- $P_y = 8792.213$ кН;
- $M_x = 907649.625$ кНм.

Вертикальная координата центра равнодействующей силы от ветрового давления находится на высоте

$$H_{yc} = \frac{907649.625}{8792.213} = 103.23 \text{ м}$$

Аналитическая модель на основе деформируемой схемы здания дает значение крена от действия ветровой нагрузки (ветер 2) в уровне центра равнодействующих сил:

$$\vartheta_{yc}(H) = \frac{M}{P_{кр}(H) - P_{здания}(H)} = \frac{907649.625}{6911628.2 - 1085539.3} = 0.15579 \text{ м}$$

Значение крена верхней части ствола при действии ветровой нагрузки (ветер 2) составит

$$\vartheta = 0.15579 \cdot \frac{160}{103.23} = 0.24146 \text{ м}$$

Сравнение величины крена, полученной на основе деформируемой схемы, с креном, полученным на основе недеформируемой схемы, свидетельствует о том, что запас общей устойчивости несущего ствола высотного здания является достаточным.

УДК624:539.3

УСТОЙЧИВОСТЬ ЯДРА ЖЕСТКОСТИ ЗДАНИЯ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО И ВНЕЦЕНТРЕННОГО НАГРУЖЕНИЯ ФУНДАМЕНТА

Иноземцев В.К., Редков В.И.**

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

Приводятся результаты тестирования компьютерной модели и оценки устойчивости ядра жесткости высотного здания ствольно-каркасной системы в условиях центрального нагружения фундамента. Получены численные результаты расчета деформаций крена ядра жесткости с плитным фундаментом, работающим в условиях внецентренного нагружения.

Ключевые слова: высотное здание, ядро жесткости, фундамент, компьютерная модель, расчет, устойчивость, крен

THE STABILITY OF THE CORE BUILDINGS IN THE CENTRAL AND ECCENTRIC LOADING

Inozemtsev V.K., Redkov V.I. **

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

The results of testing the computer models and evaluate the stability of the core hardness of high-rise buildings of the receiver-frame system in a central loading of the foundation. The numerical results of calculation of the core roll stiffness with strain slab foundation operating under eccentric loading.

Keywords: high-rise building, the rigidity of the core, the foundation, the computer model, calculation, stability, roll

Высокой склонностью к общей потере устойчивости обладает ствольно-каркасная несущая система высотного здания. Выполним тестирование компьютерной модели и оценку устойчивости ядра жесткости высотного здания ствольно-каркасной системы в условиях центрального и внецентренного нагружения фундамента. Определим высоту (H) приложения центра вертикальных сил от собственного веса конструкций стен, перекрытий, постоянных и временных нагрузок, передаваемых на ядро жесткости 32-х этажного здания (рис. 1а) по формуле

$$H = \frac{\sum_{i=1}^4 h_i P_i}{\sum_{i=1}^4 P_i}. \quad (1)$$

Для определения суммарного веса конструкций всех этажей здания необходимо выполнить расчет всего здания в программе Компонетка ПК Мономах САПР. При этом в окне «Свойства элементов» необходимо убрать «галочку» в задании толщины стенки несущего ствола – ядра жесткости здания. Это позволит ПК Мономах САПР назначить толщину стенок несущего ствола в уровне каждого этажа исходя из условий прочности и предельных деформаций конструктивных элементов сооружения (рис. 1б).

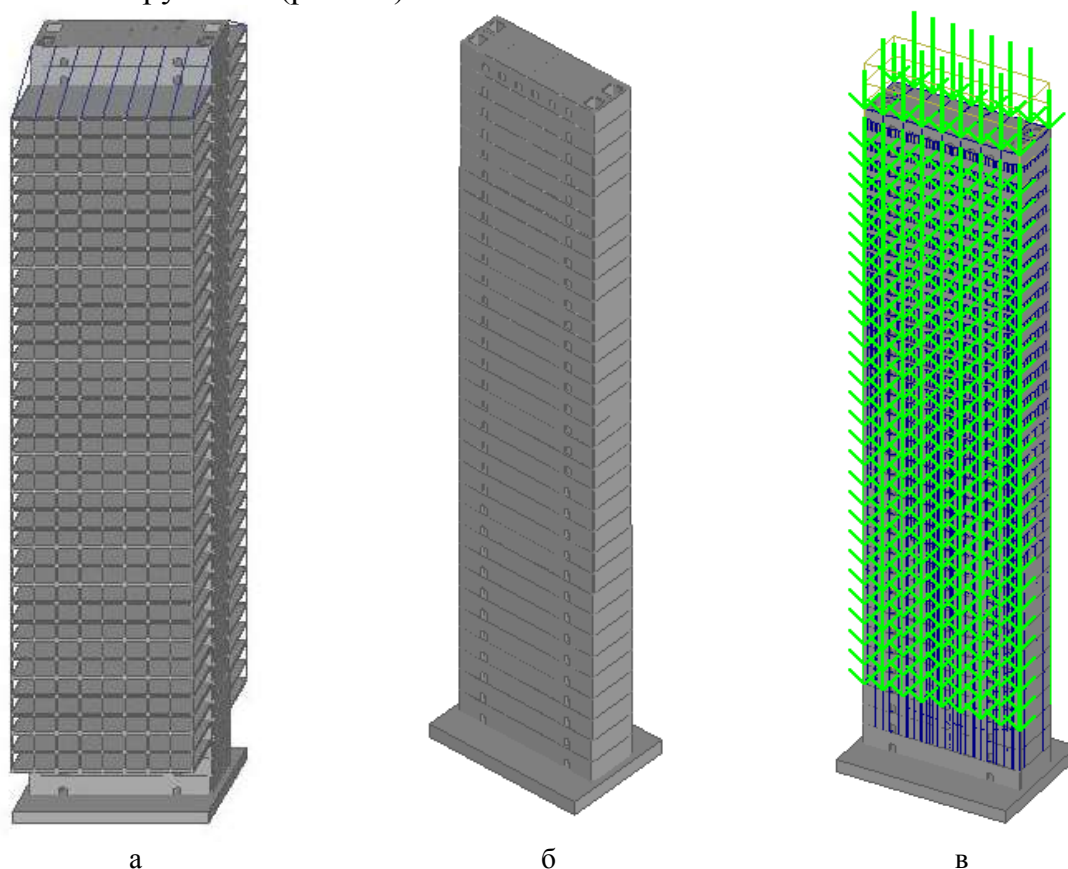


Рис. 1 – 3D-модели высотного здания ствольно-каркасной системы, ядра жесткости и результаты предварительного расчета модели

Зная переменные по этажам размеры толщин стен (рис. 1б), размеры в плане и по высоте элементов несущего ствола, а также значения постоянных и временных нагрузок на перекрытиях, можно определить суммарное значение вертикальной силы, приложенной в центре тяжести.

Задавая значения распределенных нагрузок и сосредоточенных сил и выполняя предварительный расчет модели ядра жесткости в ПК КОМПОНОВКА (рис. 1в),

можно получить необходимые данные $(P_i, \sum_i^n P_i, \sum_i^n h_i P_i)$ для определения центра

тяжести высотного сооружения с ядром жесткости и подвешенными этажами.

Результаты расчетов, выполненных в редакторе электронных таблиц Microsoft Excel, приведены в табл. 1.

Таблица 1

№ этажа	Сумма значений P_i кН	Сумма значений $P_i \cdot H_i$ кН*м
1	21758.8	73296.9
2	21319.8	178798.1
3	41271.5	2046793.8
4	40674.5	2192303.8
5	40466.3	2340590.6
6	39919.0	2477472.5
7	39710.8	2619899.4
8	39113.5	2745656.3
9	38905.3	2881973.1
10	38466.3	3005246.9
11	38150.0	3130575.0
12	37710.8	3245668.1
13	37502.8	3370821.9
14	36997.3	3473814.4
15	36747.3	3590275.6
16	36308.3	3689589.4
17	36100.0	3803550.0
18	35667.5	3895806.3
19	35344.5	3993866.3
20	34955.5	4082261.3
21	34747.3	4185293.1
22	34308.3	4261436.9
23	34150.3	4364803.1
24	33711.3	4433571.9
25	33553.0	4532342.5
26	33114.0	4593735.0
27	32955.8	4687936.9
28	32797.5	4780556.3
29	32589.3	4864468.1
30	32431.0	4953672.5
31	12112.8	1866094.4
32	11979.8	1905710.6
Всего:	1085539.3	106267880.6

Суммарная нагрузка от веса конструкций, постоянных, длительных и кратковременных нагрузок на перекрытия $\sum_i^n P_i$ составляет 1085539.3 кН, а сумма

$$\sum_i^n h_i P_i = 106267880.6 \text{ кН м.}$$

Полученные результаты практически совпадают с результатами компьютерного расчета в ПК МОНОМАХ САПР. В табл. 2 приведено сравнение полученных значений суммарных постоянных, длительных и кратковременных нагрузок.

Таблица 2

Вид нагрузки	Способ определения нагрузок		Абсолютная погрешность, кН	Относительная погрешность, %
	Microsoft Excel	ПК Мономах САПР		
Собственный вес фундаментной плиты	93600.0	93600.01	0.00	0.00
Полная нагрузка, в т.ч.	1085539.25	1085653.56	114.31	0.01052
Постоянная	762979.25	763093.6	114.35	0.01498
Длительно действующая	184320,0	184319.98	-0.02	-0.00001
Кратковременно действующая	138240,0	138239.97	-0.03	-0.00002

Примечание: В таблице приведены значения нагрузок на отметке низа стен и колонн 1-го этажа.

Центр сил тяжести высотного здания будет находиться на высоте

$$H_{цт} = 106267880.6 / 1085539.3 = 97.89 \text{ м.}$$

Значение критической нагрузки для данного здания с фундаментной плитой, имеющей размеры в плане 24×52 м и взаимодействующей с основанием (модель Винклера, $C_1=1000 \text{ кН/м}^3$) составляет

$$P_{кр} = \frac{C_1 a^3 L}{12 H_{цт}} = \frac{1000 \cdot 24 \cdot 24 \cdot 24 \cdot 52}{12 \cdot 97.89} = 611926.6 \text{ кН.}$$

Это значительно меньше суммарной нагрузки от веса конструкций, постоянных, длительных и кратковременных нагрузок, равной 1085539.3 кН. Устойчивость сооружения обеспечена.

Получим численные результаты расчета деформаций крена несущего ствола высотного здания с фундаментом, работающим в условиях внецентренного нагружения. При построении модели можно задать начальный эксцентриситет, сдвинув продольный край фундаментной плиты относительно главной оси здания Y, изменив ее ширину с 24 до 23 м. Тогда величина эксцентриситета приложения вертикальной нагрузки относительно центра подошвы фундаментной плиты составит 0,5 м.

Величина крена (горизонтального перемещения) на уровне центра сил тяжести высотного здания составит

$$\vartheta_{um} = \vartheta_0 \frac{12H_{um}P}{Ca^3L} = \frac{0.5 \times 12 \times 97.89 \times 1085539.3}{1000/23/23/23/52} = 1.007782 \text{ м}$$

Величина крена верхней части высотного здания составит

$$\vartheta = H * \vartheta_{um} / H_{um} = 160 \times 1.007782 / 97.89 = 1.647138 \text{ м}$$

Результаты МКЭ расчета ядра жесткости здания на действие вертикальных постоянных, длительных и кратковременных нагрузок приведены на рис. 2.

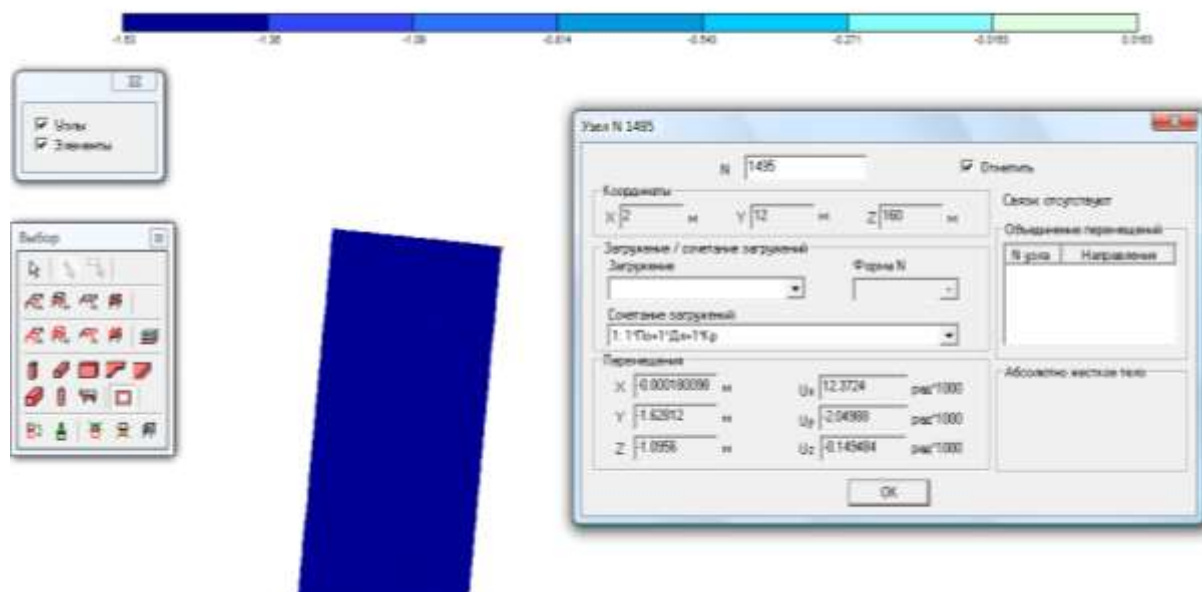


Рис. 2 – Результаты МКЭ расчета ядра жесткости. Перемещения узла № 1495 модели от сочетания загрузжений постоянными, длительными и кратковременными нагрузками

По данным численного расчета значения горизонтальных перемещений Y узла № 1495 (крайняя точка 32 этажа) составляют:

- от вертикальных постоянных нагрузок – 1.14345 м;
- от вертикальных длительных нагрузок – 0.276956 м;
- от вертикальных кратковременных нагрузок – 0.207717 м.

Знак минус показывает, что перемещения направлены в сторону, обратную положительному направлению оси Y. Суммарное значение от совместного действия вертикальных постоянных, длительных и кратковременных нагрузок (при коэффициентах сочетания, равных 1) составляет

$$Y_0 = 1.14345 + 0.276956 + 0.207717 = 1.62812 \text{ м.}$$

Сопоставляя результат расчета крена по аналитической расчетной схеме с результатом по компьютерной модели высотного здания с прямолинейной осью (1.647138 м), отмечаем их совпадение с точностью 1.16 %.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ РАСЧЕТА РУЛОНИРОВАННЫХ БАЛОК

*Кизимова О.В.**

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

Рассмотрены вопросы расчета и проектирования стальных балок с переменной формой поперечного сечения, а также даны рекомендации по их конструированию.

Ключевые слова: стальная балка, переменная форма, сечение, расчет и проектирование, рекомендации по конструированию

THE MAIN PROVISIONS OF THE CALCULATION OF THE ROLLED BEAMS

*Kizimova O.V.**

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

In the article considers the question of calculation and design of steel beams with a variable cross-sectional shape, as well as recommendations for their design.

Keywords: steel beam, the variable cross-section shape, calculation and design, recommendations for design

Металл был и остается одним из основных материалов строительного производства. Объясняется это тем, что металлические конструкции характеризуются надежностью работы при различных видах напряженного состояния, обладают высокой несущей способностью при сравнительно небольшой собственной массе. Учитывая вышеизложенное, задачи экономии металла, снижения массы конструкций и трудоемкости их изготовления остаются актуальными и в настоящее время. Одним из направлений повышения эффективности металлических конструкций является увеличение объема применения листового проката и изделий из него взамен сортового проката и литья. Учитывая выше сказанное, предлагается использовать листовой прокат для изготовления рулонированных балок. Такие балки характеризуются простотой изготовления, а их применение способствует экономии металла и снижению транспортных расходов.

Рулонированные балки представляют собой элемент сварногнутого профиля (СПП). Такой профиль получают из двух стальных полос сваренных по периметру герметичным швом с последующим раздутием с помощью сжатого воздуха [1]. Поперечное сечение такого элемента объемное, переменное по длине.

Расчет рулонированных балок, работающих на изгиб, включает проверку несущей способности, а также проверку общей и местной устойчивости. Рулонированная балка имеет переменное по длине поперечное сечение (рис. 1). Методика ее расчета отличается от расчета традиционных балок с постоянной формой сечения. Для получения расчетных формул были проведены теоретические и экспериментальные исследования.

Определение несущей способности балки. Для инженерных расчетов сечение рулонированной балки можно принять постоянным по всей ее длине и равным сечению в середине пролета. В этом случае напряжения в балке определяются по известным формулам [2]:

$$\delta_{(z)} = M_{(z)} / I_{y,0}; \quad (1)$$

где $I_{y,0}$ – момент инерции поперечного сечения в середине длины балки;

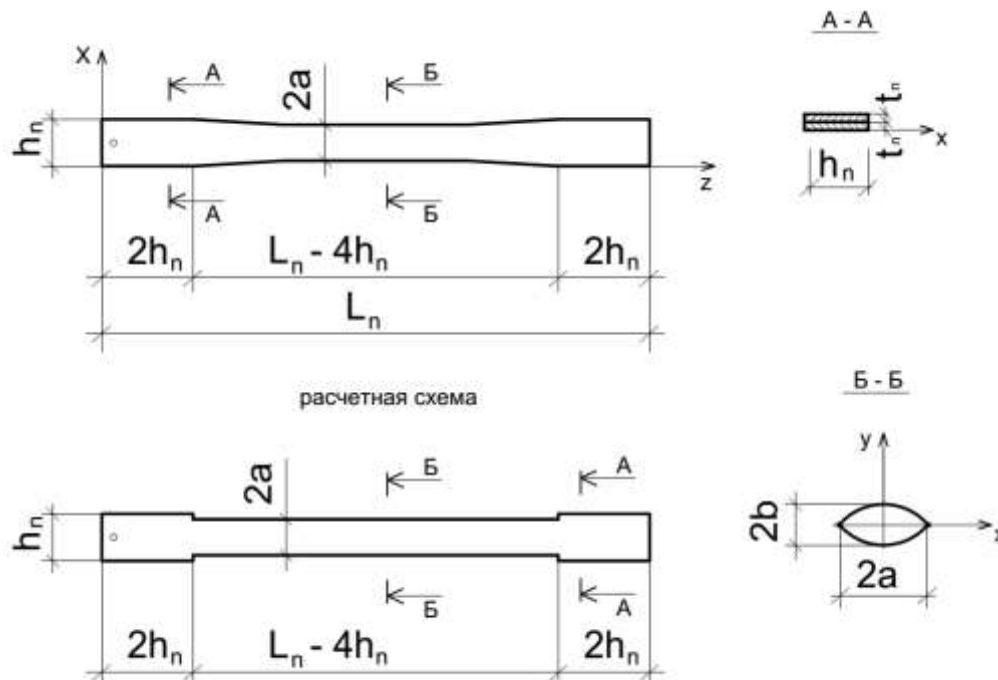
$M_{(z)}$ – величина изгибающего момента в рассматриваемом сечении.

Для определения прогиба рулонированной балки можно использовать формулу

$$W_{(z)} = (M_0 / EI_{y,0}) [Z^2 / 2 - Z^4 / 3 L^2] + C_2, \quad (2)$$

где $C_2 = (5 L^2 / 48) (M_0 / EI_{y,0})$;

M_0 – изгибающий момент в середине длины балки.



Расчетная схема рулонированной балки

Проверка общей устойчивости. Расчет выполняется в следующей последовательности. Для однопролетной рулонированной балки при действии на нее равномерно распределенной нагрузки условие устойчивости плоской формы изгиба можно записать в следующем виде [3]:

$$E I_x dv^4 / dz^4 + 0,5 q d^2 [z L (L - z) \Theta] dz^2 = 0, \quad (3)$$

$$E I_w d^4 \Theta / dz^4 - G I_d dz^2 + 0,5 q z (L - z) d^2 v / dz^2 = 0. \quad (4)$$

Критическое значение нагрузки в этом случае может быть определено по формуле

$$Q_{кр} L = (K / L^2) \sqrt{E I_x G I_d}, \quad (5)$$

где K – коэффициент устойчивости, зависящий от значения m , принимаемый по [3]

$$m^2 = G L_d I^2 / E I_w, \quad (6)$$

$E I_x$, $G I_d$, $E I_w$ – моменты инерции относительно оси X , при кручении, бимомент инерции в середине пролета балки.

Как показали теоретические исследования, критическая нагрузка в $10 \div 15$ раз превышает расчетную, определенную из условия прочности $q_{кр} > q$. Учитывая это при инженерных расчетах плосковрачиваемых балок проверку на общую устойчивость можно не выполнять.

Проверка местной устойчивости. При потере местной устойчивости в балке возможно появление вмятин и гофр. Как показали результаты теоретических и экспериментальных исследований, расчет на местную устойчивость можно не выполнять, если соблюдается условие: $100 t_n \leq h_n \leq 200 t_n$.

Таким образом, анализ теоретических и экспериментальных исследований показал, что при проектировании рулонированных балок необходимо учитывать следующие рекомендации:

- толщину полос назначать в пределах $t_n = 2 \div 8$ мм;
- ширину полос назначать из условия обеспечения местной устойчивости $100 t_n \leq h_n \leq 200 t_n$;
- длину полос назначать в зависимости от длины пролета $L_n = L + (0,25 \div 0,5) h_n$;
- величину максимального коэффициента раздутия назначать из условия обеспечения местной устойчивости полос в пределах $0,75 \leq k_p^{max} \leq 0,95$;
- плоские, не раздутые концы должны отсутствовать, а опорные фасонки и плиты устанавливать на длине $(0,25 \div 0,5) h_n$;
- несущую способность определять по нормативной литературе [4] из условия, что расчетное сечение постоянно и соответствует сечению в середине пролета балки;
- проверку на общую устойчивость можно не выполнять;
- проверку на местную устойчивость можно не выполнять, если соблюдается условие $100 t_n \leq h_n \leq 200 t_n$.

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.
3. Власов В.З. Тонкостенные упругие стержни. М.: Физматгиз, 1959. 566 с.
4. СНиП II 23-81*. Стальные конструкции / Госстрой СССР. М.: ЦИТП Госстрой СССР, 1990. 96 с.

УДК 69.033

АЛГОРИТМ УЧЁТА УПРУГИХ СВОЙСТВ ВОЗДУХА В ПНЕВМАТИЧЕСКОМ СООРУЖЕНИИ НА СТАДИИ НАГРУЖЕНИЯ

Ким А.Ю., Харитонов С.П.**

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

Описывается алгоритм расчёта линзообразного покрытия пневматических сооружений с учётом упругих свойств воздуха на стадии эксплуатации сооружения. Воздух описан не как элемент пневматических сооружений, а как элемент, совершающий определённую работу при изменении факторов окружающей среды. Авторы в своих расчётах учитывают зависимость приращения давления воздуха в сооружении от всех факторов, характеризующих воздух, а именно от температуры, объёма полости и от самого давления. Описаны программные комплексы, которые применяются в России и за рубежом для расчёта упругих свойств воздуха, находящегося в пневмолинзах воздуходнесомого сооружения и учёт его упругих свойств при эксплуатации данного сооружения.

Ключевые слова: пневматическое сооружение; упругие свойства воздуха; универсальное уравнение состояния газа; линзообразное покрытие сооружения

ALGORITHM TAKING INTO ACCOUNT THE ELASTIC PROPERTIES OF THE AIR IN THE PNEUMATIC FACILITY AT A STAGE OF LOADING

Kim A.Yu.; Kharitonov S.P.**

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

The article describes the algorithm of calculation of the lenticular cover of pneumatic structures considering elastic properties of the air at the stage of operation of the facility. In this article the air is described, not as an element of pneumatic structures, as an element, commit some work when changing environmental factors. The authors of this article in their calculations take into account the dependence of the increment of air pressure in the construction of all factors characterizing the air, namely the temperature, the cavity volume and the pressure. Described software systems, which are used in our country and abroad to calculate the elastic properties of the air in pneumolysis air carried structures and taking account of its elastic properties during operation of the facility.

Keywords: inflatable structure; elastic properties of air; the universal equation of state of gas; coating the lenticular structures

Авторы статьи на примере двух пролётного воздуонесомого пневматического сооружения описывают алгоритм учёта упругой работы воздуха, основанный на применении шаговых методах расчёта и метода МКЭ, а также универсального уравнения состояния газа [3, с. 4].

К основным нагрузкам, действующим на перекрытия пневматических сооружений, относятся собственный вес оболочки, внутреннее давление воздуха, снеговая и ветровая нагрузки.

Собственный вес оболочек обычно не превышает нескольких килограммов на квадратный метр. Вес оболочки следует учитывать в расчётах (особенно при устройстве дополнительной теплоизоляции, при монтаже осветительных приборов и т. п.), но специальный расчёт оболочек на действие их собственной массы обычно не производится [1, с. 29].

