

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ АРХИТЕКТУРЫ И СТРОИТЕЛЬНЫХ НАУК  
МЕЖДУНАРОДНАЯ АССОЦИАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ВУЗОВ  
АДМИНИСТРАЦИЯ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ  
ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

МЕЖДУНАРОДНАЯ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ  
КОНФЕРЕНЦИЯ

# ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА РЕГИОНА

МАТЕРИАЛЫ  
МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ,  
3—4 ИЮЛЯ 2014 Г., ВОЛГОГРАД

ВОЛГОГРАД  
ВолгГАСУ  
2014

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Российская академия архитектуры и строительных наук  
Международная ассоциация строительных вузов  
Администрация Волгоградской области  
Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

## ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА РЕГИОНА

*Материалы Международной научно-технической конференции*

*3—4 июля 2014 г., Волгоград*

Волгоград

ВолгГАСУ

2014

УДК 001+378:72:69(063)

ББК 77.584я431+38я431

И62

Редакционная коллегия:

д-р техн. наук, проф. А.Н. Богомолов,  
канд. техн. наук, проф. Т.К. Акчурин,  
д-р техн. наук, проф. В.А. Пшеничкина,  
д-р техн. наук, проф. В.Ф. Сидоренко,  
канд. техн. наук., доц. А.В. Жиделёв

И62 **Инженерно-экологические проблемы строительного комплекса региона** : материалы Международной научно-технической конференции, 3—4 июля 2014 г., Волгоград / М-во образования и науки Рос. Федерации, Российская академия архитектуры и строительных наук, Международная ассоциация строительных вузов, Администрация Волгоградской области, Волгогр. гос. архит.-строит. ун-т. – Волгоград : ВолгГАСУ, 2014. – 240 с.

**ISBN 978-5-98276-711-0**

Рассмотрены проблемы развития архитектурно-строительного образования, экологические и экономические вопросы строительного комплекса, автономные системы жизнеобеспечения, применение современных строительных материалов и технологий, вопросы архитектурно-градостроительного комплекса, совершенствование дорожного строительства и др. В материалах содержатся статьи и доклады участников конференции: преподавателей, аспирантов, докторантов и студентов университета.

Для научных работников, ведущих специалистов, сотрудников научно-исследовательских институтов, преподавателей вузов, соискателей, аспирантов и специалистов строительной отрасли.

**УДК 001+378:72:69(063)**

**ББК 77.584я431+38я431**

ISBN 978-5-98276-711-0



© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет», 2014

© Авторы статей, 2014



*Дорогие участники  
конференции!*

*Эта конференция — определенный рубеж, повод оценить итоги проделанной работы и возможность определить новые приоритеты сотрудничества.*

*Проведение конференции будет способствовать расширению и укреплению международных связей в области науки и образования, в архитектуре, градостроительстве и строительстве, развитию архи-*

*тектурно-строительного комплекса Нижнего Поволжья. Конференция предоставит возможность российским и зарубежным коллегам поделиться своим опытом, а также обрести и наладить деловые контакты.*

*В рамках конференции будут рассмотрены и обсуждены проблемы развития архитектурно-строительного образования; экологические и экономические аспекты строительного комплекса; автономные системы жизнеобеспечения; современные проблемы строительного материаловедения и технологий № вопросы архитектурно-градостроительного комплекса; совершенствование дорожного строительства и др.*

*Конференция поддерживается Российской академией архитектуры и строительных наук, Российской академией естествознания, Международным и Российским обществом по механике грунтов, геотехнике и фундаментостроению, Международным обществом по геосинтетике и другими организациями.*

*В сборник трудов конференции представлено 49 докладов, в подготовке которых участвовало 99 авторов, представляющих организации из России и стран ближнего зарубежья.*

*Желаю всем участникам конференции дальнейших успехов в науке. Пусть эта конференция способствует решению актуальных задач, новым деловым контактам, эффективному партнерству в совместных работах в будущем.*

*Проректор  
по научной работе ВолгГАСУ,  
д-р техн наук, профессор*

*А.Н. Богомолов*

## СОДЕРЖАНИЕ

### ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

<i>Габитов Ф.Г., Багиров К.А., Габитова Л.Ф.</i> Энергоэнтропийные аналогии потери качества и энтропийный ресурс сложных технических систем химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих предприятий при их сооружении и эксплуатации	7
<i>Кочетков А.В., Кадыров Ж.Н.</i> Перспективы развития и актуальные задачи дорожной науки стран СНГ	14

### СЕКЦИЯ «СТРОИТЕЛЬСТВО И СТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

<i>Акчурин Т.К., Поникаровских Р.М.</i> Особенности получения местных строительных материалов на основе активированных отходов сталеплавильного производства	26
<i>Алимова Л.А., Акчурин Т.К., Пушкарская О.Ю.</i> Кремнеземистая добавка на основе шлака производства ферросплавов	29
<i>Барабанчикова Т.К.</i> Анализ физико-механических показателей бетона на основе техногенных отходов	32
<i>Богомолов А.Н., Богомолова О.А., Ушаков А.Н.</i> Об устойчивости подземных горизонтальных выработок	36
<i>Бурлаченко О.В., Иванов М.В.</i> Исследование влияния лазерной и гидроабразивной обработки поверхностей контакта деталей строительных машин на их износостойкость	53
<i>Буров А.М., Старкова Т.А., Баязитов В.Д.</i> Особенности применения композиционных сплавов в узлах трения	56
<i>Вовко В.В., Лукьяница С.В.</i> Возможности использования модифицированных нефтяных битумов в технологии производства асфальтового бетона	59
<i>Голованова А.С., Акчурин Т.К., Пушкарская О.Ю.</i> Армирование и наполнение полимерных композиций как фактор создания современных композиционных материалов с заданным комплексом свойств	64
<i>Душко О.В., Калашникова Е.В.</i> Влияние дисбаланса инструмента на качество изделий из высокотвердой керамики	68
<i>Козлов Н.А., Зинченко С.М., Козлова И.Э., Мамешев Р.Т.</i> Неавтоклавный пенобетон с применением минеральных наполнителей	74
<i>Перфилов В.А., Канавец У.В.</i> Легкий огнеупорный базальтофибробетон	76
<i>Поникаровских Р.М., Цебоева Т.К., Майорова Л.С., Потапова О.К.</i> Альтернативные источники сырьевых ресурсов для производства строительных материалов различного функционального назначения	79
<i>Роменская А.С., Акчурин Т.К.</i> Перспективы использования отходов нефтеперерабатывающей промышленности в производстве строительной керамики	83
<i>Соловьева Т.А., Акчурин Т.К.</i> Область объемного содержания армирующего компонента при оптимизации состава цементно-волокнистой композиции, армированной отходами углеволокна	86
<i>Соловьева Т.А., Акчурин Т.К.</i> Особенности формирования структуры цементно-волокнистой композиции, армированной отходами углеволокна, способствующие повышению трещиностойкости композиции	90
<i>Струков А.А., Кочетков А.В., Кадыров Ж.Н.</i> Применение ферментного стабилизатора «Дорзин» в дорожном строительстве	94
<i>Тухарели В.Д., Акчурин Т.К., Чередниченко Т.Ф.</i> Расширение номенклатуры добавок гидрофобно-пластифицирующего действия для эффективных цементных бетонов	101

<b>Тухарели А.В., Акчурин Т.К.</b> Разработка составов цементных бетонов для тонкостенных заглубленных конструкций	106
<b>Федянина А.В., Акчурин Т.К., Григорьевский В.В.</b> Разработка составов эффективных бетонов различного назначения на основе металлургических шлаков	109
<b>СЕКЦИЯ «ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ»</b>	
<b>Бахтяров В.Г.</b> Оценка экотуристского потенциала Нижневолжского региона	113
<b>Булычев Г.А., Томарева И.А., Габова В.В., Булычев Г.Р.</b> Обустройство систем сбора и утилизации сбросных газов	120
<b>Габиров Ф.Г., Баят Х.Р., Габирова Л.Ф.</b> Системный анализ скважинных экранов для защиты от воздействий сейсмических волн и разработка способа образования скважинного динамического экрана	126
<b>Габиров Ф.Г., Баят Х.Р.</b> Применение ГИС-технологий при чрезвычайных ситуациях, вызванных катастрофическими землетрясениями	130
<b>Игнатьев А.В., Аброськин А.А., Аброськина Н.В.</b> Применение методов Knowledge Discovery in Databases в комплексной оценке эколого-гигиенической обстановки крупного промышленного города	138
<b>Князев Д.К.</b> Анализ качества атмосферного воздуха Волгоградской области в рамках социально-гигиенического мониторинга	142
<b>Коростелева Н.В.</b> К вопросу решения проблемы в области постоянного и временного хранения транспорта на примере города Волгограда	147
<b>Кочетков А.В., Базаров Б.А., Конакбаева А.Н., Крамер А.</b> Концепция устойчивого развития: современное состояние проблемы, экологический аспект	150
<b>Мензелинцева Н.В., Азаров В.Н., Карапузова Н.Ю., Редван А.М.</b> Система обеспыливания линии производства цемента сухим способом	159
<b>Мензелинцева Н.В., Карапузова Н.Ю., Стефаненко И.В.</b> Оценка и прогнозирование характеристик надежности респираторов с волокнистым фильтрующим	162
<b>Мензелинцева Н.В., Карапузова Н.Ю., Лактюшин В.А.</b> Экспериментальные исследования дисперсного состава и физико-химических свойств керамзитовой пыли	164
<b>Мензелинцева Н.В., Карапузова Н.Ю., Фомина Е.О.</b> Оценка пылевой обстановки рабочей зоны на предприятии по производству цемента	167
<b>Олейников П.П.</b> Решение социокультурных проблем при организации мест развлечений и отдыха в довоенном Сталинграде	170
<b>Прокопенко В.В., Косицына Э.С.</b> Анализ факторов, влияющих на показатель качества городской среды при оценке системы озеленения крупнейших городов	173
<b>Растяпина О.А.</b> Оценка факторов экологической безопасности региона	180
<b>Сидельникова О.П., Козлов Ю.Д.</b> Риски радоновых нагрузок в зданиях	183
<b>Сидоренко В.Ф., Артюхович Ю.В., Полосухин В.А.</b> Экологические императивы развития Волгограда как социально ориентированного мегаполиса	186
<b>Сидоренко В.Ф., Петров В.Э., Петров Э.Ю.</b> Экодевелопмент как новый тренд внедрения энерго и ресурсосберегающих технологий в строительстве жилья	189
<b>Соколов П.Э., Стефаненко И.В.</b> Роль временного фактора в формировании радиационного фона зданий	193
<b>Стеценко С.Е., Сидоренко В.Ф.</b> Исследование шероховатости поверхности фасадных строительных материалов	196

<b>Чиков П.В.</b> Методы размещения объектов спортивно-оздоровительной тематики на примере г. Волгограда _____	201
<b>СЕКЦИЯ «СТУДЕНЧЕСКАЯ НАУКА»</b>	
<b>Бардыкова Т.А., Кулькова Ю.Д., Халап Н.Н.</b> История возникновения и развития железобетона в России и в мире _____	206
<b>Бельцова А.Н., Кузьмина Т.А., Черкесов А.К., Белоножкина А.О., Москвичева А.В., Москвичева Е.В.</b> Исследование взаимосвязи между физико-химическими свойствами промышленных сточных вод и методами их очистки _____	212
<b>Бережной Д.А., Григорьян Г.А., Арапов Е.В., Ковтунов И.А.</b> Анализ армирования ленточного свайного ростверка в зависимости от его расчетной схемы и шага свай _____	216
<b>Гончаров С.В., Пшеничкина В.А.</b> Вероятностный расчет балки на стохастическом основании _____	221
<b>Григорьян Г.А., Ковтунов И.А., Халап Н.Н.</b> К расчету балочного ребристого монолитного перекрытия _____	226
<b>Нестеренко Е.В., Коростелева Н.В.</b> К вопросу о состоянии и перспективах развития инфраструктуры для велосипедного транспорта в городе Волгограде _____	229
<b>Селиванова К.А., Пархоменко Д.С., Луговая В.А., Ярошик В.В.</b> Основы легирования и пути совершенствования износостойких покрытий _____	233

## ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

*Ф.Г. Габиров<sup>(1)</sup>, К.А. Багиров<sup>(2)</sup>, Л.Ф. Габибова<sup>(3)</sup>*

### **ЭНЕРГОЭНТРОПИЙНЫЕ АНАЛОГИИ ПОТЕРИ КАЧЕСТВА И ЭНТРОПИЙНЫЙ РЕСУРС СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ХИМИЧЕСКИХ, НЕФТЕХИМИЧЕСКИХ И НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПРИ ИХ СООРУЖЕНИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ**

Азербайджанский научно-исследовательский институт  
строительства архитектуры, г. Баку, Азербайджан<sup>(1)</sup>  
Азербайджанский архитектурно-строительный университет, г. Баку, Азербайджан<sup>(2)</sup>  
Компания Бейкер-Хьюз, США<sup>(3)</sup>

Характеристика фактического состояния любой конструкции как на этапе ее создания, так и в процессе эксплуатации может быть представлена двумя путями:

1) по среднестатистическим параметрам свойств самой конструкции (прочности, устойчивости, герметичности и других);

2) по отдельным фактическим значениям параметров конструкции (локальным деформациям, результатам отдельных измерений параметров качества и тому подобное).

Оба подхода к рассмотрению состояния технической системы позволяют ввести некоторые аксиоматические принципы, касающиеся формирования качества сложной технической системы, используемой на химическом, нефтехимическом и нефтеперерабатывающем предприятии с позиции некоторых энергоэнтропийных аналогий потери качества.

Первый подход, базирующийся на общих закономерностях перехода конструкции от одного состояния к другому, обуславливает конечный результат фактического состояния. Второй подход, базирующийся на детальном изучении характера внутренних взаимосвязей, протекающих в элементах сложной технической системы, используемой на химическом, нефтехимическом и нефтеперерабатывающем предприятии, обуславливает специфические черты промежуточных состояний сложной технической системы.

Центральное место в аксиоматическом построении принципов формирования качества сложной технической системы, используемой на химическом (нефтехимическом или нефтеперерабатывающем) предприятии в процессе ее сооружения и эксплуатации принадлежит условию равновесия системы по различным критериям ее состояний. С энергоэнтропийной точки зрения сложная техническая система, используемая на химическом, нефтехимическом и нефтеперерабатывающем предприятии (или ее конструктивная часть) находится в равновесии в том случае, если среднестатистические значения параметров ее качества остаются постоянными в регламентированных пределах. Реальные процессы сооружения и эксплуатации сложной технической системы, используемые на химическом, нефтехимическом и нефтеперерабатывающем предприятии могут быть описаны схемами перехода равновесных состояний конструкции с помощью системы параметров ее качества  $\sum_{i=1}^n \omega_i$  (рис. 1).



Переход системы  $\Omega_1 \rightarrow \Omega_2 \rightarrow \Omega_3 \rightarrow \dots \rightarrow \Omega_n$  и  $\Omega'_1 \rightarrow \Omega'_2 \rightarrow \Omega'_3 \rightarrow \dots \rightarrow \Omega'_n$  происходит через промежуточные состояния, определяемые физико-механическими, физико-химическими, химико-технологическими и другими свойствами конструкции.

Переходы равновесных состояний системы являются взаимообусловленными с точки зрения развития причинно-следственных связей.

Согласно энергоэнтропийному принципу смещения равновесия Ле-Шателье, если систему, находящуюся в равновесии, подвергнуть внешнему воздействию, нарушающему это равновесие, возникает новое равновесие, переходы которому осуществляется процессом, стремящимся противодействовать указанному воздействию. С физико-механической точки зрения трактовка этого принципа применительно к сооружению (монтажу) сложной технической системы может быть следующей. При переходе от одной технологической операции к другой обуславливается новое равновесное состояние сложной технической системы

$$\Omega \left( \sum_{i=1}^n \omega_i \right)_I \rightarrow \Omega \left( \sum_{i=1}^n \omega_i \right)_{II} . \quad (1)$$

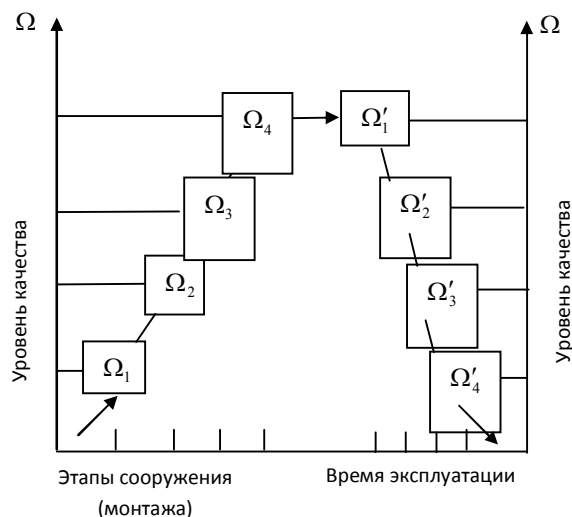


Рис. 1. Схема перехода равновесных состояний сложной технической системы, используемой на химическом (нефтехимическом или нефтеперерабатывающем) предприятии в процессе сооружения (монтажа) и эксплуатации

Направленное технологическое воздействие, являющееся внешним по отношению к сложной технической системе, обуславливает ответную реакцию системы, выражающуюся плавным или скачкообразным изменением фактического уровня качества (изменением уровня напряженно деформированного состояния, появлением или закономерным ростом дефектности и другими).

Функциональный процесс перехода состояний сложной технической системы может быть описан энтропией. Поскольку реальный процесс сооружения (монтажа) или реконструкции сложной технической системы, используемой на химическом, нефтехимическом и нефтеперерабатывающем предприятии, на любом из его этапов вносит вполне определенные пропорции между формируемыми параметрами, методически правомерно рассматривать энтропию как функцию состояния системы. Если предположить, что процесс сооружения сложной технической системы, исполь-

зуемой на химическом, нефтехимическом и нефтеперерабатывающем предприятии протекает стихийно, носит неуправляемый характер (например, при полном отсутствии контроля), то такой процесс по аналогии можно считать энергоэнтропийно необратимым замкнутым с закономерно возрастающей энтропией. Но реальному процессу сооружения (монтажа) или реконструкции сложной технической системы, используемой на химическом, нефтехимическом и нефтеперерабатывающем предприятии присущ производственный контроль, вносящий условность в понятие необратимости процесса сооружения или реконструкции сложной технической системы. В результате общая тенденция возрастания энтропии качества сложной технической системы, используемой на химическом, нефтехимическом и нефтеперерабатывающем предприятии приобретает несколько иной характер, утрачивая свою стабильность.

Использование понятия энтропии как функции состояния системы, равно как и меры ее качества, позволяет любое изменение состояния системы представить как результат бесконечно большого числа бесконечно малых изменений. При каждом таком бесконечно малом изменении состояния система либо увеличивает, либо уменьшает свой конструктивно-технологический потенциал, или, говоря иначе, система либо накапливает, либо теряет свое качество.

Введем следующие основные характеристики сложной технической системы, используемой на химическом, нефтехимическом и нефтеперерабатывающем предприятии:

$A$  — работа над системой по переводу ее из состояния с одним уровнем качества в состояние с другим уровнем;

$\Omega_c$  — качества сложной технической системы как конструктивно-технологический потенциал, характеризующий ее состояние;

$\Omega_3$  — эксплуатационное качество сложной технической системы, выражающее уровень ее надежности при эксплуатации.

По существу  $\Omega_c$  характеризует энергетические возможности сложной технической системы, а  $\Omega_3$  — работу, совершаемую сложной технической системой с конкретным конструктивно-технологическим потенциалом в диапазоне конкретных эксплуатационных нагрузок.

Исходя из закона сохранения энергии, имеем

$$dA = d\Omega_c + d\Omega_3, \quad (2)$$

откуда характеристика состояния сложной технической системы при переходе от одного уровня качества к другому имеет вид

$$\int_I^II d\Omega_c = \Omega_{II} - \Omega_I = \int_I^II d\Omega_3 - \int_I^II dA. \quad (3)$$

Условимся считать  $dA$  положительной величиной, когда сложная техническая система, используемая на химическом (нефтехимическом или нефтеперерабатывающем) предприятии повышает свой конструктивно-технологический потенциал (уровень дефектов  $d = 0$ ), и отрицательной, когда она теряет качество (снижает свой потенциал). Обозначим интегральную характеристику состояния сложной технической системы

$$S_\Omega = \int \frac{dA}{\Omega}, \quad (4)$$

где  $dA/\Omega$  — приведенная работа, затрачиваемая на сложную техническую систему ( $\Omega$  — интегральное качество сложной технической системы).

Определенная таким образом величина  $S_\Omega$  называется энтропией качества сложной технической системы, используемой на химическом, нефтехимическом и нефтеперерабатывающем предприятии по энергоэнтропийной (термодинамической) аналогии этой характеристики для обратимых круговых процессов [1, 2].

Изменение энтропии сложной технической системы, над которой совершена бесконечная малая работа  $dA$ , определяется соотношением

$$dS_\Omega = \frac{dA}{\Omega}. \quad (5)$$

Воспользовавшись уравнениями (1, 2) и (5), по аналогии с первым началом термодинамики, получим

$$\Omega dS_\Omega = d\Omega_c + d\Omega_3. \quad (6)$$

Важное методологическое значение имеет анализ энтропии качества при обратимых и необратимых процессах сооружения и эксплуатации сложных технических систем. В качестве критерия обратимости (необратимости) процесса будем считать уровень производственного контроля качества. Для реального процесса сооружения и эксплуатации сложной технической системы, используемой на химическом, нефтехимическом и нефтеперерабатывающем предприятии уровень производственного контроля занимает такое положение, при котором процесс сооружения и эксплуатации не является абсолютно обратимым или необратимым. Поэтому изменение энтропии качества  $dS_\Omega$  не является постоянным.

При реализации технологических процессов, характеризующихся величинами накопленных дефектов (повреждений)  $d_1, d_{11}$ , энтропийное изменение состояния сложной технической системы, используемой на химическом, нефтехимическом и нефтеперерабатывающем предприятии,  $\Omega(d_{11} + d_1)$  будем иметь вид  $dS_{\Omega_{11}} - dS_{\Omega_1}$  или с учетом выражения (5) общее изменение энтропии

$$dS_\Omega = \left( \frac{1}{\Omega_{11}} - \frac{1}{\Omega_1} \right) dA. \quad (7)$$

Если общая потеря качества сложной технической системы, используемой на химическом, нефтехимическом и нефтеперерабатывающем предприятии, по абсолютной величине увеличивается, то есть  $(d_{11} + d_1) > d_1$  и, следовательно,  $\Omega_{11} < \Omega_1$ , то  $dS_\Omega > 0$  энтропия системы в целом возрастает.

Таким образом, важное требование, предъявляемое к процессу сооружения и эксплуатации сложной технической системы, состоит в том, чтобы закономерная тенденция возрастания энтропии качества системы была строго регламентирована жестким диапазоном количественных норм на все параметры сооружения (монтажа) и эксплуатации.

Рассмотренные энергоэнтропийные аналогии потери качества сложной технической системы, используемой на химическом, нефтехимическом и нефтеперерабатывающем предприятии позволяют сделать вывод о наличии закономерных взаимообусловленных переходов состояний сложной технической системы, характеризующихся параметрами распределений образующихся (накапливающихся) дефектов и

повреждений. Интенсивность такого накопления в значительной мере обуславливается возможными взаимосвязями факторов, сопутствующих реальным процессам сооружения (монтажа) и эксплуатации сложной технической системы, используемой на химическом, нефтехимическом и нефтеперерабатывающем предприятия. Функциональной характеристикой состояния сложной технической системы на стадии как сооружения (монтажа), так и эксплуатации является энтропия качества, определяемая выражением

$$S_{\Omega} = \int \frac{dA}{\Omega}, \quad (8)$$

где  $S_{\Omega}$  — энтропия качества сложной технической системы,  $dA/\Omega$  — приведенная работа, затрачиваемая на сложную техническую систему ( $\Omega$  — интегральное качество сложной технической системы). Энтропия  $S_{\Omega}$ , является мерой стабильности исходного конструктивно-технологического потенциала сложной технической системы, изменяющегося в соответствии с действующими закономерностями, определенным образом связана с корреляционным моментом  $K_{\delta_i, \delta_j}$  обобщенных параметров качества  $\delta_i, \delta_j$ , характеризующих потери качества.

Повышение уровня качества сложной технической системы, используемой на химическом, нефтехимическом и нефтеперерабатывающем предприятии на конечной стадии испытаний обусловлено принудительным снижением энтропии качества. Гносеологически такое снижение энтропии находится в соответствии с законом отрицания (переходов дефектов в процессе сооружения из докритической области в критическую отрицается в стадии испытаний сложной технической системы на прочность, герметичность и устойчивость).

Таким образом, может быть введено понятие энтропийного ресурса сложной технической системы как меры его эксплуатационной надежности по критерию уровня дефективности, которым сложная техническая система обладает по завершении приемосдаточных испытаний, то есть

$$T_{\Omega} = f \left\{ \Omega_{\varepsilon} \left[ D \left( \sum_{i=1}^n d_{\varepsilon i} \right); z_{\varepsilon} \right] \right\}, \quad (9)$$

где  $z_{\varepsilon}$  — функциональный параметр эксплуатационной нагруженности сложной технической системы; другие обозначения приведены на рис. 2.

Поскольку энтропия качества  $S_{\Omega}$  непосредственно связана с вероятностью состояния, адекватно определяющего и вероятное качество сложной технической системы, то выражение энтропийного ресурса (2) включает в себя параметры распределений всех возможных дефектов (повреждений) в номенклатурном поле качества сложной технической системы, используемой на химическом, нефтехимическом и нефтеперерабатывающем предприятии. Так как условия эксплуатации сложной технической системы (характеризуемые функциональным параметром  $z_{\varepsilon}$ ) обуславливают конкретный процесс изменения качества во времени, то выражение (2) может быть преобразовано с учетом формулы (1) путем перехода к функциональной характеристике  $\Omega = f(t)$ . Считая, что работа, затрачиваемая на формирование качества сложной технической системы, используемой на химическом, нефтехимическом и нефтеперерабатывающем предприятии с определенным конструктивно-

технологическим потенциалом  $\Omega_0$ , расходуется при его эксплуатации на переход  $\Omega_0 \rightarrow \Omega_{пр}$ , которому отвечает величина наработки  $t = T_\Omega$ , можно записать

$$dA = \mu dF = \mu \Omega(t) dt, \quad (10)$$

где  $dF$  — элемент площади под функциональной кривой  $\Omega(t)$ ;  $\mu$  — коэффициент, зависящий от фактической пропорции между величинами  $A$  и  $\Omega = \Omega_0 - \Omega_{пр}$ .

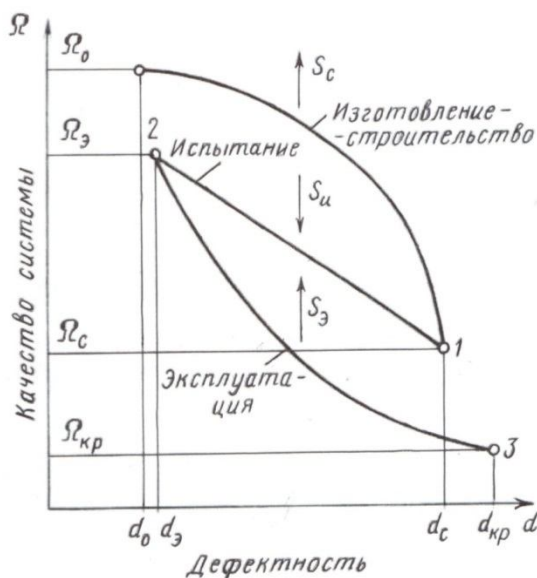


Рис. 2. Функциональный характер энтропийного изменения качества сложной технической системы, используемой на химическом, нефтехимическом и нефтеперерабатывающем предприятии

Подставив выражения для элемента работы по (10) в формулу (8), получим

$$S = \int_0^{T_\Omega} \mu \frac{\Omega(t)}{\Omega} dt \quad (11)$$

или, учитывая, что  $\Omega = \Omega_0 - \Omega_{пр}$ ,

$$S = \frac{\mu}{\Omega_0 - \Omega_{пр}} \int_0^{T_\Omega} \Omega(t) dt, \quad (12)$$

откуда определяется ресурс  $T_\Omega$ .

Раскроем вероятностный смысл энтропии по энергоэнтропийной аналогии в форме Больцмана [3].

$$S = v \cdot \ln \frac{P}{P_0}, \quad (13)$$

где  $P$ ,  $P_0$  — соответственно вероятности пребывания сложной технической системы в конечном и начальном состояниях рассматриваемого временного интервала;  $\nu$  — коэффициент, выражающий соотношение между единицей работы формирования и интегральным качеством сложной технической системы, используемой на химическом, нефтехимическом и нефтеперерабатывающем предприятии.

Учитывая, что за время эксплуатации сложной технической системы, равное его энтропийному ресурсу  $T_\Omega$ , работа формирования реализуется на переход системы  $\Omega_0 \rightarrow \Omega_{пр}$ , причем  $(\Omega_{пр} \rightarrow \Omega_0) < 0$  обуславливается монотонным убыванием функции  $\Omega(t)$ , и, решая систему уравнений (12), (13), после несложных преобразований получим

$$P = P_0 e^{-\frac{\mu}{\nu|\Omega_{пр}-\Omega_0|} \int_0^{T_\Omega} \Omega(t) dt} \quad (14)$$

Выражение (14) устанавливает взаимосвязь между параметрами качества сложной технической системы, используемой на химическом, нефтехимическом и нефтеперерабатывающем предприятии, его ресурсом и вероятностями начального (соответствующего параметру  $\Omega_0$ ) и конечного (соответствующего параметру  $\Omega_{пр}$ ) состояний.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Алексеев Г.Н.* Энергоэнтропика. — М.: Знание, 1983. — 192 с.
2. *Радушкевич Л.В.* Курс термодинамики. — М.: Просвещение, 1971. — 288 с.
3. *Больцман Л.* Избранные труды. Молекулярно-кинетическая теория газов. Термодинамика. Статистическая механика. Теория излучения. Общие вопросы физики. — М.: Наука, 1984. — 590 с.