В конце шестидесятых-восьмидесятых годах прошлого века для расчёта конструкций методом конечных элементов разработаны программные комплексы расчёта конструкций на ЭВМ как в России, так и за рубежом. Это такие программные комплексы как «Супер», «Лири», «Мираж», «Cosmos» и многие другие. Однако эти комплексы не создавались для расчёта систем, в которых герметичные полости существенно изменяются в объёме от действия нагрузок и уже поэтому не могут быть применены для расчёта гибких мембранно-пневматических систем. Разумеется, некоторые из ранее созданных программных комплексов, например, американский программный комплекс «Cosmos», учитывают зависимость давления газа в герметичной полости от температуры. Однако известно, что, согласно закону Бойля-Мариотта, давление воздуха в замкнутой полости зависит также от объёма полости по формуле

$$P = \frac{P_0 \cdot V_0}{V} \text{ при } T = \text{const}, \quad (1)$$

где $\Delta V = V - V_0$, а V_0 – объём замкнутой полости покрытия при нормальном давлении P_0 и нормальной температуре.

Авторы данной статьи в своих расчётах учитывают зависимость приращения давления воздуха в пневмолинзе перекрытия сооружения от всех факторов, характеризующих состояние воздуха, а именно от температуры, от объёма полости и от самого давления.

С физической точки зрения учитывается нелинейно-упругая работа воздуха линзы покрытия пневматического сооружения

$$A = \int_0^V (P + \Delta P) \xi dV, \quad (2)$$

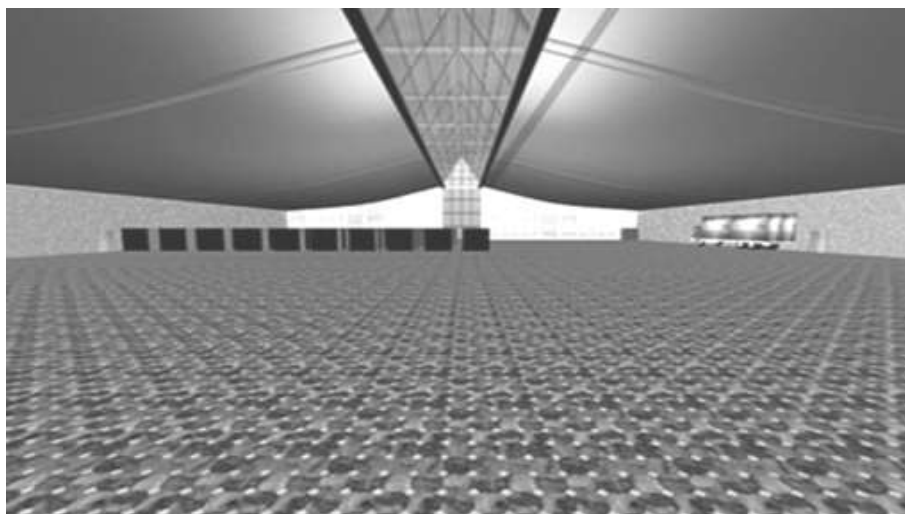
где A – работа воздуха при сжатии, ξ – эмпирический коэффициент на основе универсального уравнения состояния газа.

Однако с математической точки зрения необходимость в непосредственном вычислении работы воздуха не возникает, поскольку для решения задачи авторы статьи используют не энергетический подход, а уравнения равновесия исследуемой системы.

Невозможность расчёта мембранно-пневматических систем с учётом нелинейно-упругой работы воздуха в полостях сооружения с использованием известных алгоритмов расчёта можно видеть на примере наиболее совершенного многоцелевого комплекса программ, предназначенного для расчёта конструкций с учётом геометрической и физической нелинейности COSMOS M 2.7 (США) [2, с. 116].

В данном комплексе даже не предусмотрен раздел, предназначенный для расчёта пневматических систем и, тем более, позволяющий учитывать нелинейно-упругую работу воздуха в пневматических полостях на характер деформирования систем из мягких оболочек. О том же свидетельствует подробная аннотация функциональных возможностей комплекса, которую при желании каждый может найти в интернете.

Другие более или менее универсальные программные комплексы, к примеру, «Лира» и «Мономах» (продукция Украины – производят расчёт пространственных шарнирно-стержневых систем с учётом геометрической и физической нелинейности) или программа «Принс» (продукция России – производит расчёт подкреплённых конструкций с учётом геометрической и физической нелинейности). Программа «Fem models» (продукция России – производит расчёты пространственных стержневых систем), или программа «Ansys» (продукция США – осуществляет расчёты НДС, а также форм и частот собственных колебаний методом конечных элементов конструкций машиностроения) также не ориентированы на решение столь уникальной проблемы, как расчёт воздухонесомых мембранно-пневматических сооружений.



Пневматическое сооружение с линзообразным покрытием

При расчёте мембранно-пневматических систем будем учитывать упругие свойства воздуха, закачанного в герметически замкнутую полость пневмолинзы, т.е. будем учитывать влияние на давление p_n упругих перемещений поясов линзообразного покрытия. Авторы статьи для численного исследования использовали программный комплекс «Пневматика», составленный профессором Ким А.Ю. и его аспирантами и предназначенный для расчёта пневматических сооружений на различные нагрузки. В данном программном комплексе воздух рассматривается как один из элементов сооружения, который передает с помощью упругих свойств воздействие на нижний пояс сооружения с верхнего.

Рассмотрим покрытие, выполненное в виде пневмолинзы (или в виде какой-то другой замкнутой полости). Пусть объём, температура и давление воздуха пневмолинзы характеризуются параметрами V , T и P соответственно.

Принципиальное усовершенствование известного метода приращений параметров заключается в применении на шаге варьирования параметров итерационной процедуры Эйлера-Коши третьего порядка точности для учёта в осреднённом виде нелинейности системы внутри шага при сохранении принципа линейности системы, и в применении на шаге универсального уравнения состояния газа пневматических полостей сооружения.

Разработанный итерационный метод приращений параметров с поэтапным применением численной процедуры Эйлера-Коши и универсального уравнения состояния газа в общем случае предназначен для расчёта любых воздухоносных комбинированных мембранно-пневматических систем с учётом геометрической, физической и конструктивной нелинейности и впервые позволяет учесть упругость закачанного в пневмополости воздуха при изменении давления воздуха в пневмополостях в зависимости от перемещений мембранных поясов, от температуры, давления, объёма пневмополостей и от всех других параметров, характеризующих нелинейность работы системы в целом.

Для достижения более высокой точности решения исходной системы нелинейных уравнений авторы статьи предлагают применять на шаге метода приращений параметров усовершенствованную процедуру метода Эйлера-Коши с итерационной обработкой, сохраняющую в пределах шага принцип линейности оператора. Итерационная процедура Эйлера-Коши позволяет на каждом шаге n получать результаты линеаризации третьего порядка точности. Это, с одной стороны, а с другой стороны, и это имеет принципиальное значение, итерационная процедура Эйлера-Коши, как будет показано далее, даёт возможность смоделировать процесс изменения давления в герметичной полости при деформациях пневматических оболочек сооружения в процессе нагружения или смоделировать процесс подкачки воздуха в пневмополость или утечки воздуха из пневмополости при нарушении её герметичности.

При этом итерационная процедура Эйлера-Коши принимает вид

$$\Delta Z_{nv}^{(1)} = \sum_{\mu=1}^{\mu=M} \Delta x_{n\mu} A'_{v\mu}(x_{n-1, \mu}, y_{n-1}) \rightarrow \Delta y^{(1)};$$

$$\Delta Z_{nv}^{(c)} = \sum_{\mu=1}^{\mu=M} \Delta x_{n\mu} A'_{v\mu}\left(x_{n-1, \mu} + \frac{\Delta x_{n\mu}}{2}, y_{n-1} + \frac{\Delta y^{(c-1)}}{2}\right). \quad (3)$$

Решив задачу в первом приближении, далее решаем задачу в c -м приближении до тех пор, пока два последовательных приближения $\Delta Z_{nv}^{(c-1)}$ не совпадут между собой в соответствующих десятичных знаках.

Расчётные формулы (3) записаны для случая одновременного варьирования M параметров x_{ni} . Заметим, что при решении задачи во втором приближении ($c=2$) формулы (3) поэтапной линеаризации нелинейного оператора эквивалентны формулам Рунге-Кутты второго порядка точности.

Авторы статьи надеются, что математическое моделирование процессов, происходящих внутри линзы на стадии эксплуатации сооружения, и применение программного комплекса «Пневматика» для проведения вычислительного эксперимента помогут проектировщикам в расчёте таких сложных объектов, какими являются воздушонесомые пневматические сооружения.

Список литературы

1. Ермолов В.В. Воздухоопорные здания и сооружения. М.: Стройиздат, 1980. 304 с.
2. Ермолов В.В., Бэрд У.У. и др. Пневматические строительные конструкции / под ред. В.В. Ермолова. М.: Стройиздат, 1983. 304 с.
3. Ким А.Ю., Харитонов С.П. Легкие вантовые мембранно-пневматические сооружения в экстремальных условиях / Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова. Саратов, 2011. 31 с. Ил. 2. Деп. в ВИНТИ 05.08.2011 № 377 - В2011.

УДК 69.033

БЫСТРОВОЗВОДИМОЕ СООРУЖЕНИЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ БОЛЬШИХ ПРОЛЁТОВ

*Ким А.Ю. *, Харитонов С.П. **

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

Приводится описание универсального пневматического сооружения больших пролётов, трансформируемого во время эксплуатации в зависимости от погодных условий. Модель такого сооружения разработана под руководством профессора А.Ю. Кима и сделана его аспирантами. На ней проведён ряд экспериментов, результаты которых были сравнены с результатами численного исследования с помощью программного комплекса «Пневматика».

Ключевые слова: быстровозводимые сооружения универсального назначения; программный комплекс «Пневматика»; область применения данного сооружения

UNIVERSAL PREFABRICATED BUILDING DESTINATION LARGE SPANS

*Kim A.Yu. *, Kharitonov S.P. **

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

The article describes the universal pneumatic constructions large spans, variable loading during operation depending on weather conditions. The model structures developed under the guidance of Professor Kim A. Yu., and made his graduate students. It conducted a series of experiments, the results of which were compared with the results of a numerical simulation with the software complex «Pneumatics».

Keywords: prefabricated construction multi-purpose; program complex the «Pneumatics; numerical method of calculating

В статье описывается пневматическое сооружение больших пролётов, в котором эллипсоидное покрытие, образованное мембранно-пневматическими арками, может трансформироваться в процессе эксплуатации в зависимости от погодных условий. Это сооружение относится к системам воздуонесомого типа и требует наличия компрессора, обычно совмещенного с теплогенератором, для периодической подкачки воздуха в герметически замкнутые полости мембранно-пневматических арок покрытия.

Область применения сооружения:

– гаражи для автомобильной, сельскохозяйственной и другой техники, при необходимости отапливаемые;

– складские сооружения для сельского хозяйства, быстровозводимые и приспособленные для быстрой смены месторасположения [1, с. 48].

Стоимость трансформируемого сооружения не превышает стоимости металлического ангара размерами 24×48 м, но по сравнению с ним сооружение обладает рядом преимуществ. К ним следует отнести быстроту возведения здания, отсутствие фундамента, меньшие расходы на отопление здания и ряд других достоинств.

Монтаж воздуонесомого сооружения может осуществить одна бригада строителей за 3...4 дня.

Разработанное сооружение функционирует следующим образом. Избыточное давление воздуха в пневматических арках предварительно напрягает покрытие и придаёт ему несущую способность, достаточную для восприятия разнообразных нагрузок. В отличие от воздухоопорных сооружений, в которых избыточное давление воздуха создаётся в помещении между гибким покрытием и полом, воздуонесомые сооружения не требуют герметизации внутреннего помещения и устройства шлюзов [2, с. 29].

Пневматическое сооружение включает возведённую на горизонтальной поверхности земли насыпь 1, продольная ось которой очерчена в плане по эллипсу, два коробчатых тоннеля 2, расположенных в насыпи 1 на главной оси эллипса, и мембранно-пневматические арки 3, накачанные воздухом и образованные из мембранно-пневматических торов 4, имеющих эллипсоидное очертание в плане. Торы 4 прижаты продольной балкой 5 к верхней плите каждого коробчатого тоннеля 2 (рисунок).

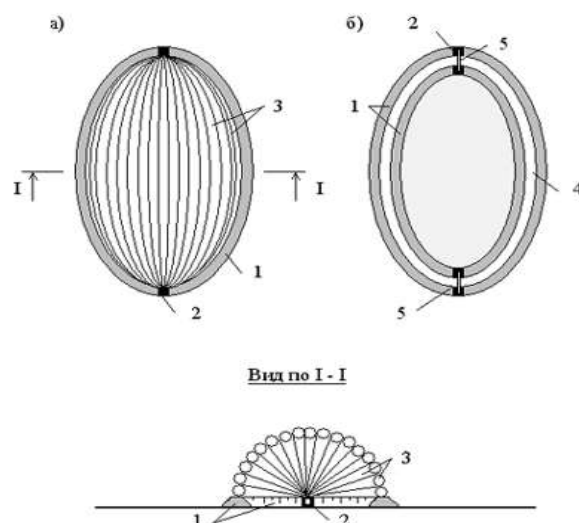
При пролёте L , соответствующем второстепенной оси эллипса и составляющем 50...100 м, высота помещения равна $L/2$, а продольная ось эллипса может достигать $(1,5...2)L$. В этом случае диаметр мембранно-пневматической арки составляет примерно $d=L/25$ с площадкой касания арок между собой, равной по ширине $L/50$.

Избыточное давление в пневматических арках может составлять:

а) в летнее время до $p=0,1$ атм.

б) в зимнее время до $p=(0,1...0,3)$ атм. Земляная насыпь 1, коробчатый тоннель 2, мембранно-пневматические арки 3, мембранно-пневматические торы 4, продольная балка 5.

При этом напряжения в ткани составляют порядка $(1...2)$ т/п.м. Число пневмоарок может достигать 50 штук и более. Непросвечивающее покрытие может быть выполнено из тонкой прорезиненной ткани стоимостью одного квадратного метра от одного до пяти долларов США. Если требуется покрытие просвечивающее (с пропускной способностью света до 50% и более), то применяют синтетические ткани с цветным тефлоновым покрытием.



Пневматическое сооружение универсального назначения

Сначала возводятся коробчатые тоннели и насыпь. Тоннели должны обеспечивать проезд автотранспорта вовнутрь сооружения (габарит проезда $4,5 \times 4,5$ м), а насыпь должна иметь откосы (1:1 и т.п.) соответственно свойствам используемых для неё грунтов (супеси, суглинка и т.д.). Необходимо также предусматривать меры, обеспечивающие отвод с покрытия дождевой воды без ущерба для насыпи (устройство каменной наброски, лотков, пандусов, тоннельных парапетов, рамп и т.п.). Балки 5, прижимающие мембранно-пневматические торы к верхним плитам тоннелей, выполняют роль анкерных устройств покрытия.

На кафедре «Теоретическая механика и ТММ» Саратовского государственного аграрного университета им. Н.И. Вавилова руководством профессора Кима А.Ю. была изготовлена модель такого сооружения для проведения опытов и определения максимальных действующих нагрузок.

Компрессор (или центробежный вентилятор) подключён при помощи гибких трубопроводов к наконечникам каждой мембранно-пневматической арки. В случае, когда пневмоарки покрытия требуется опустить, например, в летнюю солнечную погоду, компрессор переключается на режим выкачивания воздуха из пневмоарок [3, с. 148].

Авторы данной статьи надеются, что данное, экономически выгодное, быстровозводимое сооружение может найти широкое применение для хранения техники или сельскохозяйственной продукции. Данное сооружение является временным и прослужит не более пяти сезонов, но по стоимости оно примерно в десять раз дешевле стандартного металлического ангара аналогичного пролёта.

Список литературы

1. Ермолов В.В., Бэрд У.У. и др. Пневматические строительные конструкции / под ред. В.В. Ермолова. М.: Стройиздат, 1983. 304 с.
2. Ким А.Ю., Харитонов С.П. Легкие вантовые мембранно-пневматические сооружения в экстремальных условиях / Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова. Саратов, 2011. 31 с. Ил. 2. Деп. в ВИНТИ 05.08.2011 № 377 - В2011.
3. Ким А.Ю. Итерационный метод приращений параметров в теории расчета мембранно-пневматических систем с учетом нелинейных факторов: монография. Саратов: СГТУ, 2005. 188 с.

ПОЯВЛЕНИЕ ПЕРВЫХ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ В СССР И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ СОВРЕМЕННОГО РАЗВИТИЯ

Ким А.Ю. *, Харитонов С.П. *

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

Описывается появление в нашей стране нового вида сооружений. Описаны изменения области применения пневматических сооружений за последние тридцать лет, связанные со структурными изменениями в экономике страны. В последнее время из производственного сектора данные сооружения перешли в сферу обслуживания.

Ключевые слова: пневматическое сооружение; быстровозводимое сооружение; технико-экономические показатели; мембранно-пневматические сооружения

THE ADVENT OF THE FIRST PNEUMATIC STRUCTURES IN THE USSR AND PROSPECTS OF THEIR DEVELOPMENT IN THE XXI CENTURY

Kim A.Yu. *, Kharitonov S.P. *

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

The article describes the appearance in our country a new kind of construction. Described the application of change of pneumatic structures in the last thirty years, associated with structural changes in the economy. In recent years, the manufacturing sector of the data structures passed to the service sector. It describes a brand new building, designed by one of the authors, which by its technical and economic indicators superior to some samples of pneumatic structures and can be used to quickly create infrastructure in remote corners of the country include the Arctic coast or place of permafrost.

Keywords: pneumatic construction; prefabricated construction; technical and economic indicators; pneumatic membrane structures

Если первый пневматический купол появился в США в 1946 году, то в 1959 году было возведено первое воздухоопорное сооружение диаметром 36 м. С этого момента в СССР начался период строительства пневматических сооружений [1, с. 49].

Специалисты разделяют все пневматические сооружения на три вида.

Воздухоопорные сооружения представляют собой гибкую оболочку из прочной виниловой армированной ткани, прочно закреплённую на фундаментной основе. Внутри такого купола подаётся воздушный поток, как правило, вентилятором, создается избыточное давление воздуха, которое и является опорой для сооружения.

Воздухонесомые сооружения представляют собой замкнутые элементы, которые наполнены сжатым воздухом под большим давлением. Эти элементы придают необходимую жёсткость всему сооружению. Такие здания обладают рядом преимуществ: быстрая установка, небольшие размеры и мобильность. Следует отметить, что установка подобных зданий возможна практически в любом месте, причём нет необходимости в изготовлении фундамента, подготовке площади и шлюзовых систем. Поэтому последние двадцать лет их активно применяют МЧС и военные (рис. 1).



Рис. 1 – Воздухонесомое сооружение мойки автомобилей. 2012 г.
Санкт-Петербург

Комбинированные сооружения. Это сооружения, которые обладают свойствами воздухонесомых и воздухоопорных конструкций. Они могут быть линзообразными или воздухонесомыми с подпором воздуха снизу. Такие сооружения могут иметь в своём составе канаты или арки (рис. 2).



Рис. 2 – Комбинированное воздухоопорное сооружение,
усиленное металлическими арками. 2008 г. Ямал

После появления этого нового класса сооружений появились и теории их расчёта. Если в конце пятидесятых годов расчёт вёлся вручную, то в начале семидесятых годов данные расчёты стали вестись на ЭВМ, так как появились первые программные комплексы расчёта пневматических сооружений.

Очень многое для массового появления пневматических сооружений в нашей стране сделали следующие учёные: профессор Ермолов Вадим Владимиро-

вич, изобретатели Поляков Владимир Валерьевич, Арсеньев Лев Борисович. Их стараниями были запущены в начале семидесятых годов первые экспериментальные образцы пневматических изделий, произведён расчёт их на динамические и статические нагрузки. А через несколько лет эти же сооружения были запущены в серию и первые сотни таких сооружений были применены в сельскохозяйственном и промышленном производстве [2, с. 78].

К основным достоинствам воздухоопорных зданий можно отнести: быстроту и простоту возведения, светопроницаемость ограждающих конструкций, невозможность их обрушения, отличная сейсмостойкость, то есть повышенная безопасность в аварийной ситуации, относительно низкая стоимость: в десять раз дешевле, чем аналогичное сооружение из традиционных материалов.

Недостатками подобных зданий являются трудности при создании микроклимата, а также необходимость постоянного поддержания избыточного давления под оболочкой и большие эксплуатационные расходы на электроэнергию, на порядок выше, чем в традиционных сооружениях.

Интересно проследить изменение области применения пневматических сооружений за последние тридцать лет на 1 января 1986 года по 1 января 2016 года.

На начало 1986 года более 45 % всех пневматических сооружений представляли собой теплицы, склады и гаражи различного назначения для нужд промышленности и особенно сельского хозяйства (более 75 % всех этих сооружений было в Краснодарском, Ставропольском крае и Ростовской области). Министерство обороны владело примерно 25 % всех пневматических сооружений, а остальные 30 % использовались для спортивных целей, культурно-развлекательных мероприятий, а также для нужд строительного производства. На начало 2016 года более 40% всех пневматических сооружений использует МО России для размещения военнослужащих, техники и для госпиталей, а также службы МЧС. По пневматическим сооружениям данных Министерства обороны нет, а по МЧС интернет-издания называют цифры, что за последние десять лет было заказано около ста мобильных госпиталей вместимостью несколько сотен человек. Более 45 % пневматических сооружений России в настоящее время это спортивные сооружения, прежде всего теннисные корты. Около 5 % используются как передвижные или стационарные выставки и для других культурно-развлекательных мероприятий. И лишь 10 % всех пневматических сооружений в настоящее время используются для нужд сельского хозяйства и промышленности в России.

Если учесть, что из этих 10 % некоторую часть используют нефтегазовые компании, то можно сделать вывод, что за последние три десятилетия область применения пневматических сооружений сильно изменилась.

Список литературы

1. Ермолов В.В. Воздухоопорные здания и сооружения. М.: Стройиздат, 1980. 304 с.
2. Ермолов В.В., Бэрд У.У. и др. Пневматические строительные конструкции / под ред. В.В. Ермолова. М.: Стройиздат, 1983. 304 с.
3. Ким А.Ю., Харитонов С.П. Легкие вантовые мембранно-пневматические сооружения в экстремальных условиях / Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова. Саратов, 2011. 31 с. Ил. 2. Деп. в ВИНТИ 05.08.2011 № 377 - В2011.

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ЗАДАЧАХ РАСЧЁТА ПНЕВМАТИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Ким А.Ю. *, Харитонов С.П. *

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

Статья знакомит с итерационным методом расчёта комбинированных мембранно-пневматических сооружений с применением математического моделирования и численных методов, а также с проведённым авторами численным исследованием с помощью программного комплекса на ЭВМ комбинированных пневматических сооружений, т.е. пневматических сооружений, усиленных большепролётными стержневыми или предварительно напряжёнными вантовыми системами.

Ключевые слова: математическое моделирование; численный метод; мембранно-пневматическое сооружение; метод приращений параметров

THE USE OF MATHEMATICAL MODELING AND NUMERICAL METHODS IN THE PROBLEMS OF CALCULATION OF MEMBRANE-PNEUMATIC CONSTRUCTIONS

Kim A.Yu. *, Kharitonov S.P. *

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

The article introduces an iterative method of calculation of the combined membrane-pneumatic constructions with application of mathematical modeling and numerical methods, and the authors conducted a numerical study using the software on the computer combined pneumatic structures, i.e. pneumatic structures, reinforced long-span prestressed rod or cable systems.

Keywords: mathematical modeling; numerical method; membrane-inflatable structure; the method increment parameters

Авторы статьи ставят перед собой целью ознакомить читателя с разработанной ими методикой расчёта быстровозводимых комбинированных сооружений, эффективность которых обусловлена как сверхпрочностью вантово-стержневых систем, так и наличием пневматического эффекта, благодаря которому сооружение обладает высокой несущей способностью. Подобное комбинированное сооружение является не только лёгким, но и надёжным, особенно в аварийной ситуации. Такие сооружения предназначены для быстрого возведения в чрезвычайных ситуациях с целью оказания медицинской и другой помощи людям [1, с. 39].

Задача, решаемая авторами статьи, состоит в численном исследовании шаговым итерационным методом приращений параметров комбинированных пневматических сооружений, т.е. пневматических сооружений, усиленных большепролётными стержневыми или предварительно напряжёнными вантовыми системами, и в создании новых конструктивных форм мембранно-пневматических сооружений, отличающихся экономичностью и временем возведения.

Научная ценность данной методики, разработанной авторами статьи, состоит в том, что предлагается применять итерационную полуаналитическую процедуру на шаге с большим числом итераций, которые обеспечили бы сходимость результатов расчёта работы пневматических полостей сооружения, а также обеспе-

чили бы результаты учёта работы вантово-стержневых элементов с результатами пятого порядка точности.

Положительно то, что правомерный в этом случае принцип поэтапной эквивалентной линеаризации нелинейной задачи позволяет сохранить принцип линейности на шаге и применить на каждой итерации шага принцип суперпозиции. При этом предоставляется возможность варьирования любых параметров системы [2, с. 26].

На каждом шаге приращения параметров с помощью матрицы связанности узлов формируется исходная система поэтапно линеаризованных алгебраических уравнений:

$$[r_{ab}]\eta = (R_a) \quad , \quad (1)$$

где r_{ab} – глобальная матрица жёсткости системы; η – матрица-столбец искоемых перемещений; (R_a) – матрица-столбец свободных членов.

Порядок матрицы $[r_{ab}]$ равен $N=3K-d$, где d – количество заданных опорных связей закреплённых узлов системы.