**А.В. Кочетков<sup>(1,2)</sup>, Ж.Н. Кадыров<sup>(3)</sup>**

## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ И АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ ДОРОЖНОЙ НАУКИ СТРАН СНГ**

Пермский национальный исследовательский политехнический университет<sup>(1)</sup>  
Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина<sup>(2)</sup>  
Казахский университет путей сообщения<sup>(3)</sup>

*Дорожная наука оказывает позитивное влияние на работу дорожного хозяйства. Проведен целый ряд комплексных исследований по совершенствованию нормативно-технической базы, позволивших предъявить на современном уровне требования к разработке технологических процессов, качеству дорожно-строительных материалов, методам их испытаний и выполнению работ. Дорожная наука активно участвует в формировании направлений развития и совершенствования дорожного хозяйства. С ее участием разработаны ранее принятые государственные, отраслевые и региональные дорожные программы. Вместе с тем, научный потенциал дорожного хозяйства реализован не в полной мере, недостаточна его координация и концентрация на основных направлениях. Необходимо поэтапное развитие дорожной науки по выбранным критическим узлам на основе разработки и реализации среднесрочных целевых программ и годовых планов научных исследований, развития новой техники и реализации достижений научно-технического прогресса.*

*Ключевые слова: дорожная наука, перспективы развития, инновационная деятельность, автомобильные дороги, фундаментальные и прикладные исследования*

## **PROSPECTS OF DEVELOPMENT AND ACTUAL TASKS ROAD SCIENCE**

*Summary. The road science has positive impact on work of road economy. A number of complex researches on improvement of the normative and technical base, allowed to make at modern level demands to development of technological processes, quality of road-building materials, methods of their tests and performance of work is carried out. The road science actively participates in formation of directions of development and improvement of road economy. With its participation earlier accepted state, industry and regional road programs are developed. At the same time, the scientific capacity of road economy is realized not fully, its coordination and concentration on main directions is insufficient. Stage-by-stage development of road science on the chosen critical knots on the basis of development and implementation of medium-term target programs and annual plans of scientific researches, development of new equipment and realization of achievements of scientific and technical progress is necessary.*

*Keywords: road science, development prospects, innovative activity, highways basic and applied researches.*

Целью государственной политики в области развития науки и технологий является переход к инновационному пути развития стран СНГ на основе избранных приоритетов. Необходимо создание научных, организационных и экономических механизмов для повышения востребованности инноваций в странах СНГ [1].

Несмотря на определенные результаты, состояние научной базы дорожного хозяйства не улучшилось, а дорожная наука в целом столкнулась с целым рядом серьезных проблем. В настоящее время дорожная наука — это в наименьшей степени адаптированная к условиям рынка сфера дорожной деятельности. Формирование

рынка дорожных работ и развитие конкуренции в дорожном хозяйстве практически не сопровождалось развитием рынка научных разработок.

Внедрение новых технологий, конструкций и материалов в основном осуществлялось прежними административными методами, что снижает эффективность влияния науки на технический прогресс в отрасли. Произошло падение престижа научной деятельности, старение научных кадров. В таких условиях научные организации, пытаясь найти выход из создавшейся ситуации, постепенно частично перепрофилировали свою деятельность, в результате чего основной объем работ отраслевых научно-исследовательских институтов связан с выполнением диагностики автомобильных дорог, научным и инженерно-техническим сопровождением проектов, в том числе при внедрении зарубежных технологий. Отдельные научные организации начали заниматься проектированием автомобильных дорог, а также другими видами работ и услуг, которые для них оказываются экономически более выгодными. Сложившаяся ситуация породила целый ряд нерешенных в настоящее время проблем – развитие теоретической части не обеспечивает решение стоящих перед отраслью задач, недостаточно отлажен механизм внедрения научных разработок и взаимодействия научных, проектных и производственных организаций, не в полной мере удовлетворяются проблемные запросы отрасли из-за отсутствия у исполнителей соответствующей квалификации, снизилось качество научных исследований и получаемых результатов [2].

Необходимо поэтапное развитие дорожной науки по выбранным критическим узлам на основе разработки и реализации среднесрочных целевых программ и годовых планов научных исследований, развития новой техники и реализации достижений научно-технического прогресса. Можно выделить следующие приоритеты [3]:

- обеспечение развития фундаментальной дорожной науки, а на ее основе – важнейших прикладных исследований и разработок;
- создание и развитие общих и специальных технических регламентов, системы национальных стандартов, стандартов организаций, а также документов методического характера, обеспечивающих оптимизацию стоимости дорожных работ на основе применения прогрессивных технологий, новых материалов и техники;
- совершенствование отраслевой системы развития инновационной деятельности в дорожном хозяйстве, включая совершенствование механизмов взаимодействия научных организаций и предприятий дорожного хозяйства, профильных ВУЗов в целях внедрения новых технологий в производство;
- создание и развитие объектов инновационной инфраструктуры [4, 5].

Проблемы дорожной науки выдвигают в качестве неотложных решение задач коренного улучшения ситуации, формирования новой концепции научно-технической политики, отвечающей современным потребностям дорожного хозяйства, определения приоритетных направлений научных исследований.

Научно-техническая политика в дорожной сфере стран СНГ должна формироваться исходя из направлений совершенствования дорожного хозяйства, ориентироваться на достижение технических, экономических и социальных результатов, отвечающих потребностям создания единой транспортной сети страны, включающей автомобильные дороги общего пользования, обладающие единой системой потребительских качеств на федеральном и территориальном уровнях.

**Основные задачи научно-технической политики состоят в:**

- формировании научно-технической политики на основе экономических подходов исходя из наибольшей эффективности технических и конструктивных решений с учетом всего комплекса затрат и выгод за весь срок службы сооружений;



- создании экономических механизмов, обеспечивающих взаимную заинтересованность всех участников инвестиционного процесса во внедрении новых экономических и долговечных материалов и конструкций;
- переориентации технической политики в интересах пользователей дорог;
- формировании единых технических требований к магистральным автомобильным дорогам с возможностью их интеграции в сеть европейских автомагистралей и магистралей стран-участников СНГ;
- ориентации на повышение долговечности дорожных конструкций и сооружений взамен получения сиюминутной выгоды от сокращения стоимости строительных и ремонтных работ;
- учете региональных особенностей при проведении технической политики, при сохранении единых принципов формирования автотранспортных коммуникаций и технических требований к ним;
- создании условий для развития творческой инициативы инженеров-дорожников всех уровней;
- пересмотре основных принципов и подходов к техническому нормированию и типовому проектированию на основе экономических подходов, ориентации на интересы потребителей и учете многогранных особенностей Российской Федерации;
- создании эффективной системы контроля качества дорожных работ.

#### 1. Фундаментальные научные исследования.

Для выполнения научных исследований по проблемам дорожного хозяйства необходима систематизация и согласование достижений не только дорожной науки, но и смежных областей естественных и прикладных наук. В настоящее время в дорожной науке существуют классификационные, терминологические, методические, нормативно-технические и метрологические расхождения особенно с фундаментальной наукой и уровнем автоматизации научных исследований и автоматизированного расчета и проектирования. Практически не используются современные статистические методы обработки и анализа информации при мониторинге стохастических процессов (например, базисный и эконометрический анализ). Практически не стоят задачи создания адекватных теорий и содержательных математических моделей применительно к различным аспектам дорожного хозяйства. Имеется риск отказа от используемых теоретических и методических подходов и возврат к эмпирическому и опытно-описательному обоснованию решения дорожных задач.

Для развития дорожного хозяйства необходима концентрация усилий на следующих направлениях фундаментальных дорожных исследований:

- изучении и прогнозировании надежности и срока службы дорожных сооружений с учетом местных природно-климатических условий;
- изучении и повышении физико-механических свойств грунтов и дорожно-строительных материалов;
- изучении водно-теплового режима земляного полотна;
- развитии и совершенствовании методов расчета дорожных одежд;
- оценке влияния дорожных условий на безопасность движения;
- изучении особенностей восприятия водителем дорожных условий;
- архитектурно-ландшафтном проектировании автомобильных дорог общего пользования;
- изучении влияния автомобильных дорог общего пользования на окружающую среду.

Одним из важнейших направлений деятельности является использование новых фундаментальных теоретических подходов из различных областей науки, техники,

экономики при решении задач дорожного хозяйства. В качестве ориентировочных примеров можно назвать следующие:

- применение новых методов экономики и математической статистики, в частности эконометрический подход, панельный опрос и др.,
- применения базисного анализа для определения природы и параметров моделирования статистических характеристик и технологических процессов для автомобильных дорог,
- применение современных методических подходов теории надежности — теории риска и методов аналитического перехода от различных законов статистического распределения и др.

#### 2. Совершенствование нормативной технической базы.

Необходимо дальнейшее совершенствование отраслевой системы технического регулирования. Приоритеты в этой работе могут быть расставлены следующим образом:

- нормативы, регламентирующие качество работ при строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог общего пользования;
- нормативы по обеспечению безопасности дорожного движения;
- нормативы технической направленности.

Нормативные документы системы технического регулирования дорожного хозяйства должны быть ориентированы на учет новых экономических условий, снижение затрат на дорожные работы, гармонизацию отечественных и европейских норм, определяющих потребительские свойства автомобильных дорог общего пользования.

#### 3. Совершенствование системы экономического анализа и финансирования дорожного хозяйства

Для планомерной реализации основных направлений совершенствования дорожного хозяйства необходимо продолжить работу по обеспечению требуемого уровня финансирования дорожного хозяйства. Неотложной задачей является создание правовой и экономически привлекательной среды для формирования внебюджетных источников финансирования дорожных работ, включая средства частных инвесторов. Актуальным является вопрос о государственных гарантиях отечественным и зарубежным инвесторам.

В новых условиях необходимо изменение концепции ценообразования, в ее основу должен быть положен ресурсный метод. Следует организовать исследования региональных особенностей в современном ценообразовании при строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог общего пользования. В качестве приоритетных направлений научных исследований следует рассматривать следующие:

- разработка новых методов обоснования экономической эффективности инвестиций в дорожное хозяйство;
- разработка концепции привлечения инвестиций в дорожное хозяйство стран СНГ;
- поиск альтернативных источников финансирования дорожных работ;
- разработка методов технико-экономического обоснования сооружения платных дорожных объектов;
- научное обоснование объемов финансирования дорожного хозяйства, исходя из необходимости удовлетворения потребностей в автомобильных перевозках и решения социальных проблем страны и регионов;
- совершенствование налогового законодательства в части финансирования дорожных работ;
- разработка концепции единой системы ценообразования в отрасли.

- применение современных методов разработки технико-экономических обоснований расчета инвестиций в дорожное хозяйство, основанных на оценке дисконтированных затрат и учете точки безубыточности проекта.

#### 4. Совершенствование системы управления дорожным хозяйством в новых социально-экономических условиях

Направление предусматривает совершенствование системы управления дорожным хозяйством стран СНГ путем выработки рациональных путей преобразования организационных структур на федеральном и территориальном уровнях, включая две ветви управления: государственную и хозяйственную, оптимизации принципов взаимодействия федерального и территориальных органов управления, а также их деятельности, обеспечивающей интересы государства, пользователей дорог и населения, безопасное и бесперебойное функционирование сети автомобильных дорог общего пользования и эффективное использование средств, выделяемых на нужды дорожного хозяйства.

Важнейшими направлениями научных исследований в этой сфере являются:

- разработка концепции единой государственной политики в области автомобильных дорог и двойного подчинения территориальных дорог - федеральному центру и местной исполнительной власти (нормативно-правовая база - за федеральным центром; хозяйственные организации - за местной исполнительной властью);
- определение оптимального сочетания единой технической политики в области автомобильных дорог общего пользования с самостоятельностью территориальных органов управления;
- разработка методов и критериев оценки эффективности управления дорожным хозяйством на территориальном и федеральном уровнях.

#### 5. Научные основы управления развитием и состоянием сети автомобильных дорог стран СНГ

Новые социально-экономические условия требуют корректировки методов оценки и обоснования развития сети автомобильных дорог. Генеральным направлением становится необходимость сохранения построенной сети дорог и повышения ее транспортно-эксплуатационных показателей.

Задача исследований состоит в создании теоретических основ и принципов, а также технологии управления процессом содержания, совершенствования и развития дорожной сети на базе современных методов диагностики, комплексной оценки и прогнозирования состояния; обосновании потребностей и выбор стратегии развития дорожной сети; эффективном распределении средств на содержание, ремонт, реконструкцию и строительство дорог на федеральном и территориальном уровнях.

Для решения этих задач необходимы следующие исследования:

- исследование и прогнозирования тенденций развития международных интермодальных транспортных коридоров;
- установление зависимостей социально-экономических показателей развития регионов от показателей развития и состояния дорожной отрасли;
- разработка методов определения требуемого уровня развития дорожной сети регионов и республики в целом с учетом фактического состояния и прогноза развития экономики, производственного потенциала, освоенности территории, численности населения и его размещения, существующей и перспективной транспортной инфраструктуры, природно-климатических и других особенностей;
- совершенствование методов диагностики, оценки и прогноза состояния дорог, как основы планирования работ по содержанию и совершенствованию существующих дорог;
- обоснование генеральной схемы автомобильных дорог общего пользования с учетом развития международных транспортных коридоров;

- исследование влияния потребительских свойств дорог на технико-экономические показатели работы автомобильного транспорта для экономического обоснования управляющих воздействий и технических решений;

- разработка технологии управления развитием и состоянием дорожной сети и методов обоснования оптимальной стратегии управления, с учетом различных финансовых и материально-технических ограничений на федеральном и территориальном уровнях.

Необходимо продолжить и завершить развитие сети местных дорог с твердым покрытием, связывающих все населенные пункты, а также строительство новых и совершенствование существующих дорог высоких категорий по направлениям массового движения легковых автомобилей и автобусов. При наличии ограничений по финансовым возможностям необходимо установить приоритетность очередности и последовательности их выполнения в масштабе всей страны и различных регионов с учетом состояния существующей сети, потребностей ее развития, наличия реальных возможностей и других факторов. Эта проблема должна решаться исходя из стратегической цели и задач развития дорожной сети с учетом площади территории и степени ее освоения, численности населения, размещения населенных пунктов, развития промышленности и сельского хозяйства, природно-климатических условий, также наличия и развития других видов транспорта, приоритетности и оценки эффективности развития федеральных и местных дорог в новых социально-экономических условиях.

Мировой опыт показал, что наиболее эффективным является развитие дорожной сети в два основных этапа:

- создание низовой сети дорог, связывающих все населенные пункты, которые решают важнейшую социальную задачу обеспечения свободного перемещения и надежных связей с соседними пунктами, а также экономическая задача, поскольку создавалась возможность перевозки грузов по кратчайшим направлениям на короткие расстояния;

- строительство автомобильных магистралей по направлениям транспортных коридоров, по которым сложились или ожидаются массовые перевозки грузов и пассажиров на большие расстояния.

При этом местная сеть дорог превращается в систему питания автомобильной магистрали грузами и пассажирами для данных перевозок. Необходимо четкое согласование федеральных и региональных программ развития дорог, учитывая то, что строительство крупных магистралей без создания в зоне ее влияния сети местных дорог резко снижает эффективность капиталовложений в их создание и социальную значимость.

Необходимо учесть перспективы дальнейшей интеграции России в международное сообщество и развития международных автотранспортных связей по ряду направлений. Важным этапом в развитии дорожной сети, этапом технического прогресса является ее техническое совершенствование в соответствии с возрастающими требованиями движения. Как первая стадия этого этапа, необходимо перейти на строительство всех новых дорог независимо от категории под осевую нагрузку 10 т и более.

Важной является проблема повышения технического уровня и эксплуатационного состояния существующих дорог. Опыт показывает, что эффект от каждого рубля, вложенного в ремонт и содержание дорог в 2–3 раза больше, чем от рубля, вложенного в строительство новых дорог. Поэтому экономически целесообразно как можно быстрее привести состояние существующих дорог в соответствие с современными требованиями.

В формировании программ развития и совершенствования дорожной сети, отборе инвестиционных объектов для включения в программы на каждом этапе и оценке их экономической эффективности необходимо использовать три группы показателей:

- транспортный эффект, характеризующий прямую выгоду пользователей дорог от улучшения дорожных условий в виде снижения себестоимости перевозок и сокращения потребности в транспортных средствах вследствие повышения их производительности;
- социально-экономический эффект, в связи с повышением удобства безопасности сообщения, сокращенным временем пребывания пассажиров в пути, потерь от дорожно-транспортных происшествий, сокращением экономического ущерба от воздействия автотранспортного потока на окружающую природную среду;
- внутранспортный экономический эффект в других отраслях экономики вследствие активизации предпринимательской деятельности, повышения сохранности и сокращения времени доставки грузов.

#### б. Совершенствование методов проектирования и строительства автомобильных дорог и мостов

Направление предусматривает совершенствование методологии проектно-изыскательских работ на основе широкого использования новейших автоматизированных систем, формирования обновленной нормативной базы в сфере проектирования и строительства дорог и мостов, организации и контроля качества строительства автомобильных дорог общего пользования.

В состав направления входят:

- разработка усовершенствованных технологий инженерных изысканий и автоматизированного проектирования автомобильных дорог общего пользования и мостов, в т.ч. применение геоинформационных и навигационных систем;
- разработка норм проектирования автомобильных дорог общего пользования с учетом необходимости гармонизации отечественных и зарубежных нормативов;
- разработка норм общего пользования с учетом обеспечения требуемого уровня качества дорожных работ;
- создание и внедрение новых искусственных материалов с управляемыми физико-механическими свойствами для применения в различных слоях дорожных конструкций и создание новых нетрадиционных дорожных конструкций;
- разработка альтернативных вяжущих для покрытий автомобильных дорог высоких категорий;
- совершенствование методов использования мерзлых грунтов при сооружении земляного полотна в зоне вечной мерзлоты;
- совершенствование методов применения долговечных цементобетонных конструкций дорожных одежд;
- исследование влияния параметров элементов автомобильных дорог и их эксплуатационного состояния на скорость движения автомобилей и транспортные издержки.

В рамках актуализируемой концепции предполагается поставить и предложить к решению следующие вопросы проектирования нежестких дорожных одежд для правильного понимания механизма работы каждого слоя, построения теоретической базы для специалистов в областях дорожного материаловедения и технологии строительства дорог:

- определение эффективных расчетных схем, основанных на применении достижений фундаментальных наук, например, модернизация и расширение функциональных возможностей применения расчетная схема слоистого упругого полупро-

странства при неподвижной нагрузке, напряженно-деформированном состоянии слоистого линейного вязкоупругого полупространства при неподвижной и движущейся нагрузках;

- задача о напряженном состоянии сплошного слоя, опирающегося на основание, имеющее разрывы сплошности, поиск решения по расчету на изгиб слоя усиления, положенного поверх основания, имеющего трещины или разрывы;

- задача о напряженно-деформированном состоянии слоистого пространства, один из слоев которого – зернистый несвязанный (например, щебеночный), оценка нелинейности связи между напряжениями и деформациями с учетом температуры асфальтобетонного покрытия, определение метода расчета на прочность щебеночного слоя, расчет сетки, армирующей щебеночный слой;

- задача о термонапряженном состоянии слоистой среды, создание теоретической базы для обоснованной разработки конструкций дорожных одежд с асфальтобетонными покрытиями минимальной толщины за счет рационального конструирования дорожных одежд;

- определение подходов к решению задач расчета упругопластического или упруго-вязкопластического слоистого полупространства;

- определение теоретических подходов к решению задач оценки критерия предельного состояния – накопленное остаточное вертикальное перемещение поверхности покрытия – глубина колеи (в рамках задачи о слоистом упругопластическом полупространстве, подвергаемого действию повторных нагрузок), задача прогноза образования поперечной неровности покрытия в зависимости от состава и интенсивности движения;

- оценка срока службы дорожных одежд в явной форме при расчете ее толщины;

- определение зависимости параметров исходной дорожной одежды, толщины и характеристики ее слоев с показателем ее состояния после заданного срока эксплуатации при определенной интенсивности и составе движения;

- преодоление существующего разрыва между критериями предельного состояния и расчетными характеристиками, используемыми при проектировании дорожных одежд, и требованиями стандартов к качеству материалов слоев (использовать прочность на изгиб при кратковременной нагрузке, а не прочность на сжатие);

- исследование методов рационального конструирования дорожной одежды с учетом оптимального использования материалов, определение принципов установления сочетания слоев, их взаиморасположения и соотношения толщин, чтобы конструкция дорожной одежды была рациональной с точки зрения строительной механики и технологически осуществимой.

#### 7. Совершенствование методов ремонта и содержания автомобильных дорог и мостов

Совершенствование системы ремонта и содержания дорог и мостов имеет целью разработку эффективного комплекса мер, способных в сжатые сроки и при рациональном уровне затрат восполнить накопленный недоремонт сооружений, а также создать организационную и научную основу для перехода к широкому исполнению предупредительных мер, позволяющих существенно сократить затраты на ремонт и содержание дорог и мостов. Обеспечить высокий уровень эксплуатационного содержания и повышения технического уровня существующих дорог, их инженерного оборудования и обустройства, формирования системы дорожного сервиса, повышение уровня организации и безопасности движения.

К научному обеспечению совершенствования методов ремонта и содержания дорог относятся:

- создание научных основ теории содержания и ремонта автомобильных дорог;
- разработка методов оценки и прогнозирования состояния земляного полотна, дорожных одежд и покрытий в процессе эксплуатации;
- разработка методов повышения трещиностойкости асфальтобетонных покрытий на различных основаниях;
- разработка принципов и методов применения предупредительных мероприятий и ремонтов, позволяющих существенно снизить затраты на ремонт и содержание дорог, в том числе методов оценки, прогноза и образования колеи, неровностей, ямочности, трещин, шелушения и выкрашивания;
- разработка методов ликвидации деформаций и разрушений земляного полотна и дорожных одежд на ранней стадии их развития;
- развитие холодных технологий при ремонте и содержании автомобильных дорог;
- рассмотрение придорожной полосы как циклически действующей буферно-накопительной зоны, поиск новых методов зимнего содержания дорог, защиты дорог от снежных заносов, прогнозирования и предупреждения зимней скользкости путем создания антиголо ледных покрытий нового поколения, новых экологически безопасных химических материалов;
- разработка методов оценки и прогнозирования сроков службы эксплуатируемых мостов на основе их мониторинга;
- обоснование методов контроля и требований к работам по содержанию автомобильных дорог.

#### 8. Совершенствование методов реконструкции автомобильных дорог и дорожных сооружений

Направление предусматривает проведение комплекса научных исследований, направленных на совершенствование методологии реконструкции дорог и дорожных сооружений с целью повышения пропускной способности, транспортно-эксплуатационных качеств и долговечности дорожной сети России.

В состав направления входят:

- решение задачи наиболее эффективного использования элементов и конструкций существующей дороги, путем разработки специальных норм и требований проектирования реконструкции;
- решение проблем надежного сопряжения существующего и нового земляного полотна, основания и дорожной одежды, придания им равнопрочности и устойчивости;
- разработка современных методов реконструкции труб, мостов и других инженерных сооружений.

Введение обязательной практики при реконструкции автомобильных дорог требований обеспечения жесткости, а не увеличения толщины дорожного полотна, для чего рекомендовать применение современной техники и технологий фрезерования дорожного полотна.

#### 9. Повышение безопасности дорожного движения

Направление предусматривает реализацию программного подхода к осуществлению мероприятий по снижению дорожной аварийности на основе ликвидации и профилактики возникновения опасных участков на существующей дорожной сети в сочетании с обеспечением маршрутной безопасности движения, приоритетного учета требований обеспечения безопасности движения при строительстве новых автомобильных дорог, стадийного улучшения транспортно-эксплуатационных качеств дорог с учетом наблюдаемого уровня аварийности.

Научные исследования по данному направлению должны включать:

- разработку целевых программ «Повышение безопасности дорожного движения» стран СНГ на среднесрочный период;
- разработку методических документов по реализации отраслевой целевой программы и ее научное сопровождение;
- безусловное исполнение вопросов разработки и применения технических регламентов с учетом оценки степени риска и оценки тяжести причиняемого вреда;
- совершенствование научно-методического аппарата по определению коэффициента сцепления на основе современных теорий триботехники, например, на основе модели комбинированного трения В.Ф. Журавлева и коэффициента сцепления покоя;
- совершенствование технических средств организации дорожного движения с разработкой государственных стандартов и отраслевых норм;
- разработку программы развития дорожного сервиса на федеральных автомобильных дорогах;
- совершенствование системы учета и анализа дорожно-транспортных происшествий в дорожном хозяйстве с целью выбора эффективных мер по борьбе с дорожной аварийностью.

#### 10. Повышение качества дорожных работ и дорожных сооружений

Необходимы исследования, устанавливающие требуемые нормы качества дорожных работ с учетом материально-технического состояния отрасли и исследования надежности работ автомобильной дороги как сложной системы, позволяющие определять экономически целесообразные сроки службы отдельных элементов этой системы. Для поднятия технологической дисциплины необходима разработка правовых актов, определяющих ответственность за качество работ, а также стандартов, устанавливающих сроки службы дорожных сооружений. В состав направления входят:

- совершенствование отраслевой системы менеджмента качества дорожно-мостовых работ и пакета документов по качеству;
- совершенствование отраслевой системы сертификации дорожной продукции и услуг;
- совершенствование системы метрологического обеспечения дорожного хозяйства;
- разработка экспресс-методов и приборов для контроля качества дорожных материалов и дорожно-мостовых работ;
- разработка основ концепции управления качеством в дорожной отрасли.

#### 11. Повышение экологической безопасности дорожного хозяйства

Приоритетный характер имеют научные исследования следующих направлений:

- разработка методов, позволяющих с достаточной степенью надежности оценить состояние окружающей среды на придорожных территориях с учетом интенсивности, состава и условий движения, транспортно-эксплуатационных качеств автомобильных дорог общего пользования, средств защиты и других местных факторов;
- разработка методов оценки и прогнозирования экономического ущерба от экологических воздействий на этапах строительства и эксплуатации автомобильных дорог общего пользования;
- разработка методов сокращения выбросов АБЗ и других дорожных предприятий с учетом технологических и природных особенностей;
- создание и применение экологически безопасных противогололедных материалов и технологий.



- разработка системы мониторинга экологического состояния автомобильных дорог общего пользования;
- разработка концепции управления природоохранной деятельностью в дорожном хозяйстве;
- разработка и реализация региональных программ повышения экологической безопасности автомобильных дорог общего пользования
- разработка программы мероприятий дорожного хозяйства в рамках Конвенции снижения эмиссии метана и парниковых газов, разработка предложений по созданию системы экспертизы и базы данных реализации квот и внедрения технологий экологической безопасности.

#### 12. Создание системы практической реализации научно-технической продукции

Это направление предусматривает создание условий для широкого использования научно-технических достижений в практике дорожных организаций с целью обеспечения функционирования науки, техники и производства как единой системы, связи между научными исследованиями и их практической реализацией. В состав направления входят:

- создание организационной, нормативно-правовой и методической основы функционирования механизма практической реализации достижений науки в дорожном хозяйстве;
- совершенствование и развитие отраслевой интегрированной информационной системы в дорожном хозяйстве, включающей телекоммуникационные компоненты, системы связи, геоинформационные технологии, информационные банки данных по дорожным технологиям;
- разработка системы закупок и распределения материалов и дорожно-строительной техники в дорожном хозяйстве, создающей оптимальные условия для планирования внедрения современных, перспективных дорожных технологий;
- создание эффективного механизма научного (научно-технического сопровождения) внедрения инноваций при проектировании, строительстве, реконструкции, ремонте и содержании автомобильных дорог и сооружений на них;
- разработка мероприятий по внедрению отечественной высокотехнологичной дорожной техники через систему лизинга;
- разработка и утверждение рекомендаций по научному (научно-техническому) сопровождению внедрения инноваций при проектировании, строительстве, реконструкции, ремонте и содержании автомобильных дорог и сооружений на них.

#### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Решение перечисленных актуальных задач дорожной науки позволит перейти на инновационный путь развития отечественного дорожного хозяйства — поиска и накопления теоретических знаний в различных смежных областях науки и техники, практического использования этих знаний для разработки новых высокоэффективных материалов, технологий, приборов, техники и оборудования, обеспечить повышение срока службы дорог и искусственных сооружений, создание эффективной системы управления научным комплексом дорожного хозяйства, качеством дорожных работ и услуг, сократить стоимость дорожных работ на основе развития и совершенствования научных исследований и техники, инновационной деятельности, технического регулирования [6–8].

#### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Аржанухина С.П., Сухов А.А., Кочетков А.В., Карпеев С.В. Состояние нормативного обеспечения инновационной деятельности дорожного хозяйства // Качество. Инновации. Образование. 2010. №9. – С. 40–44.

2. Карпеев С.В., Сухов А.А., Аржанухина С.П., Кокодеева Н.Е. Методика оценки экономической эффективности деятельности органов управлений дорожным хозяйством по освоению новых технологий, техники и материалов // Строительные материалы. 2010. № 5. — С. 4–7.