Вычисляя коэффициенты данной системы уравнений (1) при $a=1, K$, в соответствии с номерами узлов системы составляем разрешающую систему уравнений метода конечных элементов

$$[r_{ik}]\bar{x}_k = (R_i) \quad , \quad i = \overline{1, K} \quad , \quad k = \overline{1, K} \quad , \quad (2)$$

в соответствии с глобальной нумерацией наложенных на систему связей.

Решая систему уравнений (2), находим искомые перемещения x_k и распределяем их по узлам системы, т.е. определяем узловые перемещения u_{na} , v_{na} и w_{na} , полученные системой на шаге n по направлению осей x , y и z .

Далее определяем приращение продольного усилия ΔN_{ab} в каждом стержне ab на шаге n . Значения координат узлов системы x_a , y_a , z_a в конце n -го шага варьирования параметров определяются по формулам:

$$x_{n+1,a} = x_{na} + u_{na} \quad , \quad y_{n+1,a} = y_{na} + v_{na} \quad , \quad z_{n+1,a} = z_{na} + w_{na} \quad , \quad (3)$$

Итерационный метод приращения параметров известен давно и в настоящее время применяется в расчётах достаточно широко.

1. Приводим алгоритм решения задачи в первом приближении, т.е. методом приращений первого порядка точности с применением формулы Эйлера.

$$\Delta Z_{nv}^{(1)} = \sum_{\mu=1}^{\mu=\mu} \Delta x_{n\mu} \cdot A'_{v\mu}(x_{n-1,\mu}, y_{n-1}) \quad ,$$

2. Решение задачи в c -м приближении по формуле

$$\Delta Z_{nv}^{(c)} = \sum_{\mu=1}^{\mu=\mu} \Delta x_{n\mu} \cdot A'_{v\mu}\left(x_{n-1,\mu} + \frac{\Delta x_{n\mu}}{2}, y_{n-1} + \frac{\Delta y_n^{(1)}}{6} + \frac{\Delta y_n^{(c-1)}}{3}\right) \quad , \quad (4)$$

где $c \geq 2$.

Повышенная точность формулы (4) достигается за счёт интегрального осреднения на шаге n приращений функций накоплений Δy_n в соответствии с решением, аппроксимированным на данном шаге квадратичным многочленом.

Применяя подвижную систему координат, точка отсчёта которой совпадает с началом текущего шага n графика аналитического решения метода Рунге-Кутты (рисунок), квадратичный многочлен принимаем в виде:

$$y(x) = A_n x^2 + B_n x + C_n, \text{ где } 0 \leq x \leq \Delta X_{n,\mu}. \quad (5)$$

Определяя коэффициенты квадратичного многочлена из граничных условий параболы на шаге n :

$$y(x=0) = 0; \quad y'(x=0) = \operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta Y_n^{(1)}}{\Delta X_{n,\mu}},$$

$$y(x = \Delta X_{n,\mu}) = \Delta Y_n^{(c-1)},$$

где $c \geq 2$, получим

$$A_n = [\Delta Y_n^{(c-1)} - \Delta Y_n^{(1)}] / (\Delta X_{n,\mu})^2; \quad B_n = (\Delta Y_n^{(1)}) / (\Delta X_{n,\mu}); \quad C_n = 0.$$

Интегрируя принятое аналитическое решение $y_n(x)$ и осредняя результат по длине шага $\Delta X_{n,\mu}$, получаем

$$\Delta y_n = \frac{1}{\Delta X_{n,\mu}} \int_0^{\Delta X_{n,\mu}} (A_n x^2 + B_n x + C_n) dx = \frac{A_n \Delta X_{n,\mu}}{3} + \frac{B_n \Delta X_{n,\mu}}{2}$$

или

$$\Delta y_n = \frac{\Delta Y_n^{(1)}}{6} + \frac{\Delta Y_n^{(c-1)}}{3}. \quad (6)$$

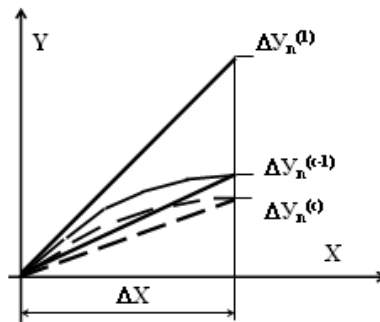


График аналитического решения метода Рунге-Кутта

При решении задачи во втором приближении ($c=2$) формула (6) эквивалентна формуле метода Рунге-Кутта второго порядка точности. При этом приращения функций накоплений ΔY_n аппроксимируются линейным многочленом. При $c \geq 3$ приращения функций ΔY_n аппроксимируются на шаге квадратичным многочленом и, вследствие этого, итерационный процесс с учётом интегрально осреднённых на шаге приращений функций накоплений Δy_n реализует в высоких приближениях эквивалентную линеаризацию нелинейного оператора A при заданных приращениях параметров X_μ . Принцип эквивалентной линеаризации нелинейной задачи позволяет применить на каждой итерации шага принцип суперпозиции [3, с. 45].

Разработанная методика расчёта рекомендуется для применения в проектных институтах, что может способствовать более широкому внедрению быстро-возводимых сооружений в инфраструктуру России.

Список литературы

1. Ермолов В.В., Бэрд У.У. и др. Пневматические строительные конструкции / под ред. В.В. Ермолова. М.: Стройиздат, 1983. 304 с.
2. Ким А.Ю., Харитонов С.П. Легкие вантовые мембранно-пневматические сооружения в экстремальных условиях / Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова. Саратов, 2011. 31 с. Ил. 2. Деп. в ВИНТИ 05.08.2011 № 377 - В2011.
3. Ким А.Ю. Итерационный метод приращений параметров в теории расчета мембранно-пневматических систем с учетом нелинейных факторов: монография. Саратов: СГТУ, 2005. 188 с.

УДК 69.033

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НА МОДЕЛИ СТАТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО СООРУЖЕНИЯ

Ким А.Ю., Харитонов С.П.**

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

Статья касается развития авторами теории расчёта гибких воздухоопорных мембранно-пневматических систем, предназначенных для перекрытия больших пролётов. Авторы получили результаты численного исследования на компьютере модели гибкой предварительно-напряженной системы покрытия и сравнили их с данными, полученными ими при экспериментальных исследованиях модели.

Ключевые слова: воздухоопорное мембранно-пневматическое покрытие сооружения; экспериментальная модель сооружения; несущая способность сооружения; избыточное давление воздуха в замкнутой полости

EXPERIMENTAL STUDY ON THE MODEL OF STATIC WORK PNEUMATIC STRUCTURES

Kim A.Yu., Kharitonov S.P.**

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

The article concerns the development of the authors of the theory of calculation of air-supported flexible membrane and pneumatic systems for covering large spans. The authors have obtained the numerical results on the computer model flexible pre-stressed coating systems and compared them with the data obtained by them experimental research models.

Keywords: air-supported membrane-pneumatic coating structures; experimental model structures; bearing capacity of structures; the excess air pressure in the closed cavity

В натурных сооружениях различного назначения воздухоопорные мембранно-пневматические покрытия выполняются обычно с мембраной из стеклоткани с тефлоновым покрытием. Поэтому в соответствии с критериями подобия исследуемая модель покрытия выполнена с мембраной из плёнки ПВХ.

При размерах покрытия реального сооружения в плане 210×70 м (стрела подъёма мембраны $f=8$ м) модель покрытия имеет размеры в плане 2,10×0,70 м. (стрела подъёма мембраны $f=0,08$ м). Масштаб изменения геометрических размеров реального сооружения составляет для модели 1:100.

Собственный вес и внешние нагрузки на мембрану модели находятся в тех же пропорциях, что и в реальном сооружении. Соотношение жёсткостей мембраны сооружения и модели равно соотношению величин соответствующих пролё-

тов. Интенсивность внешней вертикальной нагрузки и интенсивность избыточного давления воздуха во внутреннем помещении здания равны соответствующим интенсивностям нагрузки и давления воздуха в реальном сооружении и модели.

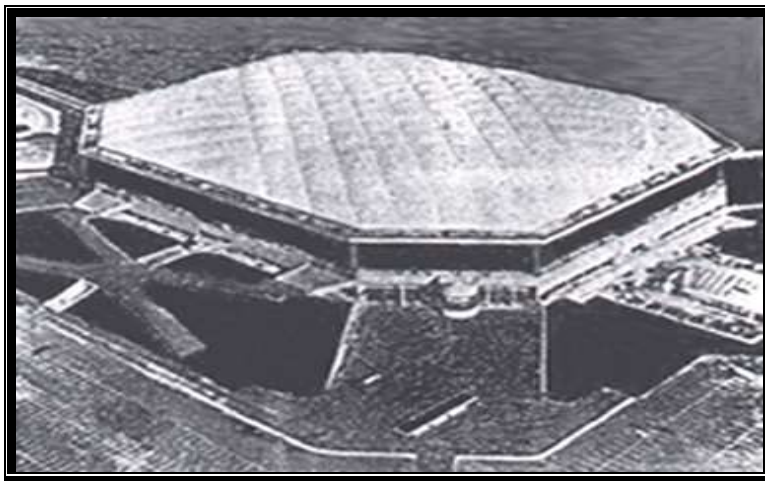


Рис. 1 – Воздухоопорное покрытие стадиона в г. Мичигане (США)

Эти соотношения авторы получили, выполняя критерии подобия исследуемой модели и реального сооружения. Однако авторы не ставят перед собой целью исследовать работу реального сооружения на основе поведения модели. В настоящее время при наличии достаточно точных и универсальных методик расчёта механических систем необходимости в этом нет. По сути дела, реальным сооружением в данном случае является сама модель покрытия сооружения (рис. 2) [1, с. 87].

Мембрана выполнена из плёнки ПВХ в виде прямоугольной в плане и плоской на стадии монтажа мембраны, имеющей размеры $2,10 \times 0,70$ м и закреплённой в опорном контуре. Модуль упругости плёнки $E=6000$ Н/м, прочность на растяжение $R=1$ кН/м, масса плёнки $g=g_2=1$ Н/м², толщина плёнки $\delta=0,15$ мм. Опорный контур представляет собой рамную конструкцию. Она состоит из нижней и верхней горизонтальных рам, выполненных из деревянных стержней сечением 50×20 мм. Нижняя рама опирается на вертикальные стены толщиной 50 мм, с которыми она жёстко скреплена. Между верхней и нижней рамами располагаются края мембраны, зажатые посредством 86 металлических болтов $d=4$ мм.

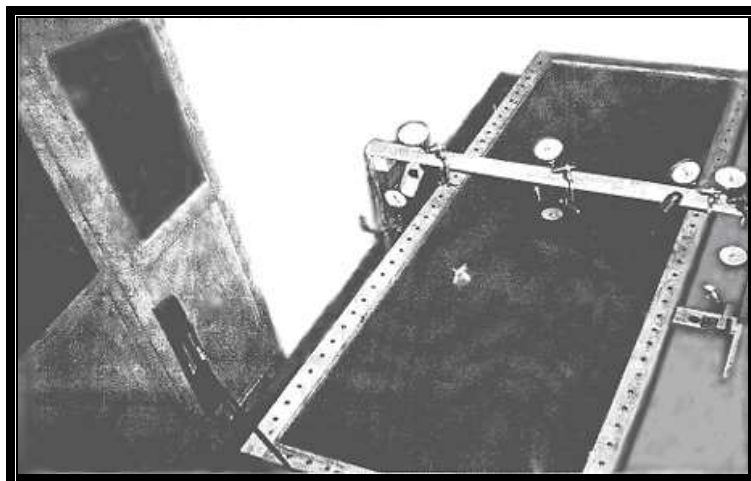


Рис. 2 – Модель воздухоопорного мембранно-пневматического сооружения

В замкнутое помещение под мембрану закачан воздух с избыточным давлением $p=130$ Па. Воздух в помещение подаётся через ниппель при помощи насоса. Обеспечение заданного уровня давления воздуха в замкнутой полости достигается при помощи манометра, располагаемого снаружи пневмосооружения (рис 2) и представляющего собой U-образную стеклянную трубку. Модель покрытия устанавливается на жёсткое основание.

Для удобства проведения замеров модель покрытия снабжена измерительной деревянной рамой, выполненной из реек сечением 50×20 мм.

Цель эксперимента - исследование статической работы воздухоопорного мембранно-пневматического покрытия сооружения с герметичной замкнутой полостью.

Вертикальная нагрузка, равная интенсивности снеговой нагрузки, составляет $q=235$ Н/м². Так как площадь покрытия модели равна $1,47$ м², полная нагрузка на всем покрытии составляет $Q=345$ Н.

Равномерно распределённая нагрузка создаётся речным песком. Если полное загрузение покрытия модели производится равномерным слоем песка общим весом $33,85$ кг, то для равномерного загрузения покрытия в средней трети пролёта требуется $11,28$ кг речного песка.

Анализ результатов исследований показывает, что различия между экспериментальными и теоретическими значениями прогибов воздухоопорной мембраны покрытия составляют $5 \dots 10$ % для локальных нагрузок и $3 \dots 5$ % для распределённых по всему пролёту расчётных нагрузок.

Давление воздуха во внутреннем помещении сооружения определяется с погрешностью, равной $1 \dots 2$ %.

Расхождения в экспериментальных и теоретических прогибах мембраны покрытия модели обусловлены в основном неточностями замера прогибов.

Эксперимент подтверждает достоверность тех результатов, которые получены авторами на основе численного исследования на ЭВМ нелинейных воздухоопорных мембранно-пневматических покрытий сооружений в соответствии с разработанной методикой расчёта [2, с.67].

Список литературы

1. Ермолов В.В., Бэрд У.У. и др. Пневматические строительные конструкции / под ред. В.В. Ермолова. М.: Стройиздат, 1983. 304 с.
2. Ким А.Ю. Итерационный метод приращений параметров в теории расчета мембранно-пневматических систем с учетом нелинейных факторов: монография. Саратов: СГТУ, 2005. 188 с.

УДК 69.057

ПАНЕЛЬНЫЕ ЗДАНИЯ С ЭФФЕКТИВНЫМ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫМ СЛОЕМ И ОБЛИЦОВКОЙ

Лукманова Л.В., Мухаметрахимов Р.Х.**

** Казанский государственный архитектурно-строительный университет,
Россия, Казань*

Рассмотрены особенности трехслойных стеновых панелей, виды соединительных связей между ними, технология герметизации и теплоизоляция межпанельных стыков.

Ключевые слова: трехслойная стеновая панель, герметизация межпанельных швов

THE PANEL BUILDING WITH EFFECTIVE INSULATING LAYER AND CLADDING

Lukmanova L.V., Mukhametrakhimov R.Kh.**

** Kazan State University of Architecture and Engineering,
Russia, Kazan*

The paper discusses the features of three-layer wall panels, types of connecting links between them, technology of caulking and heat insulation inter-panel joints.

Keywords: three-layer wall panels, panel building, caulking the inter-panel joints

При реализации Федеральной целевой программы «Жилье» [1], рассчитанной на 2015-2020 годы, целью которой является формирование рынка доступного жилья эконом-класса, отвечающего требованиям энергоэффективности и экологичности, большое применение находит возведение панельных зданий.

По данным службы государственной статистики более 15 млн человек в нашей стране проживают сегодня в панельных домах, построенных в 50-60-х гг. прошлого века, многие из которых требуют реконструкции межпанельных стыков, при которой не устраняются основные недостатки: низкие тепло- и звукоизоляционные свойства.

Современные требования по энергосбережению, высоким звукоизоляционным характеристикам, комфортности, архитектурной выразительности обуславливают растущий интерес применения трехслойных стеновых панелей.

Многие отечественные производители выпускают широкий спектр данных панелей. Среди производителей – ДСК «Блок», ДСК – 3, ДСК – 5, «Бетонекс», «Завод железобетонных изделий № 1» (Корпорация «Росстрой» – СУ 155) – г. Санкт-Петербург, Гатчинский ДСК (группа ЛСР) с улучшенной 137-й и 121-й сериями, Гатчинский ССК (серия «Оптима») – г. Гатчина, Киришский ДСК – Ленинградская область, КЖБИ – 11 – г. Домодедово.

В Республике Татарстан возведение панельных домов серии АБД 9600 из трехслойных панелей реализуется при строительстве жилого комплекса «Светлая долина», г. Казань. Трехслойные панели изготавливаются ООО «Казанский ДСК», г. Казань, который входит в группу компаний «АК БАРС Девелопмент».

В соответствии с требованиями [2] трехслойная стеновая наружная панель должна иметь следующую номинальную толщину слоев не менее:

- внутреннего слоя несущих панелей – 120 мм;
- внутреннего слоя ненесущих панелей – 80 мм;
- внутреннего слоя поэтажно несущих панелей – 80 мм при тяжелом бетоне и 100 мм – при легком бетоне;
- наружного слоя панелей – 65 мм при тяжелом бетоне и 80 мм – при легком бетоне.

В качестве теплоизоляционного слоя следует применять жесткие теплоизоляционные плиты из:

- полистирольного пенопласта марки 25 или 35 по ГОСТ 15588;
- минеральной ваты на основе базальтового волокна на синтетическом связующем плотностью 80-160 кг/м³, а также волластонитового волокна на битумно-минеральной связке;
- минеральной ваты на синтетическом связующем плотностью не более 175 кг/м по ГОСТ 9573, ГОСТ 22950;

– минеральной ваты из стеклянного волокна на синтетическом связующем плотностью не более 150 кг/м^3 по ГОСТ 10499.

Теплоизоляционные плиты следует укладывать в панели плотно друг к другу. При расположении теплоизоляционных плит в несколько слоев швы между плитами в каждом из слоев должны быть смещены по отношению к швам между плитами в смежных слоях не менее чем на толщину слоя.

Соединительные связи в трехслойных панелях служат для обеспечения целостности панели при ее изготовлении, комплектации, хранении, транспортировании, монтаже и эксплуатации стены. Для этих целей применяют: гибкие связи в виде отдельных стержней, полос, арматурных изделий разных видов из коррозионно-стойкой стали или стали обыкновенного качества (с антикоррозионным покрытием или без него), дискретные железобетонные связи – перемычки (шпонки), железобетонные ребра из легкого бетона [1, 2].

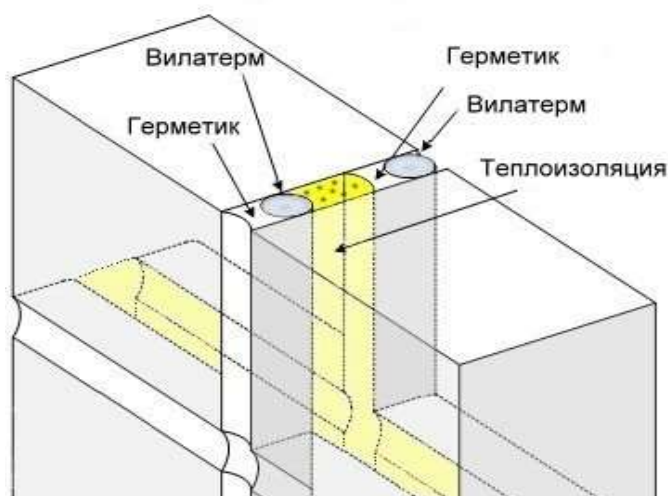
Важнейшим этапом в технологии возведения панельных зданий является герметизация межпанельных стыков. Панели внутренних стен входят в стык между панелями наружных, поэтому до их монтажа необходимо завершить процессы, связанные с обработкой стыка. К ним относится закладка гернита, наклейка гидроизоляционных и воздухозащитных лент, установка водоотбойных изделий, устройство теплоизоляционного слоя. Указанные процессы осуществляются звеном герметчиков в составе 2 чел. изнутри здания.

Ряд процессов по герметизации стыков выполняются снаружи здания. Они могут осуществляться с навесных площадок, устанавливаемых на перекрытии монтируемого этажа здания с навесных люлек [4].

Для устранения проблемы с промерзанием наружных ограждающих панелей и некачественной герметизацией панельных швов существует технология ремонтно-восстановительной герметизации и теплоизоляция стыков трехслойных панелей – «Теплый шов». Данная технология прошла испытания и широко используется в Москве, Санкт-Петербурге, Казани и других городах России [5].

Технология «Теплый шов» предусматривает очистку межпанельного пространства и стыка плит, прокладывание утеплителя, полость которого запенивается, заделку стыка плит герметизирующей мастикой.

Данная технология состоит из следующих компонентов: утеплитель «Вилатерм-СП», герметик «Полимерфлекс», мастика «Гермабутил-С».



Вид шва после герметизации

Достоинствами панельных зданий из трехслойных железобетонных стеновых панелей являются: высокая скорость строительства при относительно небольшой трудоемкости, долговечность, высокие звуко- и теплоизоляционные свойства, возможность выполнения каналов для установки коммуникаций, возможность полной или частичной отделки поверхностей на заводе-изготовителе, исключение процессов оштукатуривания внутренних стен, высокая точность размеров панелей, а также широкий выбор вариантов отделки фасадной поверхности.

Список литературы

1. Федеральная целевая программа «Жилище» на 2015-2020 годы.
2. ГОСТ 31310-2005. Панели стеновые трехслойные железобетонные с эффективным утеплителем. Общие технические условия.
3. Арdziнов В.Д., Александров В.Т. Ценообразование в строительстве и оценка недвижимости. СПб.: Питер, 2013. 384 с.
4. Технология возведения полносборных зданий / Афанасьев А.А., Арутюнов С.Г., Афонин И.А., Вильман Ю.А., Король Е.А., Соколов Г.К., Тауенис А.М.. М.: Изд-во АСВ, 2000. 361с.
5. Бадьин Г.М. Справочник по измерительному контролю качества строительных работ. СПб.: БХВ-Петербург, 2010. 464 с.

УДК 624.073.6

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБЛЕГЧЕННОЙ МЕЖКОЛОННОЙ ПЛИТЫ ПЕРЕКРЫТИЯ ДЛЯ НЕСУЩЕЙ СИСТЕМЫ УИКСС

Лукманова Л.В.*

** Казанский государственный архитектурно-строительный университет,
Казань, Россия*

Несущая система УИКСС представляет собой сборный железобетонный каркас здания, включающий безбалочные бескапитальные перекрытия и сборные железобетонные колонны, вертикальные стыки которых выполнены по типу штепсельного соединения арматуры в скважинах или отверстиях на строительном растворе. Целью данной работы является совершенствование конструктивных форм межколонных плит перекрытий системы УИКСС. В качестве альтернативы использованию сплошных сборных плит перекрытий рассмотрено применение пустотелых плит перекрытий, которые позволили в значительной степени облегчить конструкцию плиты перекрытия и здания в целом.

Ключевые слова: проектирование, несущая система, УИКСС, плиты перекрытий

THE DEVELOPMENT OF DESIGN SHAPES OF CEILING SHEETS FOR UIFCS

Lukmanova L.V.*

** Kazan State University of Architecture and Engineering,
Kazan, Russia*

Frame construction UIFCS is a assembly reinforced concrete framing, which includes beamless non column cap ceiling sheets and assembly reinforced concrete column. Vertical joints are made by type of plug joint. The study investigates the development of design shapes of ceiling sheets for frame construction UIFCS. It is shown that projected ceiling sheet is more energy efficient than typical ceiling sheet due to less consumption of materials such as steel reinforcing and concrete.

Keywords: designing, frame construction, UIFCS, ceiling sheets

Для реализации поставленной цели были решены следующие задачи:

- разработка информационной схемы численного исследования;
- выбор расчетной модели исследуемого элемента;
- выполнение статического расчета;
- анализ результатов статического расчета;
- предложение рекомендаций по конструированию исследуемого элемента.

С учетом перечисленного была составлена программа исследования, информационная схема которой представлена на рис. 1.

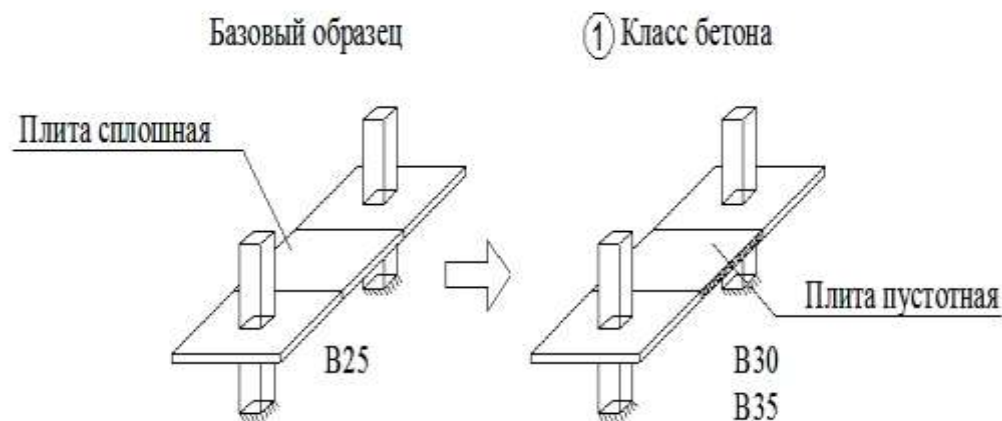


Рис. 1 – Информационная схема численного исследования межколонной плиты перекрытия

На рис. 2 представлена расчётная модель исследуемого образца фрагмента перекрытия, реализованного в программном комплексе «Ли́ра-САПР 2013». Расчетная модель представляет собой объемные конечные элементы межколонной плиты перекрытия и стержни, моделирующие раствор. Предельные деформации бетона приняты по нормативным документам [1].