3. Аржанухина С.П., Сухов А.А., Кочетков А.В. Нормативно-методическое обеспечение развития инновационной деятельности в дорожном хозяйстве // Инновации. 2011. №7. — С. 90–93.

4. Сухов А.А., Кочетков А.В., Янковский Л.В. Организационно-экономический механизм инновационной деятельности дорожного хозяйства // Инновационный Вестник Рegin. 2012. №4. — С. 40–45.

5. Кочетков А.В., Сухов А.А., Карпеев С.В., Аржанухина С.П. Освоение инноваций в дорожном хозяйстве // Инновационная деятельность. 2010, №2. — С. 12–17.

6. Кочетков А.В., Сухов А.А., Чванов А.В. Формирование научно-инновационной политики дорожного хозяйства // Инновационная деятельность. 2010. №3. — С. 41–46.

7. Кочетков А.В. Совершенствование направлений научного обеспечения инновационной деятельности дорожного хозяйства // Корпоративное управление и инновационное развитие экономики Севера. Вестник Научно-исследовательского центра корпоративного права, управления и венчурного инвестирования Сыктывкарского государственного университета. — 2012. №4. Режим доступа: <http://koet.syktu.ru/vestnik/2012/2012-4/2012-4.html>.

8. Кочетков А.В. Анализ современного состояния и проблем развития инновационной деятельности в дорожном хозяйстве // Корпоративное управление и инновационное развитие экономики Севера. Вестник Научно-исследовательского центра корпоративного права, управления и венчурного инвестирования Сыктывкарского государственного университета. 2012. №3. Режим доступа: <http://koet.syktu.ru/vestnik/2012/2012-3/4/4.html>.

**СЕКЦИЯ  
«СТРОИТЕЛЬСТВО И СТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»**

*Т.К. Акчурина<sup>(1)</sup>, Р.М. Поникаровских<sup>(1)</sup>*

**ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ МЕСТНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ  
МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ АКТИВИРОВАННЫХ ОТХОДОВ  
СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет<sup>(1)</sup>

Важным минерально-сырьевым ресурсом, позволяющим значительно расширить сырьевую базу производства местных строительных материалов, являются сталеплавильные шлаки, основными препятствиями, на пути эффективного использования которых являются непостоянство химического и минералогического состава, нестабильность формирующейся структуры и, как следствие, нестабильность свойств получаемой на их основе продукции.

Сталеплавильные шлаки в зависимости от производства делятся на два вида: первичные (доменные, ферросплавные) и вторичные (ваграночные, сталеплавильные и электросталеплавильные).

Состав металлургических шлаков представлен кристаллической и стекловидной фазами. Медленное охлаждение шлаков приводит к преобладанию в их составе кристаллической фазой. Гранулированные (быстроохлажденные) шлаки могут содержать до 80 % стекловидной фазы, обладающей избыточной потенциальной энергией, что в значительной мере определяет химическую активность шлаков.

Из всех видов металлургических шлаков наиболее широко применяются в производстве строительных материалов доменные шлаки, что обусловлено их ведущим положением в общем балансе металлургических шлаков, близостью их состава к составу цемента, способностью при быстром охлаждении приобретать гидравлические свойства.

Доменные гранулированные шлаки используются в качестве активных добавок для производства портландцемента и шлакопортландцемента, для шлакощелочных, известково-шлаковых вяжущих автоклавного твердения и в качестве заполнителей в бетонах.

При нарастающем дефиците доменных шлаков вопрос утилизации сталеплавильных шлаков приобретает весьма существенное значение.

В настоящее время перерабатывают 25% сталеплавильных шлаков, а 75% — находятся в отвалах и захоронениях.

Основными направлениями использования шлаков сталеплавильного производства являются: строительная индустрия, дорожное строительство, железнодорожное строительство, сельское хозяйство, использование мелких фракций шлака в качестве адсорбентов, вторичная переработка в доменных печах с целью извлечения дополнительного количества металла, получение шлаков доменного производства и применение для закладочных смесей горных выработок.

В строительной индустрии сталеплавильные шлаки используют: при производстве цемента, силикатных бетонов, в качестве компонента при производстве авто-

клавного вяжущего, стеновых блоков, заполнителя и наполнителя, композиционного вяжущего; в дорожном строительстве: в виде песчано-щебеночной смеси под основания автомобильных дорог и составляющих асфальтобетонных покрытий, конструктивного слоя оснований автомобильных дорог, в составе минеральных порошков асфальтобетона.

Наименее изученным и рекомендованным к применению остается шлак электросталеплавильного производства, в том числе и электросталеплавильный шлак ЗАО ВМК «Красный Октябрь» (г. Волгоград).

Известно, что некоторые электросталеплавильные шлаки можно использовать как гидравлическую добавку в производстве портландцемента, малоклинкерного и бесклинкерного вяжущего при выборе рациональных способов активации [1–3]. Наиболее эффективной может оказаться комплексная активация, включающая в себя одновременное использование химической и механической активаций.

Проведенные исследования подтвердили, что вяжущие на основе электросталеплавильного шлака ЗАО ВМК «Красный Октябрь» склонно к длительному набору прочности и твердение смеси продолжается и после 28 суток (табл. 1). Это может быть объяснено тем, что двухкальциевый силикат твердеет более медленно, чем трехкальциевый, преобладающий в портландцементе. Длительное нарастание прочности шлака в целом может быть обусловлено тем, что в его составе более высокое (по сравнению с портландцементом) относительное содержание кремнезема, который обеспечивает нарастание прочности в отдаленные сроки, и меньшее глинозема, обеспечивающего твердение на ранних этапах.

Таблица 1

Прочность образцов при неактивированном твердении

Прочность образцов (МПа) в возрасте											
1 сут.				14 сут.				28 сут.			
При В/Т отношении											
0,3		0,4		0,3		0,4		0,3		0,4	
При относительной влажности воздуха, %											
60	90	60	90	60	90	60	90	60	90	60	90
0,07	0,11	0,07	0,10	0,39	1,10	0,38	0,92	1,69	1,98	1,52	1,83

Результаты проведенных исследований показали, что с увеличением удельной поверхности шлаков прочность вяжущего возрастает, однако увеличение удельной поверхности шлака без дополнительной активации является не целесообразным, т.к. не позволяет получить достаточную прочность (табл. 1).

Таблица 2

Влияние удельной поверхности шлака на прочность вяжущего

Удельная поверхность шлака, м <sup>2</sup> /кг									
180	200	250	300	350	400	450	500	600	750
—	—	—	2,51	2,48	3,33	—	5,8	6,1	6,6

Среди активаторов твердения шлаков значительное распространение получил портландцемент.

С целью определения возможности возбуждения вяжущих свойств шлака приготавливали смеси с различным процентным содержанием портландцемента.

Составы образцов и результаты испытаний в возрасте 28 суток приведены в табл. 3.

Таблица 3

Прочность образцов, испытанных по ГОСТ 310.4-81\*

Прочность $R_{сж}$ , МПа при количестве портландцемента, масс.%								
5	10	15	20	25	30	35	40	50
1,9	2,2	2,4	2,6	2,9	2,92	3,12	3,16	3,6

На основании полученных данных можно сделать следующий вывод: прочность растет с увеличением содержания портландцемента в смеси. Однако оптимальная, как с экономической, так и технологической точки зрения, активность проявляется при содержании 30% портландцемента.

Результаты попыток активизировать вяжущие свойства шлака с помощью одно-временного химического (портландцементом) и механического (прессованием) воздействий приведены в табл. 4.

Таблица 4

Прочность прессованных образцов

Состав смеси, %	Прочность при давлении в возрасте 28 суток, МПа			
	15	20	25	30
Шлак-70, ПЦ-30	9,2	9,35	10,12	11,6

Как следует из табл. 4 шлак, активированный портландцементом и дополнительно подвергнутый механическому воздействию прессованием, позволяет получить малоклинкерное вяжущее, обладающее приемлемыми прочностными характеристиками.

Результаты исследований возможности щелочной активация шлаков (табл. 5) подтвердили возможность получения вяжущего с гарантированной прочностью не ниже 10 МПа.

Таблица 5

Прочность шлакощелочных вяжущих

Вид активизатора	Плотность затворителя, г/см <sup>3</sup>	Прочность образцов, МПа				Прессованных образцов
		Пропаренных		Естественного твердения		
		после ТВО	через 28 сут	через 14 сут	через 28 сут	
Едкий натрий	1,2	5,3	6,4	4,5	5,9	10,10
Жидкое стекло	1,38	6,1	8,6	5,7	8,2	15,4
Жидкое стекло с добавкой	1,38	—	—	—	—	30,9

Принимая во внимание все возрастающий дефицит нерудных строительных материалов и обостряющиеся проблемы охраны окружающей среды, крупнотоннажные отходы черной металлургии, в том числе и электросталеплавильные шлаки ЗАО ВМК «Красный Октябрь», необходимо рассматривать в качестве долговременного источника сырья для создания нового поколения композиционных, тонкомолотых,

малоцементных или бесцементных вяжущих, безобжиговых плотных или пористых заполнителей, отходоёмких тяжелых или легких бетонов преимущественно безавтоматического твердения.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Акчурин Т.К., Потапова О.К., Стефаненко И.В. Использование сырьевых ресурсов Волгоградской области в технологии строительных материалов // Волгоград: ВолгГАСА, 1999. — 231 с.

2. Акчурин Т.К., Потапова О.К. Использование техногенных отходов при производстве бесклинкерных бетонов // Тезисы докладов международной научно-практической конференции : Комплексные проблемы строительной экологии и охраны окружающей Среды. — Кемер, Турция, 1996. — С. 33.

3. Рояк С.М., Пьячев А.В., Школьник Я.Ш. Структура доменных шлаков и их активность // Цемент. 1978. №8. — С. 4–5.

*Л.А. Алимова<sup>(1)</sup>, Т.К. Акчурин<sup>(1)</sup>, О.Ю. Пушкарская<sup>(2)</sup>*

#### **КРЕМНЕЗЕМИСТАЯ ДОБАВКА НА ОСНОВЕ ШЛАКА ПРОИЗВОДСТВА ФЕРРОСПЛАВОВ**

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет<sup>(1)</sup>  
Волжский институт строительства и технологий (филиал Волгоградского  
государственного архитектурно-строительного университета)<sup>(2)</sup>

Многокомпонентные бетоны нового поколения и высокоактивные цементы, полученные путем модифицирования суперпластификатором в сочетании с дисперсными микрозаполнителями, посредством новых технологий, позволяют производить бетонные и цементные композиции с прочностью, превышающую в несколько раз среднюю прочность обычных бетонов и цементных материалов. В современном строительном производстве бетон и железобетон являются основными конструкционными материалами, уровень производства которых постоянно растёт. Многофункциональность бетонов с высоким уровнем долговечности на рядовых цементах и заполнителях стала возможна благодаря широкому внедрению новых технологий, эффективных модификаторов и добавок комплексного полифункционального действия. Широкое распространение получили комплексные добавки на основе суперпластификатора С-3 в сочетании с минеральными микрозаполнителями, в том числе, и техногенной природы.

Огромное научное и прикладное значение имеют исследования, касающиеся механизмов действия микрозаполнителей на формирование микро- и макроструктуры цементного камня. В настоящее время наиболее распространёнными минеральными добавками, используемыми в технологии высокопрочных бетонов, являются микрокремнезём и зола-унос, механизмы действия которых, сложны и до конца не исследованы. В сложной и многокомпонентной гидратирующейся цементной системе, находящейся в постоянном развитии, слишком велико количество факторов, влияющих на характер и кинетику протекания химических и кристаллизационных процессов. Но объёмы производства микрокремнезёма, являющегося сегодня вторичным сырьём, не удовлетворяют возрастающей потребности в нём строительной отрасли. Применение дисперсных и ультрадисперсных минеральных наполнителей со структурными особенностями близкими к цементным минералам является целесообразным не только вследствие проявления многими из них химической ак-

тивности, но и вследствие возможности встраивания их молекул в структуры кристаллогидратных фаз в процессе гидратации [1–2].

В этой связи научно-практический интерес представляют шлаки производства ферросплавов ЗАО Камышинского литейно-ферросплавного завода (ЗАО КЛФЗ). Исследование химического состава шлака производства ферросплавов ЗАО Камышинский литейно-ферросплавный завод (КЛФЗ) проведено рентгеноспектральным анализом на спектрометре S4 PIONTEER. Химический состав шлака представлен оксидами кремния ( $\text{SiO}_2$  – 65,6%), алюминия ( $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 10,9%), кальция ( $\text{CaO}$  – 9,0%), магния ( $\text{MgO}$  – 1,7%), общее содержание железа составило ( $\text{Fe}_{\text{общее}}$ ) 9,5–5%, доля оксида марганца и молибден по 0,5%. Минералогический состав шлаков полностью зависит от условий производства и охлаждения расплава. При медленном охлаждении сначала выделяются сульфиды кальция и марганца. В дальнейшем ход кристаллизации расплава определяется химическим составом, исходной температурой и скоростью охлаждения. При равновесной кристаллизации конечными продуктами будут следующие фазы: ортосиликат кальция, ранкинит ( $\text{C}_3\text{S}_2$ ), псевдоволластонит (CS), геленит ( $\text{C}_2\text{AS}$ ), анортит ( $\text{CAS}_2$ ) и тридимит. На практике равновесные условия не достигаются даже при медленном охлаждении. При резком охлаждении в шлаке содержится преимущественно стекловидная фаза. Но и тогда в шлаках содержится определенное количество кристаллической фазы, которая представлена дендритными или точечными выделениями ольдгамита –  $\text{CaS}$  [1–2]. Последнее относится и к шлаку КЛФЗ.

Шлак производства ферросплавов (ШПФ) измельчался на лабораторной конусно-инерционной дробилке. Удельная поверхность измельченного материала определялась на приборе для измерения удельной поверхности дисперсных материалов ИУП-1 в соответствии с руководством по эксплуатации. В результате чего получен продукт микронаполнителя ШПФ с удельной поверхностью около  $4500 \text{ см}^2/\text{гр}$ . Высокая удельная поверхность полученного продукта в сочетании с аморфной структурой частиц  $\text{SiO}_2$  и примесных оксидов алюминия, кальция, магния обеспечат ШПФ реакционную способность и структурообразующую значимость в составах цементного вяжущего. Снижение водопоотребности бетонной композиции достигается введением химических пластификаторов. Использовался суперпластификатор С-3. Дозирование ШПФ в составах композиций осуществляли из соображений участия кремнезема в процессах связывания гидроксида кальция микрокремнеземом при гидратации цемента, чтобы сохранить часть новообразований гидроксида кальция в структуре цементного камня. Применение подобных микрокомпонентов является весьма перспективным, что обусловлено формированием устойчивой реологической матрицы цементных систем и улучшением технологических свойств растворных и бетонных смесей.

С целью установления зависимости изменения физико-механических характеристик бетона от количества микронаполнителя ШПФ и определения его оптимального содержания проведены экспериментальные исследования. Изготовлены образцы из смеси цемента и различного количества добавки ШПФ, которые после 7 суточного твердения при нормальных условиях были испытаны.

Установлено, что характер изменения прочности цемента с ШПФ связан со способностью добавки работать как микронаполнитель. При малых дозировках ШПФ её частицы, распределенные в тесте как микронаполнитель, увеличивая однородность и прочность цементного камня. При максимальном содержании добавки в системе «цемент + ШПФ» прочность композиции повышается в среднем на 30% (рис. 1–2). В этом случае частицы ШПФ расцениваются уже как элементы структуры цементного камня. Дальнейшее увеличение дисперсного материала ШПФ, считаем нецелесообразным, так как это может привести к разбавлению цемента добавкой и нарушению непосредственных контактов между частицами цемента, что приведет к снижению

прочности [3–4]. Тенденция роста плотности образцов (рис. 3), начиная с дозировки ШПФ 10%, стабилизируется, общее увеличения плотности составило 17% в сравнении с контрольным образцом.

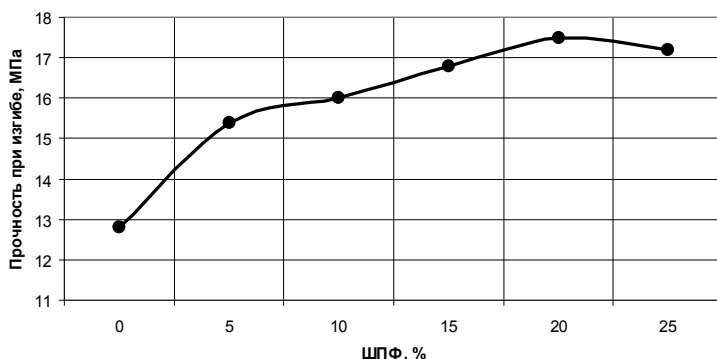


Рис. 1. Изменение прочности при изгибе в зависимости от содержания ШПФ

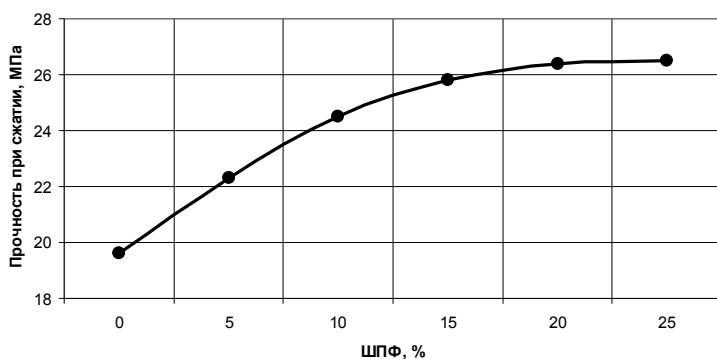


Рис. 2. Изменение прочности при сжатии в зависимости от содержания ШПФ

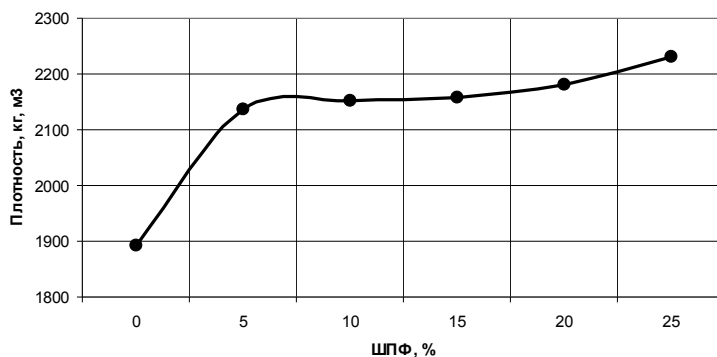


Рис. 3. Изменение плотности в зависимости от содержания ШПФ

Применение в технологии бетонов тонкодисперсных минеральных добавок шлака производства ферросплавов, сочетающих в себе высокую реологическую и химическую активность, открывает широкие возможности улучшения технологических свойств бетонных смесей и направленного воздействия на формирование структуры цементных материалов с целью получения высокопрочных бетонов с высокими показателями физико-механических свойств и долговечности.



## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Ольгинский А.Г., Бершадекий Ф.Г.* Значение микро заполнителя в формировании структуры и свойств бетона // Управляемая структура образования в производстве строительных материалов : сборник трудов. – Киев: Будивельник, 1998. — С. 76–80.
2. *Дворкин Л.И., Дворкин О.Л.* Строительные материалы из отходов промышленности. – Ростов н/Д: Феникс, 2007. — 368 с.
3. *Алимова Л.А., Пушкарская О.Ю., Губанова Л.Н., Акчурин Т.К.* Отходы ферросплавного производства — добавки высоконаполненных цементных бетонов // Надежность и долговечность строительных материалов, конструкций и оснований фундаментов : материалы VI Международ. науч.-техн. конф., Волгоград Изд-во ВолгГАСУ, 2011. — С. 137–141.
4. *Алимова Л.А., Пушкарская О.Ю., Губанова Л.Н., Акчурин Т.К.* Особенности формирования структуры цементных бетонов наполненных шлаковыми отходами металлургических производств // Вестник МГСУ. 2012. №11. — С. 152–158.

*Т.К. Барабанщикова<sup>(1)</sup>*

### **АНАЛИЗ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕТОНА НА ОСНОВЕ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ**

Волжский институт строительства и технологий (филиал Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета)<sup>(1)</sup>

Подсчитано, что на производство промышленной продукции расходуется всего 1/3 потребляемых сырьевых ресурсов, а 2/3 утрачивается в виде побочных продуктов и отходов. При отсутствии в городах индустрии их переработки, необходимо наведение элементарного порядка в хранении, перемещении и использовании сырья и энергии, а также стимулировании создания новой ресурсосберегающей техники и технологии.

Актуальность проблемы рационального материалопотребления обостряется вследствие ограниченности или исчерпанности некоторых сырьевых ресурсов. Возникает необходимость их пополнения за счёт отходов производства. Рациональное использование сырья включает два направления: комплексное использование сырья путём разработки замкнутых технологических схем с полным использованием всех продуктов на основе современных достижений науки и техники; использование отходов промышленности [5].

Природное сырьё дорогостоящее, так как требуются большие затраты на его разработку, транспортировку и доработку для приведения в соответствие с требованиями ГОСТа. Поэтому в настоящее время всё актуальнее использование в керамическом производстве промышленных отходов, которые в ряде случаев представляют собой готовое сырьё. Введение вторичного сырья в состав масс для получения керамики делает производство ресурсосберегающим, менее дорогостоящим и в определённой степени способствует решению экологических проблем окружающей среды. Характерной особенностью большей части вторичного сырья во всех регионах России являются значительные колебания химического и минералогического составов. Недостаточная изученность, как самого сырья, так и его поведения в массах при термической обработке ограничивает широкое применение вторичного сырья в производстве керамических и огнеупорных материалов. Поэтому необходимы теоретические и экспериментальные исследования сырья с целью определения возможности его использования в различных технологиях [1].

Целью исследовательской работы является анализ физико-химических характеристик отходов машиностроительной отрасли и оценка возможности использования их как вторичного сырья для огнеупорной и керамической промышленности.

Бетон относится к материалам, без которого не обходится современное строительство. Каждый год производится более 2 млрд. м<sup>3</sup> бетона на земном шаре. Только бетон - продукт производственной деятельности изготавливается в таких объемах.

Комиссия экспертов Европейского союза в докладе о перспективах развития строительства в Европе до 2025 года разработала критерии, которым должны отвечать наиболее прогрессивные строительные материалы. К основным критериям относятся: минимальное изъятие природных ресурсов при производстве строительных материалов и максимальное использование попутных продуктов (отходов) других отраслей; высокая прочность и долговечность; сочетаемость с другими видами материалов; перерабатываемость для строительных или иных нужд; экономичность; высокая эстетичность и архитектурные качества; экологичность и безопасность при производстве и эксплуатации.

Всем этим требованиям в наибольшей степени удовлетворяет бетон.

Следует указать на соответствующие положительные качества бетона как строительного материала: огромные, неисчерпаемые запасы исходного сырья для изготовления вяжущих и заполнителей; широкое использование техногенных отходов в качестве сырья для бетонов; влияния на плотность бетона за счет применения плотных или пористых природных и искусственных заполнителей; сравнительная простота технологического процесса изготовления железобетонных конструкций, а также его низкая энергоемкость; влияние на строительные-технические свойства бетона путем применения различных модификаторов; технологическая и конструктивная совместимость со многими другими материалами.

Анализ состояния и основных направлений по совершенствованию производства строительных материалов указывает на преимущество развития технологий строительных бетонов со специфическими свойствами. Это достигается введением в бетон наполнителей с различными функциональными свойствами: тугоплавких и металлических наполнителей [6].

Механизм действия добавок из материалов мелких фракций карбида кремния, металлической дроби рассматривается нами на этапе становления структуры цементного камня в бетоне и приводит к изменению и улучшению физико-механических показателей.

Физико-механические свойства получаемых материалов в большой степени зависят от вида адгезионного взаимодействия матрицы и заполнителя.

Минеральные заполнители, наполнители и порошки обладают довольно высокой поверхностной энергией: от гипса- $3,9 \cdot 10^6$  Дж до карбида кремния- $173,0 \cdot 10^6$  Дж [4].

Большую роль в смачивании зерен минеральных заполнителей, играет степень шероховатости зерен, характер поверхности, наличие углублений и выступов.

Одним из направлений создания композиционных материалов является совмещение неметаллической матрицы с металлическим заполнителем [2, 3]. Композиционные материалы, сочетающие металлический заполнитель и твердые прочные неметаллические армирующие компоненты, обладают совокупностью физико-механических и эксплуатационных свойств, так как, с одной стороны, металлический заполнитель позволяет изделию работать в условиях растягивающих и изгибающих напряжений, ударных нагрузок, повышенных температур, а с другой стороны, жесткий неметаллический каркас обеспечивает высокую прочность при сжатии.

Таким образом, неметаллическая матрица дополняет металлический заполнитель и получаемый композит превосходит по физико-механическим показателям исходные свойства заполнителя и матрицы. Удешевление композиционных матери-

алов, по сравнению с металлическими изделиями обеспечивается за счет замены части металла менее дорогим неметаллическим компонентом.

Структурные изменения, происходящие в получаемых массах в присутствии тугоплавких и металлических заполнителей в процессе модификации при получении композита строительного назначения, отражаются на структуре и свойствах получаемого материала.

С учетом полученных данных гранулометрического, микроскопического, химического анализов материалов были разработаны составы бетона.

Количество заполнителя, вводимого в состав традиционного бетона представлено в табл. 1.

Таблица 1

Заполнители композитов строительного назначения

Наименование заполнителя	№ состава					
	1 традиц	2	3	4	5	6
	Содержание заполнителей, %					
Карбид кремния черный	—	—	—	38	18	10
Карбид кремния зеленый	—	—	—	—	20	10
Дробь металлическая	—	5	10	20	10	10

По разработанным составам бетона были изготовлены серии образцов-кубиков. Значение показателя плотности бетонного композита увеличилось в среднем на 11% от 1 до 6 состава (табл. 2).

Таблица 2

Результаты определения физико-механических показателей строительного композита

Физико-механические показатели	состав №1	состав №3	состав №6	Изменение физ.-мех. показателей
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,77	2,07	2,2	Увеличение на 11%
Пористость, %	21,4	13,7	14,3	Снижение на 47%
Предел прочности при сжатии, МПа	20,6	18,9	27,2	Увеличение на 27,6%
Водопоглощение, %	13,0	6,6	7,1	Снижение на 40%

По результатам исследования влияния материалов карбида кремния на показатель пористости видно, что наблюдается тенденция снижения пористости от величины 21,4% до 12,1%. Средняя величина пористости по составам 4 – 6 составила 13,4%, что составляет 47% снижения показателя.

Исследование влияния продуктов взаимодействия поверхностных примесей карбида кремния и компонентов связки проведены посредством испытаний образцов-кубиков на предел прочности при сжатии и термическую стойкость. Теоретическое обоснование и физико-химическая модель формирования карбидокремниевой композиции подтвердились увеличением данных показателей.

От первого до шестого состава видна тенденция увеличения показателя предела прочности при сжатии от 20,6 МПа до 27,2 МПа, термическая стойкость увеличилась в 7 раз.

Анализ влияния введения наполнителей на физико-механические показатели виден из сравнения результатов испытаний на водопоглощение составов 1, 2–6. Величина показателя водопоглощения снизилась в 2 раза от 1 состава к 6.

По результатам проведенных испытаний состава 3 и 6 в сравнении с 1 составом (табл. 3), было предложено взять за основу температурно-влажностный режим набора прочности бетона плотной структуры на портландцементе. Основной набор прочности идет в первые 7 суток твердения строительного композита.

Таблица 3

## Физико-механические показатели бетона в процессе твердения

Физико-механические показатели	Режим твердения бетона, состав 6			
	7 суток	28 суток	7 суток	28 суток
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,91	1,96	1,98	1,97
Пористость, %	21,6	20,1	18,4	21,0
Предел прочности при сжатии, МПа	26,5	26,5	28,7	25,9
Водопоглощение, %	11,4	10,3	9,345	10,6
Размер образцов – кубиков	70×70×70 мм		100×100×100 мм	

Таким образом, выполненные исследования показали эффективность введения в состав бетона заполнителя из материалов карбида кремния и металлической дроби на свойства бетона и позволили определить оптимальное их соотношение.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Барабанщикова Т.К. и др.* Исследование возможности использования вторичного сырья в составе строительных композитов // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2007. №1(23). Вып. 1. — С. 89–92.
2. *Барабанщикова Т.К.* Оптимизация состава бетона с использованием заполнителей на основе отходов предприятий Волгоградской области : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Т. К. Барабанщикова. – Волгоград, 2007. — 18 с.
3. *Барабанщикова Т.К. и др.* Оценка физико-механических показателей бетона на основе техногенных отходов // Естественные и технические науки. – М., 2014. - №3(71). — С. 193–196.
4. *Грушко И.М., Дегтярева Э.В.* Влияние комплексных добавок на прочность бетона // Строительные материалы и конструкции. 1985. №3. – С. 33–35.
5. *Павлов В.Ф.* Способ вовлечения в производство строительных материалов промышленных отходов // Строительные материалы. 2003. №8. – С. 28–30.
6. *Юдина Л.В., Юдин А.В.* Металлургические и топливные шлаки в строительстве. – М.: Удмурт. АСВ, 1995. — 160 с.