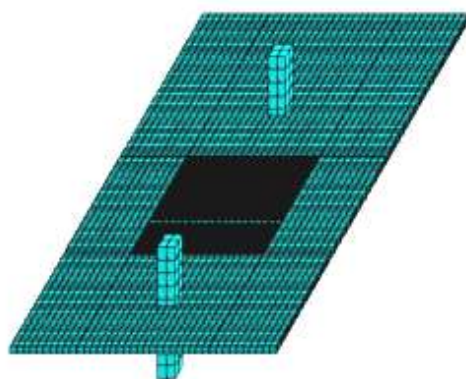


Рис. 2

Анализ статического расчета фрагмента перекрытия от суммарного действия вертикальных нагрузок показал, что значения прогибов в исследуемой плите перекрытия не превышают предельных значений прогибов, установленных нормативным документом [2]. Следовательно, жесткость межколонной плиты перекрытия обеспечена.

Выполненный расчет по первой и второй группам предельных состояний позволил определить армирование исследуемой межколонной плиты перекрытия в соответствии с требованиями нормативных документов [1]. В качестве напрягаемой арматуры была использована термомеханически упрочненная стержневая класса А1000, применение которой позволило достичь экономического эффекта, обусловленного высокой трещиностойкостью, и как следствие, повышенной жесткостью и долговечностью плит перекрытий.

Технико-экономическое сравнение, представленное в таблице, спроектированной межколонной плиты перекрытия для УИКСС (П-1) и межколонной панели перекрытия МП 30-30-16-6, выполненной по системе «КУБ-2.5», показало, что при равных размерах сравниваемых плит перекрытий в плите П-1 достигается снижение расхода бетона в объеме 0,34 м³ и арматуры на 1,45 кг на 1 плиту.

Требования к размерам, форме рифления и расположению тактильных плит в зависимости от их назначения

Марка элемента	Масса элемента, т	Бетон		Расход стали на элемент, кг
		класс	объем, м ³	
П-1	2,692	В30	1,05	67,09
МП 30-30-16-6	3,544	В30	1,39	68,54

Экономия достигнута за счет использования круглых пустот в проектируемой межколонной плите перекрытия и применения высокопрочной предварительно напрягаемой арматуры.

Список литературы

1. Пособие по проектированию предварительно напряженных железобетонных конструкций из тяжелого бетона (к СП 52-102-2004). М.: ГУП НИИЖБ Госстроя России, 2004. 102 с.
2. СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85 / Госстрой России. М.: ГУП ЦПП, 2011. 75 с.

УДК 624.016

УСТРОЙСТВО МОНОЛИТНОЙ КРОВЛИ С ГИДРОИЗОЛЯЦИЕЙ ИЗ САМОУПЛОТНЯЮЩЕГОСЯ БЕТОНА

*Мустафин А.А. *, Ибрагимов Р.А. *, Богданов Р.Р. **

** Казанский государственный архитектурно-строительный университет, Россия, Казань*

Приводится конструкция безрулонной кровли со слоем гидроизоляции из самоуплотняющегося бетона (СУБ). Рассматривается технология устройства безрулонной кровли из самоуплотняющегося бетона (СУБ), использование которой может найти широкое применение в современном строительстве.

Ключевые слова: кровля, самоуплотняющийся бетон, клиновидная теплоизоляция

THE STRUCTURE OF MONOLITHIC ROOF WITH WATERPROOFING OF SELF-COMPACTING CONCRETE

Mustafin A.A.; Ibragimov R.A.*; Bogdanov R.R.**

** Kazan State University of Architecture and Engineering,
Russia, Kazan*

The article presents the structure non-roll roofing waterproofing with a layer of self-compacting concrete.

Keywords: roof, self-consolidating concrete, tapered insulation

В настоящее время в крупных городах широко распространены здания с плоской кровлей. В качестве гидроизоляции в них используется рулонные изоляционные материалы. Достоинством кровель из рулонных изоляционных материалов являются их относительно невысокая стоимость, незначительный срок подготовительных работ и возможность быстрого выполнения ремонтных работ [1]. Однако данный материал обладает низкой прочностью, долговечностью из-за чего происходят так называемые протечки.

Безрулонная монолитная кровля с гидроизоляцией из СУБ обладает высокими эксплуатационными характеристиками, также она более устойчива к механическим повреждениям по сравнению с рулонными кровлями.

Конструкция пирога кровли при этом остается традиционной и включает плиту покрытия, слой стяжки из цементно-песчаного раствора, пароизоляции, утеплителя, полиэтиленовой пленки и верхний слой – гидроизоляция, выполняемый из самоуплотняющегося бетона, выступающего в роли гидроизоляции (рис. 1) [2].



Рис. 1 – Конструкция безрулонной кровли из СУБ

В качестве утеплителя, выполняющего одновременно роль разуклонки приняты клиновидные плиты А и В из набора экструзионного пенополистирола ТЕХНОНИКОЛЬ ХПС-КЛИН 1,7%, выполненная в соответствии с ТУ 2244-047-17925162-2006 (рис. 2). Использование таких утеплителей снижает нагрузку на основание ($30\text{--}35 \text{ кг/м}^3$), позволяет избежать «мокрых» процессов, сокращает трудозатраты и время выполнения работ [3].

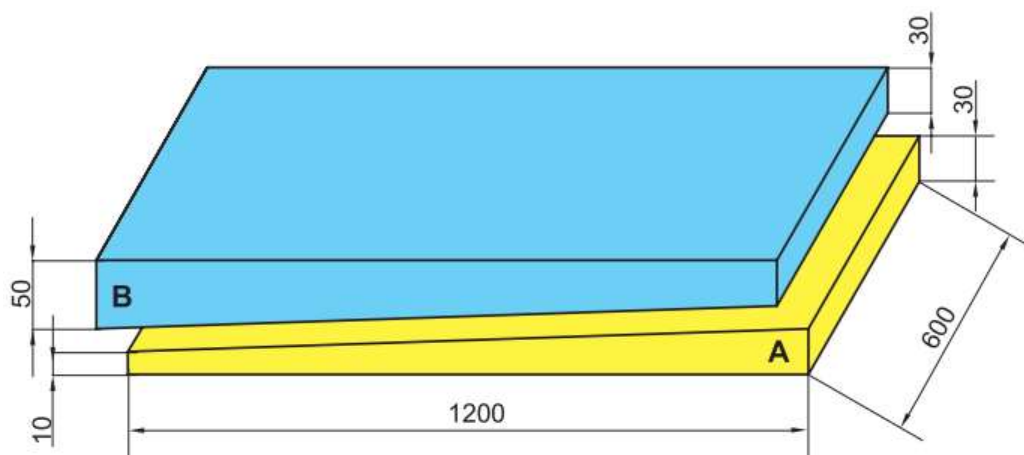


Рис. 2 – Плиты из экструзионного пенополистирола ТЕХНОНИКОЛЬ XPS-КЛИН 1,7%

В качестве доборной плиты при формировании уклона из плит экструзионного пенополистирола ТЕХНОНИКОЛЬ XPS-КЛИН 1,7% требуется использовать плиты из экструзионного пенополистирола ТЕХНОНИКОЛЬ XPS толщиной 40 мм, которые могут укладываться как под клиновидную плиту, так и сверху на нее (рис. 3).

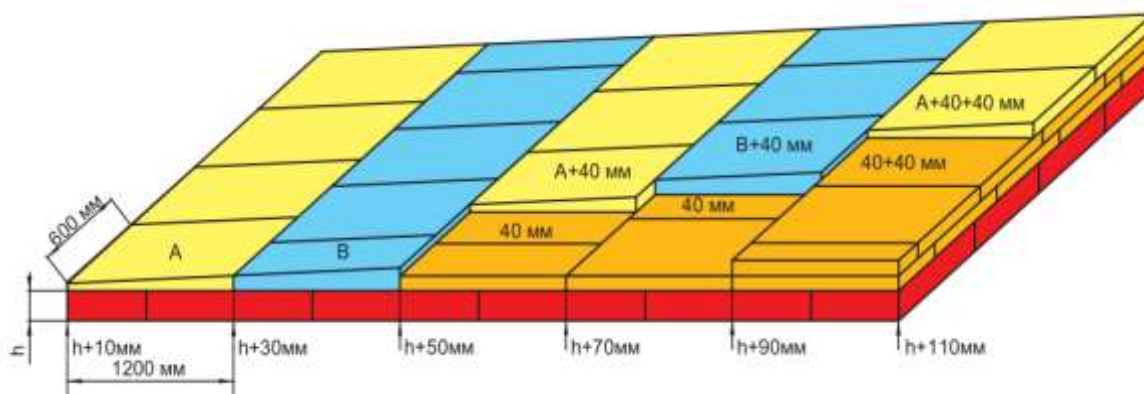


Рис. 3 – Схема выполнения основного уклона из плит экструзионного пенополистирола ТЕХНОНИКОЛЬ XPS-КЛИН 1,7%.

В качестве компенсатора усадочных и температурных деформаций использована резиновая гидроизоляционная шпонка ТЕХНОНИКОЛЬ ОД-260 (рис. 4). Гидрошпонки изготавливают из полимерной композиции на основе поливинилхлорида (ПВХ-П) в соответствии с ТУ-5775-003-96067115-2011.

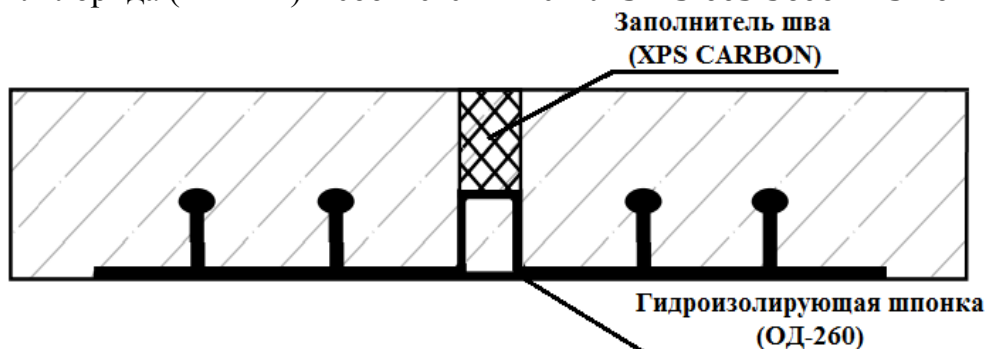


Рис. 4 – Монтажная схема гидроизоляционной шпонки (ОД-260)

Локально-ресурсная смета на устройство кровли, 100 м²

Наименование работ	Трудозатраты, чел./ч	Стоимость, руб.
Устройство кровли из рулонных материалов	295,98	264118,78
Устройство кровли со слоем из СУБ	252,89	236026,54

Исходя из сравнительного анализа трудозатрат и стоимости устройства кровли из рулонных материалов и разработанной кровли (табл. 1), можно сделать вывод, что кровля со слоем из СУБ выгоднее, и по трудозатратам, и по стоимости. При этом повышаются эксплуатационные свойства, срок службы такой кровли может достигать 40 лет, тогда как срок эксплуатации рулонной кровли 5-7 лет.

Список литературы

1. Карпов Г. Н. Проблемы при устройстве рулонных кровель и их решение // Вестник ОГУ. 2006. № 2. С. 117-120.
2. Безрулонная монолитная кровля / Изотов В.С., Богданов Р.Р., Ибрагимов Р.А. Положительное решение о выдаче полезной модели на изобретение. Рег. номер 2013146301 от 16.10.2013.
3. ТЕХНОНИКОЛЬ. Клиновидная теплоизоляция. Сборник строительных систем. Т. 4. 24 с.

УДК692:69.07

**ТЕХНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ
КАРКАСНО-МОНОЛИТНОГО ЗДАНИЯ НАЧАЛА XX ВЕКА**

Редков В.И.*

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

Приводятся особенности конструктивного решения и технического состояния одного из первых каркасно-монолитных зданий в г. Саратове, а также результаты определения фактической прочности бетона и арматуры монолитных железобетонных конструкций с длительным сроком эксплуатации. Результаты исследований использованы при разработке проектной документации по реставрации памятника истории и архитектуры.

Ключевые слова: каркасно-монолитное здание, железобетонные конструкции, бетон, арматура, неразрушающие методы, прочность, градуировочная зависимость

**TECHNICAL CONDITION OF THE REINFORCED CONCRETE FRAME-
MONOLITHIC BUILDINGS OF THE EARLY TWENTIETH CENTURY**

Redkov V.I.*

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

The features of the constructive solutions and the technical condition of a first frame-monolithic buildings in Saratov, as well as the results determine the actual strength of concrete and reinforcement a monolithic reinforced concrete structures with a long service life. The results of the studies used in the development of project documentation for the restoration of the monument of history and architecture.

Keywords: frame-monolithic building, concrete structures, concrete, reinforcement, non-destructive methods, the strength of the calibration dependence

Среди объектов историко-культурного наследия федерального значения в г. Саратове особое место занимает бывшая гостиница «Астория» (ныне гостиница «Волга») (рис. 1). Четырехэтажное здание с подвалом и мансардным этажом построено в 1914-1916 гг. по оригинальному проекту архитектора и инженера С.А. Каллистратова, получившего профессиональное образование в Лозаннском университете в Швейцарии. В конструктивной схеме, несущих конструкциях, а также строительных материалах для возведения здания автор проекта реализовал последние достижения строительной инженерной науки Европы начала XX века.

Практическое применение в строительстве нового строительного материала – железобетона началось в России с конца XIX века. Здание гостиницы «Астория» является одним из первых каркасно-монолитных зданий, построенных в Саратове более 100 лет назад. Следует отметить, что подобные конструктивные решения и технологии в Саратове получили широкое распространение только в начале XXI века. Конструктивно здание выполнено по схеме каркасно-монолитного сооружения с железобетонным внутренним каркасом из колонн, пилонов и ребристых перекрытий. Наружные стены (кроме главного фасада) выполнены из керамического кирпича. Пространственная жесткость здания обеспечена совместной работой железобетонных монолитных конструкций: колонн, ребристых перекрытий с системой главных и второстепенных балок, пилонов и стен главного фасада и кирпичными стенами дворового и торцовых фасадов.



Рис. 1 – Главный и торцевой фасады здания гостиница «Волга» («Астория»)

Специалистами НППЦ «Стройкомплекс» СГТУ под руководством автора проведены исследования прочности бетона и арматуры в железобетонных конструкциях здания гостиницы «Волга» [2]. Натурные исследования (обмеры и обследование) конструкций левого крыла здания гостиницы «Волга» выполнялись

совместно с ТПИ «Саратовпромпроект» для разработки проектной документации по реставрации (приспособлению) памятника архитектуры [1]. Программа проектно-изыскательских работ разработана на основе задания, утвержденного Средне-Волжским управлением Федеральной службы по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охраны культурного наследия.

Обследованием [1, 2] установлено, что толщина стен здания составляет: 950 мм в подвале, 800 мм на 1-3 этажах и 640 мм на 4-5 этажах. Наружные кирпичные стены в уровне низа перекрытия 4-го этажа в период эксплуатации усилены поясами из швеллеров. Стена главного фасада, выполненная из монолитного железобетона, дворового и торцевых фасадов – из глиняного кирпича. Внутреннее утепление имеют только подоконные части стены главного фасада между пилонами. Толщина слоя утеплителя – 200 мм. Слой утеплителя состоит из смеси обожженного грунта плотностью $1,1 \text{ т/м}^3$ – 10%, минеральной части (извести) плотностью $1,3 \text{ т/м}^3$ – 70% и шерстяного войлока – 20%. Утеплитель закрыт дощатым покрытием, оштукатуренным по дранке.

Фундаменты под колонны продольных рам по осям А и Б – из монолитного бетона, под кирпичные стены дворового и торцевых фасадов – из глиняного кирпича [1]. Размеры подошв столбчатых фундаментов под колонны каркаса по оси А – $1,9 \times 3,1$ м, по оси Б – $2,85 \times 2,83$; под стену дворового фасада по оси Г – 2,83 м; под торцевые стены – 2,13 м. Подошва фундаментов заглублена на 1,95-2 м ниже уровня пола подвала. В основании фундаментов залегает глина зеленовато-серая тугопластично-мягкопластичной консистенции, средней плотности с тонкими прослойками песка с включением дресвы и гравия до 10%. Подземные воды вскрыты на глубине 100-400 мм от уровня пола подвала.

Внутренние колонны выполнены из монолитного бетона и имеют сечение 860×860 мм в подвале и на 1-м этаже, 500×500 мм на 2-4-м и мансардном этажах. Колонны и пилоны продольной рамы главного фасада представляют собой как бы раскрытые и повернутые на 90° продольные участки стен. Пилоны выполнены из монолитного бетона, имеют различное сечение как в плане, так и по высоте здания (от $500-1000 \times 1700$ мм в подвале до $250-700 \times 600-1500$ мм на 1-5 этажах).

Колонны армированы вязаными пространственными каркасами из гладких стержней круглого сечения диаметром 25 мм (по 11 стержней в колоннах подвала и 1-го этажа и по 4 стержня на 2-5 этажах). Поперечная арматура проволоочная диаметром 5,5-9,5 мм. Для проволоочной арматуры характерна овальность поперечного сечения. Защитный слой продольной арматуры колонн 25-53 мм, поперечной арматуры 20-40 мм.

Монолитные железобетонные ребристые перекрытия расположены над подвалом, 1-3 этажами здания и выполнены по классической схеме с главными, второстепенными балками и плитной частью (рис. 2). Перекрытия над 4 и 5 этажами выполнено комбинированными – с продольными балками из монолитного бетона и второстепенными балками и настилом из деревянных брусев и досок.

Главные балки сечением 400×500 мм – по среднему ряду и 250×1100 мм по пилонам главного фасада армированы вязаными пространственными каркасами с нижней рабочей (продольной) арматурой диаметром 25 мм. Защитный слой рабочей арматуры 10-80 мм. Поперечная арматура диаметром 5,6-9,4 мм, защитный слой 6-20 мм.

Второстепенные балки монолитных перекрытий имеют сечение 220×400 мм и расположены с шагом 1,4-2,7 м (рис. 2). В нижней части балок имеются вкладыши из профилированного деревянного бруска для крепления конструкций потолка (рис. 2). Плитная часть монолитных железобетонных перекрытий имеет толщину 100 мм и армирована вязаными сетками из арматуры диаметром 8 мм с ячейкой 150×150 мм, защитный слой арматуры 0-35 мм.



Рис. 2 – Конструктивное решение и состояние элементов ребристых перекрытий

По данным параллельных испытаний бетона неразрушающими методами контроля прочности (отрыва со скалыванием, прибор ГПНС-4 и ультразвукового исследования бетона, тестер УК1401) получена градуировочная зависимость, которая показана на диаграмме (рис. 3).

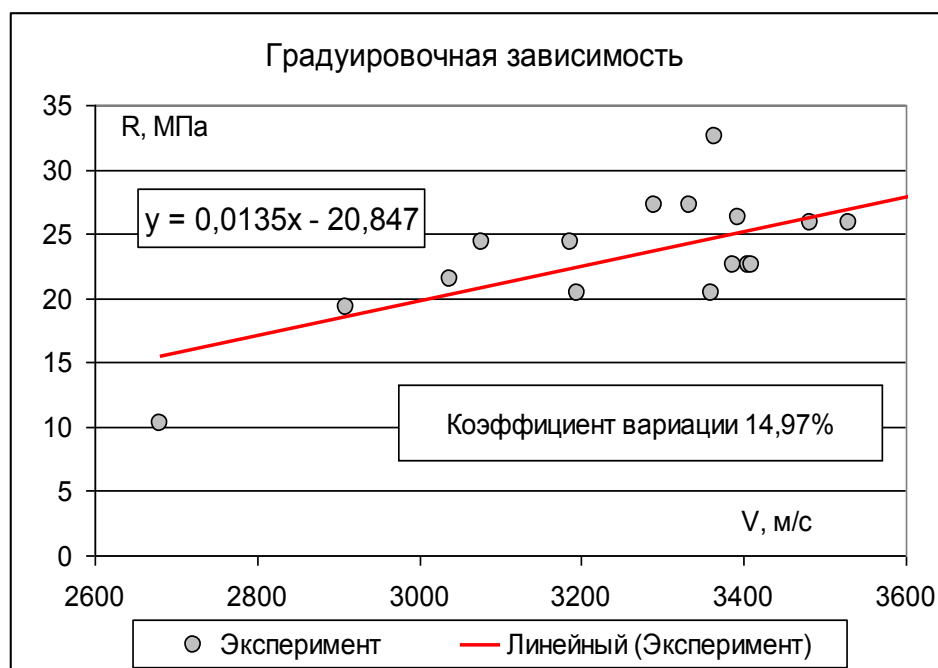


Рис. 3 – Градуировочная зависимость для ультразвукового тестера УК 1401

Результаты оценки фактической прочности бетона конструкций

Место расположения конструкции	Вид бетона	Количество участков в конструкции	Прочность бетона R, МПа	Класс бетона	Типы используемых приборов
Колонны					
Подвал	Тяжелый	20	18,2÷31,3	B12,5÷B20	ГПНС-4 УК 1401 ОНИКС 2.52
1 этаж	Тяжелый	4	25,2÷30,9	B15÷B20	
2 этаж	Тяжелый	2	21,4÷24,0	B15	
3 этаж	Тяжелый	24	20,4÷33,8	B12,5÷B20	
4 этаж	Тяжелый	7	21,3÷30	B15÷B20	
5 этаж	Тяжелый	6	19,8÷25,3	B12,5÷B15	
Главные балки перекрытий					
Подвал	Тяжелый	7	20,7÷27,7	B12,5÷B15	ГПНС-4 УК 1401 ОНИКС 2.52
1 этаж	Тяжелый	1	28,2	B20	
2 этаж	Тяжелый	2	26,4÷30,0	B15÷B20	
3 этаж	Тяжелый	6	23,7÷27,2	B15	
4 этаж	Тяжелый	7	18,8÷31,9	B12,5÷B20	
5 этаж	Тяжелый	8	23,3÷28,2	B15÷B20	
Второстепенные балки перекрытий					
Подвал	Тяжелый	21	21,5÷27,2	B15	ГПНС-4 УК 1401 ОНИКС 2.52
1 этаж	Тяжелый	1	25,7	B15	
2 этаж	Тяжелый	1	28,4	B20	
3 этаж	Тяжелый	21	20,4÷28,0	B12,5÷B20	
Плитная часть перекрытия					
Подвал	Тяжелый	11	20,1÷31,9	B12,5÷B20	УК 1401 ОНИКС 2.52
1 этаж	Тяжелый	1	23,8	B15	
2 этаж	Тяжелый	1	19,6	B15	
3 этаж	Тяжелый	13	22,5÷29,0	B15÷B20	

В таблице приведены результаты определения фактической прочности и класса бетона монолитных железобетонных конструкций, полученные с применением различных методов неразрушающего контроля. Прочность на сжатие моно-

литного бетона несущих конструкций здания постройки начала XX века находятся в пределах 18,2–33,8 МПа, что соответствует классам бетона В12,5–В20 по прочности на сжатие.

Для оценки прочности арматуры в железобетонных конструкциях здания был выполнен отбор образцов арматуры из перекрытия над 2 и 3 этажами. Анализ результатов испытаний образцов арматуры железобетонных конструкций показывает, что основные показатели механических свойств стали находятся в пределах:

- временное сопротивление $s_e = 361\text{--}414 \text{ Н/мм}^2$;
- относительное удлинение после разрыва $d = 16,7\text{--}21,2 \%$;
- относительное сужение после разрыва $\Psi = 58,5\text{--}68,1 \%$.

Результаты испытания образцов арматуры свидетельствуют о том, что арматура железобетонных конструкций изготовлена из «мягкой» стали, механические и пластические свойства которой близки классу А240.

Список литературы

1. Технический отчет. Реставрация (приспособление) левого крыла здания гостиницы «Волга» по пр. Кирова, 34 во Фрунзенском районе г. Саратова. Т. II. шифр 4281. ЗАО ТПИ «Саратовпромпроект», Саратов, 2006.

2. Техническое заключение. Определение прочности бетона в железобетонных конструкциях части здания гостиницы «ВОЛГА» по адресу: пр-т Кирова, 34 во Фрунзенском районе г. Саратова». НППЦ «Стройкомплекс» СГТУ, Саратов, 2006.

УДК 658

АНАЛИЗ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА СОВРЕМЕННЫХ КРУПНОПАНЕЛЬНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ В Г. КАЗАНИ

*Салимова Г.Р. *, Ибрагимов Р.А. **

** Казанский государственный архитектурно-строительный университет, Россия, Казань*

Проведены анализ, сопоставление фактической и нормативной продолжительностей строительства крупнопанельных жилых зданий, собран статистический массив исходной информации для типовых серий, широко применяемых в г. Казани с 2010 года.

Ключевые слова: продолжительность строительства, крупнопанельные жилые здания

ANALYSIS DURATION CONSTRUCTION OF MODERN LARGE-RESIDENTIAL BUILDINGS IN KAZAN

*Salimova G.R. *, Ibragimov R.A. **

** Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Russia, Kazan*

The analysis, comparison of actual and normative duration of the construction of large residential buildings, assembled an array of statistical information for the original type series are widely used in the city of Kazan in 2010.

Keywords: duration of construction, large-panel residential buildings

Для проведения анализа параметров строительства крупнопанельных жилых зданий собран статистический массив исходной информации для типовых серий широко применяемые в г. Казани с 2010 года.

Исходная информация произведена с учетом: проектных решений крупнопанельных жилых зданий, где включены параметры здания, количество секций, наличия пристроенных помещений, здания с переменной этажностью; технических решений по производству работ – разбивка зданий на захватки, выбор основного монтажного механизма и его привязка к объекту.