А.Н. Богомолов<sup>(1,2)</sup>, О.А. Богомолова<sup>(1)</sup>, А.Н. Ушаков<sup>(1)</sup>

## ОБ УСТОЙЧИВОСТИ ПОДЗЕМНЫХ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет<sup>(1)</sup>  
Пермский национальный исследовательский политехнический университет<sup>(2)</sup>

*В работе приведены результаты исследования по определению технологичных контуров горизонтальных подземных выработок и предельной безопасной глубины их заложения. Критерием определения предельной глубины может служить условие отсутствия на контуре выработки точек, в которых тангенциальное нормальное напряжение превосходит пределы прочности вмещающей породы при растяжении и сжатии. Результаты решения задачи проиллюстрированы примерами.*

*Ключевые слова: отображающая функция, горизонтальная выработка, предельная глубина заложения, коэффициент запаса устойчивости.*

Интенсивное освоение подземного пространства, связанное с подземным строительством и добычей полезных ископаемых, стимулирует проведение исследований, направленных на определение рациональных геометрических параметров выработок с целью минимизации затрат на их укрепление и дальнейшую эксплуатацию.

При этом одним из критериев оценки степени рациональности этих параметров может служить величина максимальной глубины заложения выработки, при которой не требуется проведения специальных работ по ее закреплению.

Проф. В.К. Цветков предположил, что необходимости проводить укрепление ствола выработки не возникает, если ее контур свободен от тангенциальных нормальных напряжений  $\sigma_\theta$ , т.е. в каждой его точке выполняется условие

$$\sigma_\theta = 0, \quad (1)$$

Применяя методы теории функций комплексного переменного [1], он решил задачу о нахождении формы контура подземной выработки свободной от напряжений  $\sigma_\theta$ , [2], используя при этом отображающую функцию

$$z = \omega(\zeta) = i(A\zeta^{-1} + B\zeta + C\zeta^2 + D\zeta^3), \quad (2)$$

где  $A, B, C, D$  — действительные коэффициенты, осуществляющую конформное отображение внутренности единичного круга  $|\zeta| < 1$  на внешность бесконечной односвязной области, границей которой является простая замкнутая кривая.

В результате установлено, что каждому, из встречающихся в природе значений коэффициента бокового распора  $\mu$ , соответствует особое, только ему присущее очертание контура выработки, свободного от напряжения  $\sigma_\theta$  (см. рис. 1).

Проходка выработок таких экзотических сечений, что изображены на рис. 1, является весьма сложным делом, поэтому, используя ту же отображающую функцию, решим задачу о построении контуров сечений горных выработок более простой и «технологичной» конфигурации.

Сформулируем постановку задачи следующим образом: построить горную выработку заданной высоты и формы сечения и определить предельную глубину заложения выработки так, чтобы на ее контуре отсутствовали точки, в которых тангенци-

альное нормальное напряжение превосходит пределы прочности вмещающей породы при растяжении и сжатии, т.е.

$$R_c \leq \sigma_\theta \leq R_{\text{рас}} \quad (3)$$

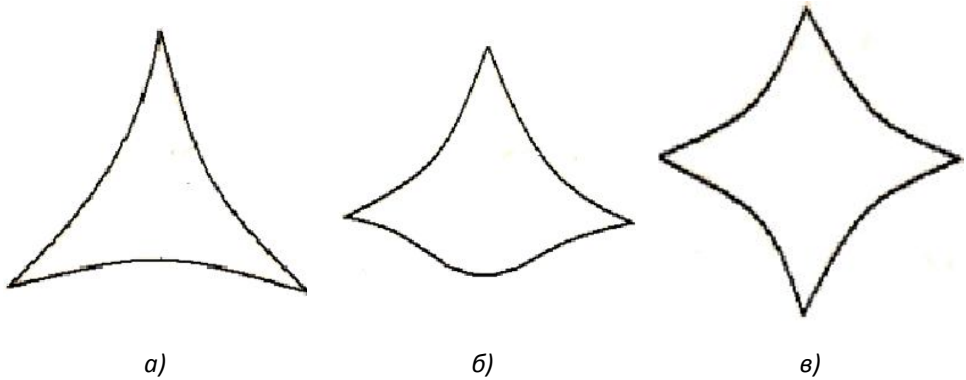


Рис. 1. Очертания подземных выработок со «свободными» от напряжений контурами при значениях коэффициента бокового распора  $\mu = 1$  (а);  $\mu = 0,5$  (б) и  $\mu = 0,2$  (в)

Решению обратных задач теории упругости посвящены исследования Баничука Н.В., Бондаря В.Д., Вигдергауза С.Б., Капанадзе Г.А., Черепанова Г.П. и других ученых. В работах Мирсалимова В.М. [3], Стажевского С.Б. [4], Цветкова В.К. [5] рассматриваются задачи, связанные с выбором оптимальных форм поперечных сечений подземных горных выработок.

Перейдем к решению поставленной задачи.

Положим  $\zeta = e^{i\theta} = \cos\theta + i\sin\theta$ . Отделяя действительные и мнимые части в (2), получим параметрические уравнения контуров отверстий в виде

$$\begin{cases} x(\theta) = (A - B)\sin\theta - C\sin 2\theta - D\sin 3\theta, \\ y(\theta) = (A + B)\cos\theta + C\cos 2\theta + D\cos 3\theta. \end{cases} \quad (4)$$

где  $0 \leq \theta \leq 2\pi$ .

1. Ясно, что при произвольных действительных значениях коэффициентов  $A, B, C, D$  отображающей функции (2) контуры, являющиеся образами единичной окружности  $|\zeta| = 1$ , могут иметь как точки самопересечения, так и точки возврата, а отображение, осуществляемое функцией (2), может не являться конформным. Следовательно, необходимо выяснить условия, исключающие наличие особых точек и нарушение конформности отображения.

Проведем исследование кривых (4) на регулярность.

Функции  $x(\theta)$  и  $y(\theta)$  определены для всех значений параметра  $\theta$  и дифференцируемы во всех точках. Для нахождения особых точек кривой необходимо найти те значения параметра  $\theta$ , при которых выполняются условия [6]

$$\begin{cases} x'_\theta = 0, \\ y'_\theta = 0. \end{cases} \quad (5)$$

Дифференцируя (4), и, преобразовывая полученные выражения для производных, перепишем условия (5) в виде

$$\begin{cases} 12D\cos^3\theta + 4C\cos^2\theta - (A - B + 9D)\cos\theta - 2C = 0, \\ \sin\theta(12D\cos^2\theta + 4C\cos\theta + A + B - 3D) = 0. \end{cases} \quad (6)$$

Теперь предположим, что кривые, описываемые уравнениями (4) имеют точки самопересечения. Так как  $x(-\theta) = -x(\theta), y(-\theta) = y(\theta)$ , то все кривые, описываемые параметрическими уравнениями (4), симметричны относительно оси  $OY$ , то точки самопересечения могут находиться как на самой оси ординат, так и вне ее, причем они будут симметричными относительно оси  $OY$ . Условия самопересечения, как известно [6], имеют вид

$$\begin{cases} x(\theta_1) = x(\theta_2), \\ y(\theta_1) = y(\theta_2). \end{cases} \quad (7)$$

где

$$\theta_1 \neq \theta_2, 0 < \theta_1 < 2\pi, 0 < \theta_2 < 2\pi, \quad (8)$$

причем для точек, находящихся на оси  $OY$  условия (7) упрощаются и принимают вид

$$\begin{cases} x(\theta) = 0, \\ y(\theta) = y_0, \end{cases} \quad (9)$$

где  $y_0$  — значения ординат при найденных из условия  $x(\theta) = 0$  значениях аргументов  $\theta$ .

Условия (7) для параметрических уравнений (4) принимают вид

$$\begin{cases} (A - B)\sin\theta_1 - C\sin 2\theta_1 - D\sin 3\theta_1 = (A - B)\sin\theta_2 - C\sin 2\theta_2 - D\sin 3\theta_2, \\ (A + B)\cos\theta_1 + C\cos 2\theta_1 + D\cos 3\theta_1 = (A + B)\cos\theta_2 + C\cos 2\theta_2 + D\cos 3\theta_2. \end{cases} \quad (10)$$

Положим

$$\frac{\theta_1 - \theta_2}{2} = a, \quad \frac{\theta_1 + \theta_2}{2} = b. \quad (11)$$

Тогда решение системы уравнений (10) при  $C \neq 0$  сводится к последовательному решению следующих трех уравнений

$$\begin{aligned} & \frac{256A^2D}{C^2}x^4 - \frac{64AD}{C^2}(7A + 2B)x^3 + \left( \frac{16D}{C^2}(2A + B)(8A + B) + 16A \right)x^2 - \\ & - 4 \left( 4A + B + D + \frac{3D}{C^2}(2A + B)^2 \right)x + 3(A + B + D) = 0, \end{aligned} \quad (12)$$

$$x = \cos^2 b, \quad (13)$$

$$\cos a = \frac{\cos b(2A \cos 2b - B)}{C}, \quad (14)$$

а при  $C = 0$  — к решению двух уравнений:

$$\cos 2b = \frac{B}{2A}, \quad (15)$$

$$\cos^2 a = \frac{(A-B)\cos b + D\cos 3b}{4D\cos 3b}. \quad (16)$$

Из соотношений (11) имеем

$$\theta_1 = b + a, \quad \theta_2 = b - a$$

и отбираем только те значения аргументов, которые удовлетворяют условиям (8). При этом аргументы точек пересечения, симметричных относительно оси ординат, находятся из следующих соотношений

$$\theta_3 = 2\pi - \theta_2, \quad \theta_4 = 2\pi - \theta_1.$$

Условие (9) сводится к простейшему уравнению второго порядка

$$4D\cos^2 \theta + 2C\cos \theta - (A - B + D) = 0, \quad (17)$$

решения которого, как и выше, отбираем из интервала  $0 < \theta < 2\pi$ .

Теперь перейдем к рассмотрению условия, обеспечивающего конформность отображающей функции (2). Заметим, что эта функция регулярна в единичном круге за исключением точки  $z_0 = 0$ , в которой она имеет полюс первого порядка. Для того, чтобы отображение (2) при  $A \neq 0$  было конформным в области  $|\zeta| < 1$ , необходимо и достаточно, чтобы ее производная в этой области была отлична от нуля. Это означает, что уравнение

$$3D\zeta^4 + 2C\zeta^2 + B\zeta - A = 0.$$

не должно иметь решений внутри единичного круга  $|\zeta| < 1$ .

Применяя теорему Руше [7], получим

$$|A| > |B| + 2|C| + 3|D|. \quad (18)$$

### Пример 1.

Рассмотрим отображающие функции вида

$$z = \omega(\zeta) = i(-\zeta^{-1} + 3,76\zeta + 2\zeta^2 + 0,24\zeta^3), \quad (19)$$

$$z = \omega(\zeta) = i(-8\zeta^{-1} - 3,5\zeta + 0,1\zeta^2 + 0,5\zeta^3). \quad (20)$$

Функция (19) отображает внутренность единичного круга  $|\zeta| < 1$  на плоскость с кардиоидальным вырезом, а функция (20) осуществляет отображение того же круга на плоскость с прямоугольным вырезом (рис. 2). Однако лишь вторая из приведенных функций осуществляет конформное отображение, поскольку для нее выполняется условие (18).

2. Рассмотрим уравнение контуров отверстий (4) и попытаемся определить их конфигурации в зависимости от значений действительных коэффициентов  $A, B, C, D$ .

Пусть  $D \neq 0$ . Положим



$$A = kD, \tag{21}$$

где  $k$  — действительное число.

Подставляя (21) в (18), получим неравенство  $|k| > 3$ , невыполнение которого приводит к нарушению конформности отображающей функции (2).

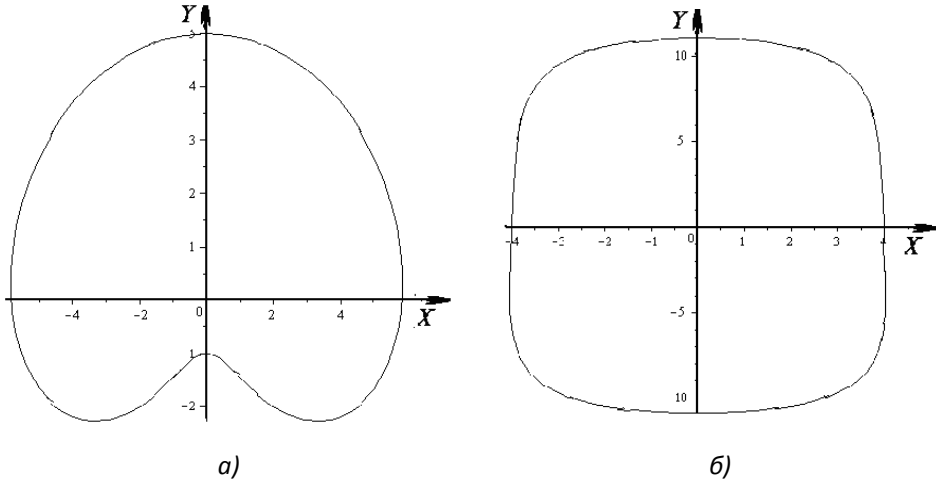


Рис. 2. Контуры кардиоидального (а) и прямоугольного (б) сечения

С учетом (4) запишем следующие соотношения:

1) при  $\theta = 0^\circ$ ,  $y = -\delta$ , т.е.

$$A + B + C + D = -\delta, \tag{22}$$

2)  $\theta = 180^\circ$ ,  $y = h - \delta$ , т.е.

$$-A - B + C - D = h - \delta, \tag{23}$$

где  $h$  — высота формы сечения подземной выработки,  $\delta \geq 0$  (рис. 3).

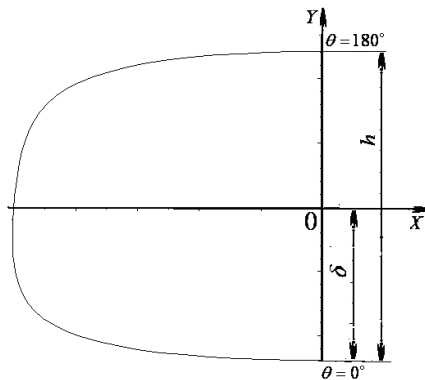


Рис. 3. Расчетная схема задачи

Аналогично

1') при  $\theta = 0^\circ$ ,  $y = h - \delta$ , т.е.

$$A + B + C + D = h - \delta; \quad (22')$$

2')  $\theta = 180^\circ$ ,  $y = -\delta$ , т.е.

$$-A - B + C - D = -\delta, \quad (23')$$

Сложением и вычитанием формул (22), (23) и (22'), (23') устанавливаем, что

$$C = \frac{h}{2} - \delta, \quad (24)$$

$$B = -\left(\frac{h}{2} + A + D\right) \quad (25)$$

и, соответственно,

$$B = \frac{h}{2} - A - D. \quad (25')$$

Пусть

$$A + B + C + D \leq 0. \quad (26)$$

Тогда, с учетом (21), (24) и (25), система уравнений (4), определяющая контур отверстия, примет вид

$$\begin{cases} x(\theta) = (h/2 + (2k + 1)D)\sin\theta - (h/2 - \delta)\sin 2\theta - D\sin 3\theta, \\ y(\theta) = -(h/2 + D)\cos\theta + (h/2 - \delta)\cos 2\theta + D\cos 3\theta. \end{cases} \quad (27)$$

Из (18), с учетом (26), имеем

$$A = kD < 0. \quad (28)$$

Из (27) следует, что ординаты точек контуров не зависят от параметра  $k$ , а минимально возможные значения абсцисс точек контуров при  $0 \leq \theta \leq \pi$  при заданных значениях  $k$  можно найти, приравняв нулю производную функции  $x = x(\theta)$ . Проводя вычисления, получим следующее уравнение

$$12Dt^3 + 2Ct^2 - (h/2 + 2(k + 5)D)t - C = 0. \quad (29)$$

при  $t = \cos\theta$ ,  $|t| \leq 1$ , где значения  $C$  определяются соотношением (24). Полученное в результате решения уравнения (29) значение аргумента  $\theta$ , при котором достигается минимальное значение необходимо подставить в первое из уравнений системы (27) и требуемое значение абсциссы будет получено.

Параметр  $\delta$ , входящий в соотношение (24), придает контурам трапецевидную форму, а при  $h/2 = \delta$ , т.е. при  $C = 0$ , контуры принимают форму прямоугольника с высотой  $h$  и шириной, значение которой можно получить, подставляя найденный из уравнения (29) при  $C = 0$  аргумент  $\theta$  в первое из уравнений (27). Прямые вычисле-

ния показывают, что в этом случае уравнение (29) дает значение  $\theta = \pi/2$ . Тогда искомое выражение для абсциссы получим в виде

$$x_{\min} = x(\pi/2) = h/2 + 2(k+1)D. \quad (30)$$

**Пример 2.**

Пусть  $h = 14, \delta = 6, D = 0,6$  Тогда, согласно (21), (24), (25) имеем

$$A = 0,6k; B = -(0,6k + 7,6); C = 1. \quad (31)$$

Подставляя полученные значения коэффициентов в (18), имеем неравенство

$$k < -9,5, \quad (32)$$

выполнение которого обеспечивает конформность отображающей функции (2).

В рамках данного примера для получения конкретных конфигураций контуров будем полагать  $k = -12$ . Тогда, с учетом (31), получим

$$A = -7,2, B = -0,4, C = 1,0, D = 0,6. \quad (33)$$

Подставляя (31) в (4) имеем

$$\begin{cases} x(\theta) = (1,2k + 7,6)\sin\theta - \sin 2\theta - 0,6\sin 3\theta, \\ y(\theta) = -7,6\cos\theta + \cos 2\theta + 0,6\cos 3\theta. \end{cases} \quad (34)$$

Проверим класс кривых (33) на регулярность.

Начнем с проверки наличия особых точек на контуре. Подставляя значения коэффициентов (31) во второе уравнение системы (6), получаем значения аргументов, удовлетворяющих равенствам  $\sin\theta = 0, \cos\theta = 0,898$ , подстановка которых в первое уравнение той же системы дает значения параметра  $k$ , лежащих за пределом интервала (32). Следовательно, ни при каких значениях параметра  $k$ , удовлетворяющих неравенству (32), система уравнений (6) решений не имеет и, значит, особых точек на контурах (34) нет.

Теперь проверим класс контуров (34) на наличие точек самопересечения. Прямые вычисления показывают, что ни при каких значениях параметра  $k$  уравнение (17) корней не имеет. Значит, точек самопересечения на оси  $OY$  контуры (34) не имеют.

Далее, подставим коэффициенты (31) в уравнение (12). После элементарных преобразований получим следующее уравнение

$$55,296k^2x^4 - 23,04k(3k - 15,2)x^3 + (9,6(2,52k^2 - 36,48k + 57,76) + 9,6)x^2 - 4(0,648k^2 - 14,616k + 96,968)x - 21 = 0,$$

которое на интервале  $0 < x < 1$  при  $k = -12$  имеет следующую тройку решений:

$$x_1 = 0,434, x_2 = 0,607, x_3 = 0,750.$$

При этом уравнения (13) и (14) принимают вид:

$$\begin{aligned} \cos^2 b &= 0,665; \cos a = -1,923; \cos^2 b = 0,607; \cos a = -2,089; \\ \cos^2 b &= 0,486; \cos a = -2,598. \end{aligned}$$

Очевидно, ни одна из пар соотношений решений не имеет. Таким образом, кривая, заданная параметрическими уравнениями (34) с коэффициентами (33) точек самопересечения не имеет. Ее контур приведен на рис. 4, а.

Примем теперь  $\delta = 7$  при тех же значениях  $h$  и  $D$ . Тогда имеем

$$A = 0,6k; B = -(0,6k + 7,6); C = 0. \quad (35)$$

Условие (18), обеспечивающее конформность отображающей функции (2) с коэффициентами (35), имеет вид

$$k < -7,83. \quad (36)$$

Прямые вычисления показывают, что класс кривых (27) с коэффициентами (35), т.е.

$$\begin{cases} x(\theta) = (1,2k + 7,6)\sin\theta - 0,6\sin 3\theta, \\ y(\theta) = -7,6\cos\theta + 0,6\cos 3\theta. \end{cases} \quad (37)$$

при всех значениях параметра  $k$ , удовлетворяющих условию (36), не имеет никаких особых точек. Полагая, как и выше,  $k = -12$ , из (35) имеем

$$A = -7,2; B = -0,4; C = 0; D = 0,6. \quad (38)$$

Контур (37) с коэффициентами (38) изображен на рис. 4, б.

Для того, чтобы получить контур квадратной формы, можно воспользоваться соотношением (30). Подставляя в него значения  $h = 14$ ,  $D = 0,6$  и, приравнявая  $h/2$ , получим  $k = -12,66$ . Тогда

$$A = -7,6; B = 0; C = 0; D = 0,6. \quad (39)$$

Проверка показывает, что особых точек на контуре нет, а отображение, осуществляемое функцией (2) с коэффициентами (39) является конформным. Получившийся контур приведен на рис. 4, в.

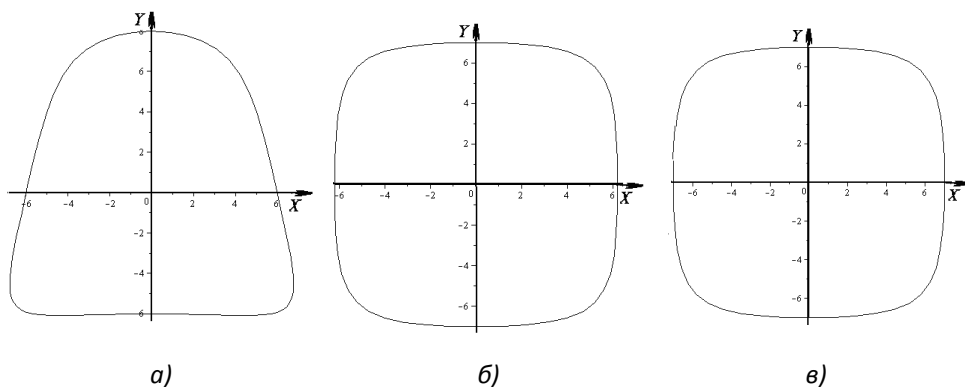


Рис. 4. Контур трапецевидной формы (а), прямоугольной формы (б) при  $k = -12$ ; квадратной формы (в) при  $k = -12,66$

**Пример 3.**

Пусть  $h = 14, \delta = 6, D = -0,6$  Тогда, согласно (21), (24), (25) имеем

$$A = -0,6k; B = 0,6k - 6,4; C = 1. \quad (40)$$

Подставляя полученные значения коэффициентов в (18), получим

$$k > 8,5, \quad (41)$$

что обеспечивает выполнение условия конформности отображающей функции (2).

Подставляя (40) в (4) имеем

$$\begin{cases} x(\theta) = (-1,2k + 6,4)\sin\theta - \sin 2\theta + 0,6\sin 3\theta, \\ y(\theta) = -6,4\cos\theta + \cos 2\theta - 0,6\cos 3\theta. \end{cases} \quad (42)$$

Проверка показывает, что при всех значениях параметра  $k$ , удовлетворяющих условию (41), класс кривых (42) не имеет никаких особых точек.

Положим  $k = 12$ . Тогда, с учетом (40), имеем

$$A = -7,2; B = 0,8; C = 1; D = -0,6. \quad (43)$$

Контур (42) с коэффициентами (43) изображен на рис. 5, а.

Теперь, как в предыдущем примере, положим  $\delta = 7$ . Тогда имеем

$$A = -7,2; B = 0,8; C = 0; D = -0,6. \quad (44)$$

Контур (42) с коэффициентами (44) приведен на рис. 5, б.

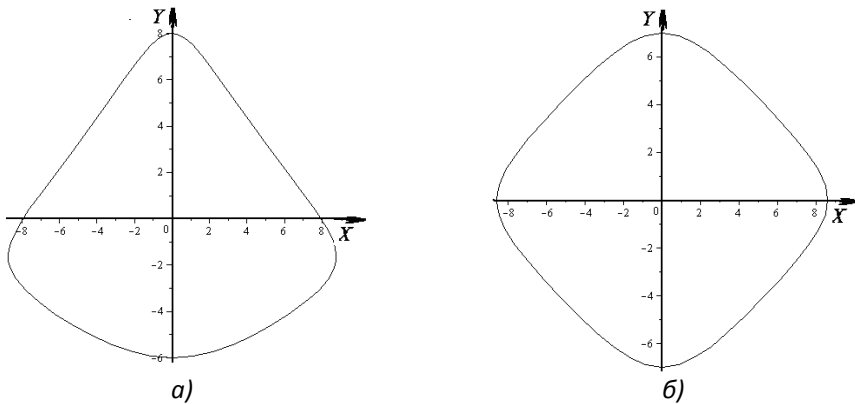


Рис. 5. Контур параболы (а) и ромбовидной формы (б)

Таким образом, оба случая (28) для коэффициента  $A$  рассмотрены.

Пусть теперь

$$A + B + C + D \geq 0. \quad (45)$$

Тогда, с учетом (21), (24) и (25'), система уравнений (4), определяющая контур отверстия, примет вид

$$\begin{cases} x(\theta) = (-h/2 + (2k + 1)D)\sin\theta - (h/2 - \delta)\sin 2\theta - D\sin 3\theta, \\ y(\theta) = (h/2 - D)\cos\theta + (h/2 - \delta)\cos 2\theta + D\cos 3\theta. \end{cases} \quad (46)$$

Из (18) и (45) имеем

$$A = kD > 0. \tag{47}$$

Подвергая уравнения (27) преобразованиям аргумента  $\theta$  вида  $\theta_1 = 180^\circ + \theta$  с изменением знака коэффициента  $D$ , получим систему уравнений (46). Это означает, что получившиеся в результате преобразования контуры переходят в себя. При этом, как нетрудно видеть, меняется точка начала обхода контура. Тогда заметим, что при  $k < 0$  уравнения (27) и (46) описывают одни и те же трапециевидные контуры при  $h/2 \neq \delta$  и прямоугольные контуры при  $h/2 = \delta$ , а при  $k > 0$  эти уравнения описывают одни и те же параболические контуры при  $h/2 \neq \delta$  и ромбовидные контуры при  $h/2 = \delta$ . Коэффициент  $D$  при этом может принимать как положительные, так и отрицательные значения.

Пусть  $D = 0$ , тогда уравнения (4) принимают вид:

$$\begin{cases} x(\theta) = (h/2 + 2A)\sin\theta - (h/2 - \delta)\sin 2\theta, \\ y(\theta) = -h/2\cos\theta + (h/2 - \delta)\cos 2\theta. \end{cases} \text{ — при } A + B + C \leq 0, \tag{48}$$

$$\begin{cases} x(\theta) = (-h/2 + 2A)\sin\theta - (h/2 - \delta)\sin 2\theta, \\ y(\theta) = h/2\cos\theta + (h/2 - \delta)\cos 2\theta \end{cases} \text{ — при } A + B + C \geq 0. \tag{49}$$

В этом случае уравнения (48) и (49) дают одни и те же полуэллиптические контуры при  $h/2 \neq \delta$  и эллиптические контуры — при  $h/2 = \delta$ .

**Пример 4.**

Пусть  $h = 14$ . Положим  $A = -7,2$  и рассмотрим, как и в примерах 1 и 2 два значения  $\delta$ :  $\delta = 6$  и  $\delta = 7$ . Тогда, соответственно, получим  $C = 1$  и  $C = 0$ . На рис. 6 приведены контуры, полученные при подстановке данных примера в формулы (48).

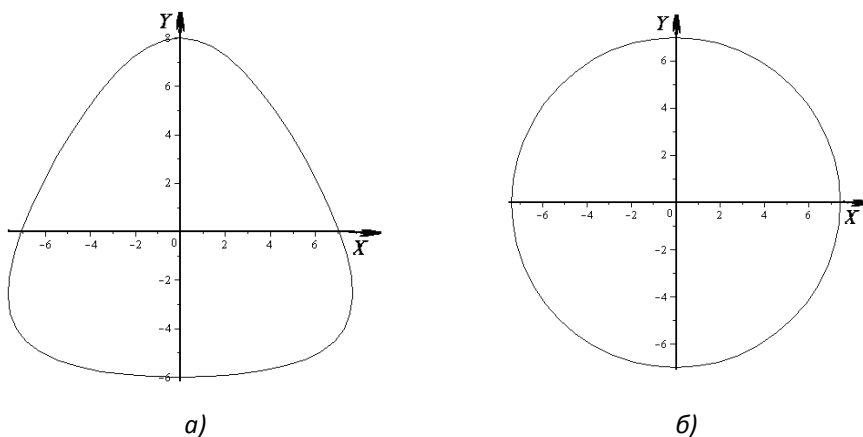


Рис. 6. Контуры полуэллиптической формы при  $C = 1$  (а) ромбовидной формы при  $C = 0$  (б)

Наконец, полагая  $A = -h/2 = -\delta$  в формуле (48) и  $A = h/2 = \delta$  в формуле (49), получим контур, представляющий собой окружность радиуса  $h/2$ .

Резюмируя рассмотренные случаи, проведем классификацию контуров, описываемых уравнениями (4) в зависимости от знака параметра  $k$ , связывающего коэффициенты  $A$  и  $D$  по формуле (21) и коэффициентов  $C$  и  $D$ :

I тип. Контуров трапециевидной формы:  $k < 0, C \neq 0, D \neq 0$ ;

II тип. Контуров прямоугольной формы:  $k < 0, C = 0, D \neq 0$ ;

III тип. Контуров прямоугольно-параболической формы:  $k > 0, C \neq 0, D \neq 0$ ;

IV тип. Контуров ромбовидной формы:  $k > 0, C = 0, D \neq 0$ ;

V тип. Контуров полуэллиптической формы:  $C \neq 0, D = 0$ ;

VI. Контуров эллиптической формы:  $C = 0, D = 0$ .

3. Согласно [2], тангенциальные нормальные напряжения в точках, расположенных на контуре выработок, вычисляются по формуле

$$\sigma_{\theta} = \frac{\gamma H(F + G \cos \theta + Q \cos 2\theta)}{K + L \cos \theta + M \cos 2\theta + N \cos 3\theta + R \cos 4\theta}, \quad (50)$$

где:

$$F = (1 + \mu)(9D^2 + 4C^2 - A^2) + BS; \quad G = 2C((1 + \mu)(B + 6D) + S);$$

$$Q = (1 + \mu)(A + 3D)B + (3D - A)S; \quad K = A^2 + B^2 + 4C^2 + 9D^2;$$

$$L = 4C(B + 3D); \quad M = 2B(3D - A); \quad N = -4AC; \quad R = -6AD, \quad (51)$$

$$S = \frac{(1 + \mu)(A + D)B - 2(1 - \mu)A^2}{A - D},$$

$\gamma$  — объемный вес пород;  $\mu$  — коэффициент бокового распора;  $H$  — глубина заложения выработки.

В различных точках контура выработки тангенциальное нормальное напряжение принимает как положительные, так и отрицательные значения, определяя на контуре участки растягивающих и сжимающих напряжений. Расположение этих участков, связано с распределением нулей тангенциального нормального напряжения. Для этого необходимо решить уравнение

$$F + G \cos \theta + Q \cos 2\theta = 0, \quad (52)$$

где коэффициенты  $F$ ,  $G$  и  $Q$  определяются первыми тремя соотношениями (51) и, следовательно, зависят от коэффициентов отображающей функции (2) и коэффициента бокового распора  $\mu$ .

Перепишывая равенство (52) в виде

$$2Q \cos^2 \theta + G \cos \theta + F - Q = 0, \quad (52')$$

получим квадратное уравнение относительно  $\cos \theta$ . Поскольку  $|\cos \theta| \leq 1$ , то ясно, что уравнение (52') на отрезке  $0 \leq \theta \leq 2\pi$  имеет не более четырех корней, причем если  $\theta_1$  и  $\theta_2$  ( $\theta_1 < \theta_2$ ) — корни данного уравнения на отрезке  $0 \leq \theta \leq \pi$ , то  $2\pi - \theta_2$  и  $2\pi - \theta_1$  — корни рассматриваемого уравнения на отрезке  $\pi \leq \theta \leq 2\pi$ .

Пусть коэффициенты  $A$  и  $D$  при  $D \neq 0$  отображающей функции (2) связаны соотношением (6), причем для параметра  $k$  выполняется условие (7). Используя (6) и (11), перепишем (51) в виде

$$\begin{aligned}
 F &= \gamma_7 D^2 + \gamma_8 D + \gamma_9; \quad G = \gamma_5 D + \gamma_6; \quad Q = \gamma_3 D^2 + \gamma_4 D; \\
 K &= 2(k^2 + k + 5)D^2 + h(k + 1)D + h^2/4 + 4C^2; \quad L = -4C(h/2 + (k - 2)D); \\
 M &= (k - 3)D[h + 2(k + 1)D]; \quad N = -4kCD; \quad R = -6kD^2,
 \end{aligned}
 \tag{53}$$

где

$$\begin{aligned}
 \gamma_1 &= -\frac{(1 + \mu)(k + 1)h}{2(k - 1)}, \quad \gamma_2 = -\frac{(1 + \mu)(k + 1)^2 + 2k^2(1 - \mu)}{k - 1}, \\
 \gamma_3 &= (3 - k)\gamma_2 - (1 + \mu)(k + 1)(k + 3), \quad \gamma_4 = (3 - k)\gamma_1 - (1 + \mu)(k + 3)h/2, \\
 \gamma_5 &= 2C(\gamma_2 - (k - 5)(1 + \mu)), \quad \gamma_6 = 2C(\gamma_1 - h/2(1 + \mu)), \\
 \gamma_7 &= (1 + \mu)(9 - k^2) - (k + 1)\gamma_2, \quad \gamma_8 = -h/2\gamma_2 - (k + 1)\gamma_1, \quad \gamma_9 = 4(1 + \mu)C^2 - h/2\gamma_1.
 \end{aligned}
 \tag{54}$$

Теперь перейдем к исследованию уравнения (52').

Пусть  $Q \neq 0$ . Положим  $t = \cos \theta$ . Тогда уравнение (52') принимает вид

$$2Qt^2 + Gt + F - Q = 0, \tag{52''}$$

где  $|t| \leq 1$ .

Из (53) следует, что для нахождения коэффициентов  $F, G, Q$  и решения данного квадратного уравнения необходимо определить значения коэффициента  $D$  отображающей функции (2). Для этого прежде всего найдем те значения коэффициентов  $D \neq 0$ , при которых уравнение (52'') имеет решения. Поскольку для этого дискриминант  $K = G^2 - 8Q(F - Q)$  данного уравнения должен быть неотрицательным, то, используя первые три соотношения из (53), получим следующее неравенство

$$\gamma_{10}D^4 + \gamma_{11}D^3 + \gamma_{12}D^2 + \gamma_{13}D + \gamma_6^2 \geq 0, \tag{55}$$

где

$$\begin{aligned}
 \gamma_{10} &= -8\gamma_3(\gamma_7 - \gamma_3), \quad \gamma_{11} = -8[\gamma_3(\gamma_8 - \gamma_4) + \gamma_4(\gamma_7 - \gamma_3)], \\
 \gamma_{12} &= -8[\gamma_3\gamma_9 + \gamma_4(\gamma_8 - \gamma_4)] + \gamma_5^2, \quad \gamma_{13} = 2(\gamma_5\gamma_6 - 4\gamma_4\gamma_9).
 \end{aligned}
 \tag{56}$$

Теперь пусть  $D = 0$ . Тогда, с учетом (11), соотношения (51) примут вид:

$$\begin{aligned}
 F &= 2(1 - \mu)A^2 + 2hA + (1 + \mu)(4C^2 + h^2/4); \quad G = -2C[(1 + \mu)h + 4A]; \\
 Q &= 2(1 - \mu)A^2; \quad K = 2A^2 + hA + h^2/4 + 4C^2; \quad L = -2C(h + 2A); \\
 M &= A(h + 2A); \quad N = -4CA; \quad R = 0; \quad S = -[(3 - \mu)A + (1 + \mu)h/2].
 \end{aligned}
 \tag{57}$$

Для определения знаков корней уравнения (52'') воспользуемся формулами Виета. Тогда, если корни  $t_1$  и  $t_2$  уравнения (52'') одного знака, то выполняется неравенство

$$\frac{F - Q}{Q} > 0, \tag{58}$$



а если они разных знаков, то выполняется неравенство

$$\frac{F-Q}{Q} < 0. \quad (59)$$

Наконец, поскольку  $|t_1| \leq 1$ ,  $|t_2| \leq 1$ , то необходимо знать расположение корней уравнения (52''). Эта задача сводится к нахождению корней уравнения

$$2Qz^2 + Gz + F - Q = 0, \quad (60)$$

где  $z \in C$  в круге  $|z| < 1$ .

Отсюда, используя теорему Руше, заметим, что, если уравнение (60) имеет в указанном круге два корня, то выполняется неравенство

$$2|Q| > |G| + |F - Q|, \quad (61)$$

если уравнение (60) имеет в указанном круге один корень, то выполняется неравенство

$$|G| > 2|Q| + |F - Q|, \quad (62)$$

если уравнение (60) не имеет корней в круге  $|z| < 1$ , то выполняется неравенство

$$|F - Q| > |G| + 2|Q|. \quad (63)$$

Вместе с множеством значений для коэффициентов  $D$ , определяемых решением неравенства (55), нетрудно выяснить расположение действительных корней уравнения (52'') относительно отрезка  $[-1, 1]$ . Таким образом, полученные выше условия позволяют определить количество и расположение корней рассматриваемого уравнения. Ясно, что если один из корней уравнения (52'') равен нулю или единице, то условия соответствующим образом упрощаются.

Пусть теперь  $Q = 0$ .

Согласно (51), это равенство возможно тогда и только тогда, когда  $A = 0$ ,  $D = 0$  либо  $A = 3D$ ,  $B = 0$ . Однако выбор первой пары коэффициентов невозможен, поскольку требование  $A \neq 0$  существенно используется при выводе формулы для тангенциального нормального напряжения (50), а выбор второй пары коэффициентов также невозможен, поскольку равенство  $A = 3D$  обращает условие конформности (5) в неравенство  $|B| + 3|C| < 0$ , которое не является справедливым ни при каких значениях коэффициентов  $B$  и  $C$ .

#### Пример 5.

Построим трапециевидную выработку с параметрами  $h = 16$ ,  $\delta = 7,2$ ,  $k = -12$   $\mu = 0,2$ . Определяя по формулам (54) и (56) коэффициенты  $\gamma_i$  ( $i = 1, \dots, 13$ ), выпишем неравенство (55), т.е.

$$399561,9D^4 + 222594,21D^3 - 195205,65D^2 + 14825,096D + 804,119 \geq 0, \quad (64)$$

откуда имеем

$$D \in (-\infty, -1,052] \cup [-0,036, 0,132] \cup [0,4, +\infty). \quad (65)$$

Теперь при помощи формул (53) получим следующие выражения:

$$F = 155,812D^2 - 141,783D + 68,056; \quad G = 78,867D - 28,357;$$

$$Q = 314,58D^2 - 35,445D. \tag{66}$$

Решая неравенства (58), (59), имеем

$$D \in (-1,07, 0) \cup (0,113, 0,4), \tag{67}$$

$$D \in (-\infty, -1,07) \cup (0, 0,113) \cup (0,4, +\infty). \tag{68}$$

Пересекая интервалы (67) и (68) с (5.21), получим значения коэффициента  $D$ , при которых уравнение (52'') имеет два действительных корня одинаковых и, соответственно, разных знаков.

Пусть  $D = 0,8$ . По формулам (66) имеем:  $F = 54,349$ ;  $G = 34,737$ ;  $Q = 172,975$ .

Проверка показывает, что выполняется условие (61). Таким образом, уравнение (52'') имеет при данном значении коэффициента  $D$  два корня разных знаков, расположенных на интервале  $|t| \leq 1$ , а тангенциальное нормальное напряжение имеет два нуля на отрезке  $0 \leq \theta \leq \pi$ .

Учитывая данные примера, найдем коэффициенты отображающей функции (2), т.е.  $A = -9,6$ ;  $B = 0,8$ ;  $C = 0,8$ .

Далее, используя (53), имеем:  $K = 101,12$ ;  $L = 10,24$ ;  $M = 19,2$ ;  $N = 30,72$ ;  $R = 46,08$ .

Результаты представлены на рис. 7.

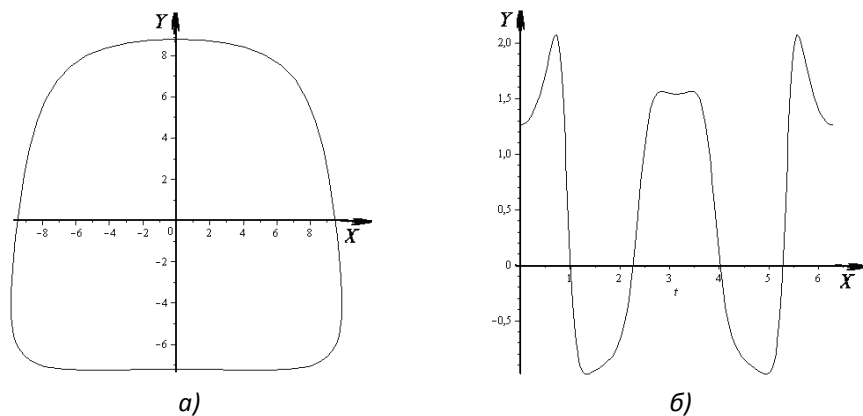


Рис. 7. Контур выработки трапецевидного сечения (а); эпюра тангенциального нормального напряжения (б)

Теперь положим  $\delta = 8$ , т.е. пусть контур выработки имеет форму, симметричную относительно обеих осей. Тогда неравенство, аналогичное (64), имеет вид

$$399561,9D^4 + 222594,21D^3 - 201425,66D^2 + 19297,96D \geq 0 \tag{64'}$$

и

$$D \in (-\infty, -1,07] \cup [0, 0,113] \cup [0,4, +\infty). \tag{65'}$$

Положим  $D = 0,38$ , т.е. тангенциальное нормальное напряжение на отрезке  $0 \leq \theta \leq \pi$  нулей иметь не должно. Учитывая данные примера, получим:  $A = -4,56$ ;  $B = -3,82$ ;  $C = 0$ .

Используя (53), имеем:  $F = 36,677$ ;  $G = 0$ ;  $Q = 31,956$ ;  $K = 98,56$ ;  $L = 0$ ;  $M = 19,2$ ;  $N = 0$ ;  $R = 46,08$ .

Результаты представлены на рис. 8.

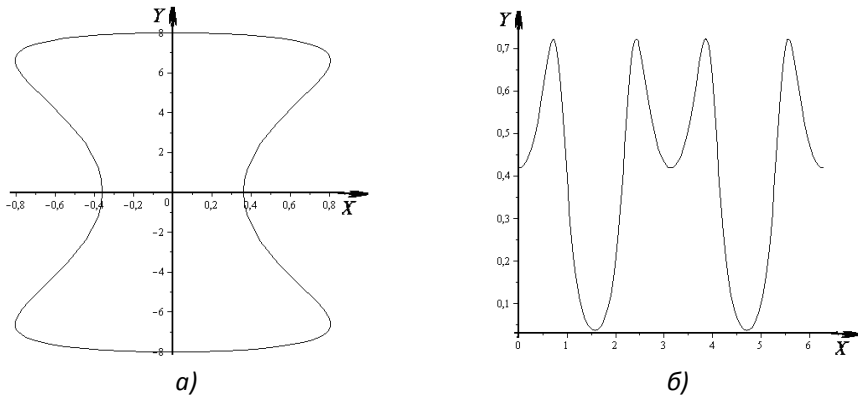


Рис. 8. Контур выработки прямоугольного сечения (а); эпюра тангенциального нормального напряжения (б)

4. Пусть заданы значения высоты горизонтальной выработки  $h$ , параметров  $k$  и  $\delta$ , а также коэффициента  $D$ . Используя формулы (6) и (11), определим коэффициенты  $A$  и  $B$  отображающей функции (2). Применяя описанный выше подход, построим кривую заданной конфигурации, имитирующую форму сечения подземной горизонтальной выработки. Далее, по формулам (50) выпишем выражение для тангенциального нормального напряжения. Рассматривая его как функцию аргумента  $\theta$ , вычислим производную функции  $\sigma'(\theta)$ . Преобразовывая получившееся выражение, и, приравнявая его нулю, получаем два уравнения для нахождения критических значений:

$$\begin{aligned} \sin \theta &= 0, \\ 32a_1 \cos^5 \theta + 16a_2 \cos^4 \theta + 8(a_3 - 4a_1) \cos^3 \theta + 4(a_4 - 3a_2) \cos^2 \theta + \\ &+ 2(3a_1 - 2a_3 + a_5) \cos \theta + (a_2 - a_4 + a_6) = 0, \end{aligned} \quad (69)$$

где

$$\begin{aligned} a_1 &= RQ, \quad a_2 = 3/2GR + 1/2NQ, \quad a_3 = GN + 4FR, \quad a_4 = 1/2MG + 5/2GR - 1/2QL = 3FN, \\ a_5 &= 2GN - 2QK + 3RQ + 2FM, \quad a_6 = FL - 3/2QL + 3/2MG + 5/2NQ - GK. \end{aligned}$$

Первое из этих уравнений дает значение  $\theta = 0$ , а второе уравнение можно решить на отрезке  $0 \leq \theta \leq \pi$  приближенно.

Пусть  $\theta_{\min}$  и  $\theta_{\max}$  — минимальное и максимальные значения  $\theta$  на данном отрезке и пусть  $\sigma_{\min}(\theta) = \sigma(\theta_{\min}) < 0$  и  $\sigma_{\max}(\theta) = \sigma(\theta_{\max}) > 0$  — экстремальные значения тангенциального нормального напряжения на отрезке  $0 \leq \theta \leq \pi$ . Тогда имеет место неравенство

$$\sigma_{\min}(\theta) \leq \sigma(\theta) \leq \sigma_{\max}(\theta).$$

Обозначим через  $R_c(\theta)$  и  $R_p(\theta)$  — предельные значения напряжений горной породы или грунта. Тогда

$$|\sigma_{\min}(\theta)| \leq |\sigma_c(\theta)|, \quad (70)$$

$$\sigma_{\max}(\theta) \leq \sigma_p(\theta). \quad (71)$$

Заметим, что  $\sigma(\theta)$ , согласно (50), измеряется в долях  $\gamma H$ , а предельные значения напряжений, как правило, в паскалях.

Поэтому, положим

$$R = \sigma(\theta)g, \quad R_{\min} = \sigma_{\min}(\theta)g, \quad R_{\max} = \sigma_{\max}(\theta)g, \quad (72)$$

где  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$  — ускорение свободного падения.

Обозначим

$$k_c = R_c/R_{\min}, \quad k_p = R_p/R_{\max} \quad (73)$$

и назовем эти числа коэффициентами запаса устойчивости по сжатию и, соответственно, растяжению. Ясно, что эти коэффициенты одного знака и потому принимают положительные значения. Будем называть горную выработку устойчивой, если коэффициенты (73) в каждой точке выработки принимают значения, большие единицы. Однако может случиться, что одно (или оба) неравенства (70) и (71) не выполнены, т.е. какой-то из коэффициентов устойчивости (или оба) меньше единицы. Тогда, используя формулу (50) для тангенциального нормального напряжения, будем изменять значения  $H$  глубины заложения горизонтальной подземной выработки, так чтобы выполнялись условия

$$R_c(\theta)/g \leq \sigma_{\min}(\theta) \leq \sigma_0 \leq \sigma_{\max}(\theta) \leq R_p(\theta)/g. \quad (74)$$

#### Пример 6.

Пусть  $D = 0,5$ ;  $k = -16$ ;  $h = 22$ ;  $\delta = 10,9$ . Тогда, согласно (6), (10), (11)  $A = -8$ ;  $B = -3,5$ ;  $C = 0,1$  и, согласно приведенной выше классификации контуров, имеем контур трапецевидного типа (I типа). Он изображен на рис. 2, б.

Формулы (51) дают:  $F = -103,2455$ ;  $G = 1,5482$ ;  $Q = 106,5395$ ;  $K = 78,54$ ,  $L = -0,8$ ;  $M = -66,5$ ;  $N = 3,2$ ;  $R = 24$ .

Заметим, что, согласно (61), уравнение (52) имеет два корня. Уравнение (69) имеет вид

$$81822,336 \cos^5 \theta + 3619,1744 \cos^4 \theta - 161075,24608 \cos^3 \theta - \\ - 6342,8874 \cos^2 \theta + 64322,50168 \cos \theta + 1920,056272 = 0,$$

откуда получаем:  $\theta_1 = 0,734$ ;  $\theta_2 = 1,6$ ;  $\theta_3 = 2,423$ .

Присоединяя к полученным решениям  $\theta_4 = 0$ , имеем все значения критических точек функции  $\sigma_\theta/\gamma H$ .

Так как  $\sigma(\theta_1) = -1,99$ ;  $\sigma(\theta_2) = -1,24$ ;  $\sigma(\theta_3) = -1,84$ ;  $\sigma(\theta_4) = 0,126$ , то ясно, что

$$\sigma_{\min}(\theta) = \sigma(\theta_1) = -1,99\gamma H; \quad \sigma_{\max}(\theta) = \sigma(\theta_4) = 0,126\gamma H. \quad (75)$$

На рис. 9 приведена эпюра тангенциального нормального напряжения, соответствующая рассматриваемому случаю.

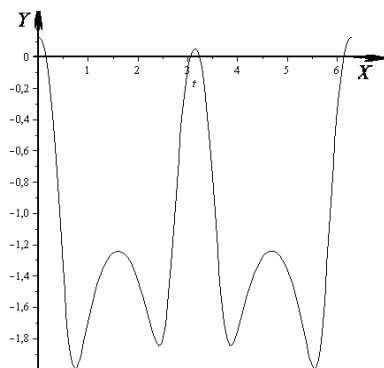


Рис. 9. Эпюра тангенциального нормального напряжения

Рассмотрим в качестве вмещающей породы глинистый сланец с объемным весом  $\gamma = 3,05 \text{ т/м}^3$  и пределами прочности при сжатии и расширении, равными  $R_c = -40 \text{ МПа}$  и  $R_p = 1 \text{ МПа}$  соответственно. Пусть глубина заложения горизонтальной выработки  $H = 200 \text{ м}$ . Тогда по формулам (72) и (75) имеем  $R_{\min} = -11896220 \text{ Па}$ ,  $R_{\max} = 753228 \text{ Па}$ . Применяя формулы (73), получаем:  $k_c \approx 3,362$ ;  $k_p \approx 1,328$ .

Значит, на глубине  $H = 200 \text{ м}$  данная горизонтальная выработка устойчива.

Теперь найдем значение предельной глубины заложения этой выработки, на которой она теряет устойчивость. Подставляя данные примера в формулу (75), и учитывая (72), имеем:  $H_c \approx 672 \text{ м}$ ,  $H_p \approx 265 \text{ м}$ .

**Выводы:** использование отображающей функции (2) и предложенного подхода позволяет построить разнообразные контуры горизонтальных подземных выработок и определить предельную безопасную глубину их заложения, используя критерий (3).

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мухелишвили Н.И. Некоторые основные задачи математической теории упругости. – М.: Наука, 1966. – 708 с.
2. Цветков В.К. Определение форм сечения горных выработок с заданными напряжениями на их контурах / ФТПРПИ, 1986, №2. – С. 24–29.
3. Мирсалимов В.М. Равнопрочная выработка в горном массиве / ФТПРПИ, 1979, №2. – С. 24–28.
4. Стажевский С.Б. К выбору формы и креплению выработок / ФТПРПИ, 1986, №5. – С. 27–32.
5. Цветков, В.К. Расчет рациональных параметров горных выработок : справочное пособ. – М.: Наука, 1993. – 251 с.
6. Позняк Э.Г., Шикин Е.В. Дифференциальная геометрия. Первое знакомство. – М.: Изд-во МГУ, 1990. – 384 с.
7. Сидоров Ю.В., Федорюк М.В., Шабунин М.И. Лекции по теории функций комплексного переменного. – М.: Наука, 1989. – 480 с.

О.В. Бурлаченко<sup>(1)</sup>, М.В. Иванов<sup>(1)</sup>

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЛАЗЕРНОЙ И ГИДРОАБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ КОНТАКТА ДЕТАЛЕЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН НА ИХ ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет<sup>(1)</sup>

*Приведены результаты исследований, рассмотрены особенности применения и закономерности влияния лазерной и гидроабразивной обработки поверхностей контакта деталей строительных машин на их износостойкость.*

*Ключевые слова: гидроабразивная обработка, лазерная обработка, износостойкость, поверхностный слой.*

Для большинства машин основной причиной отказов является достижение предельно допустимого уровня износа их наиболее ответственных деталей, в связи с чем повышение износостойкости деталей машин является весьма актуальной задачей. Износостойкость деталей машин в значительной мере зависит от состояния их поверхностного слоя, определяемого параметрами механической обработки при изготовлении.

Для улучшения параметров поверхностного слоя сопряжений применяют различные виды термической обработки: закалку, нормализацию, отпуск и т.д. Из всех видов поверхностной обработки материалов одними из наиболее перспективных являются лазерная и гидроабразивная, обладающие рядом преимуществ по сравнению с традиционными методами обработки.

Гидроабразивная обработка — это один из наиболее высокотехнологических процессов, обладающий высокими показателями точности и экологичности производства. Процесс гидроабразивной резки основан на обработке материала сильной тонкой струей воды под большим давлением с добавлением абразивного материала [4]. Скорость струи воды может составлять до 900 м/мин, благодаря микроотверстиям размером всего 0,2 мм. Следует также отметить высокое качество среза (шероховатость кромки  $Ra$  1,6); высокую эффективность резки листовых материалов толщиной более 8 мм. В этом и состоит секрет превращения энергии, при котором кинетика струи переходит в механическую силу резки материала.

В процессе гидроабразивной обработки вода смешивается в специальной камере с абразивом и проходит через очень узкое сопло режущей головки под высоким давлением (до 4000 бар). Гидроабразивная смесь выходит из режущей головки со скоростью, превышающей скорость звука (часто более чем в 3 раза).

Подобное модифицирование свойств поверхностного слоя приводит к повышению износостойкости поверхностей до 1,5–2 раза по сравнению с поверхностями, упрочненными по существующим технологиям термической и химико-термической обработок. Коэффициент трения при этом снижается на 10–15%.

В основе лазерной обработки лежат необычные структурные и фазовые изменения в материале, возникающие вследствие сверхвысоких скоростей его нагрева и последующего охлаждения в условиях лазерного облучения. Важную роль при этом играют возможность насыщения поверхностного слоя элементами окружающей среды, рост плотности дислокаций в зоне облучения и другие эффекты.

Для сравнительной оценки износостойкости контактирующих поверхностей в условиях граничного трения при модифицировании свойств активного поверхностного

слоя и применении различных материалов на машине трения СМЦ-2 проводилось экспериментальное исследование изнашивания в системе ролик-колодка [1]. Условия испытаний принимались следующие: скорость скольжения — 70 мм/мин (0,3 об/мин); нагрузка в контакте — 58 Н, смазочные материалы — масла И-20А, М8Г1, И-40А. Последнее применялось с добавлением противоизносной (диалкилдитиофосфат бария ДФ-1) и вязкостной (полиизобутилен КП-10) присадок. Следует отметить, что недостатком присадки КП-10 является подверженность механической деструкции при высоких нагрузках, что ограничивает область ее применения по данному фактору.

Для обеспечения малых скоростей скольжения в паре применялся серво-мотор постоянного тока [1]. При определении линейного износа использовалась стойка с индикатором часового типа ИПМ с ценой деления 1 мкм. Время испытания — 18 ч. В качестве эталонного материала служила закаленная сталь 45 с обработкой поверхностей контакта шлифованием ( $R_a = 0,32$  мкм). В результате лазерной отделочно-упрочняющей обработки поверхностей контакта линейный износ стальных деталей снижается примерно в 2 раза. Применение смазочных материалов с противоизносными и вязкостными присадками и с большей вязкостью приводит к снижению линейного износа на 21–34% в зависимости от вида обработки поверхностей контакта.

При ЛОУО стальных деталей применялись следующие режимы: мощность лазерного излучения  $W = 1000$  Вт, диаметр сфокусированного лазерного излучения  $d_l = 1$  мм; скорость сканирования луча  $V_{ск} = 100$  мм/с. Выбор режимов производится согласно [5].

Оплавление покрытий с помощью  $CO_2$  — лазера осуществляли в соответствии с рекомендациями [2], [3] при следующем режиме:  $W = 4$  кВт,  $V_{ск} = 0,7$  м/мин.;  $d_l = 8$  мм, коэффициент поглощения лазерного излучения  $\eta_{эф} = 0,7$ .

Лазерное оплавление плазменнонапыленных покрытий, помимо указанных выше, обладает рядом преимуществ: достаточно полным (до 90%) использованием применяемого порошка; отсутствием копоти и выгорания легирующих элементов покрытия; возможностью автоматизации процесса напыления с последующим оплавлением (при наличии технологического лазерно-плазменного комплекса почти полное отсутствие пор в оплавленном покрытии).

Обычно, покрытия оплавленные лазером, имеют следующие характеристики:

- толщину слоя, наплавленного за один проход: 1–1,5 мм;
- толщину дефектного слоя: не более 0,1 мм;
- потери наплавленного материала: не более 1%;
- глубину зон термического влияния: не более 1 мм;
- прочность сцепления с основой не превышает 350 МПа.

Сопротивление оплавленного покрытия усталостному триборазрушению обеспечивается получением микрогетерогенной двух- или трехфазной структуры, состоящей из дисперсных трехфазных включений размером  $S = 0,5$ –2 мкм, равномерно распределенных в менее твердой матрице при расстоянии между источниками возникающих напряжений не менее  $5S$  (для предотвращения интерференции полей напряжений от твердых фаз) [6]. Помимо того, возможность формирования лазерным оплавлением наследственной пористости в качестве масляных карманов. При этом пористость ограничивается условием неснижения усталостной прочности износостойких покрытий.

Лазерная обработка поверхностей с покрытиями, выполняемая в качестве финишной ЛОУО, позволяет снижать шероховатость, волнистость и приработочный износ в сопряжении [1].

Таким образом, максимальная износостойкость сопряжений достигается нанесением на поверхности контакта износостойких самофлюсующихся покрытий с последующим лазерным оплавлением и финишной ЛОУО.

Достоинства гидроабразивной резки: характеризуется высокой степенью безопасности, в процессе резки удаляются лишь пылеобразные частицы; метод не под-

разумеает термообработки; в процессе гидроабразивной резки образуется разрез шириной 1 мм с минимумом отходов; метод не требует частой заточки инструмента; гидроабразивная резка не требует специально оборудованных рабочих мест и жесткого закрепления деталей в силу минимальных касательных усилий; скорость данного способа резки можно регулировать, благодаря чему область его применения чрезвычайно широка; особенности метода позволяют использовать его при резке сложных контуров, эффективно расходуя листовый материал.