В результате рассмотрены базовые серии жилых зданий и их модификаций, которые строились в г. Казани с 2010 г. представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Характеристика базовых серий жилых зданий и их модификаций в г. Казани (с 2010 г.)

Наименование серий	Характеристика		
	конструктивное решение	этажность	
		до 10	от 12 до 17
АБД-9000К.14	панельный		+
АБД-9000К.17	панельный		+
90-05 (Казгражданпроект)	панельный	+	
125 Волжская Башня	панельный		+
125 Волжская	панельный	+	
83-120	панельный	+	
83-НЧ (-014, -015, -016, -018, -022(1), -023)	панельный	+	

В нормах продолжительности строительства охватывают период строительства объекта, начиная с подготовительных работ до ввода объекта в эксплуатацию, где общую продолжительность строительства здания от начала производства работ, продолжительность подготовительного периода, подземной части, надземной части, отделки устанавливают в месяцах [3].

Общая продолжительность строительства жилого здания равна сумме продолжительностей всех переделов указанных в табл. 2.

Таблица 2 – Жилые здания типовых серий

Наименование типовых серий	Характеристика типовых серий	Нормы продолжительности строительства, мес.:				
		общая	в том числе			
			подготовительный период	подземная часть	надземная часть	отделка
Серия АБД-9000К	АБД-9000К.14 крупнопанельный 14-этажный Общая площадь 2860,1 м ²	7,3	1,0	1,5	3,3	1,5

Наименование типовых серий	Характеристика типовых серий	Нормы продолжительности строительства, мес.:				
		общая	в том числе			
			подготовительный период	подземная часть	надземная часть	отделка
Серия 90	90-05 (Казграждан-проект) крупнопанельный 10-этажный Общая площадь 1180,8 м ²	5,3	1,0	1,0	2,3	1,0
Серия 125 Волжская	125 Волжская Башня крупнопанельный 16-этажный Общая площадь 676 м ²	7,1	1,0	1,5	3,1	1,5
Серия 83	83-НЧ (-014, -015, -016, -018, -022(1), -023) крупнопанельный 10-этажный Общая площадь 885,6 м ²	5,2	1,0	1,0	2,2	1,0

Использование в строительстве норм как СНиП 1.04.03-85 «Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений» и «Пособие по определению продолжительности строительства предприятий, зданий и сооружений (к СНиП 1.04.03-85)» ограничивается данными для определения сроков строительства. Так как в современном строительстве при застройке территории используют ведущие машино-механизмы, у которых производительность работы намного превышает техники применяемой в 80-90-е годы, также применение поточной организации строительства ведет к сокращению продолжительности строительства, поэтому ссылаться лишь на эти нормы нецелесообразно. Появилась необходимость введения рекомендаций для определения норм продолжительности строительства.

Для проведения сравнительного анализа воспользуемся региональными нормами продолжительности строительства в г. Москве [2], результаты приведены в табл. 3.

Таблица 3 – Сравнение рекомендуемых новых и нормативных продолжительностей строительства жилых зданий типовых серий

Серия	Общая площадь, м ²	Этажность	Продолжительность строительства, мес.:		Оценка
			по СНиП 1.04.03-85*	по проекту новых норм	
90-05 (Казгражданпроект)	3500	10	6,0	5,3	-0,7
АБД-9000К.14	3500	14	7,5	6,3	-1,2
125 Волжская башня	6000	16	8,0	7,5	-0,5

$$\Delta T = - \frac{0,7 \cdot 3500 + 1,2 \cdot 5000 + 0,5 \cdot 6000}{3500 + 5000 + 6000} = -0,79 \text{ мес.}, \quad (1)$$

Таким образом, сокращение продолжительности строительства в московских нормах по сравнению с нормами СНиП 1.04.03-85* «Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений» составляет для жилых зданий типовых серий в среднем 0,79 мес.

Произведено сопоставление фактической продолжительностью строительства с показателями нормами [3] в табл. 4.

Таблица 4 – Оценка крупнопанельных
14- и 17-этажных жилых домов типовой серии

Шифр типового проекта, общая площадь, м ²	Количество этажей	Продолжительность строительства, мес.		Оценка
		нормативная, Тн	фактическая, Тф	
АБД-9000К.14 3000	14	7,3	24,0	+ 16,7
АБД-9000К.17 3000	17	7,7	9,0	+1,3

Таким образом, полученные значения отклонений показателей фактической продолжительности строительства от нормативных позволяют сделать выводы, что продолжительность строительства 14- и 17-этажных жилых домов значительно превышает нормативные сроки строительства.

Список литературы

1. Пособие по определению продолжительности строительства предприятий, зданий и сооружений (к СНиП 1.04.03-85). М.: Стройиздат, 1988. 90 с.
2. Региональные нормы продолжительности строительства зданий и сооружений в городе Москве. М.: ГУП «НИАЦ», 2007. 127 с.
3. СНиП 1.04.03-85. Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений. М.: Стройиздат, 1987. 552 с.

УДК 692.2

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ НАЧАЛА КОНДЕНСАЦИИ ПАРА В НАРУЖНЫХ СТЕНАХ

*Сафин И.Ш. *, Куприянов В.Н. **

** Казанский государственный архитектурно-строительный университет,
Россия, Казань*

При исследовании влажностного состояния стен широкое применение нашел графоаналитический метод Фокина-Власова. Метод позволяет оценить отсутствие или наличие образования влаги по сечению стены. При простоте построения графиков он имеет некоторые недостатки, один из них – нет достаточных обоснований выбора расчетной температуры наружного воздуха t_n . Дается анализ исследований образования конденсата в различных стенах в широком диапазоне эксплуатационных температур.

Ключевые слова: парциальное давление водяных паров, плоскость конденсации, ограждающие конструкции

THE METHOD OF STEAM CONDENSATION ESTIMATING START IN EXTERNAL WALLS

Safin I.S., Kupriyanov V.N.**

** Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Russia, Kazan*

The graph-analytical Fokin-Vlasov method is widely used in the walls moisture status studying. The method allows to evaluate the absence or presence of moisture in the cross section of the wall. With its simple graphics, it has some drawbacks, one of them is not a sufficient justification of the design ambient temperature choice.

The article analyzes the study of condensation in different walls in a wide range of operating temperatures.

Keywords: partial pressure of water vapor, the plane of condensation, the building envelope

С началом индустриализации в 20-х годах XX столетия и внедрением в строительную практику многослойных ограждающих конструкций, возникла необходимость прогнозирования влажностного режима наружных стен. До этого на влажностный режим ограждений не обращалось должного внимания.

Первый метод расчета влажностного режима ограждающих конструкций был разработан К.Ф. Фокиным в конце 20-х годов, в нем описывалось перемещение парообразной влаги [1]. Метод заключается в определении зоны конденсации в ограждении. Рассчитывается распределение температуры τ по сечению ограждения и распределение парциального давления насыщенного водяного пара E . Затем рассчитывается распределение (линейное) парциального давления водяного пара e по этому сечению ограждения (рис. 1а).

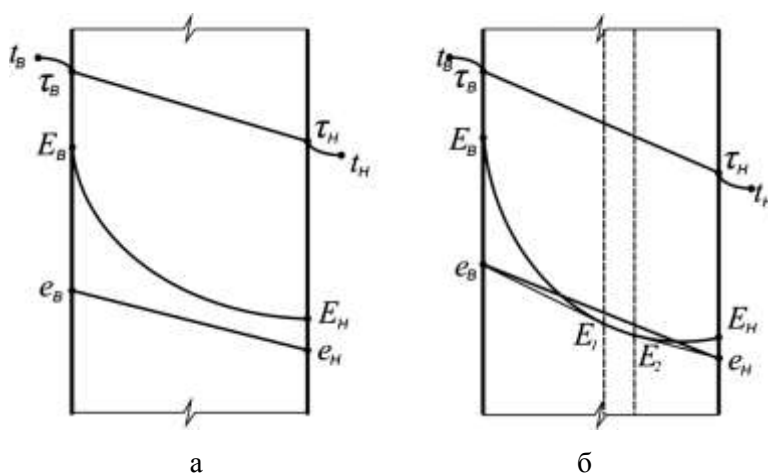


Рис. 1 – Распределение τ_i , e_i , E_i по сечению ограждающей конструкции

В случае если прямолинейное распределение давления водяного пара в конструкции в какой-либо точке превышает давление насыщенного водяного пара, то требуются дополнительные построения. Из точек соответствующих на графике граничным условиям проводятся касательные к графику давления водяного пара. Точки касания E_1 и E_2 (рис.1б) являются границами зоны конденсации. При реализации метода Фокина – Власова существуют две неопределенности.

Во-первых, должно быть заранее определено расположение плоскости возможной конденсации. Для однослойных ограждений метод рекомендует принимать расположение плоскости конденсации на расстоянии 1/3 толщины огражде-

ния от наружной поверхности, что и показано на рис. 2. Однако это расположение плоскости не имеет достаточных обоснований, в особенности для многослойных конструкций.

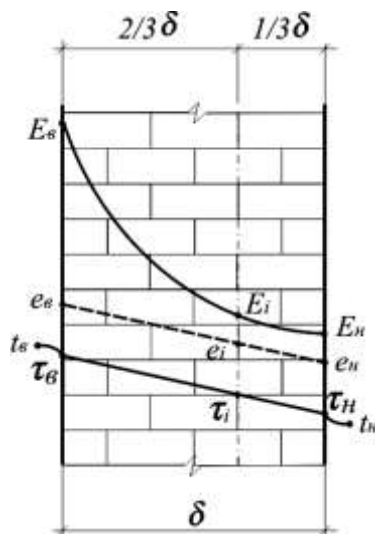


Рис. 2 – Расположение плоскости конденсации

Во-вторых, нет достаточных обоснований при выборе расчетной температуры наружного воздуха t_n .

В связи с тем, что расчетный параметр t_n не определен нормативными документами разные авторы принимают различные значения t_n : от среднегодовых температур наружного воздуха до температур наиболее холодной пятидневки [2].

Например, для климатических условий Москвы эти температуры составят: 1) среднегодовая температура (+4,1°C); 2) средняя температура периода месяцев с отрицательными среднемесячными температурами (-6,6°C); 3) средняя температура наиболее холодного месяца (-10,2°C); 4) средняя температура холодного периода обеспеченностью 0,94 (-15°C); 5) температура холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 (-28°C).

Можно видеть, что разница в расчетных значениях температур t_n составляет десятки градусов, следовательно, различным будет и заключение о наличии или отсутствии конденсации водяного пара в сечении i .

Можно предположить, что в рассмотренном диапазоне расчетных значений t_n от +4,1°C до -28°C существует такое значение температуры наружного воздуха при которой в ограждении начнется конденсация водяного пара. Это значение температуры t_n и будет «температурой начала конденсации» $t_{нк}$. По сечениям ограждения. При этом, расположение плоскости конденсации будет формироваться «автоматически» из условий равенства в этом сечении максимальной и действительной упругостей водяного пара $E_i = e_i$, то есть $\varphi = 100\%$.

Это условие положено в основу развития метода Фокина – Власова путем построения не отдельных распределений (E_i и e_i) по сечениям ограждения при одном значении t_n , а построении разности ($E_i - e_i$) по этим сечениям в широком диапазоне эксплуатационных температур, то есть построение зависимости ($E_i - e_i$) от t_n по характерным сечениям наружных стен. В качестве характерных сечений в многослойных ограждающих конструкциях принимаются стыки материальных слоев. Результаты исследований представляются в виде таблиц или графиков (рис. 3).

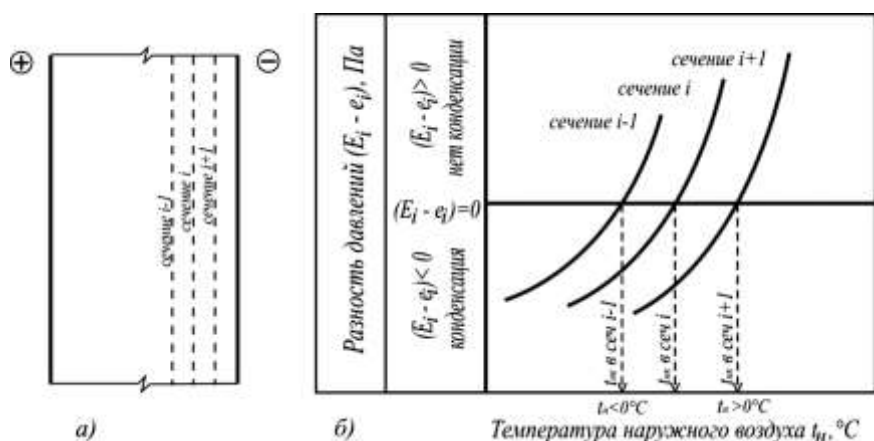


Рис. 3 – Схема определения температуры начала конденсации ($t_{нк}$) по сечениям стены

При анализе результатов следует иметь в виду, что положительная разность $(E_i - e_i)$ в сечениях ограждения укажет на отсутствие конденсации парообразной влаги в этих сечениях в конкретном диапазоне эксплуатационных температур, а отрицательная разность $(E_i - e_i)$ в сечениях ограждения укажет на конденсацию парообразной влаги в этих сечениях в другом диапазоне эксплуатационных температур.

Из графика на рис. 3 видно, что в сечениях расположенных ближе к наружной поверхности, например ($i+1$), конденсация парообразной влаги начинается при более высоких температурах наружного воздуха. С понижением t_n конденсация возникает в сечениях более удаленных от наружной поверхности, например ($i-1$).

Разработанный метод позволяет исследовать различные конструктивные решения ограждений и оценить как температуры начала конденсации водяного пара $t_{нк}$ в сечениях максимального приближенных к наружной поверхности так и расположение этой плоскости конденсации по сечению ограждения.

Предложенным методом исследованы закономерности конденсации парообразной влаги в основных конструктивных типах наружных стен: однослойной, простой двухслойной (без наружного облицовочного слоя), двухслойной с тонким слоем наружной штукатурки и двух многослойных конструкциях, рис.4. Многослойные конструкции отличаются большим разнообразием, поэтому для анализа выбраны две конструкции наружных стен, описанные в известных нормативных документах: в приложении Э свода правил СП 23-101-2004 (назовем её СП-1, $R_{по}=21,15 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па)}/\text{мг}$) и в примере 2 приложения 6 Стандарта организации (РОИС) СТО 00044807-001-2006 (СТО-1, $R_{по}=3,41 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па)}/\text{мг}$).

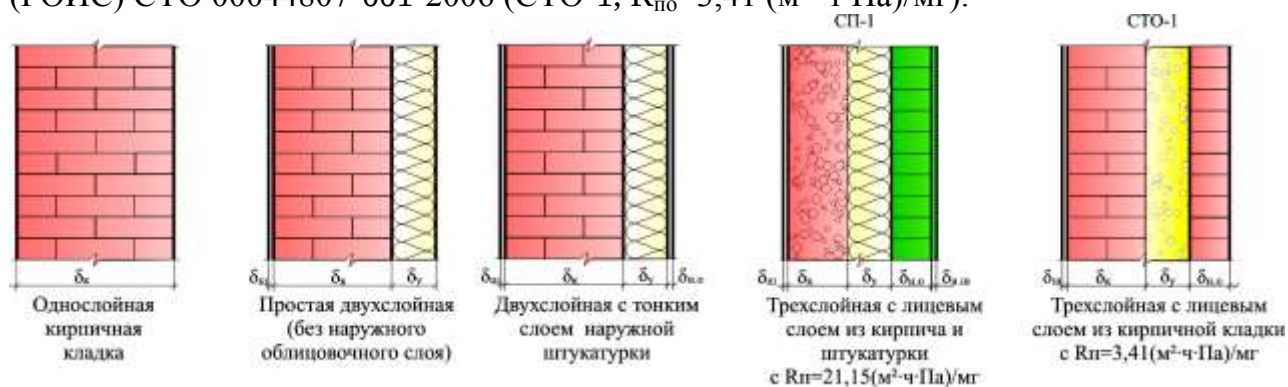


Рис. 4 – Основные конструктивные типы наружных стен

В таблице представлены сводные результаты оценки температуры начала конденсации $t_{нк}$ в основных типах конструкций наружных стен, показывающие, что каждое конструктивное решение наружной стены имеет собственную температуру начала конденсации водяного пара $t_{нк}$.

Сводная таблица результатов оценки температуры начала конденсации $t_{нк}$
в основных конструкциях наружных стен

Тип наружных стен	R_{mo} ($m^2 \cdot ^\circ C$)/Вт	R_{no} ($m^2 \cdot ч \cdot Па$)/мг	$t_{нк}$, $^\circ C$
Однослойная из керамического кирпича (однослойная)	1,25	7,0	-11,5
Двухслойная без наружного лицевого слоя (силикатный кирпич и Rockwool)	3,0	2,72	ниже – 40
Двухслойная с тонким слоем (4,4 мм) наружной штукатурки из Ceresit	3,2	2,94	-7
Трехслойная с утеплителем Styrofoam, (СП-1)	3,64	21,15	-16
Трехслойная с утеплителем из пенобетона, (СТО-1)	2,4	3,41	0

Расчеты показывают, что в однослойной конструкции конденсация водяных паров начинается при $t_H = -11,5^\circ C$.

Результаты исследований простой двухслойной конструкции показывают, что в этой конструкции конденсация парообразной влаги не наступает до $t_H = -40^\circ C$.

В конструкции стены с тонким штукатурным слоем конденсация начинается в слое на границе утеплителя и штукатурки при температуре $t_H = -7^\circ C$.

В многослойных конструкциях температура начала конденсации меняется в широких пределах для СП-1 $t_H = -16^\circ C$ и СТО-1 $t_H = -0^\circ C$, и зависит как от вида материалов составляющие слой конструкции стены, так и от сочетания слоев в стене.

По величине $t_{нк}$ можно судить о применимости конструкций наружных стен в том или ином климате. Так например, конструкция стены по второй и четвертой строчке таблицы 1, примененная в средней полосе России, будет работать без образования конденсата, в то время как в конструкции по пятой строчке таблицы 1 конденсат будет накапливаться в течение периода с t_n ниже $0^\circ C$, а это составляет несколько месяцев в год. Так, в климате Москвы (средняя температура января $t_H = -10,2^\circ C$) использование конструкции с $t_{нк} = -11,5^\circ C$ даст положительные результаты – конденсации парообразной влаги в стене не будет.

Список литературы

1. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий / под ред. Ю.А. Табунщикова, В. Г. Гагарина. 5-е изд., пересмотр. М. АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
2. Куприянов В.Н., Сафин И.Ш., Хабибуллина А.Г. К вопросу о паропроницаемости ограждающих конструкций // АCADEMIA: Журнал РААСН. Строительство и архитектура. 2009. № 5. С. 504-507.
3. Куприянов В.Н., Сафин И.Ш. К определению температуры начала конденсации парообразной влаги в наружных стенах // Вестник ВРО РААСН. Н.Новгород, 2014. № 17. С. 275-282.

РАСЧЕТ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ ИЗ ОБОЛОЧЕК РАЗНОЙ ВЫСОТЫ

*Шагивалеев К.Ф. *, Сурнина Е.К. *, Нурматова К.Я. **

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

Рассмотрена пространственная система из двух замкнутых цилиндрических оболочек разной высоты, соединенных одной промежуточной связью. Одна из оболочек находится под действием радиальной сосредоточенной нагрузки.

Ключевые слова: пространственная система, оболочка, промежуточная связь, сосредоточенная нагрузка, метод сил, реактивное давление

CALCULATION OF SPATIAL SYSTEM OF SHELLS DIFFERENT HEIGHTS

*Shagivaleev K.F. *, Surnina E.K. *, Nurmatova K.Y. **

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

The spatial system of two closed cylindrical shells of different heights connected by a single intermediate coupling. One of the shells to be under the influence of the radial concentrated load.

Keywords: spatial system, shell, intermediate connection point load, force method, reaction pressure

Рассмотрим систему из двух замкнутых цилиндрических оболочек разной высоты, имеющих на одном конце жесткое закрепление, а на другом – свободный конец.

Оболочки расположены на некотором расстоянии друг от друга и соединены между собой одной промежуточной (жесткой) связью. Одна из оболочек находится под действием сосредоточенной нагрузки F , приложенной на свободном конце. Для каждой оболочки принята своя система координат (рис. 1, 2).

Таким образом, расчет пространственной системы сводится к расчету отдельных замкнутых цилиндрических оболочек под действием сосредоточенных сил.

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

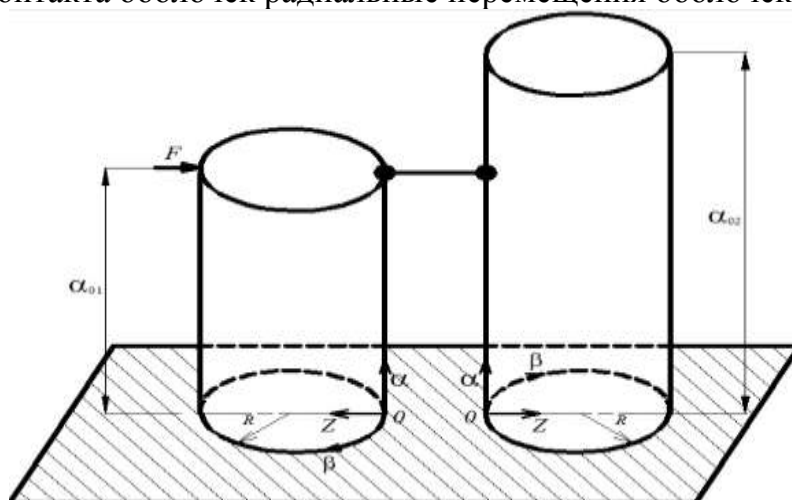


Рис. 1

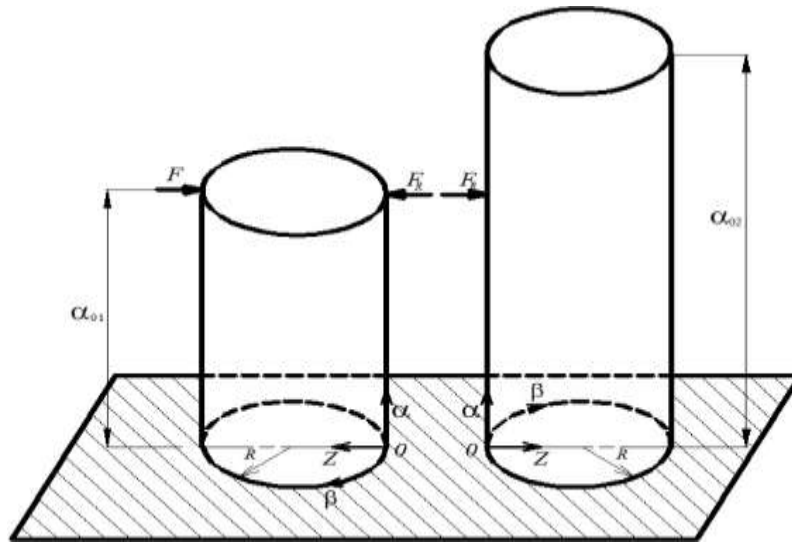


Рис. 2

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

Пространственная система состоит из двух замкнутых цилиндрических оболочек. Геометрические параметры первой оболочки: длина оболочки $L=27,5$ м, радиус $R=3$ м, $\alpha_{01}=L/R=9,1667$, толщина стенки $h=0,16$ м, коэффициент Пуассона $\nu=0,2$. Геометрические параметры второй оболочки: $L=30$ м, радиус $R=3$ м, $\alpha_{02}=L/R=10$, толщина стенки $h=0,16$ м, коэффициент Пуассона $\nu=0,2$. Первая оболочка нагружена сосредоточенной радиальной нагрузкой F , расположенной на свободном конце оболочки, на образующей $\beta = \pi$.

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

Радиальные перемещения в первой оболочке (в точке контакта оболочек)

$$\text{от действия сосредоточенной силы } F : w_{1F}(\alpha_{01}; 0) = -257,338 \frac{F}{ER}.$$

Радиальные перемещения в первой оболочке (в точке контакта оболочек)

$$\text{от действия неизвестной сосредоточенной силы } FR : w_{1FR}(\alpha_{01}; 0) = 5011,039 \frac{FR}{ER}.$$

Радиальные перемещения во второй оболочке (в точке контакта оболочек)

$$\text{от действия неизвестной сосредоточенной силы } FR: w_{2FR}\left(\frac{11}{12}\alpha_{02}; 0\right) = 3043,5641 \frac{FR}{ER}.$$

При определении радиальных перемещений в оболочках от действия внешней сосредоточенной нагрузки F и неизвестной реактивной силы FR нагрузка раскладывалась в тригонометрический ряд по переменной β

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

$$\begin{aligned} w_{1F} + w_{1FR} &= -w_{2FR} ; \\ -257,338 \frac{F}{ER} + 5011,039 \frac{FR}{ER} &= -3043,5641 \frac{FR}{ER}. \end{aligned} \quad (1)$$

Тогда

$$F_R = 0,03195 F. \quad (2)$$

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

Посмотрим, как изменится величина реактивного давления F_R , если внешняя сосредоточенная нагрузка F приложена к свободному краю длинной оболочки (рис. 3, 4).

Проведем аналогичные операции, изложенные выше.