Этот метод обработки может использоваться для различных видов обработки, например, для: скругления острых кромок и сопряженных радиусов; полировки и шлифовки сложных поверхностей; удаления заусенцев и зачистки сварных швов; снятия со всей поверхности или локально дефектного слоя; подготовки поверхности под покрытие; снятия небольшого припуска с целью снижения шероховатости поверхности; удаления оксидных пленок, нагара, различных повреждений с поверхностей деталей [4]. При этом обеспечивается высокая производительность и хорошее качество поверхностного слоя. Однако этот метод обработки еще не получил широкого распространения. Это объясняется, в первую очередь, тем, что инженерно-технические работники предприятий недостаточно осведомлены о технологических возможностях струйной гидроабразивной обработки, они не располагают необходимыми материалами по выбору параметров и режимов обработки, применяемых абразивах и составах суспензии, конструкций струйных аппаратов, имеющегося технологического оборудования и т.п.

Выводы:

1. Установлено, что подбор лазерного режима обработки позволяет в широких пределах изменять микротвердость поверхностного слоя. Для стали 40Х она повышается с 2300 до 4500-6500 МПа, для перлитного чугуна КЧ 37-12 – с 2850 до 4890-9060 МПа.

2. Установлена возможность значительной модификации геометрических характеристик поверхностей контакта. Так, для стальных и чугунных деталей с малой исходной шероховатостью ( $R_a \leq 0,25$  мкм) наблюдается снижение шероховатости по параметрам  $R_a$ ,  $R_{max}$  и  $R_p$  до двух раз при увеличении радиусов закругления вершин микронеровностей в 1,6–2,5 раза и повышение опорной способности. Кроме того, возможно снижение волнистости поверхности до двух раз.

3. Установлено, что от 1,3 до 3 раз снижается и приработочный износ ответной детали, изготовленной из более мягкого антифрикционного материала. Контактная выносливость поверхностей после ЛОУО повышается в 2,5–4 раза.

4. Наибольшая эффективность лазерного оплавления с точки зрения повышения триботехнических характеристик поверхностного слоя объясняется высокими скоростями нагрева – охлаждения ЗЛВ. В результате достигаются минимальные значения расстояния между дисперсными карбидо-боридными фазами путем изменения зерна структуры, что приводит к увеличению прочностных свойств покрытий.

5. Установлено, что метод гидроабразивной обработки подходит ко всем материалам, что делает ее технологию незаменимой в ряде технологических производств и делает ее применимой практически в каждом производстве.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бурлаченко О.В. Технологическое обеспечение работоспособности машин : монография. – Волгоград, 2002. — 200 с.
2. Григорьянц А.Г., Сафонов А.К. Лазерная техника и технология : учебное пособие для вузов: В 7 кн. – кн. 3: методы поверхностной лазерной обработки. – М.: Высшая школа, 1987.
3. Рыкалин Н.Н., Углов А.А., Кокора А.Н. Лазерная обработка материалов. – М.: Машиностроение, 1975. – 120 с.
4. Хашиш М. Факторы оптимизации гидроабразивной обработки // Современное машиностроение. 1991. №6. — С. 112–122.



5. Грин А., Адкинс Д. Большие упругие деформации и нелинейная механика сплошной среды. – М.: Мир, 1965. – 320 с.

6. Косов М.Г., Сердобинцев Ю.П. Обработка пар трения станков нетрадиционными методами // Станки и инструмент. 1990. №11. — С. 33–37.

А.М. Буров<sup>(1)</sup>, Т.А. Старкова<sup>(2)</sup>, В.Д. Баязитов<sup>(1)</sup>

## ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ СПЛАВОВ В УЗЛАХ ТРЕНИЯ

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет<sup>(1)</sup>  
Волгоградский государственный технический университет<sup>(2)</sup>

*Рассмотрены особенности работы узлов трения качения и проведен их анализ работоспособности из композиционных материалов и сплавов. Предложена технология получения безпористых горячештампованных порошковых сплавов с повышенными прочностными свойствами наружной поверхности и высокими пластическими свойствами сердцевины. Проведены стендовые испытания игольчатого подшипника, с корпусом из двухслойного горячештампованного порошкового композита.*

*Ключевые слова:* трение качения, порошковый горячештампованный сплав, порошковый биметаллический композит.

В настоящее время пористые порошковые сплавы получили широкое применение в узлах трения скольжения, работающих при небольших нагрузках и скоростях.

Данное обстоятельство объясняется низким уровнем механических свойств. Однако более низкие цены и более высокая работоспособность [1] в условиях жидкостного и полужидкостного трения (пропитка минеральными маслами) позволяет использовать пористые сплавы в качестве замены более дорогим материалам в узлах трения скольжения.

В тоже время малопористые порошковые сплавы имеющие высокие механические свойства не получили широкого применения в узлах трения скольжения из-за высокой их стоимости, а в узлах трения качения не применяются, вследствие недостаточного прикладного изучения в этом направлении.

В данной работе разработана технология горячей штамповки биметаллического композита и проведен анализ работоспособности узла трения качения. Подшипник качения представляет высшую кинематическую пару, работа которой характеризуется коэффициентом трения качения «к» (рис. 1).

Условие равновесия записывается в следующем виде [2]:

$$M_k = P \cdot r,$$

где  $M_k$  — момент трения качения;  $P$  — внешняя сила,  $r$  — радиус круга качения.

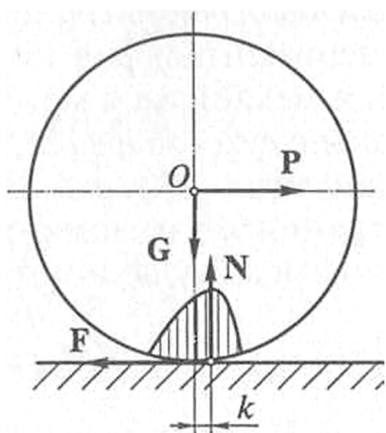


Рис. 1. Схема кинематической пары качения

Возникновение момента трения  $M_k$  связано с деформацией цилиндра качения и плоскости в зоне контакта, а также появлением несимметричности в распределении нормальных сил (рис. 1) и смещения общей равнодействующей  $N$  на величину  $k$ . Поэтому можно записать  $M_k = k \cdot N$ , тогда условие равновесия записывается  $P \cdot r = k \cdot N$ , откуда  $P = k \cdot N / r$ , где  $k$  — называют коэффициентом трения качения. Чем меньше деформация тел тем меньше внешняя сила  $P$ , необходимая для перекачивания, то есть необходимо стремиться к уменьшению коэффициента трения качения. В практике это достигается за счет повышения прочности кинематических пар в подшипнике качения, для чего применяют дорогостоящие легированные сплавы, например ШХ15 или проводят сложную термообработку поверхности качения.

Так для игольчатого подшипника серийного шатуна пускового двигателя поверхность качения (одновременно является большой головкой шатуна) изготавливается из дорогостоящих легированных низко углеродистых сталей 12ХНЗА и 20ХНЗА, технология изготовления включает цементацию только поверхности качения с последующей закалкой на твердость до 60 HRC<sub>3</sub>. Данная технология обеспечивает высокую прочность поверхности качения, высокую пластичность стержня шатуна, что обеспечивает высокую работоспособность изделия. Однако цементация увеличивает стоимость изделия на 30–40 процентов, кроме того, изделие проходит сложную механическую обработку, что также увеличивает стоимость.

Предлагается технология, в которой подшипник изготавливается горячей штамповкой спеченной биметаллической порошковой заготовки. Схема технологического процесса показана на рис. 2.

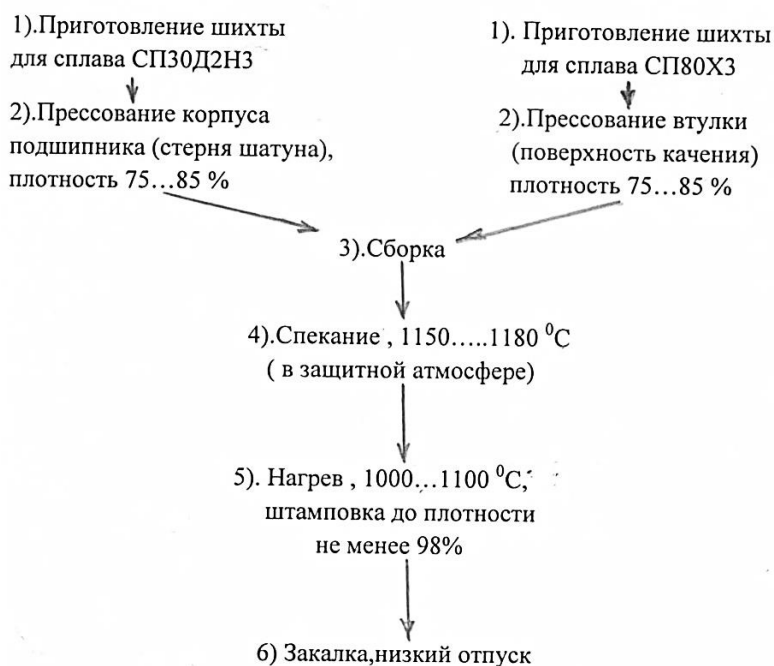
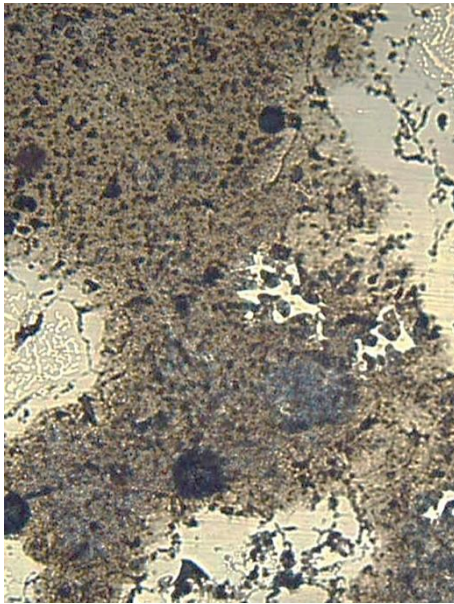


Рис. 2. Схема технологического процесса

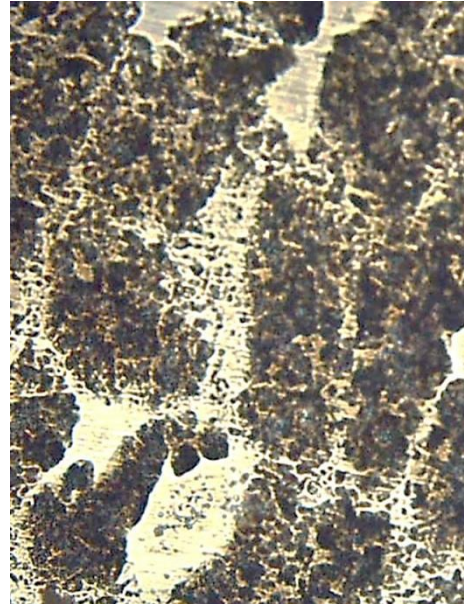
Корпус подшипника изготавливают из порошкового материала СП30Д2НЗ, т.к. порошковая сталь СП30Д2НЗ обладает после штамповки следующими свойствами:  $\sigma_b = 60 \dots 75 \text{ кг/мм}^2$  (600..750 МПа) — временное сопротивление разрыву;  $\delta = 10 \dots 12\%$  — относительное удлинение;  $KC = 200 \dots 400 \text{ К} \cdot \text{Дж/м}^2$  — ударная вязкость. Данная порош-

ковая сталь может применяться для несущих конструктивных деталей машин (например стержень шатуна).

Поверхность качения изготавливается из порошкового материала СП80ХЗ, который имеет низкую пластичность, но при этом имеет повышенную прочность и после закалки обладает повышенными антифрикционными свойствами. Микроструктуры порошковых сплавов представлена на рис. 3.



×200  
а)



×200  
б)

Рис. 3. Микроструктура порошковых сплавов:  
а — СП40Д2НЗ, б — СП80ХЗ



×100

Рис. 4. Микроструктура биметалла по линии сварки

После штамповки по линии контакта корпуса и втулки образуется неразъемное соединение (сварка) (рис. 4). И после термообработки биметаллический композит обладает следующим комплексом механических свойств: корпус подшипника-  $\sigma_b$ =до1500МПа, Кс не менее 200 К·Дж/м<sup>2</sup>, HRC 40..45,  $\delta$ - не менее 4...6% ; износостойкая втулка-  $\sigma_b$ =более1800 МПа, КС= до 160,  $\delta$ =3...4%, HRC 60...65.

Стендовые испытания биметаллического шатуна с игольчатым подшипником показали его высокую работоспособность и надежность.

Выводы.

Разработана технология горячей штамповки порошкового биметаллического композита, обладающего комплексом механических свойств: высокопластичный корпус и высокоизносостойкая втулка.

Рис. 4. Микроструктура биметалла по линии сварки

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Буров А.М., Журавлева Е.А., Родин Е.Е. Анализ работоспособности подшипников скольжения в специализированных машинах // Строительные и дорожные машины. 2014. №5. — С. 39–41.
2. Козловский М.З. и др. Теория машин и механизмов : учеб. пособие для студ. Высш. учебн. заведений / 3-е изд., испр. — М.: Издательский центр «Академия».
3. Буров А.М. и др. Изготовление шатунов пусковых двигателей методом горячей штамповки // Кузнечно-штамповочное производство ОМД. 1988. №8. — С. 1–2.

*В.В. Вовко<sup>(1)</sup>, С.В. Лукьяница<sup>(1)</sup>*

**ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
МОДИФИЦИРОВАННЫХ НЕФТЯНЫХ БИТУМОВ  
В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА АСФАЛЬТОВОГО БЕТОНА**

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет<sup>(1)</sup>

В связи с высокими осевыми нагрузками и большой интенсивностью движения очень часто наблюдается деформация покрытий автомобильных дорог, построенных с использованием асфальтобетонов на основе не модифицированных битумов, особенно в нашем регионе.

Многолетний опыт устройства дорожных покрытий с использованием не модифицированных битумов марки БНД, свидетельствует о том, что, при значении показателя температуры хрупкости битума, равном  $-27^{\circ}\text{C}$  (что намного превышает предел, указанный ГОСТ 22245), разрушение покрытия начинается уже в первый год эксплуатации по причине недостаточной способности битумного вяжущего к растяжению.

Для повышения сроков службы асфальтобетонных покрытий рекомендуется использовать битумы, модифицированные полимерами. Асфальтобетоны, приготовленные с использованием полимерных битумов, более устойчивы к деформациям за счет большой эластичности применяемых битумов. В настоящее время имеется огромный выбор используемых для модификации полимеров: эластомеры, термопласты и термоэластичные искусственные материалы.

Эластомеры эластичны в широком диапазоне температур: от низких до  $200^{\circ}\text{C}$ . При добавке эластомеров в битум повышается его вязкость, улучшается эластичность. В качестве эластомеров принято использовать натуральный или регенерированный каучук и полибутадиены.

Термопласты повышают вязкость и жесткость битумов при нормальных рабочих температурах (от  $-30^{\circ}\text{C}$  до  $60^{\circ}\text{C}$ ), не оказывают влияния на эластичность модифицированных битумов. В качестве термопластов используются полиэтилен и атактический полипропилен.

Термоэластичные искусственные материалы размягчаются при температурах выше обычных рабочих температур и хорошо деформируются в этом состоянии. Самым известным представителем группы термоэластичных пластмасс является стирол-бутадиен-стирол (СБС). Этот искусственный материал представляет собой блок-полимер, состоящий из блоков стирола и полибутадиена. Необходимое количество добавляемого материала зависит от дисперсного состояния вводимого вещества.

В последнее время количество модифицированных битумов, использованных в дорожном строительстве в европейских государствах, составило 7%. Характер распределения объема потребления модифицированных битумов по видам модифика-

торов свидетельствует о том, что наибольшее применение находят полимеры: полиолефины (9%), EVA (12%), полибутадиен (14%), типа СБС (41%). Производство битумов, модифицированных полимерами типа СБС, в европейских государствах возросло в среднем до 50% и составило, например, во Франции 80%, в Германии — 95%, в Испании — 65%, Бельгии — 80%, в Италии — 100% от всего объема изготавливаемых модифицированных битумов (сведения предоставлены фирмой «KRATON POLYMER»).

Использование полимеров типа СБС обусловлено их способностью повышать прочность битума и придавать полимерно-битумной композиции эластичность, причем при небольшой концентрации (3–5% от массы битума). Использование в рецептуре асфальтобетонной смеси битума, модифицированного полимером типа СБС, обеспечивает дорожному покрытию способность к быстрому снятию напряжений, возникающих в покрытии под воздействием движущегося транспорта и обеспечивает длительные сроки работы покрытий, несмотря на особо сложные условия их эксплуатации.

Способы приготовления модифицированных полимерами дорожных битумов предусматривают, как правило, повышенную температуру процесса (150–200°C) и интенсивное перемешивание компонентов. Температура разложения большинства используемых для модификации битумов полимеров значительно превышает температуру совмещения их с битумом. Следовательно, реакции термо- и механодеградации полимеров в массе битума не происходят, а если и имеют место, то протекают в очень незначительной степени. Битумы при нагревании размягчаются, а термопластичные полимеры, независимо оттого, были они кристаллическими или аморфными, переходят в вязко-текучее состояние. В результате, смесь полимера и битума при повышенной температуре представляет собой смесь двух жидкостей, различающихся по вязкости. Процесс их смешения в основном должен сводиться к диспергированию жидкости в жидкости. В случае термодинамически несовместимых (нерастворимых или частично растворимых) компонентов, предельный размер частиц в смеси зависит только от соотношения вязкостей и условий перемешивания, а смесь при повышенной температуре представляет собой эмульсию (рис. 1).

При приложении нагрузки к таким системам происходит деформация капель полимера в массе битума по направлению действия силы, и в зависимости от молекулярной массы, пластичности полимера разрушение, дробление их на капли или вытягивание в нити (рис. 2).

Низкая вязкость полимера способствует лучшему диспергированию его в битуме. При повышении содержания полимера размер капель в массе битума возрастает, т.к. растет вероятность их слияния, приводящей к обращению фаз в системе. Так, этилен-пропиленовый каучук СКЭПТ-Э-30 образует непрерывную фазу в битуме при введении в количестве не менее 9% масс (рис. 3).

Для взаимно растворимых компонентов степень дисперсности системы дополнительно возрастает за счет взаимодействия компонентов на границе раздела фаз. К таким полимерам относятся блоксополимеры типа СБС: KRATON D, ДСТ-30. Наличие в структуре стирол-бутадиен-стирольного полимера ароматических блоков обуславливает его сродство с нефтяным битумом, содержащим значительное количество ароматических соединений. При температуре смешения (175–185°C) вследствие растворения полимера в мальтенах образуется гомогенная композиция, и, как показывают оптические исследования, однородная при увеличении в 600 раз. Концентрационный предел взаимной растворимости битума и полимера снижается с увеличением молекулярной массы полимера.

При технологической температуре битум образует оптически однородные композиции с высокомолекулярным дивинил-стирольным термоэластопластом

( $M = 150\ 000$ ) при содержании последнего до 5% масс, в то время как с низкомолекулярным ДСТ-30 ( $M = 45\ 000$ ) — до 9% масс. При дальнейшем повышении концентрации ДСТ-30 в битуме происходит выделение в отдельную фазу асфальтосмолистой части битума, не являющейся растворителем для полимера (рис. 4).

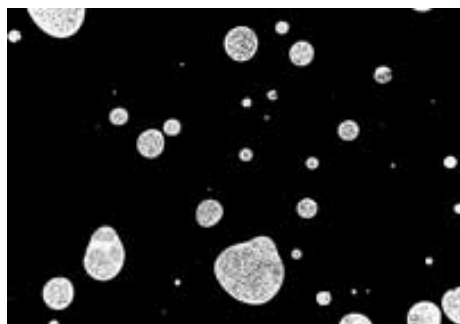


Рис. 1. Микроструктура композиций битума с 1% масс СКЭПТ-Э-30 при 200 и 25°C



Рис. 2. Микроструктура композиций битума с 5% масс СКЭПТ-Э-30 при 200 и 25°C

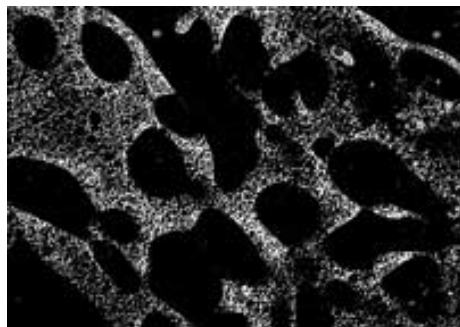


Рис. 3. Микроструктура композиций битума с 20% масс СКЭПТ-Э-30 при 200 и 25°C

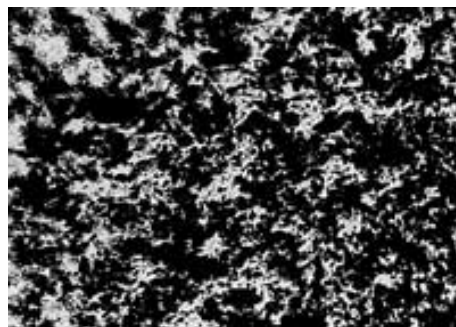


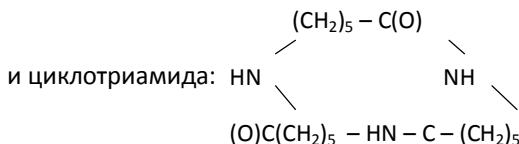
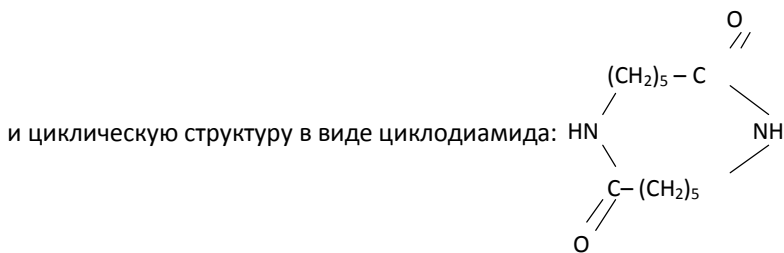
Рис. 4. Микроструктура композиции битума с 10% масс ДСТ-30 при 25°C

Кроме полимеров для улучшения свойств битума могут использоваться другие модификаторы: неорганические соли (хлорид марганца), природные асфальты, синтетические и природные смолы.

Передовой технологией, является использование модифицированных гелеобразных нефтяных битумов (МАК-битумов). В основе рассматриваемой модификации дорожных битумов лежит запатентованная в США технология формирования гелеобразной (желеобразной) структуры, которая позволяет расширить температурный интервал пластичности и замедлить старение органического вяжущего. Превращение битумного вяжущего в гелеобразное состояние происходит в результате реакции омыления жирных и смоляных кислот основаниями щелочных металлов непосредственно в расплавленной и обезвоженной среде битума. Наиболее просто достигается модификация битума в результате добавления и перемешивания предварительно омыленных продуктов в виде специально приготовленного МАК-порошка в количестве 2–3% от массы вяжущего. МАК-порошок представляет собой концентрат в виде мелкодисперсного продукта коричневого цвета с насыпной плотностью  $0,62\text{ г/см}^3$ . Размер частиц достигает 0,6 мм, влажность не более 1,5%. Фабрика по изготовлению МАК-порошка была построена фирмой «Shandong Highway Engineering Construction Group.,Ltd» в провинции Шандонг в 2002 году.

Механизм модификации нефтяных битумов ароматическими аминамилином и анилиновой смолой, а так же механизм взаимодействия модифицированных таким образом битумов с минеральными материалами изучен в работах профессора Романа С.И. и его учеников. Однако недостатком анилина и его производных является высокая токсичность, что ограничивает применение этого материала и определенные проблемы в технологии введения материалов в битумное вяжущее.

Олигомеры  $\epsilon$ -олигокапроновой кислоты, образующиеся в процессе производства поликапроамида, имеют линейную структуру, и их содержание преобладает в отходах производства поликапроамида:

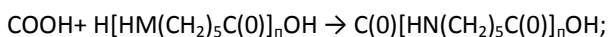


а также циклотриамид, циклопентаамид и циклогексамид.

Циклических олигомеров в поликапроамидных отходах может содержаться до 11,5%.

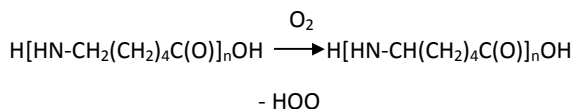
Преимуществом введения олигомеров в нефтяной битум является участие их в процессе модификации по нескольким направлениям:

- участие в модификации концевой  $H_2N$  — группы олигомера, которая взаимодействует с карбоксильными группами макромолекулярных структур образует амидные связи. Это приводит к встраиванию олигомера в макромолекулу



- участие карбоксильной группы молекулы олигомера в реакциях с минеральным порошком бетонов, что увеличивает адгезию модифицированного олигомерами битумного вяжущего;

- гомолитические реакции олигомеров с кислородом воздуха, протекающие с участием  $\alpha$ - $CH_2$ - группы мономерного звена.



Образуются алигорадикалы рекомбинируют с парамагнитными центрами различной структуры. Установлено, что в битуме структурного типа золь локальная концентрация не спаренных электронов в асфальтенах в 2 раза больше чем в битуме типа гель, асфальтены которого характеризуются меньшей средней концентрацией не спаренных электронов из-за актов рекомбинации с образованием макромолекулярных асфальтеновых структур. Рекомбинация олигомерных радикалов с парамагнитными центрами приводит к химическому агрегированию асфальтенов и повышению индекса пенетрации.

Свойства исходного и модифицированных битумов применявшихся в качестве вяжущего в асфальтобетонных смесях представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Свойства немодифицированного битума

Наименование показателей	Марка битума БНД 60/90	
	Норма по ГОСТ 22245-90	Фактически
Глубина проникания иглы, 0.1 мм		
а) при 25°C	61–90	84
б) при 0°C	20	21
Температура размягчения по КиШ, °C	47	50
Изменение температуры размягчения после прогрева, °C	5	4
Растяжимость, см		
а) при 25°C	55	88
б) при 0°C	3,5	4,2
Температура хрупкости, °C	-15	-16
Индекс пенетрации	-1,1 – 1,0	+0,2

Таблица 2

Свойства модифицированных битумов

Наименование показателей	Марка битума БНД 60/90	
	Вяжущее вид А*	Вяжущее вид Б**
Глубина проникания иглы, 0.1 мм		
а) при 25°C	61	65
б) при 0°C	22	27
Температура размягчения по КиШ, °C	56	59
Изменение температуры размягчения после прогрева, °C	3	4
Растяжимость, см		
а) при 25°C	95	68
б) при 0°C	6,1	4,8
Температура хрупкости, °C	-35	-26
Индекс пенетрации	0,4	0,4

А\* — битум БНД 60/90 модифицированный 6% — олигоапроаида.

Б\*\* — битум БНД 60/90 модифицированный 3% олигомера циклического и линейного строения.

Экспериментально подтверждено, что асфальтобетонные смеси приготовленные на модифицированном битумном вяжущем обладают улучшенными физико-механическими показателями по сравнению с исходными асфальтобетонными смесями. Комплекс высоких показателей модифицированного нефтяного битума обеспечивает повышенную трещиностойкость асфальтобетонных покрытий и их долговечность.



*А.С. Голованова<sup>(1)</sup>, Т.К. Акчурина<sup>(1)</sup>, О.Ю. Пушкарская<sup>(2)</sup>*

## **АРМИРОВАНИЕ И НАПОЛНЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ КАК ФАКТОР СОЗДАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ЗАДАННЫМ КОМПЛЕКСОМ СВОЙСТВ**

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет<sup>(1)</sup>  
Волжский институт строительства и технологий (филиал Волгоградского  
государственного архитектурно-строительного университета)<sup>(2)</sup>

Рынок современных гидроизоляционных материалов представлен как зарубежными образцами материалов, так и материалами отечественного производства. Качество отечественных материалов недостаточно стабильно, хотя и удовлетворяет рабочим параметрам. Импортные материалы обладают высоким качеством, но время транспортировки иногда превышает их срок годности, а аналоги местного производства оставляют желать лучшего, не имея стабильно базы исходных компонентов производства. Снижение цен пропиточных материалов не обеспечивает их качества. Проблемы защиты бетонных поверхностей от воздействия воды, агрессивных сред, атмосферных воздействий, остаются актуальными и требуют комплексного подхода: разработки составов на отечественных сырьевых материалах и технологий их изготовления, обеспечивающих стабильное качество покрытий и его низкую себестоимость.

Проблема дефицита и дороговизны исходных материалов для эпоксидных модифицированных гидроизоляционных композиций может решаться путем использования техногенных отходов полимерного и минерального состава. Возможности применения полимерных отходов при их модификации для гидроизоляционных композиций безграничны, как и синтез новых полимерных материалов, и в этом их большая притягательная сила и экономическая целесообразность для исследователей. Поэтому представляя определенный интерес исследования порошкообразного полимерного отхода, состоящего практически на 99,5% из эпоксидной смолы. Предметом исследования является полимерная композиция для гидроизоляции строительного назначения, представляющая собой многокомпонентную полимерную систему холодного отверждения (МПСХО). Полученный состав является тонкодисперсным порошкообразным материалом, что облегчит доставку его непосредственно к месту выполнения работ. Рекомендуемые растворители добавляются непосредственно перед нанесением гидроизоляции. МПСХО наносится без предварительной подготовки бетонных поверхностей. Обладая пропиточными свойствами, нанесение МПСХО значительно сокращает операцию обработки бетонной поверхности и позволяет снизить дефектность цементного камня, что приведет к повышению прочности бетонной конструкции.

Для улучшения прочностных характеристик МПСХО ее можно армировать дисперсным материалом минеральной органической природы, что сопровождается формированием нового комплекса свойств композиции. Это является результатом межфазных взаимодействий на границе раздела полимер-твердое тело, к которым, прежде всего, относятся адсорбционные или молекулярные взаимодействия. Они являются ответственными за адгезию на межфазной границе, физические, механические и другие свойства наполненных систем. Межфазные взаимодействия определяют особенности структуры граничного слоя, характер молекулярной упаковки, молекулярную подвижность, морфологию и другие его свойства.