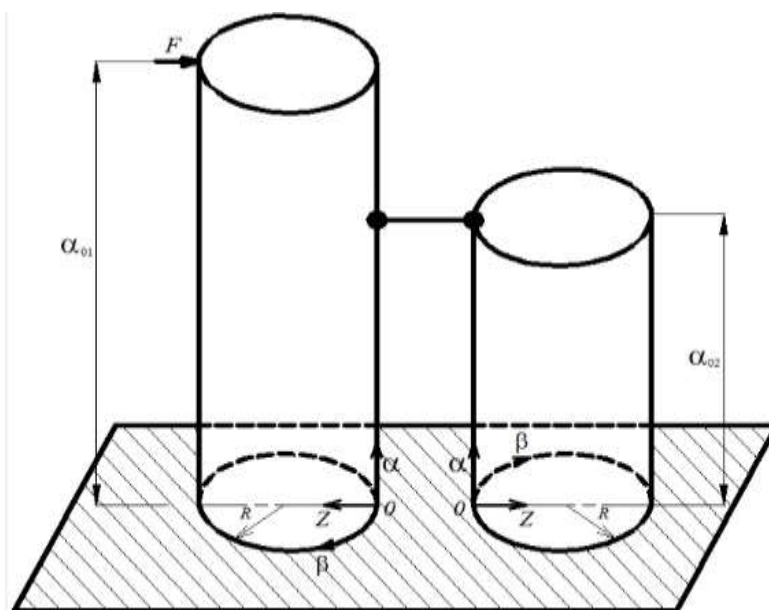


Рис. 3

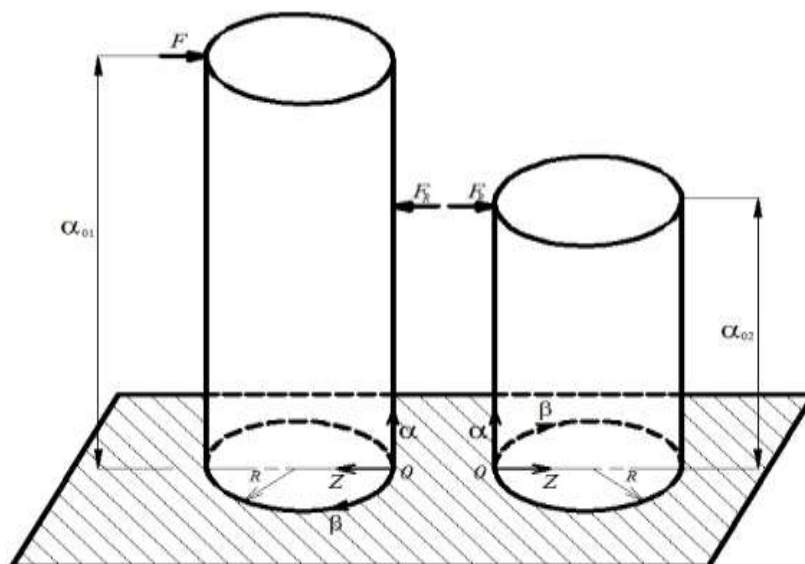


Рис. 4

Радиальные перемещения в первой оболочке (в точке контакта оболочек) от действия сосредоточенной силы F : $w_{1F}\left(\frac{11}{12}\alpha_{01};0\right) = -724,41 \frac{F}{ER}.$

Радиальные перемещения в первой оболочке (в точке контакта оболочек) от действия неизвестной сосредоточенной силы FR :

$$w_{1FR} \left(\frac{11}{12} \alpha_{01}; 0 \right) = 3043,5641 \frac{F_R}{E R}.$$

Радиальные перемещения во второй оболочке (в точке контакта оболочек) от действия неизвестной сосредоточенной силы F : $w_{2FR}(\alpha_{02}; 0) = 5011,039 \frac{F_R}{E R}$.

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

$$\begin{aligned} w_{1F} + w_{1FR} &= -w_{2FR}; \\ -724,41 \frac{F}{E R} + 3043,5641 \frac{F_R}{E R} &= -5011,039 \frac{F_R}{E R}. \end{aligned} \quad (3)$$

$$\text{Тогда} \quad F_R = 0,08994 F. \quad (4)$$

Проделав аналогичные операции, можно рассчитать пространственную систему из замкнутых цилиндрических оболочек с разными геометрическими параметрами.

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. Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2011. 316 с.

УДК 624.04:539.3

РАСЧЕТ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ НА НАГРУЗКУ, ДЕЙСТВУЮЩУЮ ВДОЛЬ ОБРАЗУЮЩЕЙ

*Шагивалеев К.Ф. *, Сурнина Е.К. **

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

Рассмотрена замкнутая цилиндрическая оболочка под действием нагрузки, направленной вдоль образующей. Оболочка имеет на одном конце жесткое закрепление, а на другом – свободный конец.

Ключевые слова: оболочка, нагрузка, уравнение, граничные условия, операционное исчисление, перемещение, усилия

CALCULATION OF CYLINDRICAL SHELL ON THE LOAD, ACTS ALONG THE WAY

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

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

Consider a closed cylindrical shell under load directed along the generator. The casing has at one end rigidly fixed, and on the free end – in the another.

Keywords: shell, load, equation, border conditions, operational calculus, displacement, efforts

Рассмотрим замкнутую цилиндрическую оболочку под действием нагрузки $X(\alpha, \beta)$, распределенной на части длины оболочки и направленной вдоль образующей (рис. 1).

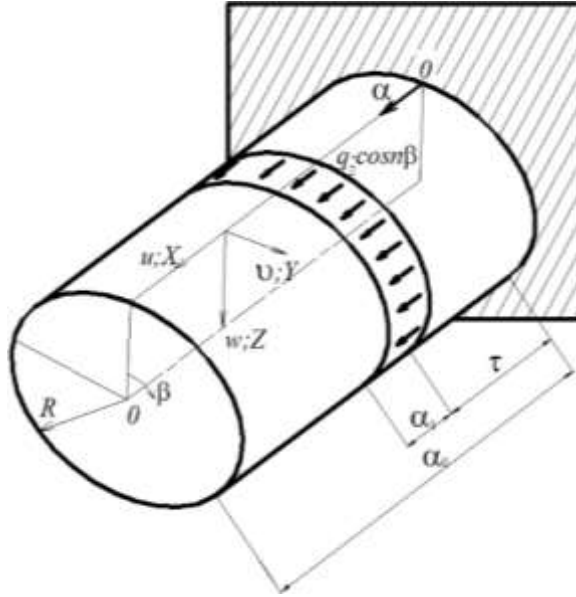


Рис. 1

$$X(\alpha, \beta) = \begin{cases} 0; & \text{при } 0 \leq \alpha < \tau; \\ q_2 \cos n\beta; & \text{при } \tau \leq \alpha \leq \tau + \alpha_1; \\ 0; & \text{при } \tau + \alpha_1 < \alpha \leq \alpha_0, \end{cases} \quad (1)$$

где n – любой член натурального ряда ≥ 2 .

Из упрощенных вариантов теории оболочек будем использовать здесь приближенную теорию оболочек в форме Гольденвейзера [1].

Основное разрешающее уравнение имеет вид

$$\frac{\partial^8 \Phi}{\partial \beta^8} + 2 \frac{\partial^6 \Phi}{\partial \beta^6} + \frac{\partial^4 \Phi}{\partial \beta^4} + \frac{1 - \nu^2}{c^2} \frac{\partial^4 \Phi}{\partial \alpha^4} = - \frac{R^4}{D} X(\alpha, \beta). \quad (2)$$

Решение уравнения (2) будем искать в виде

$$\Phi(\alpha, \beta) = F(\alpha) \cos n\beta. \quad (3)$$

Подставляя (3) в (2), после сокращения на $\cos n\beta$ получим для $F(\alpha)$ обыкновенное дифференциальное уравнение:

$$\frac{d^4 F}{d\alpha^4} + 4\chi^4 F = \begin{cases} 0, & \text{при } 0 \leq \alpha < \tau; \\ -\frac{R^2}{Eh} q_2, & \text{при } \tau \leq \alpha \leq \tau + \alpha_1; \\ 0, & \text{при } \tau + \alpha_1 < \alpha \leq \alpha_0, \end{cases} \quad (4)$$

$$\text{где } 4\chi^4 = \frac{n^4(n^2 - 1)^2}{4\omega^4}; \quad 4\omega^4 = \frac{1 - \nu^2}{c^2}; \quad c^2 = \frac{h^2}{12R^2}.$$

Решение уравнения (2) найдем при следующих граничных условиях:
 при $\alpha = 0$: $u = 0$; $v = 0$ (край оболочки жестко заделан);
 при $\alpha = \alpha_0$: $S = N_1 = 0$ (край оболочки имеет свободный конец).
 Исходя из принятых граничных условий, имеем при:

$$\begin{aligned} \alpha = 0: \quad \frac{\partial \Phi}{\partial \alpha} = 0; \quad \frac{\partial^2 \Phi}{\partial \alpha^2} = 0; \\ \alpha = \alpha_0: \quad \Phi = 0; \quad \frac{\partial^3 \Phi}{\partial \alpha^3} = 0. \end{aligned} \quad (5)$$

Для определения $F(\alpha)$ применим операционное исчисление, связанное с преобразованием Лапласа [2]. Полагая $F(\alpha) \Leftrightarrow W(p)$ и учитывая принятые граничные условия (5) при $\alpha = 0$, составляем операторное уравнение:

$$p^4 W(p) - p^3 F(0) - F'''(0) + 4\chi^4 W(p) = -\frac{R^2 q_2}{Eh} \cdot \frac{1 - e^{-p\alpha_1}}{p} \cdot e^{-p\tau}, \quad (6)$$

где p – комплексный параметр;

$F(0)$ и $F'''(0)$ – произвольные постоянные;

$\frac{R^2 q_2}{Eh} \cdot \frac{1 - e^{-p\alpha_1}}{p} \cdot e^{-p\tau}$ – изображение правой части уравнения (4).

Из (6) находим

$$W(p) = -\frac{R^2 q_2}{Eh} \cdot \frac{1 - e^{-p\alpha_1}}{p(p^4 + 4\chi^4)} \cdot e^{-p\tau} + \frac{p^3}{p^4 + 4\chi^4} \cdot F(0) + \frac{1}{p^4 + 4\chi^4} \cdot F'''(0). \quad (7)$$

Переходим в выражении (7) от изображений к оригиналам [2]. Произвольные постоянные $F(0)$ и $F'''(0)$ находим из граничных условий (5) при $\alpha = \alpha_0$.

Окончательно имеем

$$\begin{aligned} \Phi(\alpha, \beta) = -\frac{R^2 q_2}{4\chi^4 Eh} \cdot [(1 - Y_1)\eta(\alpha - \tau) - (1 - \bar{Y}_1)\eta(\alpha - \tau - \alpha_1) + \\ + \kappa_5 X_1 + \kappa_6 (X_2 - X_3)] \cos n\beta, \end{aligned} \quad (8)$$

где

$$\begin{aligned} k_5 = & [(B_1 - C_1)(\cos^2 \chi \alpha_0 + ch^2 \chi \alpha_0) + \\ & + \frac{1}{2}(B_2 - B_3 - C_2 + C_3)(\sin 2\chi \alpha_0 + sh 2\chi \alpha_0) + \\ & + \frac{1}{2}(B_4 - C_4)(\cos 2\chi \alpha_0 - ch 2\chi \alpha_0)] (\cos^2 \chi \alpha_0 + ch^2 \chi \alpha_0)^{-1}; \\ k_6 = & [(B_2 - C_2)ch^2 \chi \alpha_0 + (B_3 - C_3)\cos^2 \chi \alpha_0 + \end{aligned}$$

$$+\frac{1}{2}(B_4-C_4)(\sin 2\chi\alpha_0-sh2\chi\alpha_0)\Big]\big(\cos^2\chi\alpha_0+ch^2\chi\alpha_0\big)^{-1}.$$

Зная $\Phi(\alpha,\beta)$, можно определить перемещения, усилия и моменты [1].

$$\begin{aligned} u(\alpha,\beta) &= \frac{\partial^2\Phi}{\partial\alpha^2} = -\frac{q_2R^2}{2\chi^2Eh} \cdot \cos n\beta \cdot [Y_4\eta(\alpha-\tau) - \\ &\quad -\bar{Y}_4\eta(\alpha-\tau-\alpha_1) - k_5X_4 + k_6(X_2+X_3)]; \\ v(\alpha,\beta) &= -\frac{\partial^2\Phi}{\partial\alpha\partial\beta} = -\frac{q_2R^2n}{4\chi^3Eh} \cdot \sin n\beta [(Y_2-Y_3)\eta(\alpha-\tau) - \\ &\quad - (Y_2-Y_3)\eta(\alpha-\tau-\alpha_1) - k_5(X_2-X_3) + 2k_6X_4]; \\ w(\alpha,\beta) &= \frac{\partial^3\Phi}{\partial\alpha\partial\beta^2} = \frac{q_2R^2n^2}{4\chi^3Eh} \cdot \cos n\beta [(Y_2-Y_3)\eta(\alpha-\tau) - \\ &\quad - (Y_2-Y_3)\eta(\alpha-\tau-\alpha_1) - k_5(X_2-X_3) + 2k_6X_4]; \\ N_1(\alpha,\beta) &= \frac{Eh}{R} \frac{\partial^3\Phi}{\partial\alpha^3} = -\frac{q_2R}{2\chi} \cdot \cos n\beta \cdot [(Y_2+Y_3)_4\eta(\alpha-\tau) - \\ &\quad - (Y_2+Y_3)\eta(\alpha-\tau-\alpha_1) - k_5(X_2+X_3) + 2k_6X_1]; \\ N_2(\alpha,\beta) &= -\frac{Eh}{4\omega^4R} \left(\frac{\partial^7\Phi}{\partial\alpha\partial\beta^6} + \frac{\partial^5\Phi}{\partial\alpha\partial\beta^4} \right) = \\ &= -\frac{q_2R\chi}{n^2-1} \cdot \cos n\beta \cdot [(Y_2-Y_3)\eta(\alpha-\tau) - (\bar{Y}_2-\bar{Y}_3)\eta(\alpha-\tau-\alpha_1) - \\ &\quad - k_5(X_2-X_3) + 2k_6X_4]; \\ S_1(\alpha,\beta) &= -S_2(\alpha,\beta) = \frac{Eh}{R} \frac{1}{4\omega^4} \left(\frac{\partial^7\Phi}{\partial\beta^7} + 2\frac{\partial^5\Phi}{\partial\beta^5} + \frac{\partial^3\Phi}{\partial\beta^3} \right) = \\ &= -\frac{q_2R}{n} \cdot \sin n\beta \cdot [(1-Y_1)\eta(\alpha-\tau) - (1-\bar{Y}_1)\eta(\alpha-\tau-\alpha_1) + \\ &\quad + \kappa_5X_1 + \kappa_6(X_1-X_3)] \sin n\beta; \\ M_1(\alpha,\beta) &= \nu \frac{D}{R^2} \left(\frac{\partial^5\Phi}{\partial\alpha\partial\beta^4} + \frac{\partial^3\Phi}{\partial\alpha\partial\beta^2} \right) = -\nu \frac{q_2R^2\chi}{n^2(n^2-1)} \cdot \cos n\beta \times \\ &\quad \times [(Y_2-Y_3)\eta(\alpha-\tau) - (Y_2-Y_3)\eta(\alpha-\tau-\alpha_1) - \\ &\quad - k_5(X_2-X_3) + 2k_6X_4]; \\ M_2(\alpha,\beta) &= \frac{D}{R^2} \left(\frac{\partial^5\Phi}{\partial\alpha\partial\beta^4} + \frac{\partial^3\Phi}{\partial\alpha\partial\beta^2} \right) = -\frac{q_2R^2\chi}{n^2(n^2-1)} \cdot \cos n\beta \times \\ &\quad \times [(Y_2-Y_3)\eta(\alpha-\tau) - (Y_2-Y_3)\eta(\alpha-\tau-\alpha_1) - \\ &\quad - k_5(X_2-X_3) + 2k_6X_4]; \end{aligned} \tag{9}$$

$$\begin{aligned}
M_{12}(\alpha, \beta) &= -\frac{D(1-\nu)}{R^2} \left(\frac{\partial^5 \Phi}{\partial \alpha^2 \partial \beta^3} + \frac{\partial^3 \Phi}{\partial \alpha^2 \partial \beta} \right) = \\
&= (1-\nu) \frac{q_2 R^2 2\chi^2}{n^3 (n^2 - 1)} \cdot \sin n\beta \times [Y_4 \eta(\alpha - \tau) - \bar{Y}_4 \eta(\alpha - \tau - \alpha_1) - \\
&\quad - k_5 X_4 + k_6 (X_2 + X_3)]; \\
Q_1(\alpha, \beta) &= \frac{D}{R^3} \left(\frac{\partial^6 \Phi}{\partial \alpha^2 \partial \beta^4} + \frac{\partial^4 \Phi}{\partial \alpha^2 \partial \beta^2} \right) = \\
&= -q_2 R \frac{2\chi^2}{n^2 (n^2 - 1)} \cdot \cos n\beta \times [Y_4 \eta(\alpha - \tau) - \bar{Y}_4 \eta(\alpha - \tau - \alpha_1) - \\
&\quad - k_5 X_4 + k_6 (X_2 + X_3)]; \\
Q_2(\alpha, \beta) &= \frac{D}{R^3} \left(\frac{\partial^6 \Phi}{\partial \alpha \partial \beta^5} + \frac{\partial^4 \Phi}{\partial \alpha \partial \beta^3} \right) = q_2 R \frac{\chi}{n (n^2 - 1)} \cdot \sin n\beta \times \\
&\quad \times [(Y_2 - Y_3) \eta(\alpha - \tau) - (Y_2 - Y_3) \eta(\alpha - \tau - \alpha_1) - \\
&\quad - k_5 (X_2 - X_3) + 2k_6 X_4].
\end{aligned}$$

Выражения (8), (9) получены в общем виде, они позволяют рассчитать цилиндрическую оболочку при различных геометрических размерах ее, при любом положении нагрузки по длине оболочки и при различных размерах участка нагружения α_1 .

Полученные решения могут быть использованы инженерами при расчете конструкций в виде замкнутых цилиндрических оболочек практически на все виды нагрузок, направленных вдоль образующей.

Список литературы

1. Гольденвейзер А.Л. Теория упругих тонких оболочек. М.: Наука, 1976. 512 с.
2. Араманович И.Г., Лунц Г.Л., Эльсгольц Л.Э. Функции комплексного переменного. Операционное исчисление. Теория устойчивости. М.: Наука, 1968. 416 с.

УДК 624.016

ТЕХНОЛОГИЯ УСТРОЙСТВА ИНДУСТРИАЛЬНЫХ ПОЛОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ

*Шебанова С.Н. *, Ибрагимов Р.А. *, Богданов Р.Р. **

** Казанский государственный архитектурно-строительный университет,
Россия, Казань*

Приведено сравнение основных типов полов промышленных зданий. Сравнительный анализ проведен по стоимости, времени устройства и некоторым свойствам (физико-механическим, эксплуатационным). Наиболее экономичными и требующими наименьшего количества трудозатрат являются бетонные полы. Применение самоуплотняющегося бетона позволяет значительно упростить технологию устройства бетонных промышленных полов.

Ключевые слова: технология устройства, бетонный пол, самоуплотняющийся бетон

THE TECHNOLOGY OF INDUSTRIAL FLOORS CONSTRUCTION IN PLANT BUILDINGS

Shebanova S.N., Ibragimov R.A.*, Bogdanov R.R.**

** Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Russia, Kazan*

The comparison of the main types of the plant buildings' floors is listed in the article. The comparison study is made concerning the cost, the time of making floors and some properties of the floors (physical and mechanical, operating abilities). Concrete floors are the most economic and the least labour-consuming. Using self-consolidating concrete helps to simplify the technology of concrete floors construction in plant buildings.

Keywords: technology construction, concrete floor, self-consolidating concrete

В последние годы наблюдается увеличение объемов возведения промышленных объектов (рис. 1) [1]. Поиск новых технологий бетонирования покрытий направлен на сокращение продолжительности, трудоемкости и стоимости работ, на повышение качества верхних слоев покрытий [2].

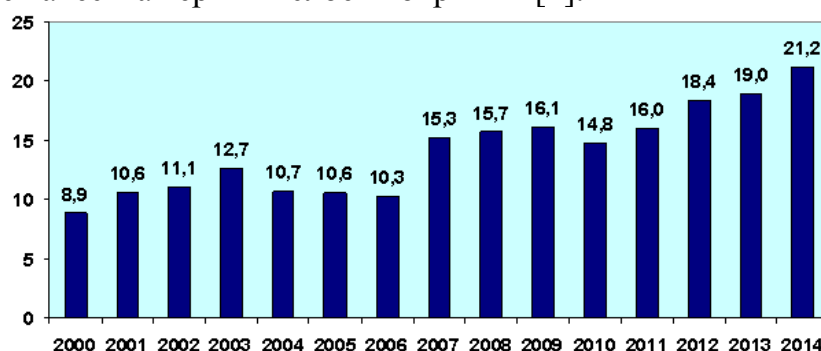


Рис. 1 – Количество построенных нежилых зданий в РФ за период 2000-2014 гг.

На современном этапе развития строительства применяются традиционные технологии устройства покрытий промышленных полов из бетона (железнение, цементно-песчаное покрытие, мозаичный пол, шлифование сухого бетона). Однако все чаще оказывается, что они не вполне удовлетворяют современным тенденциям развития технологических решений возведения объектов промышленного строительства из-за следующего ряда проблем:

1. Недолговечность при интенсивной эксплуатации из-за недостаточной стойкости к механическим и химическим воздействиям.
2. Отсутствие современной нормативной базы на устройство полов.
3. Низкое качество применяемого бетона.
4. Большое количество примесей (пылевидных и глинистых частиц), которые снижают прочность бетонного покрытия.
5. Несоблюдение технологии производства работ.
6. Образование трещин, отслоение, пыление.

Для решения данных проблем необходимо разработать технологические решения и режимы устройства промышленных полов промышленных зданий при одновременном снижении трудоемкости и времени производства работ, а также повышении их эксплуатационных качеств. В данном случае внимание специалистов обращается на возможность использования технологий с применением современных строительных материалов.

Существуют 2 основные классификации промышленных полов. Первая – по материалу, применяемому в качестве слоя поверхности. Так, существуют 8 видов промышленных полов: окрасочные, наливные, магнезиальные, асфальтобетонные, упрочненные, высоконаполненные, бетонные и фибробетонные стяжки.

Согласно второй классификации, полы промышленных зданий бывают однослойными и многослойными.

На основе анализа литературы был получен график (рис. 2) продолжительности операций по устройству пола. Как видно из графика, больше всего времени в основном уходит на ожидание готовности покрытия к эксплуатации.

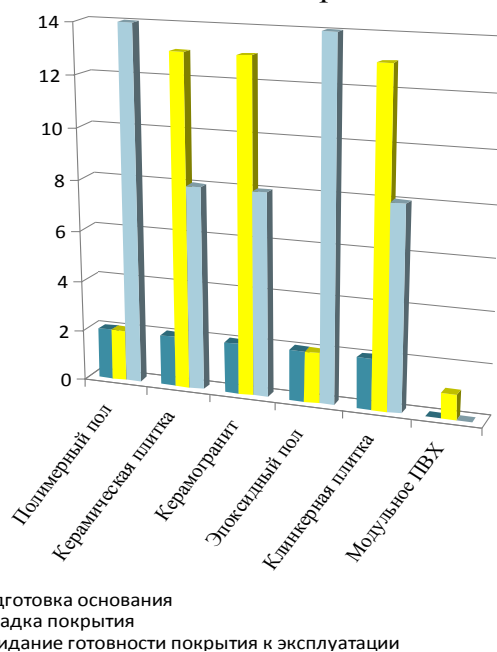


Рис. 2 – Продолжительность операций по устройству пола

Также из графика видно, что самым быстроустанавливаемым видом покрытия является модульное ПВХ-покрытие. Устройство иных рассматриваемых видов покрытия занимает от 18 до 23 дней (рис. 3).

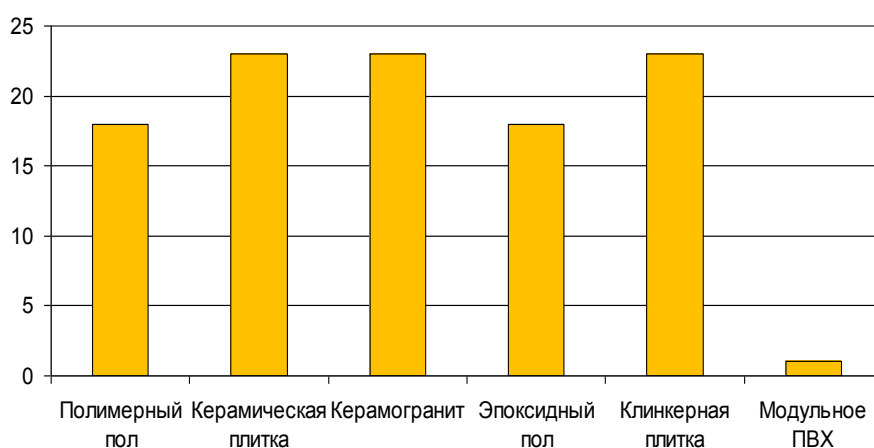


Рис. 3 – Общая продолжительность работ по устройству пола

Для исследования некоторых видов напольных покрытий проведена их оценка по следующим критериям: физико-механические свойства, эксплуатационные свойства, технология устройства. Результаты представлены в табл. 1.

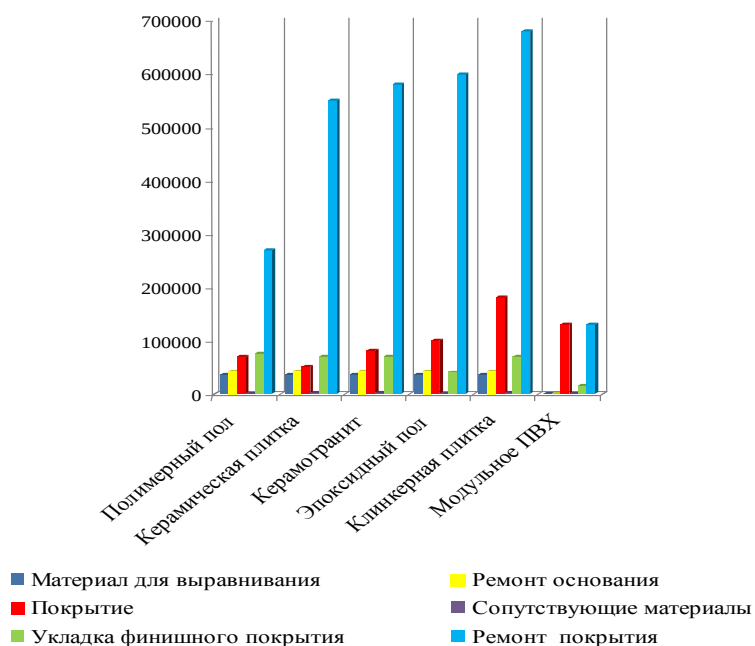
Таблица 1

Группы свойств	Характеристика	Бетонная стяжка	Керамическая плитка	Клинкерная плитка	Керамогранит	Полимерный пол	Эпоксидный пол	Промышленный линолеум	Модульное ПВХ-покрытие
Физико-механические свойства	Устойчивость к статическим нагрузкам	НН	+	+	+	+	+	НН	+
	Устойчивость к ударным нагрузкам	+	-	-	-	-	-	+	+
	Износостойкость	+	+	+	+	+	+	НН	+
	Герметичность	+	+	+	+	+	+	+	+
Эксплуатация	Устойчивость к температурным перепадам	+	+	+	+	-	-	-	-
	Устойчивость к загрязнению	-	+	+	+	+	+	+	+
Технология	Простота монтажа	+	-	-	-	-	-	+	+
	Возможность демонтажа и последующего использования	-	-	-	-	-	-	+	+
	Антискользящая поверхность	+	+	+	+	+	+	+	+

Примечание: НН – отвечает требованию при незначительных нагрузках; * – свойство нестандартно для данного покрытия и несет дополнительные расходы

Как видно из таблицы, лучшими вариантами напольных покрытий являются модульное ПВХ-покрытие и бетонная стяжка.

Не менее актуальной является экономическая сторона. Проанализирована стоимость операций по устройству напольного покрытия различного вида на 1000м² (рис. 4). На графике видно, что основная часть затрат уходит на ремонт покрытия.

Рис. 4 – Стоимость операций для различных видов полов на 1000 м²

Проанализирована общая стоимость устройства покрытия: наиболее экономичным является устройство модульного ПВХ-покрытия, а также полимерного пола. При этом устройство покрытия из клинкерной плитки является самым дорогим (рис. 5).

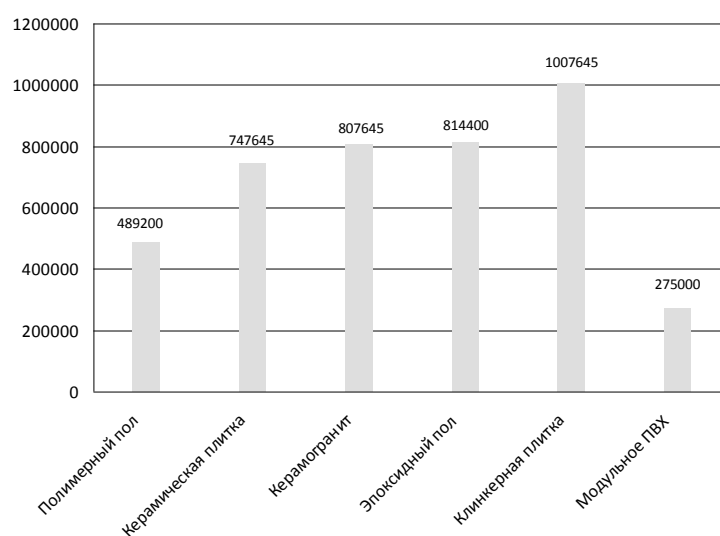


Рис. 5 – Общая стоимость устройства и ремонта различных видов пола на 1000 м²

Для уточнения стоимостных затрат и вычисления трудозатрат для исследуемых видов полов была составлена локально-ресурсная смета (табл. 2). Из нее видно, что наименее трудозатратными и наиболее экономичными являются полимерцементные и бетонные полы.

Кроме того, самоуплотняющийся бетон обладает множеством преимуществ. Исследования, проведенные в Институте строительных исследований в городе Аахен (Германия), показали, что прочность на сжатие самоуплотняющегося бетона, как правило, выше, чем у обычного «вибрируемого» бетона, а прочность на раскалывание, статический модуль упругости, усадка и ползучесть самоуплотняющегося бетона были такими же. Кроме того, этот материал обладал прекрасными свойствами по водонепроницаемости и, таким образом, был официально допущен и рекомендован для использования при возведении водонепроницаемых сооружений [3].

Таблица 2 – Локально-ресурсная смета № 1 «Напольные покрытия»

Обоснование	Наименование работ	Трудозатраты, чел./ч	Стоимость, руб.
ГЭСН11-01-014-01	Устройство полов бетонных толщиной 100 мм	30,3	39421,04
ГЭСН11-01-014-03	Устройство полов бетонных толщиной 200 мм	36	74345,64
ГЭСН11-01-017-01	Устройство покрытий мозаичных из боя мраморных плит	144,3	40123,63
ГЭСН11-01-021-01	Устройство покрытий полимерцементных однослойных наливных толщиной 4 мм	69,6	15049,58

ГЭСН11-01-022-01	Устройство покрытий поливинилацетатно-цементобетонных толщиной 20 мм	118,65	29674,1
ГЭСН11-01-023-01	Устройство покрытий бесшовных толщиной 5 мм: эпоксидно-полиэфирных	80,04	122118,58
ГЭСН11-01-027-01	Устройство покрытий на цементном растворе из плиток: бетонных или мозаичных	81,31	42694,31
ГЭСН11-01-036-01	Устройство покрытий из линолеума на клею «Бустилат»	42,4	35117,85
ГЭСН11-01-047-02	Устройство покрытий из плит керамогранитных размером 60×60 см	234,92	81370,12

Таким образом, применение оптимального вида напольного покрытия обеспечит высокий уровень эксплуатации промышленного здания. Одним из наименее трудозатратных и наиболее экономичных является бетонное напольное покрытие. Увеличения срока службы и повышения качества таких полов можно достичь, применяя самоуплотняющийся модифицированный бетон, который обеспечит высокую прочность и идеально гладкую поверхность будущего пола.

Список литературы

1. Евтюкова К.С., Смирнов Е.Б. Состояние строительной отрасли в Российской Федерации // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 5.
2. Войлоков И.А. Технология устройства двухслойных полов промышленных зданий со слоем износа из сталефибробетона, СПб., 2012.
3. Болотских О.Н. Самоуплотняющийся бетон и его диагностика // Предотвращение аварий зданий и сооружений. М., 2009.

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

УДК 539. 218:625.855.3:625.76

КОНСТРУКЦИИ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД ГОРОДСКИХ ПАРКОВОК

*Болдин А.И. *, Алексиков С.В. **

** Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет,
Россия, Волгоград*

Приведены конструкции дорожных одежд парковок легковых автомобилей на городских дорогах.

Ключевые слова: дорожная одежда, парковка, городская дорога

DESIGNS OF ROAD CLOTHES OF CITY PARKINGS

*Boldin A.I. *, Aleksikov S.V. **

** Volgograd state architectural and construction university,
Russia, Volgograd*

Designs of road clothes of parkings of cars are given in city roads.

Keywords: road clothes, parking, city road

Среди проблем, порожденных высоким уровнем автомобилизацией городского населения, задача обеспечения парковок автомобилей в крупных городах со сложившейся застройкой является актуальной. Мировой опыт показывает, что частично решить эту проблему можно за счет использования свободной ширины проезжей части и тротуаров улиц, устройством прибордюрных парковок [1-4].

При устройстве парковок весьма важно обеспечить достаточную прочность площадки без чрезмерных строительных затрат. Мировая практика показывает, что прибордюрные парковки следует устраивать с поперечными уклонами в сторону дороги (табл. 1).

Таблица 1 – Поперечные уклоны покрытия автомобильных парковок [11]

Вид дорожного покрытия	Поперечный уклон, ‰	
	вдоль машино-места	поперек машино-места
Асфальтобетонные и цементобетонные	25	40
Сборные из мелкоразмерных бетонных и железобетонных плит, брусчатые мостовые	30	40
Щебеночные и гравийные	30	40
Булыжные	35	40

В покрытии парковки, как правило, используется асфальтобетон или мощение искусственным камнем. Проезжую часть дороги от площадки целесообразно отделить бордюром (рисунок).



Сопряжение проезжей части дороги и парковки бордюрным камнем

Высота бордюра должна обеспечить беспрепятственный переезд колеса расчетного автомобиля. Максимальная высота бордюра зависит от скорости и высоты профиля колеса автомобиля:

$$h_6 = 1,18 \cdot V^{0,262} \cdot h_{np}^{0,702} \quad (1)$$

где h_6 –* максимальная высота бордюра, см, h_{np} – высота профиля шины, см, V – скорость автомобиля, км/ч.

Исследования показали, что в качестве расчетного следует принимать автомобиль малого класса с шиной 145/70 R13, который выполнит беспрепятственный переезд бордюрного камня высотой 5-10 см при скорости до 5 км/ч.

Расчет конструкций дорожных одежд выполняется по ОДН 218.046-01 на статическую осевую нагрузку до 6 т. В асфальтобетонном покрытии на парковке целесообразно использовать материал, аналогичный покрытию проезжей части основной дороги. При наличии ливневой канализации обеспечение водоотвода в основании конструкции возможно геотекстилем с продольным коэффициентом фильтрации не менее 25 м/сут. В случае отсутствия городской системы водоотвода толщина песчаного дренажного слоя рассчитывается по схеме «поглощения».

Таблица 2 – Конструкция с асфальтобетонным покрытием

Наименование слоя	Нрасч., см	Еупр, МПа	Есдв, МПа	Ераст, МПа	F, град	C, МПа
Асфальтобетон плотный горячий на битуме БНД марки 60/90 (Тип Б, Марка II)	5.0	3200	300	4500		
Основание конструкции (местный или привозной щебень, отсеы дробления, укрепленный грунт) на прослойке из геотекстиля типа «АГ-Композит»	15.0	220-450				
Грунт рабочего слоя – суглинок тяжелый		73			24.0	0.030

При проектировании конструкций с покрытием из плит/камней мощения следует учитывать, что водоотводящая способность поверхности на 20 % ниже, чем асфальтобетонных. В связи с этим уклон к лоткам или другим водоотводящим устройствам должен быть не менее 25 %. Для повышения несущей способности каменного покрытия укладку камней мощения эффективно производить под углом 45-90° к оси движения автотранспорта. При этом в контакте с колесом автомобиля находится большое количество камней мощения. Нагрузка распределяется на более широкую площадь, вероятность образования колеи снижается.

Таблица 3 – Конструкция с покрытием из искусственного камня

Наименование слоя	Нрасч., см	Еупр, МПа	Есдв, МПа	Ераст, МПа	F, град	C, МПа
Мощение искусственным камнем с заполнением швов толщиной не менее 8 см	8	3200	300	4500		
Монтажный слой из песка или песко-цементной смеси	3-5					
Щебень фракционированный 40-70 мм на прослойке из геотекстиля типа «АГ-Композит»	19-23	220-450				
Грунт рабочего слоя – суглинок тяжелый		73			24.0	0.030

Устройство основания из супесчаных или песчаных грунтов, укрепленных 8-12 % цемента М 500 толщиной 20 см целесообразно на супесчаных грунтах рабочего слоя насыпи. В других случаях под основанием из щебня необходимы устройство песчаного дренажного слоя 15-20 см или укладка геополотна типа «Дорнит» или «АГ-Композит».

Приведенные рекомендации позволяют проектировать конструкции при- бордюрных парковок для легковых автомобилей на УДС больших городов с учетом габаритов современных транспортных средств.

Список литературы

1. СП 113.13330.2012 Стоянки автомобилей. Актуализированная редакция СНиП 21-02-99 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200092706>
2. Пособие к МГСН 5.01-94. Стоянки легковых автомобилей / МАРХИ. Вып. 1. 1997. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.gosthelp.ru/text/PosobieMGSN50194Posobie.html>
3. СНиП 21-02-99*. Стоянки автомобилей. Переизд. СНиП 21-02-99 с изм. № 1 ; введ. 2000-07-01. М.: ФГУП ЦПП, 2004. 12 с.
4. СП 42.13330.2011. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89* / Минрегион России. М.: ОАО «ЦПП», 2011. 109 с.

ОПЫТ ПОСТРОЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДВОЯКОЙ КРИВИЗНЫ

Высоцкий Л.И., Бабкин И.А.**

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

Описывается опыт построения экспериментальных моделей поверхностей двоякой кривизны на примере модели водоотвода с автомобильных дорог. Описаны основные этапы построения прототипа.

Ключевые слова: 3D, моделирование, прототипирование, гидравлика, лоток

EXPERIENCE OF MAKING DOUBLE-CURVED SURFACES

Vysotsky L.I., Babkin I.A.**

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

The article describes experience of making double-curved surfaces be example of entrance section of highway drainage system. Main stages of creating these types of models are given.

Keywords: 3D, modeling, prototyping, hydraulic, chute

В гидравлике решающую роль для вынесения заключения об удачности нового технического решения играют результаты исследования гидравлической модели. Точную гидравлическую модель плоской формы построить достаточно просто. Для этого существует большой выбор материалов и методов. Но что делать, если разработанная конструкция имеет сложную форму двоякой кривизны?

Об этом идёт речь ниже на примере построения крупномасштабной модели водоотвода из прикромочных лотков автомобильных дорог, проводившегося в рамках диссертационного исследования Бабкина И.А.

Очевидно, что выполнение пространственной конструкции двоякой кривизны, требует большой точности, которой очень трудно добиться путем изготовления вручную из дерева, бетона, гипса или других материалов.

Поэтому для выполнения модели входного участка был использован перспективный процесс трехмерного или быстрого прототипирования, который в наше время активно внедряется в производстве, обучении и других областях для изготовления прототипов, моделей и готовых изделий. Суть процесса заключается в послойном создании по данным компьютерной модели физического объекта с помощью специального оборудования – 3D принтера.

Процесс 3D прототипирования достаточно трудоемок, но в итоге позволяет получить весьма точную модель из прочного материала.

В процессе изготовления пространственной модели были пройдены следующие стадии:

1. На основе расчетных данных была построена трехмерная модель входного участка системы водоотведения в масштабе 1:5. Для её построения было выбрано специализированное ПО – Autodesk AutoCAD, позволившее быстро и точно выполнить компьютерную модель. Плюсом этого подхода является возможность, задавая форму поперечных сечений дискретно, а также форму центральной оси лотка, получить сплошную модель входного участка. Для этой цели применяется компьютерная аппроксимация по специальным алгоритмам, входящим в состав ПО. Компьютерную модель можно масштабировать, поворачивать, отражать, разбивать на отдельные части по желанию пользователя.

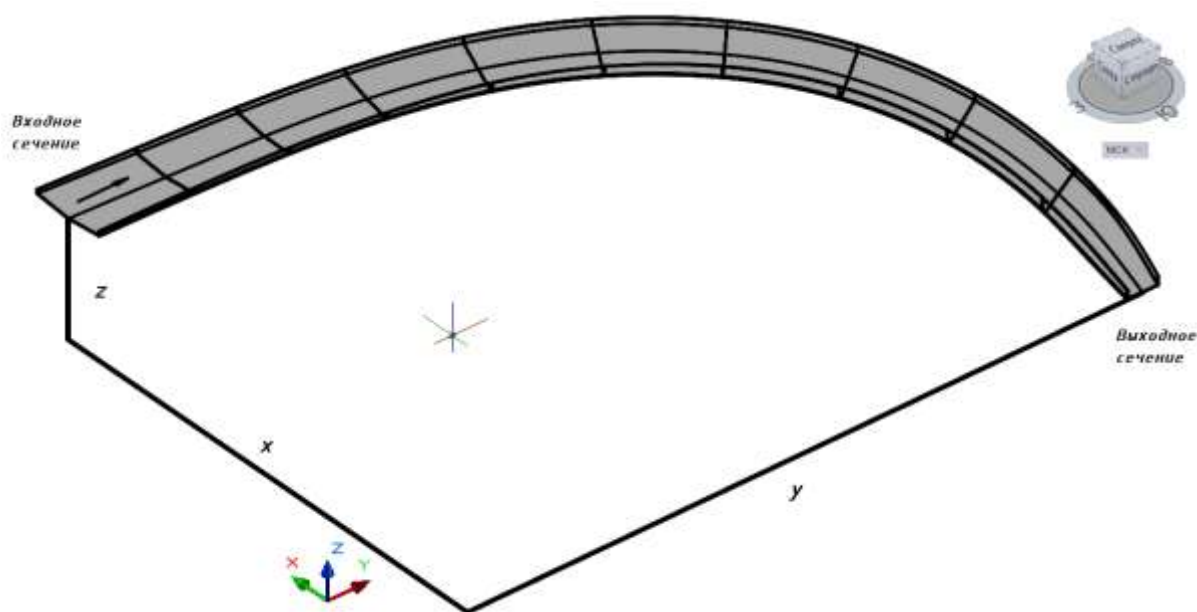


Рис. 1 – Вид трехмерной модели, выполненной в Autodesk AutoCAD

2. Построение физической модели входного участка на 3D принтере было выполнено на базе студенческого конструкторского бюро СГТУ имени Гагарина Ю.А (ФабЛаб СГТУ). На тот момент в распоряжении конструкторского бюро был 3D принтер Strarasys Fortus 250mc.

При построении трехмерной модели следует учитывать тот факт, что любой принтер имеет свои строго заданные размеры рабочей области, которые в общем случае лимитируются размерами камеры печати. Размеры камеры печати у Fortus 250mc – 254×254×305 мм. Так как компьютерная модель имеет больший размер, было принято решение разбить её на десять частей по характерным поперечным сечениям. Каждая из десяти частей сохранялась в отдельный файл общепринятого формата при 3D проектировании – .stl, который может быть использован для построения трехмерных моделей на большинстве 3D принтеров. Вид фрагмента модели входного участка, сохраненного в формате .stl, приведен на рис. 2.

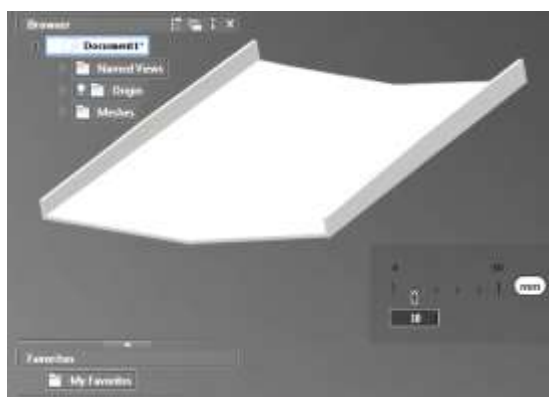


Рис. 2 – Вид фрагмента модели входного участка в программе Autodesk Inventor Fusion



Рис. 3 – Фотография фрагмента модели входного участка, выполненного на 3D принтере

3. На 3D принтере пофрагментно была создана модель входного участка. Материалом, из которого изготавливалась пространственная модель, был пластик белого цвета с маркировкой ABSplus-P430. Точность воспроизведения по заявлению производителя – 0,1 мм. Создание одного фрагмента занимало около суток.

4. Готовые фрагменты склеивались между собой цианакрилатным клеем COSMOFEN CA-12. По расчетным отметкам была выполнена специальная подставка из фанеры, на которую укладывалась собранная модель входного участка. После этого модель объединялась с остальной экспериментальной установкой. Места стыковки фрагментов, а также места присоединения подводящего канала и отводящего лотка герметизировались строительным силиконовым герметиком.

Соответствие пространственного расположения установки расчетным отметкам проверялось нивелиром.

Далее проводилось гидравлическое испытание модели, – по ней пропускался поток воды. Точности и прочности, созданной таким образом модели, оказалось достаточно для проведения всех этапов экспериментов.



Рис. 4 – Вид собранной модели лотка, установленной на лабораторной установке

Заключение

1. Использование 3D моделирования позволяет воспроизводить поверхности конструкций с двоякой кривизной с высокой точностью.

2. Этот метод может применяться, в частности, для изготовления опалубки для отливки блоков конструкций с пространственно искривлённой формой.

УДК 656.13

КОНЦЕПЦИЯ ПРОЕКТА ГОНОЧНОЙ ТРАССЫ

*Прусс В.В. *, Ворожейкин М.А., Щеголева Н.В. **

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

Современные гоночные трассы должны обеспечивать безопасность движения автомобилей на протяжении всего соревновательного заезда, независимо от погоды и времени суток. Однако внимательный анализ особенностей прохождения поворотов болидами показывает, что на гоночных кругах имеется много неудачных, опасных или трудных для движения мест, которые требуют от водителей повышенной внимательности.

Ключевые слова: гоночные трассы, болид, прохождения поворотов, продольный профиль, план

PROJECT CONCEPT MOTOR SPEEDWAY

Prus V.V., Vorozheikin M.A.*, Schegoleva N.V.**

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

Modern racetracks need to ensure the safety of movement of vehicles throughout the competitive arrival, regardless of the weather and time of day. However, careful analysis of the features of cornering fireballs shows that in racing circles, there are many failures, dangerous or difficult for traffic locations that require increased attention of drivers.

Keywords: racing track, car, cornering, longitudinal profile of the plan

План. Форма гоночной дорожки в плане не ограничивается, носит произвольный характер, но FIA может рекомендовать изменения, направленные на обеспечение конкуренции и на другие цели практического характера. Максимальная разрешенная длина прямых участков трассы не должна превышать 2 км. Если трасса предназначена для чемпионата FIA, мероприятий Кубка или Трофи, то длина должна быть рассчитана так, чтобы удовлетворить минимуму, установленному в Дополнении 2. Существует рекомендация для новых трасс не превышать общую длину в 7 км.

Если не оговаривается другое, то все рекомендации, касающиеся прямых участков трасс и поворотов, относятся к реальной траектории, по которой движутся автомобили с наивысшими возможностями, и не касаются геометрической формы дорожки (траектория, нанесенная на план, обычно становится короче на прямых участках и удлиняется на поворотах: при проектировании или модификации дорожки конструктор обязан учитывать это в своих расчётах).

Ширина. Когда планируются новые постоянные трассы, ширина дорожки должна быть не менее 12 метров. Если у трассы имеются сужения или расширения, то переходы должны быть выполнены как можно более плавно и в любом случае в отношении не более чем 1 к 20 м.

Минимальная ширина стартовой/финишной прямой должна составлять 15 м. Эта ширина должна соблюдаться на протяжении всей прямой без изменений, до первого поворота.

В случае если уже у построенной трассы ширина дорожки уже, то она получит международное признание только в том случае, если на этой трассе регулярно проводились международные соревнования.

Продольный профиль. Максимально допустимый уклон составляет 20 ‰ на подъёме и 10 ‰ на спуске [1]. Любые изменения наклона должны выполняться с учётом минимального вертикального радиуса, определяемого по формуле:

$$R = V^2/K, \quad (1)$$

где R – радиус, м;

V – скорость, км/ч;

K – постоянная, равная 20 в случае вогнутого профиля и 15 – в случае выпуклого профиля.

Значение R должно быть адекватно увеличено вдоль участков въезда, съезда, торможения и поворотов трассы. По мере возможности изменений наклона следует избегать на всех этих участках.

Наклон стартовой/финишной прямой не должен превышать 2 ‰.

Поперечный уклон. Дренаж. Вдоль прямых участков трассы поперечный уклон, с целью дренажа, между краями дорожки или между её центральной линией и краем не должен превышать 3 ‰ или быть не менее чем 1,5 ‰.

На поворотах дорожки уклон от её внешней стороны к внутренней не должен превышать 10 ‰ (с возможными исключениями в особых случаях, например на дорожках скоростных автодромов (speedways)).

Противоположный наклон в целом не допускается, за исключением особых случаев, при этом скорость входа в поворот не должна превышать 125 км/ч.

Проектирование эффективных систем дренажа воды на дорожке, пит-лейне, паддоке и мест, отведенных для зрителей, должно обладать приоритетом на этапе планирования трассы.

Края дорожки, её обочины и зоны схода. Дорожка с обеих сторон должна иметь обочины шириной от 1 до 5 м на протяжении всей её длины с ровной, но более рыхлой поверхностью, чем сама дорожка. Они должны являться продолжением профиля дорожки без ступеньки между ними: каждый переход должен быть плавным.