Сочетание МПСХО с наполнителями является важнейшим способом создания современных композиционных материалов с заданным комплексом свойств, отличающимся от свойств исходных компонентов, что позволяет получать материалы с совершенно новыми технологическими или эксплуатационными свойствами. Особое внимание уделяется армированию полимеров, способствующих усилению конструкций. Для композиционных полимерных материалов различают два вида усиления:

– высоконаполненные системы, в которых полимер служит для обволакивания армирующих элементов (длинные волокна) и занимает в композиции меньший объем (20...50%);

– малонаполненные системы, в которых свойства композиции ближе к свойствам полимерной основы, а в качестве усиливающей фазы вводят небольшие количества коротких волокон или дисперсных частиц (5...25%).

В соответствии с общепринятой классификацией наполнителей в гетерофазных полимерных составах наиболее часто используются: сферические элементы (поверхность частицы кристаллического наполнителя находится в полимерной пленке); кристаллический наполнитель (с моноклинной массивной формой кристаллов, что способствует созданию более плотной структуры); волокнистые (в виде волокон, слабо пластифицирующихся смесью пластификаторов); синтетические полимеры, образующие нитевидную сетчатую структуру (фторопласт) [1, 3].

Представляют научно-практический интерес исследования малонаполненных систем МПСХО, в качестве усиливающей фазы использовались дисперсные абразивные частицы (АЧ) (состав I) и дискретные углеродные волокна (УВ) (состав II), являющиеся отходами производства. Целесообразность выбора наполнителей многокомпонентной полимерной системы оценивалась по наличию ингредиентов вторичных материальных ресурсов в регионе их рыночной стоимости.

Смешивание сухих компонентов МПСХО составов I и II осуществлялось при нормальных условиях лаборатории кафедры СМ и СТ, реакция полимеризации наполненных МПСХО с отверждением протекает в течение 10–16 ч. Жизнеспособность МПСХО при температуре около 20°C составляет 4 ч, с повышением температуры воздуха жизнеспособность смесей уменьшается. Применять композицию рекомендуется при любых положительных температурах. Сухая полимерная смесь может храниться до 3 лет при условии влагонепроницаемой упаковки. Лучшими разбавителями эпоксидных смол являются глицидиловые эфиры: крезил-, бутил-, фенил-, фурилглицидиловые эфиры и глицидиловые эфиры  $\alpha$ -разветвленных синтетических жирных кислот. Однако их высокая токсичность не позволяет рекомендовать эти эфиры для широкого применения. В проводимых исследованиях использовали разбавители кетоны, так как они считаются наилучшими растворителями для эпоксидных мол и композиций на их основе, способны растворять большие количества сополимера. Растворы имеют низкую вязкость, стабильны при хранении и не разрушаются при добавлении больших объемов разбавителей. Кетоны не обладают корродирующим действием и относительно нетоксичны [4, 5].

Минимальная усадка эпоксидных композиций, их высокая адгезия к бетону, механическая прочность и хорошая сопротивляемость агрессивным воздействиям позволяют широко применять эпоксидные смолы в качестве связующих составов композиций строительного назначения. Результаты испытаний прочностных характеристик наполненных составов МПСХО представлены в табл. 1.

Анализ результатов испытаний (табл. 1) показал, что рост прочностных характеристик характерен для наполнения МПСХО как абразивными частицами, так и углеродными волокнами. Наиболее высокими показателями прочности обладают составы при совместном присутствии наполнителей в соотношении 1:1. Увеличение содержания наполнителей от 5 до 15% дает прирост прочности в среднем на 5%. В сравнении с контрольным без добавочными образцом прочность при разрыве в ре-

зультате наполнения увеличилась на 60%, прочность при сжатии на 50%, прочность при изгибе на 30%. Показатели адгезии отвержденных наполненных составов превышают их когезионную прочность.

Таблица 1

Результаты испытаний прочности наполненных составов МПСХО

Прочность образцов	Контрольный образец	Составы наполненной композиции					
		Наименование наполнителей и их % введения от массы полимерной основы					
		АЧ (I)		УВ (II)		АЧ + УВ (1:1)	
		5	15	5	15	5	15
$\sigma_{\text{разр}}$ , МПа	2,5	2,6	2,5	3,8	4,3	4,5	5,5
$\sigma_{\text{сж}}$ , МПа	36,5	40,2	40,5	38	39	53	59
$\sigma_{\text{изг}}$ , МПа	13,5	14,3	15,0	24,3	25,6	28	30

К числу наиболее распространенных физико-химических явлений, происходящих на границе раздела фаз «наполнитель-полимер» относится смачивание. Хорошее смачивание поверхности наполнителя связующим (матрица) — одно из необходимых условий получения полимерного композиционного материала бездефектной структуры, обладающего высокими физико-механическими свойствами.

По характеру смачивания и наличия внешних и внутренних факторов можно получить обширные данные о взаимодействии поверхности твердого тела с жидкостью. Мерой смачивания обычно служит краевой угол между смачиваемой поверхностью и поверхностью жидкости на периметре смачивания (рис. 1).

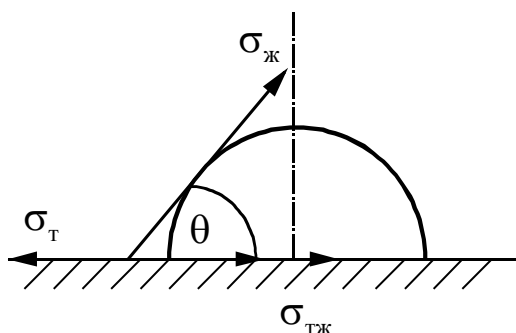


Рис. 1. Краевой угол смачивания твердое тело – жидкость

При статическом (равновесном) смачивании краевой угол  $\theta$  смачивания связан с поверхностным натяжением на границе раздела фаз уравнением Юнга:

$$\cos \theta = \frac{\sigma_T - \sigma_{TЖ}}{\sigma_ж} \tag{1}$$

Теоретически величина краевого угла зависит только от природы веществ, участвующих в смачивании, то есть от удельных свободных поверхностных энергий  $\sigma_T$ ,  $\sigma_ж$  и  $\sigma_{TЖ}$  на соответствующих границах раздела.

С точки зрения термодинамики система стремится к минимальному запасу энергии, в этом случае имеет место максимальная убыль свободной энергии системы при изотермическом процессе смачивания. Адгезия полимеров происходит лучше в том случае, если макромолекулы полярны и имеют большое количество хими-

чески активных функциональных групп. Для улучшения адгезии в состав композиции вводят активные добавки, молекулы которых образуют прочный ориентированный адсорбционный слой.

Поэтому исследование влияния добавок на адгезию полимерной основы МПСХО как к поверхности наполнителей, так и к поверхности подложки, при нанесении составов МПСХО на бетон в качестве гидроизоляции и дополнительного упрочнения, представляет научно — практический интерес. В качестве химической добавки использовали полигидросилоксаны 136-41.

С теоретической точки зрения улучшение смачивания поверхностей наполнителей модифицированной смеси МПСХО можно объяснить следующим.

Введенные в наполненный раствор МПСХО поверхностно-активные вещества адсорбируются на границе раздела фаз, в частности, на границе смолы с воздухом и смолы с поверхностью частиц наполнителя, образуя мономолекулярный слой, ориентированный строго определенным образом. Эти адсорбированные слои изменяют соотношение сил в системе и способствуют снижению поверхностной энергии связующего, что является, согласно равенству (1), необходимым условием смачивания.

Помимо этого, используемая добавка способствует снижению вязкости МПСХО в результате взаимодействия с отдельными цепями и звеньями макромолекул. Изменяя конформацию цепей полимерной основы, добавка способствует разворачиванию макромолекул и образованию из них плотного ориентированного слоя на границе раздела фаз. Такое действие органических добавок позволяет увеличить число контактов макромолекул с поверхностью твердого тела и усилить адсорбционное взаимодействие в системе полимер-наполнитель. Что, в свою очередь, улучшает смачивание контактирующих поверхностей и способствует росту адгезии. Результаты эксперимента представлены в табл. 2.

Таблица 2

Адгезионные характеристики модифицированной композиций МПСХО

Наименование добавки	Концентрация с, %	Краевой угол смачивания $\theta$ , град	Поверхностное натяжение $\sigma_{жк}$ , мДж/м <sup>2</sup>	Работа адгезии $W_{ар}$ , мДж/м <sup>2</sup>	Работа когезии $W_{кк}$ , мДж/м <sup>2</sup>	Коэф. растекания $S$	Отн. работа адгезии $Z_a$
МПСХО	-	23,64	41,58	80,90	85,70	-3,70	0,9629
КОЖ 136-41	0,1	23,39	40,87	79,37	84,18	-3,54	0,9648
	0,5	22,75	38,84	75,53	80,00	-3,24	0,9663
	1,0	22,73	38,21	74,31	78,66	-3,17	0,9668
	3,0	22,70	38,11	73,44	77,76	-3,13	0,9689

Кремнийорганическая жидкость 136–41, введенная в состав МПСХО, значительно снижает поверхностное натяжение полимерной смеси, являясь для нее поверхностно-активной (ПАВ). С ростом концентрации ПАВ происходит закономерное снижение поверхностного натяжения. Так при максимальной концентрации КОЖ 136–41 (3%) поверхностное натяжение уменьшается на 8,7%.

Процессы, протекающие на поверхности раздела полимер – наполнитель объясняются с точки зрения адсорбционной теории адгезии, которая рассматривает адгезию как результат проявления сил молекулярного взаимодействия между молекулами адгезива и субстрата [2].

Кремнийорганическая жидкость 136–41, адсорбируясь на границе раздела фаз, способствует снижению поверхностного натяжения МПСХО. Происходит уменьшение

краевого угла, повышается смачиваемость при снижении работа адгезии. Относительная работа адгезии композиции составляет 0,9629–0,9689, что приближается по значению к единице. Следовательно, силы сцепления между молекулами полимера и наполнителем приближаются по величине к силам сцепления молекул самого полимера. Это способствует формированию материала с однородной, бездефектной структурой.

Наполнение многокомпонентной полимерной композиции холодного отверждения в сочетании с использованием химических добавок, повышающих адгезионные характеристики полимерной смеси, позволяет прогнозировать свойства разрабатываемых составов и расширить область и использования в строительстве.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Наполнители для полимерных композиционных материалов / Справочное пособие под ред. Г.С. Каца и Д.В. Милевски.– М.: Химия, 1981.
2. Горюнов Ю.В., Сумм Б.Ю. Смачивание. – М.: Знание, 1972. – 54 с.
3. Липатов Ю.С. Физико-химические основы наполнения полимеров. – М.: Химия, 1991. – 260 с.
4. Калашникова А.С., Пушкарская О.Ю. Гидроизоляция строительного назначения — мировой и отечественный опыт // Инженерные проблемы строительного материаловедения, геотехнического и дорожного строительства : материалы IV Междунар. науч.-техн. конф. – Волгоград : Изд-во ВолгГАСУ, 2013. — С. 204–206.
5. Калашникова А.С., Акчурина Т.К., Пушкарская О.Ю. Полимерная система на основе отходов производства для гидроизоляции строительных конструкций // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : науч.-техн. журнал. – Астрахань: Изд-во АИСИ, 2014. №1(7). – С. 53–57.

*О.В. Душко<sup>(1)</sup>, Е.В. Калашникова<sup>(1)</sup>*

### **ВЛИЯНИЕ ДИСБАЛАНСА ИНСТРУМЕНТА НА КАЧЕСТВО ИЗДЕЛИЙ ИЗ ВЫСОКОТВЕРДОЙ КЕРАМИКИ**

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет<sup>(1)</sup>

Производственный опыт авторов и анализ литературных источников позволяют сделать заключение, что в процессе шлифования различных материалов возникают колебания инструмента ввиду неуравновешенности вращающихся элементов станка и электродвигателя. При этом, малоизученными являются колебания, проявляющиеся при неуравновешенности шлифовального круга, вызванной остаточным дисбалансом, допускаемом ГОСТом 3060-86. Так, для шлифовальных кругов группы А допускается дисбаланс неуравновешенных масс от 2 г до 20 г, а величина смещения центра масс относительно главной центральной оси вращения 2–10 мкм. В результате неуравновешенности снижается точность обработки деталей, увеличивается шероховатость поверхностей изделий, появляются прижоги и вырывы, а для керамики, ввиду ее хрупкости и свойств разрушаться без остаточных деформаций, появляются трещины. Для керамики отдельных рекомендаций или международных стандартов на обработку шлифованием пока нет. Очевидно, что ныне действующие ГОСТы и рекомендации по допустимым дисбалансам шлифовальных кругов разрабатывались с учетом обработки металлов. Поэтому, на наш взгляд, сегодня назрела необходимость определить, какие же динамические добавки к статическим реакциям опор возникают при рекомендованной ГОСТом допустимой неуравновешенности шлифовальных кругов.

При вращательном движении шлифовального круга вокруг оси, не совпадающей с главной центральной осью, шлифовальный круг становится неуравновешенным. Происходит такое перераспределение масс, которое во время вращения вызывает непрерывные перемещения нагрузки на опорах вала, характеризующие дисбаланс. Математически дисбаланс  $\bar{D}$  представляет собой векторную величину, равную произведению неуравновешенной массы  $m$  на ее эксцентриситет  $\bar{e}$ :  $\bar{D} = m\bar{e}$ .

Для определения дополнительных воздействий дисбаланса на опоры шпинделя, а значит и на шлифовальный круг, необходимо динамические реакции опор сравнить со статическими.

На рис. 1 дано схематическое изображение шпинделя с закрепленным на его конической части шлифовальным кругом станка ЗГ-71.

Считаем, что вал установлен на двух опорах  $A$  и  $B$ , из которых опора  $B$  - подпятник. Полагаем, что реакции опор лежат в плоскостях перпендикулярных осях вращения; на шлифовальный круг действуют внешние силы  $P_x, P_y, P_z$  (составляющие силы резания) и сила тяжести круга  $G_{кр}$ , а на вал – сила тяжести вала  $G_b$ ; расстояния между кругом и опорами соответственно  $a, b, c$ .

Для решения поставленной задачи воспользуемся принципом Германа – Эйлера – Даламбера. Приложим к каждой элементарной массе круга  $m_i$  силу инерции  $\Phi_i$ , направленную в сторону противоположную вращательному и центростремительному ускорению точки. Так как круг вращается с постоянной угловой скоростью, вращательное ускорение отсутствует. Сила инерции будет равна только силе инерции от центростремительного (нормального) ускорения  $\Phi_n$ , которую можно разложить по осям  $Y$  и  $Z$  на  $\Phi_{niy}$  и  $\Phi_{niz}$ .

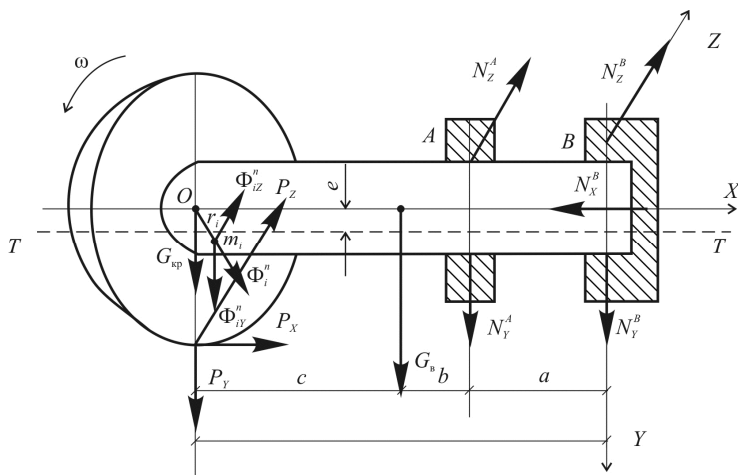


Рис. 1. Расчетная схема определения опорных реакций

На основании принципа Германа-Эйлера-Даламбера внешние силы, реакции связей и силы инерции, а также их моменты относительно оси, должны равняться нулю. В векторной форме это выглядит следующим образом:

$$\bar{F}^e + \bar{R}_A + \bar{R}_B + \bar{\Phi} = 0, \tag{1}$$

$$\bar{M}^e + \bar{M}^{R_A} + \bar{M}^{R_B} + \bar{M}^{\Phi} = 0. \tag{2}$$

В проектах на координатные оси уравнения равновесия запишутся:

$$\sum_{k=1}^n X_k = 0; P_x - N_x^B = 0, \quad (3)$$

$$\sum Y = 0; N_Y^A + N_Y^B + P_Y + G_{кр} + G_B + \sum \Phi_{iY}^n = 0, \quad (4)$$

$$\sum Z = 0; N_Z^A + N_Z^B + P_Z + \sum \Phi_{iZ}^n = 0, \quad (5)$$

$$\sum M_X = 0; \quad (6)$$

Уравнение в расчет не принимается, так как искомые реакции опор в него не входят:

$$\sum M_Y = 0; N_Z^A a + P_Z (a + b + c) + \sum \Phi_{iZ}^n (a + b + c) = 0, \quad (7)$$

$$\sum M_Z = 0; N_Y^A a + P_Y (a + b + c) + G_{кр} (a + b + c) + G_B \frac{a + b + c}{2} + \sum \Phi_{iY}^n (a + b + c) = 0. \quad (8)$$

Центробежную силу инерции определим по известной формуле:

$$\bar{\Phi}_i^n = m_i \bar{r}_i \omega^2. \quad (8')$$

Проекция силы инерции на ось Y:

$$\Phi_{iY}^n = \Phi_i^n \cos(\Phi_i^n j) = m_i r_i \omega^2 \frac{Y_i}{r_i} = m_i Y_i \omega^2 \quad (9)$$

Соответственно проекция силы инерции на ось Z равна:

$$\Phi_{iZ}^n = \Phi_i^n \cos(\Phi_i^n \bar{k}) = m_i r_i \omega^2 \frac{Z_i}{r_i} = m_i Z_i \omega^2. \quad (10)$$

Известно, что координаты центра масс системы материальных точек, равны:

$$Y_c = \frac{\sum m_i Y_i}{m}; \quad Z_c = \frac{\sum m_i Z_i}{m}, \quad \text{тогда:}$$

$$\sum \Phi_{iY}^n = m Y_c \omega^2, \quad (11)$$

$$\sum \Phi_{iZ}^n = m Z_c \omega^2. \quad (12)$$

Из уравнений равновесия получим выражения реакций опор A и B для неуравновешенного шлифовального круга:

$$N_X = P_X,$$

$$N_Z^A = -\left(P_Z + m Z_c \omega^2\right) \frac{a + b + c}{a},$$

$$N_Y^A = -\left(P_Y + G_{кр} + \frac{G_B}{2} + m Y_c \omega^2\right) \frac{a + b + c}{a}, \quad (13)$$

$$N_Z^B = \left( P_Z + mZ_c \omega^2 \right) \frac{b+c}{a},$$

$$N_Y^B = \left( P_Y + G_{кр} + \frac{G_B}{2} + mY_c \omega^2 \right) \frac{b+c}{a}.$$

В уравнения (13) входят члены, зависящие как от внешних сил, так и сил инерции. В случае динамического равновесия шлифовального круга необходимо и достаточно, чтобы ось вращения проходила через его центр масс. В этом случае  $Y_c = 0$  и  $Z_c = 0$ ; тогда реакции опор будут зависеть только от внешних сил и примут вид:

$$N_X^B = P_X,$$

$$N_Y^A = - \left( P_Y + G_{кр} + \frac{G_B}{2} \right) \frac{a+b+c}{a}, \quad (14)$$

$$N_Z^B = P_Z \frac{b+c}{a},$$

$$N_Y^B = \left( P_Y + G_{кр} + \frac{G_B}{2} \right) \frac{b+c}{a}.$$

Влияние дисбаланса на инструмент в процессе шлифования можно определить, если из (13) вычесть (14): тогда динамические реакции опор  $A$  и  $B$  от неуравновешенного круга будут соответственно равны:

$$N_Y^A = mY_c \omega^2 \frac{a+b+c}{a}, \quad N_Z^A = mZ_c \omega^2 \frac{a+b+c}{a}, \quad (15)$$

$$N_Y^B = mY_c \omega^2 \frac{b+c}{a}, \quad N_Z^B = mZ_c \omega^2 \frac{b+c}{a}.$$

Здесь необходимо иметь ввиду, что в случае неуравновешенного круга вращение происходит относительно оси инерции  $T-T$ , смещенной от оси вала на эксцентриситет  $e$ . Тогда в выражениях (15) координаты  $Y_c$  и  $Z_c$  следует соответственно заменить на  $e \cdot \cos \phi$  и  $e \cdot \sin \phi$ .

С учетом эксцентриситета (рис. 2), выражения (15) примут вид:

$$N_Y^A = m e \cos \phi \cdot \omega^2 \frac{a+b+c}{a} = m e \cos \omega t \cdot \omega^2 \frac{a+b+c}{a}, \quad (16)$$

$$N_Z^A = m e \sin \phi \cdot \omega^2 \frac{a+b+c}{a} = m e \sin \omega t \cdot \omega^2 \frac{a+b+c}{a}, \quad (17)$$

$$N_Y^B = m e \cos \phi \cdot \omega^2 \frac{b+c}{a} = m e \cos \omega t \cdot \omega^2 \frac{b+c}{a}, \quad (18)$$

$$N_Z^B = m e \sin \phi \cdot \omega^2 \frac{b+c}{a} = m e \sin \omega t \cdot \omega^2 \frac{b+c}{a}. \quad (19)$$



Выражения (16–19) позволяют установить ожидаемую динамическую «добавку» на опоры при определенном наперед заданном значении эксцентриситета и указывают на то, что реакции опор носят переменный характер, меняющихся по законам синуса или косинуса.

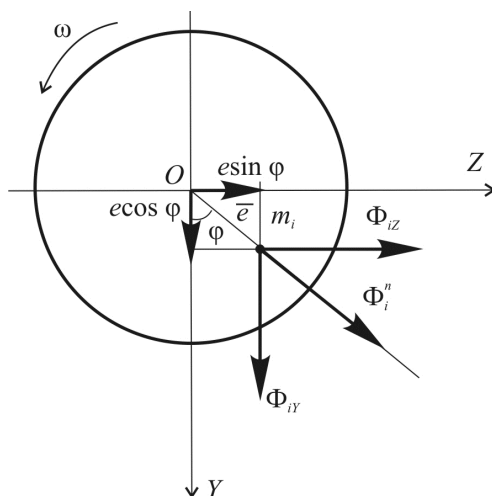


Рис. 2. Расчетная схема определения динамических сил с учетом эксцентриситета

Для определения числовых значений динамических реакций по формулам (16–19) был рассмотрен шпиндель шлифовального станка ЗГ-71 с массой круга 2 кг, размерами  $a = 0,175$  м;  $b = 0,07$  м;  $c = 0,245$  м; числом оборотов вала 2740 об/мин. Значение эксцентриситета менялось в пределах допустимом ГОСТ 3060-86: в пределах от 2 до 10 мкм. Значения динамических опорных реакций представлено в табл. 1 и графиком на рис. 3.

Таблица 1

Значения динамических опорных реакций

$e$ , мкм	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\pm N_y^A$ , Н	0,92	1,38	1,84	2,3	2,76	3,2	3,6	4,14	4,6
$\pm N_y^B$ , Н	0,52	0,88	1,18	1,4	1,77	2,07	2,36	2,61	2,96

Большинство исследователей считают, что для хрупких материалов наибольшие значения радиальной сила  $P_y$ , для получения поверхности изделия без сколов, могут быть порядок 80 Н [1–6]. Такое утверждение нельзя считать исчерпывающим, так как оно не учитывает тот очевидный факт, что в радиальном направлении кроме силы  $P_y$  действуют дополнительные силы, возникающие в результате остаточной неуравновешенности шлифовального круга.

Предварительные расчеты по предложенным нами формулам (16–19) показали, что эти силы составляют от 6 до 10% от радиальной силы  $P_y$ .

С увеличением диаметра, массы круга и частоты его вращения дополнительная сила при допустимой неуравновешенности резко возрастает до 20% и более.

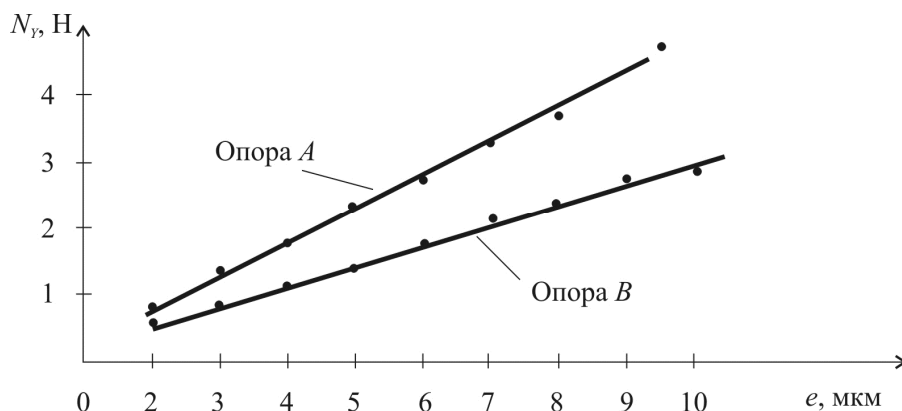


Рис. 3. Дополнительная нагрузка на опоры неуравновешенного шлифовального круга

Таким образом:

1. Предложена методика определения динамических нагрузок на опоры вала шлифовального станка при его статической неуравновешенности.
2. Остаточная неуравновешенность шлифовального круга вызывает в плоскостях перпендикулярных оси вращения колебания инструмента периодического характера, меняющего по закону синуса или косинуса.
3. Допустимое ГОСТ 3060-86 смещение центра масс шлифовального круга относительно центральной оси вращения дает дополнительную знакопеременную радиальную нагрузку в пределах 1 – 4,5 Н, что составляет 6 – 8% от статической.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шумячер В.М., Пушкарев Д.О., Душко О.В. Методология прогнозирования эффективности шлифования высокотвердых керамических материалов по энергетическому критерию их поверхностной хрупкости // Станки и инструменты. 2009. №3. – С. 22–24.
2. Бердигов В.Ф., Кузнецова Е.Д., Пушкарев Д.О. Исследование поверхностной прочности и трещиностойкости высокотвёрдых керамических материалов методом микровдавливания // Процессы абразивной обработки, абразивные инструменты и материалы : сб. ст. междунар. науч.-техн. конф. / ВИСТех (филиал) ВолгГАСУ. – Волжский, 2001. – С. 71–75.
3. Виноградов А.А. Контактные нагрузки на режущих поверхностях // Резание и инструмент. 1990. №44. – С. 124–128.
4. Душко О.В., Шумячер В.М., Башкирцева И.В. Динамика контактного взаимодействия инструмента и детали при абразивном диспергировании // Абразивное производство : сб. науч. тр. – Челябинск: ЮУрГУ, 2005. – С. 131–138.
5. Душко О.В., Шумячер В.М., Пушкарев Д.О. Методология прогнозирования эффективности шлифования высокотвердых керамических материалов по энергетическому критерию их поверхностной хрупкости // Станки и инструменты. 2009. № 3. – С. 22–24.
6. Душко О.В., Шумячер В.М. Алмазное шлифование карбидкремниевой керамики для машиностроения: моногр. – Волгоград: Изд-во ВолгГАСУ, 2009. – 80 с.

*Н.А. Козлов<sup>(1)</sup>, С.М. Зинченко<sup>(1)</sup>, И.Э. Козлова<sup>(1)</sup>, Р.Т. Мамешев<sup>(2)</sup>*

## **НЕАВТОКЛАВНЫЙ ПЕНОБЕТОН С ПРИМЕНЕНИЕМ МИНЕРАЛЬНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ**

Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина<sup>(1)</sup>  
Западно-Казахстанский аграрно-технический университет  
им. Жангир-хана, г. Уральск, Казахстан<sup>(2)</sup>

Развитие малоэтажного строительства, а также возведение многоэтажных домов по каркасно-монолитной и монолитным технологиям проанонсировало развитие и увеличение производственных мощностей выпуска ячеистобетонных стеновых материалов. В связи с чем, повысился уровень конкуренции данных видов строительных материалов на рынке. Снижение стоимости изделий при условии сохранения или увеличения физико-механических и эксплуатационных характеристик готовой продукции является актуальной задачей для технологов многих предприятий.

Наибольшее распространение на рынке стеновых материалов получили автоклавные газосиликатные блоки, однако, недостатками этого производства является высокая энергоемкость, поэтому в некоторых случаях их применение не всегда оправдано. Неавтоклавный пенобетон со сравнительно простой технологией, с меньшими затратами энергии, при обеспечении высоких физико-механических, эксплуатационных, в том числе теплоизоляционных характеристик являются весьма перспективным направлением для дальнейших разработок.

Согласно многим источникам, выбор пенообразователя, играет важнейшую роль на начальном этапе формирования структуры пенобетона, и в значительной степени обуславливает как технологические особенности производства, так и технические и эксплуатационные характеристики получаемой продукции. Кроме того очень важными факторами для получения высококачественного неавтоклавного пенобетона являются характеристики и свойства исходных компонентов, таких как портландцемент, минеральные наполнители [1, 2, 3], а также модифицирующие добавки.

Для придания пенобетону высоких физико-механических и эксплуатационных характеристик применяют различные органические и минеральные добавки. В качестве минеральных добавок возможно применение высокодисперсных природных материалов, горных пород и техногенных продуктов промышленности. Обязательным условием эффективного применения данных добавок является их совместимость, как с пенообразователем, так и с портландцементом.