Зона схода – это участок поверхности между обочиной и первой линией защиты, которая, если это не определено особо, должна иметь те же основные характеристики, что и сама обочина, хотя она может быть более рыхлой. Зона схода должна постепенно переходить в обочину: если она имеет наклон, то он не должен превышать 25 ‰ на подъёме и 3 ‰ на спуске по отношению к поперечной проекции поверхности трассы.

Стартовая прямая. Для общего старта с места стартовая решетка должна быть организована таким образом, чтобы расстояние между двумя последовательными стартовыми позициями составляло минимум 6 м (8 м для соревнований в классе «Формула-10») [2].

Между стартовой линией и первым поворотом расстояние должно составлять не менее 250 метров. Только в данном случае под поворотом понимается изменение направления не менее чем на 45 градусов с радиусом менее 300 м.

Меры безопасности на трассах. Меры безопасности на трассах принимаются для защиты зрителей, водителей, официальных лиц и обслуживающего персонала соревнований. При разработке мер безопасности во внимание должны быть приняты характеристики трассы (покрытие, прилегающие площадки, топография, гоночная траектория, здания и сооружения), а также скорости, достигаемые в любой точке трассы.

Там, где это возможно, целесообразно предусмотреть свободное пространство, на котором нет препятствий или мест размещения зрителей, достаточное для полного погашения энергии вылетевшего с трассы автомобиля. Наиболее предпочтительным является создание условий для локализации возможной аварии в непосредственной близости от края дорожки путем поглощения энергии автомобиля и/или предоставления пилоту возможности восстановления контроля над ним. В целях обеспечения этого могут применяться различные замедляющие системы, а также энергорассеивающие и останавливающие барьеры, образующие первую линию защиты. Кроме того, могут потребоваться и дополнительные меры обеспечения безопасности зрителей.

Выбор монтируемой конструкции определяется наличием свободного пространства и вероятным углом столкновения. Согласно общему принципу там, где

угол столкновения мал (менее 30 %), предпочтительнее устанавливать сплошной гладкий вертикальный барьер. Там, где угол столкновения большой, необходимо использовать систему энергорассеивающих и/или останавливающих устройств в комбинации с зонами вылета и замедляющими системами при наличии полностью подходящего для этих целей земельного пространства.

Таким образом, необходимо предусматривать достаточное пространство в подобных местах уже на этапе проектирования автодрома. Такие зоны должны быть обязательно расположены по внешнюю сторону углов поворотов и распространяться вглубь на 30-100 м с учётом доступности подъезда и скоростей, ожидаемых на трассе.

Список литературы

1. Современные требования к ровности дорожных оснований и покрытий. Методы и средства измерений неровностей // Мир дорог. 2012. Сентябрь.
2. Metodbeskrivning 111:1998 "Bestämning av jämnhet i längsled och tvärlängd samt tvärfall hos ett vägobjekt med mätbil".
3. Road user effect models – The influence of rut depth on traffic safety by Anita Ihs, Mika Gustafsson, Olle Eriksson, Mats Wiklund and Leif Sjögren VTI (Swedish National Road and Transport Research Institute) SE-581 95 Linköping Sweden. (Варианты воздействия участников дорожного движения. Влияние глубины колеи на безопасность дороги. (Шведский национально-исследовательский дорожно-транспортный институт).

УДК 621.318

УСТАНОВКИ ДЛЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ВОДУ

Король Н.И. , Калякин А.М.**

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

Рассмотрены условия, необходимые для процесса омагничивания воды. Рассмотрены две установки для омагничивания воды. Проведен их сравнительный анализ.

Ключевые слова: омагничивание воды, напряженность магнитного поля, полиэтиленовая трубка, сравнительный анализ

GUIDELINES FOR EXPOSURE TO MAGNETIC FIELDS ON THE WATER

Korol N.I. , Kalyakin A.M.*

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

In this paper considers the conditions necessary for the process of magnetization of water. We consider two settings for magnetization of water. A comparative analysis is completed.

Keywords: the magnetization of water, the magnetic field strength, plastic tube, comparative analysis.

К настоящему времени известно большое число статей и монографий, где рассматриваются установки и устройства для омагничивания воды [1-5].

Уже в одной из первых работ по омагничиванию воды перечислены некоторые условия этого процесса [6] и на сегодняшний день эти условия и дополнительно к ним следующие:

1. Скорость воды при прохождении ей рабочей части необходимо поддерживать в определенных пределах (чаще это от 1,0 м/с до 3,0 м/с).
2. Направление движения воды должно быть перпендикулярным направлению магнитных силовых линий.
3. Напряженность магнитного поля должна быть не менее некоторой величины.
4. Необходимо соблюдать определенную величину градиента напряженности в рабочем зазоре.
5. Вода должна несколько раз пересекать противоположно направленные магнитные силовые линии.

Для дальнейших опытов по детектированию омагниченности воды и различных сопутствующих эффектов в лабораторных условиях были созданы две установки по омагничиванию воды (в обоих использовались постоянные магниты).

На рис. 1 представлена схема установки № 1; она представляет собой канал 2, по которому течет вода – пластмассовая прозрачная трубка внутренним диаметром 0,8 см. Вода, протекая по этой трубке, пересекает магнитное поле 6 раз. Магнитное поле создается двумя постоянными магнитами 1 в форме параллелепипедов (магниты от осциллографов К-12-22). Магниты уложены в две пары, и верхние притягиваются к нижним, зажимая полиэтиленовую гибкую трубку.

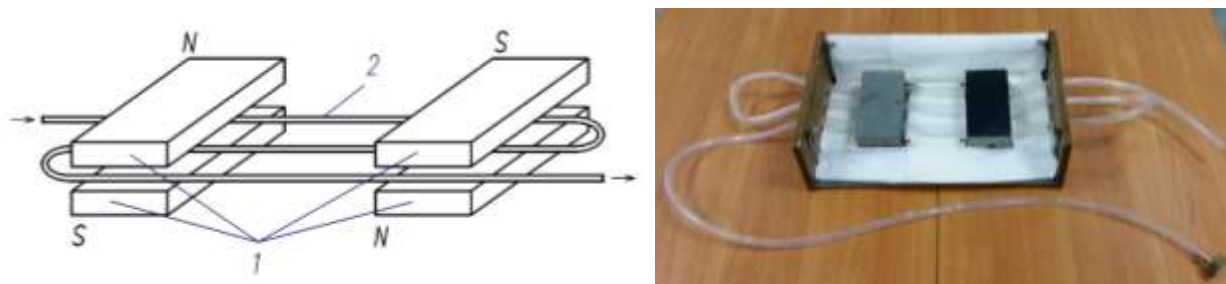


Рис. 1.

1 – магниты, 2 – полиэтиленовая трубка

В данной установке возможны следующие изменения ее характеристик:

1. Очень просто увеличить расстояние между магнитами в любой из двух систем или одновременно в обеих.
2. Возможно удалить одну из систем магнитов.
3. Замена трубки на другую (такую же или меньшего диаметра) не представляет сложности.

Установка для омагничивания № 2 (рис. 2) устроена так, что вода, протекая по трубе 1, вытекает из отверстий 2 в ней и проходит по кольцевому зазору между трубой и магнитной системой, состоящей из магнитов 3. В нижней (на рис. 2) части вода из зазора через отверстия снова попадает в трубу и вытекает наружу. Магнитная система состоит из пяти кольцевых магнитов 3, двух дисков из мягкого железа 5 и железной трубки 1. В центральной части трубы установлена заглушка из пластмассы.

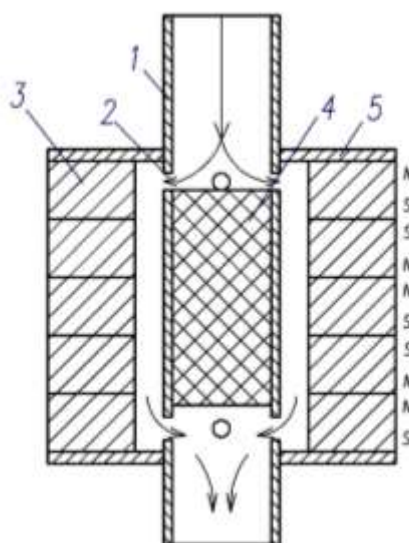


Рис. 2.

1 – стальная труба, 2 – отверстие в трубке, 3 – кольцевые магниты,
4 – заглушка, 5 – шайба из мягкого железа

Размеры установки № 2: в качестве трубы 1 использовалась стальная полдюймовая водопроводная труба внутренним диаметром 15 мм и длиной 95 мм; отверстия диаметром 4 мм (по 4 с обоих концов); кольцевые магниты – внешний диаметр 60 мм, внутренний диаметр 24 мм, толщина 8 мм.

В данной омагничивающей установке в отличие от № 1 никаких характеристик ни потока, ни магнитной системы изменить нельзя (возможно только изменить расход воды извне).

В результате сравнительного анализа установок № 1 и № 2 можно сделать следующие выводы:

1. В установке № 1 присутствует сменный элемент – полиэтиленовая трубка, которая легко может быть заменена на другую в случае использования, например, сточной воды в качестве омагничиваемой жидкости. В установке № 2 все элементы жестко связаны и не могут быть заменены. Кроме того, если в омагничиваемой жидкости есть нерастворимые примеси органические или неорганические, то засорение полиэтиленовой трубки в установке № 1 почти невозможно, тогда как ширина кольцевого зазора в устройстве № 2 составляет 1,5 мм и он может легко забиться частицами примесей.

2. Расстояния, которые жидкость в установке № 1 проходит в магнитном поле, значительно (примерно в 15 раз) больше, чем аналогичные расстояния в установке № 2. Согласно некоторым источникам, например [1], это расстояние оказывает влияние на степень и надежность омагничивания жидкости.

3. Необходимо признать, что установка № 2 значительно компактнее и удобнее в использовании, чем установка № 1, и она менее подходит для лабораторных исследований, чем установка № 1.

Список литературы

1. Тебенихин Е.Ф. Безреагентные методы обработки воды в энергоустановках. М.: Энергия, 1977. 184 с.
2. Тебенихин Е.Ф., Гусев Б.Т. Обработка воды магнитным полем в теплоэнергетике, М.: Энергия, 1970. С. 144.
3. Карякин А.В., Кривенцова Г.А., Соболева Н.В. Магнитная обработка воды // Доклады РАН. Сер. Хим. науки. 1975. 221 с.
4. Мосин О.В. Магнитные системы обработки воды. Основные перспективы и направления // Сантехника. 2011. № 1. С. 28-31.
5. Инюшин Н.В., Ишемгузин Е.И., Каштанова Л.Е. и др. Аппараты для магнитной обработки жидкостей. М.: Недра – «Бизнес-центр», 2001. 144 с.
6. Классен В.И. Вода и магнит. М.: Наука, 1973.

УДК 628

МЕТОДЫ ИНТЕНСИФИКАЦИИ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

Фрягина Д.В.*, Сауткина Т.Н.*

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

По разным оценкам, до 20-25 % мирового потребления всей вырабатываемой электроэнергии приходится на насосное оборудование. В некоторых отраслях этот показатель достигает 50 % и более. К таким отраслям наряду с нефтедобывающей, нефтеперерабатывающей, химической, целлюлозно-бумажной промышленностью относится отрасль водоснабжения и водоотведения, где до 85 % затрат на эксплуатацию насосного оборудования составляют расходы на электроэнергию.

Ключевые слова: водоснабжение, насосные станции, насосы, КПД, модернизация, энергоэффективность, эксплуатация, энергопотребление

METHODS OF INTENSIFICATION OF PUMPING STATIONS

Fryagina D.V., Sautkina T.N.**

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

According to various estimates, up to 20-25% of the global consumption of total electricity generation accounted for by pumping equipment. In some areas this figure reaches 50% or more. These industries, along with petroleum, petroleum refining, chemical, pulp and paper industry is the sector of water supply and sanitation, where up to 85% of the cost of operation of pumping equipment are the electricity costs.

Keywords: water supply, pumping stations, pumps, efficiency, modernization, energy efficiency, operation, power consumption

Экономическая эффективность водопроводно-канализационного хозяйства в целом напрямую связана с использованием насосного оборудования. КПД насосной станции часто оказывается ниже КПД установленных на ней отдельных насосов. Причина низкой энергоэффективности заключается в несоответствии рабочих характеристик оборудования и системы в целом, а также в неправильном управлении ею. Для повышения эффективности предприятия необходимо снизить стоимость эксплуатации насосного оборудования, повысить его надежность и долговечность. Таким образом, требуется модернизация оборудования с учетом всех особенностей технологических процессов, протекающих в системе.

Основными причинами неэффективной эксплуатации насосного оборудования являются [1]:

- установка насосов, у которых показатели напора и подачи превышают требования системы;
- износ оборудования;
- регулирование режима работы насосов путем дросселирования (с помощью дроссельной задвижки).

Энергосберегающие мероприятия на действующих объектах

Основная проблема при разработке энергосберегающих мероприятий связана с тем, что реальные параметры сети часто неизвестны либо даны не в полном объеме и сильно отличаются от проектных параметров. Различия, как правило, связаны с коррозией трубопроводов, изменением схем водоснабжения, объемов водопотребления. Для определения реальных режимов работы насосов и параметров сети возникает необходимость в осуществлении замеров непосредственно на объекте с использованием специального контрольно-измерительного оборудования, т. е. технического аудита гидравлической системы. Для успешного проведения мероприятий, направленных на повышение энергоэффективности установленного оборудования, необходимо располагать как можно более полной информацией о работе насосов. В процессе аудита насосного оборудования можно выделить несколько последовательных этапов [2].

Этап 1. Сбор предварительной информации об установленном на объекте оборудовании, а именно сведений о технологическом процессе, в котором оно задействовано.

Этап 2. Уточнение собранной информации и получение дополнительных данных, проверка наличия имеющихся на объекте средств проведения измерений, анализ системы управления и т. д. Предварительное планирование проведения испытаний.

Этап 3. Проведение испытаний на объекте.

Этап 4. Обработка и оценка результатов.

Этап 5. Подготовка технико-экономического обоснования для различных вариантов модернизации. При планировании мероприятий можно определить наиболее проблемные в части энергопотребления насосы.

В таблице приведены основные признаки, свидетельствующие о неэффективной эксплуатации насосного оборудования, а также мероприятия по их снижению [3].

<i>Причины высокого энергопотребления</i>	<i>Мероприятия по снижению энергопотребления</i>	<i>Срок окупаемости мероприятий</i>
Наличие в системах насосов периодического действия, работающих в постоянном режиме независимо от потребностей технологического процесса	Определение необходимости постоянной работы насосов. Включение и выключение насоса в ручном или автоматическом режиме в определенные промежутки времени	От нескольких дней до нескольких месяцев
Системы с меняющейся во времени величиной требуемого расхода	Использование привода с регулируемой частотой вращения для систем с преобладающими потерями на трение. Применение насосных станций с двумя и более параллельно установленными насосами для систем с преобладанием статической составляющей характеристики	От нескольких месяцев до нескольких лет
Износ основных элементов насоса	Ремонт и замена элементов насоса в случае снижения его рабочих параметров	Несколько недель
Засорение и коррозия труб	Очистка трубопроводов. Применение фильтров, сепараторов и подобной арматуры для предотвращения засорения. Реконструкция с применением труб из современных полимерных материалов, труб с защитным покрытием	От нескольких дней до нескольких месяцев
Работа в постоянном режиме нескольких параллельно установленных насосов	Установка новой системы управления или наладка существующей	Несколько недель

Располагая результатами проведенных испытаний и характеристикой системы, зная ее изменения с течением времени (часовой, суточный, недельный график), определив действительные рабочие характеристики насосов и режимы их работы для каждого из характерных видов нагрузки (наиболее продолжительный режим, максимальная/минимальная подача), можно разработать один или несколько вариантов модернизации насосного оборудования.

Задачи снижения энергопотребления насосного оборудования решаются, прежде всего, путем обеспечения согласованной работы насоса и системы. Проблема избыточного энергопотребления эксплуатируемых насосных систем может быть успешно решена за счет модернизации, направленной на обеспечение этого

требования. В каждом случае необходимо рассматривать несколько вариантов, а в качестве инструмента по выбору оптимального варианта использовать метод оценки стоимости жизненного цикла насосного оборудования.

Ожидаемый экономический эффект от модернизации определяется как техническими преимуществами поставляемого оборудования, так и его правильным подбором с учетом всех особенностей технологического процесса.

Список литературы

1. Сергеев А. И. Современные методы оценки эффективности работы насосных станций в системе водоотведения // Энергосбережение и водоподготовка. 2008. № 5. С. 72-73
2. Твердохлеб И. Б., Костюк А. В. Энергоэффективная эксплуатация насосного оборудования // Водоснабжение и канализация. 2010. № 1. С. 124-127.
3. Шадрин В. А. Повышение эффективности использования электроэнергии // Водоснабжение и санитарная техника. 2012. № 8. С. 13-15.

УДК 628.1

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СПИРАЛЬНОГО ЗМЕЕВИКА

Чеснокова Е.В., Калякин А.М.**

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

Рассмотрен метод гидравлического расчета спирального змеевика. Приведен график зависимости корректирующего коэффициента k от перепада давления в змеевике Δp .

Ключевые слова: спиральный змеевик, уравнение Бернулли, разница давлений, потери на местные сопротивления, взаимное влияние сопротивлений

HYDRAULIC CALCULATION OF HELICAL COIL

Chesnokova E.V., Kalyakin A.M.**

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

In this paper presents a method of hydraulic calculation of the spiral coil. The schedule of dependence correction coefficient k on the pressure drop in a spiral coil Δp .

Keywords: spiral coil, The Bernoulli equation, pressure difference, loss of local resistance, the mutual influence of resistance

Рассматриваем цилиндрический (с постоянным радиусом секций) спиральный змеевик, в котором существует установившийся изотермический поток несжимаемой реальной жидкости. Расчет принципиально ничем не отличается от полученного известного уравнения для расчета простого трубопровода [1] и заключается в получении из уравнения Бернулли и соотношений для потерь уравнение, связывающее разность давлений Δp в начале и в конце змеевика, расхода в нем и диаметра труб; кроме того, в уравнение входят геометрические характеристики змеевика.

Допустим, что перед змеевиком – избыточное давление p_1 , в конце его – избыточное давление p_2 . Принимая змеевик горизонтальным и применяя уравнение Бернулли до и после него, получим (умножая обе части на ρg)

$$p_1 - p_2 = h_w \rho g, \quad (1)$$

где h_w – потери в змеевике.

Потери h_w складываются из потерь по длине и местных

$$h_w = \lambda \frac{l}{d} \frac{V^2}{2g} + n \xi \frac{V^2}{2g}, \quad (2)$$

где λ – коэффициент гидравлического трения, l – длина трубы всего змеевика, d – диаметр трубы, V – средняя скорость, n – число секций в змеевике, ξ – коэффициент местного сопротивления одной секции.

Из [2] по формуле Б.Б. Некрасова следует, что коэффициент местного сопротивления одной секции

$$\xi = \left(0,05 + 0,19 \frac{d}{R} \right) \cdot 2,66, \quad (3)$$

где d – диаметр трубы, R – радиус закругления.

Окончательно формула (2) принимает вид

$$h_w = n \cdot 2\pi R \cdot \lambda \frac{V^2}{2g \cdot d} + n \xi \frac{V^2}{2g}, \quad (4)$$

Подставляя в (1) выражение для h_w , получим

$$p_1 - p_2 = \frac{8Q^2 \rho n}{\pi^2 d^4} \left(2\pi R \frac{\lambda}{d} + \xi \right). \quad (5)$$

Нами принято, что ξ не зависит от числа Re , а коэффициент λ без ущерба для точности равен 0,02 (как при оценочных расчетах).

Тогда (5) переходит в формулу, удобную для расчетов

$$p_1 - p_2 = Q^2 \left[\frac{8\rho n}{\pi^2 d^4} \left(2\pi R \frac{\lambda}{d} + \xi \right) \right]. \quad (6)$$

В данном случае имеем следующие значения для конкретного змеевика, рис. 1: $d=0,015$ м; $R=0,04$ м; $n=24$; $\rho=1000$ кг/м³; $\lambda=0,02$, тогда $\xi=0,322$.

И окончательно

$$p_1 - p_2 (\text{Па}) = Q^2 \left(\frac{\text{м}^6}{\text{с}^2} \right) \cdot 1,288 \cdot 10^{11} \left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^7} \right). \quad (7)$$

В последнем соотношении не учтено взаимное влияние местных сопротивлений, которыми являются кольца змеевика (его секции), поэтому, чтобы формула (7) отвечала действительным значениям расхода Q и разности давлений Δp , необходимо было провести опыты со змеевиком. Эксперименты были проведены в лаборатории гидравлики СГТУ имени Гагарина Ю.А. Расход определялся объемным способом, а давление – двумя одинаковыми манометрами деформационными образцовыми типа МО (верхний предел измерений 10 ат), присоединенными в начале и в конце змеевика. В результате каждого опыта при известных расходе Q и разности давлений Δp был определен числовой коэффициент k , корректирующий формулу (7).

Зависимость коэффициента k от перепада давления Δp

Δp , ат	0,256	0,436	0,8	1,62	1,78
k	9,023	8,3	7,5	7,09	6,57

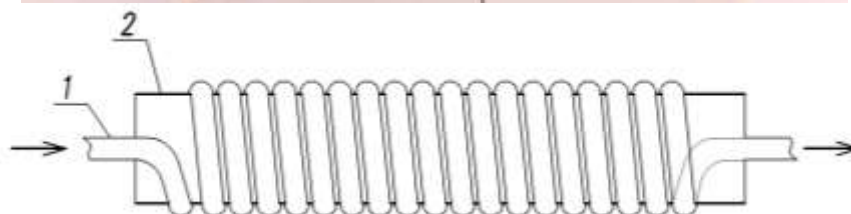


Рис. 1 – Змеевик
1 – полиэтиленовая трубка, 2 – каркас

Этот коэффициент, как показали эксперименты с конкретным змеевиком, изменяется в зависимости от разности давлений Δp , и график этой зависимости приведен на рис. 2.

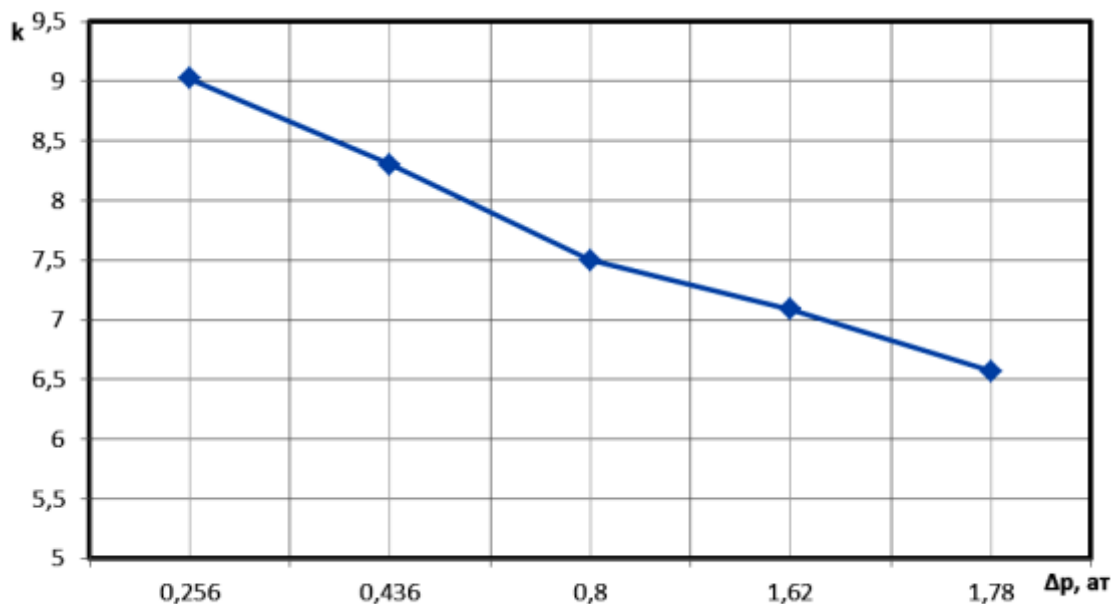


Рис. 2 – График зависимости коэффициента k от перепада давления Δp

Используя этот график, возможно из (7) определить расход в трубе данного змеевика при давлениях от 0,25 ат до 1,7 ат по формуле

$$Q\left(\frac{м^3}{с}\right) = \sqrt{\frac{\Delta p(Па)}{k \cdot 1,288 \cdot 10^{11} \left(\frac{кг}{м^7}\right)}}. \quad (8)$$

В дальнейшем змеевик предполагается использовать как основной элемент установок, в которых на движение жидкости будут накладываться электрические и магнитные поля.

Список литературы

1. Калякин А.М. Гидравлические расчеты трубопроводов. Истечение жидкости через отверстия и насадки. Гидродинамическое моделирование: конспект лекций по курсу «Гидравлика» для студ. всех спец. Ч. 4. Саратов: СГТУ, 2004. 56 с.
2. Альтшуль А.Д., Киселев П.Г. Гидравлика и аэродинамика. Основы механики жидкости: учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1975. 327 с.

Научное издание

РЕСУРСОЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В СТРОИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ

Сборник научных трудов
по материалам IV Международной
научно-практической конференции

Редактор Л.А. Скворцова

Компьютерная верстка Ю.Л. Жупиловой

Подписано в печать 30.09.16

Бум. офсет.

Тираж 100 экз.

Усл. печ. л. 20,0

Заказ 75

Формат 60×84 1/16

Уч.-изд. л. 18,6

С 42

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