Полученные положительные результаты в ранее проведенных научных исследованиях по изучению и разработке композиционных цементных вяжущих [4] дают предпосылки о том, что весьма перспективным в качестве наполнителя и для получения пенобетона может выступать молотый пумицит Бедыкского месторождения (Кабардино-Балкария), представляющий собой рыхлых продукт смеси пород алюмосиликатного состава вулканического происхождения. Химический состав пумицита определялся по количественным показателям концентраций основных оксидов методом рентгенофлуоресцентного анализа и представлен:  $\text{SiO}_2$  — 57,2...59 мас. %,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  — 10,8...11,3 мас. %,  $\text{CaO}$  — 11...13,6 мас. %,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  — 3,5...7,5 мас. %,  $\text{K}_2\text{O}$  — 6,4...8,5 мас. %,  $\text{MgO}$  — 1,3...1,6 мас. %.

Объектом исследования послужил неавтоклавный пенобетон, изготовленный при постоянном  $V/C = 0,37$  на основе бездобавочного портландцемента М500-Д0

производства ОАО «Вольскцемент». Пенообразователь GreenFroth P (белковый, производство Италия). Предел прочности на сжатие определялся на образцах-кубах 100×100×100 мм на 28 сутки твердения. В качестве минеральных добавок-наполнителей применялся молотый пумицит Бедыкского месторождения (Кабардино-Балкария) в сравнении с молотым кварцевым песком. Данные испытаний приведены в табл. 1.

Таблица 1

Влияние минеральных добавок на физико-механические характеристики пенобетона

Добавка	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Прочность, МПа	к.к.к.
Без добавки	463,55	0,864	1,86
Пумицит 5%	475,97	1,687	3,54
Пумицит 10%	495,55	1,725	3,48
Пумицит 15%	505,54	1,718	3,39
Пумицит 20%	513,87	1,732	3,37
Песок 5%	479,71	1,589	3,31
Песок 10%	502,93	1,612	3,20
Песок 15%	538,25	1,615	2,99
Песок 20%	551,75	1,636	2,96

Полученные данные демонстрируют, что наиболее высокий коэффициент конструктивного качества у образцов с содержанием 5% пумицита, однако, наиболее высокая прочность у образца с содержанием 20% пумицита. Следует отметить, что степень наполнения ячеистобетонной массы минеральными добавками играет важную роль для получения образцов пенобетона оптимальной прочности и плотности.

Таким образом, можно сделать вывод, что применение пумицита в качестве минеральной добавки увеличивает к.к.к., при этом обеспечивает высокие показатели прочности пенобетона, что при должном подходе позволяет добиваться экономии портландцемента. Для выявления потенциала экономии портландцемента при использовании минеральных наполнителей были проведены дополнительные исследования, данные о которых представлены в табл. 2.

Таблица 2

Влияние минеральных добавок при замене части цемента, на физико-механические характеристики образцов пенобетона

ПЦ, кг	Добавка	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Прочность, МПа	к.к.к.
300	Без добавки	463,55	0,864	1,86
285	Пумицит 5 %	462,56	1,179	2,54
270	Пумицит 10 %	472,21	1,234	2,61
255	Пумицит 15 %	485,63	1,231	2,53
240	Пумицит 20 %	503,11	1,245	2,47
285	Песок 5 %	478,54	1,159	2,42
270	Песок 10 %	494,78	1,163	2,35
255	Песок 15 %	515,19	1,170	2,27
240	Песок 20 %	527,26	1,179	2,23

Применение минеральных наполнителей для получения пенобетона позволяет полнее использовать клинкерную часть цементов, при незначительном увеличении плотности образцов, наблюдается устойчивое повышение физико-механические характеристик.

Таким образом, можно сделать вывод о целесообразности применения молотого пумицита в качестве компонента при изготовлении неавтоклавного пенобетона, обладающего достаточно высокой прочностью при снижении расхода клинкерной составляющей. Использование активной минеральной добавки пумицита при изготовлении ячеистых бетонов, позволяет существенно повысить экономическую составляющую производства. Однако для успешного внедрения добавки пумицита в производство пенобетона необходимо произвести всесторонние исследования влияния пумицита на физико-механические и эксплуатационные характеристики пенобетона, а также изучить гидратационные процессы протекающих в цементном камне в присутствии пенообразователя и пумицита.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Страхов А.В., Иващенко Н.А., Тимохин Д.К.* Влияние активных минеральных наполнителей на формирование структуры и свойств энергоэффективных строительных композитов // Вестник Саратовского государственного технического университета, 2012. Вып. №1(67), Том 3. — С. 228–230.

2. *Иващенко Ю.Г., Тимохин Д.К.* Физико-химические основы применения высокодисперсных наполнителей при конструировании составов композиционных строительных материалов // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона, 2011. №1. — С. 40–43.

3. *Иващенко Ю.Г., Евстигнеев С.А., Страхов А.В., Тимохин Д.К.* Механоактивированные модифицирующие добавки для строительных композитов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. №3. — С. 47–52.

4. *Иващенко Ю.Г., Зинченко С.М.* Эффективность использования минеральной добавки алюмосиликатного состава совместно с пластификатором на основе фенолоацетоновых смол в цементных композициях // Вестник ВолгГАСУ. Серия: Стр-во и архитектура, 2011. Вып. 23(42). — С. 110–115.

*В.А. Перфилов<sup>(1)</sup>, У.В. Канавец<sup>(1)</sup>*

#### ЛЕГКИЙ ОГНЕУПОРНЫЙ БАЗАЛЬТОФИБРОБЕТОН

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет<sup>(1)</sup>

В промышленности строительных материалов, а именно при производстве легких огнеупорных бетонов большое внимание уделяется соотношению между прочностью и плотностью при сохранении высоких огнеупорных свойств.

В настоящее время известна сырьевая смесь для производства легкого огнеупорного бетона, включающая алюминиевую пудру, ортофосфорную кислоту 60% концентрации, глиноземистый шлак, серноокислый шлак и вермикулит при следующем соотношении компонентов (масс. %): алюминиевая пудра 3–4; указанная ортофосфорная кислота 22–25; глиноземистый шлак 40–42; серноокислый шлак 12–14; вермикулит 15–23 [1]. Недостатком указанной сырьевой смеси является низкая прочность на сжатие и растяжение.

Существует также сырьевая смесь для производства легкого огнеупорного фибробетона, включающая алюминиевую пудру, ортофосфорную кислоту 60% концентрации, глиноземистый шлак, серноокислый шлак, вермикулит, фибровые волокна из

проволоки «Хромель Т» при следующем соотношении компонентов, масс. %: алюминиевая пудра 3–4, указанная ортофосфорная кислота 24–26, глиноземистый шлак 32,5–34,5, сернокислый шлак 13–15, вермикулит фракции 0–5 мм 18–26, фибровые волокна из проволоки «Хромель Т» диаметром 0,5 мм, длиной 30 мм 1,5–2,5 [2]. Недостатком сырьевой смеси, применяемой только при температуре 800<sup>0</sup>С, является низкая прочность на сжатие и растяжение, и использование фибры из проволоки «Хромель Т», применяемой для изготовления термопар и содержащей в своем составе 8–10% хрома и 90–92% никеля, увеличивает стоимость приготовленной смеси.

Целью исследований являлось снижение плотности, повышение прочности на сжатие и растяжение сырьевой смеси за счет повышения сопротивления сжимающим и растягивающим напряжениям при сохранении огнеупорности и времени отверждения, повышении температуры применения до 1100<sup>0</sup>С.

Для решения поставленной цели была подобрана сырьевая смесь для производства легкого огнеупорного фибробетона, применяемого до температуры 1100<sup>0</sup>С, включающая алюминиевую пудру, ортофосфорную кислоту 60% концентрации, глиноземистый шлак, сернокислый шлак, вермикулит и дополнительно содержащая базальтовое волокно диаметром 12–14 мкм и длиной 6–10 мм при следующем соотношении компонентов, масс. %:

- алюминиевая пудра: 3–4;
- указанная ортофосфорная кислота; 24–26;
- глиноземистый шлак; 32,5–34,5;
- сернокислый шлак: 13–15;
- вермикулит фракции 0–5 мм: 20,3–27,4;
- базальтовые фибровые волокна диаметром 12–14 мкм, длиной 6–10 мм:

0,1–0,2.

Предлагаемый легкий огнеупорный (жаростойкий) фибробетон эксплуатируется при температурах до 1100<sup>0</sup>С и соответствует классу И 11 по предельно допустимой температуре применения согласно ГОСТ 20910 «Бетоны жаростойкие. Технические условия». Полученные значения прочности на сжатие и растяжение определялись после нагрева при температуре 1100<sup>0</sup>С.

Для повышения сопротивления сжатию и растяжению в сырьевую смесь вводили базальтовые волокна-фибры диаметром 12–14 мкм и длиной 6–10 мм.

Использование базальтовой фибры вместо металлической обусловлено тем, что при температурах более 800<sup>0</sup>С металл расширяется, что приводит к деформациям на поверхности раздела фибры и других компонентов легкого бетона. Предлагаемая хорошо известная базальтовая фибра при нагреве до таких же температур и выше не подвергается расширению и любым другим деформациям, что, главным образом, влияет на увеличение прочности при сохранении времени отверждения.

Базальтовое волокно производится на основе однокомпонентного сырья – горной породы типа базальта. Оно повышает сопротивление механическим воздействиям при прочности на растяжение до 2000 МПа, тем самым, блокируя развитие трещин в легком бетоне. Кроме того, базальтовое волокно имеет высокую огнеупорность, низкую плотность (не более 35 кг/м<sup>3</sup>) и невысокую стоимость (не более 165 руб. за 1 кг).

Снижение плотности и увеличение прочности полученных изделий, в сравнении с известными составами, обеспечивается тем, что в предлагаемой сырьевой смеси увеличено количество вермикулита фракции 0–5 мм. А вместо дорогих металлических волокон используются менее плотные, более прочные и относительно недорогие базальтовые волокна.

Таким образом, введение в сырьевую смесь легких и высокопрочных базальтовых волокон-фибр, а также увеличение расхода легкого наполнителя - вермикулита обеспечивает получение быстротвердеющей смеси повышенной прочности на сжа-

тие и растяжение при снижении плотности и сохранении высокой огнеупорности и времени отверждения. Полученный новый материал способен выдерживать температуры до 1100<sup>0</sup>С, твердеть за 29–31 минуту, иметь малую плотность и сохранять относительно высокие показатели прочности после нагрева за счет комплексного влияния алюминиевой пудры, ортофосфорной кислоты, глиноземистого шлака, сернокислого шлама, вермикулита и высокотемпературостойких недеформируемых базальтовых волокон.

Сырьевую смесь готовят в следующей последовательности. К серноокислому шламу добавляют ортофосфорную кислоту 60% концентрации в количестве 32% от общего объема и перемешивают в течение 1–2 минут. Отдельно приготавливают сухую смесь, состоящую из алюминиевой пудры, глиноземистого шлака, вермикулита фракции 0–5 мм и базальтовых волокон-фибр диаметром 12–14 мкм и длиной 6–10 мм. Время перемешивания обусловлено равномерным распределением базальтовых фибр в смеси и составляет 3–5 минут. Подготовленные в разных емкостях указанные смеси соединяют и затворяют оставшимся количеством (68%) ортофосфорной кислоты 60 % концентрации. Полученную сырьевую смесь интенсивно перемешивают до начала бурного тепловыделения и формуют в изделие. Скорость затвердевания смеси составляет 29–31 мин.

Для экспериментальной проверки сырьевой смеси были приготовлены несколько составов смесей, отличающиеся друг от друга различным содержанием компонентов в процентном отношении по массе, три из которых показали оптимальные результаты.

Полученные составы сырьевой смеси представлены в табл. 1.

Таблица 1

Составы сырьевой смеси	Содержание компонентов в составе смеси, масс. %		
	1	2	3
Алюминиевая пудра	3,0	3,5	4,0
Кислота ортофосфорная 60% концентрации	24,0	25,0	26,0
Глиноземистый шлак	32,5	33,5	34,5
Серноокислый шлак	13,0	14,0	15,0
Вермикулит фракции 0-5 мм	27,4	23,85	20,3
Фибра базальтовая диаметром 12–14 мкм, длиной 6–10 мм	0,1	0,15	0,2

Для сравнения физико-механических свойств сырьевой смеси с известными составами были изготовлены образцы, которые подвергались испытаниям прочности на сжатие и на растяжение после нагрева до температуры 1100<sup>0</sup>С.

Результаты испытаний приведены в табл. 2.

Таблица 2

Свойства сырьевой смеси	Известный состав [2]	Составы сырьевой смеси		
		1	2	3
Время отверждения, мин.	29–31	29	30	31
Прочность на сжатие, МПа	3,8–4,47	4,8	5,11	5,6
Прочность на растяжение, МПа	1,12–1,78	1,52	1,79	2,51
Средняя плотность, г/см <sup>3</sup>	0,58–0,64	0,49	0,53	0,59

Анализ представленных в таблицах данных показывает, что введение в сырьевую смесь базальтовых волокон-фибр диаметром 12–14 мкм и длиной 6–10 мм, имеющих высокие огнеупорные свойства, при указанных соотношениях входящих в нее компонентов способствует, согласно составу №3, увеличению прочности на сжатие на 25,3%, а прочности на растяжение — на 41% при снижении средней плотности изделий на 8% и одинаковом по сравнению с известными составами времени отверждения.

Использование предлагаемой сырьевой смеси позволяет повысить прочность, трещиностойкость и долговечность (срок службы) конструкций теплотехнических сооружений. Увеличение прочности и снижение плотности сырьевой смеси, применяемой до температуры 1100<sup>0</sup>С, достигается при значительном снижении расхода более дешевых базальтовых фибровых волокон, что позволяет уменьшить затраты на производство легкого огнеупорного фибробетона.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Перфилов В.А., Агеев Ю.С. Сырьевая смесь для производства легкого огнеупорного бетона / Патент РФ № 2257363 от 27.05.2005.
2. Перфилов В.А., Алаторцева У.В., Агеев Ю.С., Митяев С.П., Тюрин А.А. Сырьевая смесь для производства легкого огнеупорного фибробетона / Патент РФ №2361847 от 20.07.2009.

*Р.М. Поникаровских<sup>(1)</sup>, Т.К. Цебоева<sup>(1)</sup>, Л.С. Майорова<sup>(1)</sup>, О.К. Потапова<sup>(1)</sup>*

### **АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ РАЗЛИЧНОГО ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет<sup>(1)</sup>

Промышленность строительных материалов — одна из ресурсоемких подотраслей народного хозяйства. В настоящее время высокая ресурсоемкость является одним из важнейших факторов, сдерживающих развитие не только этой подотрасли, а и всего строительного комплекса. Находясь под влиянием требований строительства, промышленность строительных материалов в свою очередь воздействует на технический процесс в строительстве, активно преобразуя характер и темп строительного производства, влияя на стоимость строительных работ и всего строительного комплекса.

Известно, что затраты на материалы составляют более половины общей стоимости строительно-монтажных работ и около трети капитальных вложений в весь строительный комплекс страны. Поэтому с целью снижения затрат на капитальное строительство необходимо в первую очередь добиться существенного уменьшения затрат в производстве строительных материалов.

Решение этой задачи тесно связано с широким вовлечением в производство строительных материалов техногенных отходов и наиболее рациональном их использовании. Это, во-первых, позволяет достичь существенной экономии природного сырья и, во-вторых, благоприятно повлияет на экологическую обстановку в регионах накопления техногенных отходов.

Эти два направления находятся под пристальным вниманием исследователей и всех специалистов промышленности строительных материалов. Приоритетными научно-исследовательскими работами являются те, которые направлены на всемер-



ное ресурсосбережение и широкое внедрение промышленных отходов в производство строительных материалов. При этом особую ценность представляют работы, выявляющие новые возможности тех или иных отходов по созданию местных вяжущих веществ и строительных материалов на их основе. Это не только приводит к экономии природных ресурсов и улучшению экологической обстановки, но и резко снижает объемы перевозок сырья и материалов, а следовательно, снижает производственные затраты предприятий, производящих строительные материалы, и самих строительных организаций.

В этом плане следует выделить работы, направленные на достижение глубокой переработки сырья, создание безотходных и экологически чистых технологий, а также обеспечивающих получение строительных материалов с высокими показателями общестроительных, функциональных и эксплуатационных свойств.

В настоящее время строительная индустрия базируется на применении цементного бетона (железобетона) и растворов. Технология цемента характеризуется высокими топливно-энергетическими затратами, связанными с необходимостью добычи, транспортировки и переработки огромного количества нерудных полезных ископаемых. Поэтому цементные бетон (железобетон) и растворы представляют собой дорогостоящий строительный материал.

Сократить расход цемента, а в некоторых случаях и полностью отказаться от него, поможет широкое вовлечение в производство местных вяжущих веществ техногенных отходов различных производств.

Отходами предприятий Волгоградской области, возможности переработки которых раскрыты еще не полностью, являются отвалы сталеплавильные шлаки (табл. 1), эпоксидсодержащие отходы (табл. 2, рис. 1), отходы инструментального производства (табл. 3), отходы стекла (табл. 4), алюмосодержащие отходы (табл. 5).

Таблица 1

Химический состав отвалных сталеплавильных шлаков

№ п.п.	Химический состав, %								
	SiO <sub>2</sub>	CaO	CaF <sub>2</sub>	MgO	MnO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO+Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CrO	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
1.	22,2	20,54	—	9,64	3,50	12,61	7,01	9,93	16,0
2.	27,6	19,2	—	12,9	3,99	16,8	2,2	9,41	7,81
3.	27,6	22,7	—	12,5	5,14	13,9	1,54	6,31	7,96
4.	15,13	18,6	—	25,6	15,62	12,2	2,68	9,90	4,72
5.	11,8	14,2	—	13,7	6,99	10,4	1,82	7,53	5,15
6.	6,98	3,6	—	12,2	33,7	2,77	33,0	18,7	0,76
7.	10,8	40,1	2,5	4,2	4,88	1,90	23,94	0,25	2,0
8.	17,3	39,7	2,0	12,4	4,94	2,86	19,47	0,23	1,5
9.	21,8	47,5	2,7	11,6	3,64	2,74	9,02	0,10	0,75
10.	28,6	35,1	10,2	3,21	15,7	4,96	0,79	—	—
11.	21,9	9,18	—	28,65	—	16,12	6,39	—	15,33
12.	27,1	11,34	—	29,26	—	14,97	6,53	—	13,87
13.	22,4	9,99	—	26,92	—	16,7	6,61	—	14,24
14.	17,5	33,6	—	15,6	5,69	—	14,9	0,39	4,38

Таблица 2

Основные характеристики эпоксидсодержащего отхода

Наименование показателя	Единицы измерения	Значения показателя
Плотность	г/см <sup>3</sup>	1,3–1,6
Размер частиц: — остаток на сите 177 мкм — остаток на сите 40 мкм	%	0–1 45–54
Время гелеобразования (205 ± 3 °С)	сек.	30±20%
Время гелеобразования (232 ± 3 °С)	сек.	11±20 %
Температура стеклования: – T <sub>g</sub> 1 – T <sub>g</sub> 2	°С	48–66 95–110
Влажность	% по массе	0–0,6

Таблица 3

Химический состав отхода инструментальной промышленности (% по массе)

<i>SiO<sub>2</sub></i>	<i>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></i>	<i>MgO</i>	<i>CaO</i>	<i>Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O</i>	<i>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></i>
3,8–23,8	89,6–60,8	0,12–0,35	0,3–1,9	0,95–6,0	0,4–1,7

Таблица 4

Химический состав искусственных стекол

Вид искусственных стекол	Состав в % по массе									
	<i>SiO<sub>2</sub></i>	<i>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></i>	<i>CaO</i>	<i>MgO</i>	<i>Na<sub>2</sub>O</i>	<i>K<sub>2</sub>O</i>	<i>B<sub>2</sub>O</i>	<i>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></i>	<i>PbO</i>	<i>SO<sub>3</sub></i>
Оконное	71,1	2,0	6,6	4,1	14,8	–	–	0,1	–	0,5
Тарное	71,5	3,3	5,2	3,2	16,0	–	–	0,6	–	0,2
Сортовое	74,5	0,5	6,5	2,0	14,0	2,0	–	–	–	–
Химико-лабораторное	68,4	3,9	8,5	–	9,4	7,1	2,7	–	–	–
Оптическое	41,4	–	–	–	–	5,4	–	–	53,2	–
Электроколбочное	71,9	–	5,5	3,5	16,1	1,0	–	–	–	–

Таблица 5

Химический состав алюмосодержащей добавки (% по массе)

<i>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></i>	<i>Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub></i>	<i>SiO<sub>2</sub></i>	<i>KNO<sub>3</sub></i>	<i>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></i>	<i>CaO</i>	<i>H<sub>2</sub>O</i>
69,18	12,77	7,9	4,9	1,72	0,14	3,39

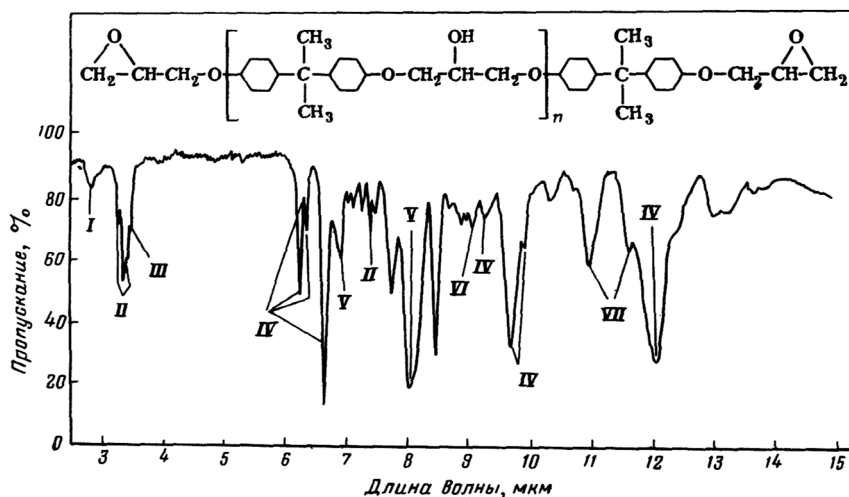


Рис. 1. ИК-спектрограмма эпоксидсодержащего отхода:  
 I — гидроксильная группа; II — метильные группы; III — метиленовые группы;  
 IV — замещенный ароматический углеводород; V — эфирные группы;  
 VI — простой фениловый эфир; VII — эпоксидная группа

Исследованиями установлено, что бесклинкерное вяжущее, состоящее из совместноизмельченных отвального сталеплавильного шлака, стеклобоя, модифицирующей алюмосодержащей добавки и щелочного компонента, является гидравлическим вяжущим веществом и мелкозернистые бесклинкерные бетоны безавтоклавного твердения, изготовленные на его основе имеют высокие показатели: по механической прочности — 15–20 МПа, морозостойкости — более 200 циклов; водопоглощению — не более 6%, обладают повышенной эксплуатационной стойкостью и стойкостью к коррозии в агрессивных средах.

Использование эпоксидсодержащего отхода и отходов инструментальной промышленности позволяет получить модифицированные мелкозернистые бетоны марки М300 и изделия на их основе, в том числе, фасадные и тротуарные плитки.

На основе боя искусственных стекол получен долговечный отделочный материал для наружной и внутренней облицовки зданий и сооружений (табл. 6).

Таблица 6

Основные физико-технические свойства мелкозернистых бетонов на основе стеклобоя

Физико-технические свойства	Ед. изм.	Показатели свойств
Средняя плотность	кг/м <sup>3</sup>	2100–2400
Прочность на сжатие	МПа	30–35
Прочность при изгибе	МПа	4,3–4,8
Водопоглощение (по массе)	%	6,0–8,0
Коэффициент размягчения	—	0,94
Морозостойкость	цикл	более 200

Таким образом, проведенные исследования открывают новые эффективные пути утилизации отходов промышленности и расширяют сырьевую базу для производства материалов и изделий различного функционального назначения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Акчурина Т.К., Потапова О.К., Стефаненко И.В. Использование сырьевых ресурсов Волгоградской области в технологии строительных материалов // Волгоград: ВолгГАСА, 1999. — 231 с.
2. Майорова Л.С., Акчурина Т.К. Вибропрессованные мелкозернистые бетоны модифицированные добавками органико-химических и минеральных отходов // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Стр-во и архитектура. 2007. Вып. 7(26). — С. 155–160.
3. Цебоева Т.К. Отделочные материалы на основе модифицированного бесклинкерного вяжущего // Социально-экономические и технологические проблемы развития строительного комплекса и жилищно-коммунального хозяйства региона: материалы Всероссийской науч.-техн. конф. Ч. 1 / Волгоград: ВолгГАСУ, 2006. — С. 31–34.

А.С. Роменская<sup>(1)</sup>, Т.К. Акчурина<sup>(1)</sup>

**ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ  
НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ  
В ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНОЙ КЕРАМИКИ**

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет<sup>(1)</sup>

Успешное развитие стройиндустрии неразрывно связано с производством эффективных стеновых керамических изделий. Важнейшими мероприятиями, повышающими эффективность стеновой керамики являются: снижение плотности и теплопроводности за счёт увеличения пористости черепка и пустотности изделий; повышение механических показателей; ускорение технологического процесса и снижение производственных затрат; улучшение качества внешнего вида; выпуск лицевого кирпича разнообразной цветовой гаммы и различной формы.

Одно из наиболее перспективных направлений утилизации промышленных отходов – их использование в производстве строительных материалов, что позволяет до 40% удовлетворить потребности в сырье, этой важнейшей отрасли промышленности [3]. Применение отходов промышленности позволяет на 10–30% снизить затраты на изготовление строительных материалов по сравнению с производством их из природного сырья, экономия капитальных вложений при этом составляет 35–50%.

Накопление запасов техногенного сырья при получении продуктов нефтеперерабатывающей промышленности создает проблему утилизации такого сырья. По данным специалистов, ежегодно образуется более 10 млн. тонн отходов нефтеперерабатывающей промышленности, при этом перерабатывается не более 5% от их объёма образования. При этом объём накопленных отходов оценивается в десятки миллиардов тонн, что в настоящий момент является основным загрязнителем грунтовых вод и почв в районах расположения предприятий нефтепереработки. В этой связи проблема утилизации отходов является актуальной задачей.

Решение этой проблемы предполагает разработку эффективных технологий за счет комплексного использования сырья, что одновременно приводит и к ликвидации крупнотоннажных отвалов отходов. Одним из экономически выгодных направлений использования отходов нефтеперерабатывающей промышленности является получение на их основе керамических изделий с высокими эксплуатационными свойствами, удовлетворяющими требованиям ГОСТ.

Органические фракции нефтеотходов (ОФН) [2] по составу чрезвычайно разнообразны и представляют собой сложные системы, состоящие из нефтепродуктов, воды и механических примесей, соотношение которых колеблется в очень широких

пределах. К методам переработки твердых шламов и остатков, образующихся после выделения товарной нефти из жидких нефтяных отходов, относятся термические, химические, механические, биологические и комбинированные методы, а так же использование нефтяных отходов в качестве сырья в дорожном строительстве.

Применение ОФН в качестве сырья является одним из рациональных способов его утилизации, так как достигается определенный экологический и экономический эффект. Поэтому одним из перспективных методов переработки нефтяных отходов является использование их в качестве компонентов при производстве строительной керамики.

Учитывая состав отходов нефтеперерабатывающей промышленности и наличие в них в качестве основного компонента оксида кремния, перспективным является их применение как кремнеземсодержащей добавки в керамические материалы для улучшения технических характеристик. По своему влиянию добавки могут позволить уменьшить усадочные деформации в изделиях улучшить формовочные свойства сырья, снизить температуру обжига керамических изделий, повысить их прочность и морозостойкость.

Учитывая, что качество готовой продукции во многом зависит от исходного сырья, большое внимание уделяется разработке методики расчета оптимальных составов будущей продукции с использованием побочных продуктов промышленности, т.к. применение последних позволяет регулировать свойства изделий, улучшать их качество и расширять сырьевую базу.

Производство керамического кирпича — это сложный материалоемкий процесс, поэтому рациональное использование топлива, сырья и других материальных ресурсов становится решающим фактором его успешного развития в условиях экономического кризиса.

Большинство действующих заводов керамического кирпича имеет устаревшие технологии и оснащено изношенным оборудованием. В результате товарный вид продукции неудовлетворителен, а затраты на ее изготовление велики: расход усл. топлива на 1 тыс. шт. кирпича составляет в среднем 240 кг.

Улучшению качества и снижению топливо и материалоемкости керамических изделий способствует ряд хорошо известных и частично используемых в практике мероприятий. Однако они еще не получили достаточного распространения или не дают в полной мере того эффекта, который должны были бы обеспечивать принадлежащем теплотехническом или технологическом решении соответствующих переделов производства.

Наиболее эффективным мероприятием является перевод предприятий на выпуск пустотелого кирпича. Это позволит не только экономить энергоресурсы, но и снизить материалоемкость продукции. Каждые 10% пустотности сберегают 5–6% топлива. Основными потребителями тепла являются сушилки и печи. В организацию сушильного и обжигового процесса внесено много усовершенствований. За основу решений принят принцип интенсивной турбулизации и рециркуляции теплоносителя, обеспечивающий равномерность тепловой обработки по сечению рабочего канала.

Рациональный режим обжига сырца обеспечивает сокращение расхода топлива на 5–10%. Важным направлением экономии материальных ресурсов и улучшения качества кирпича является введение в глинистое сырье добавок различного назначения [1, 4, 5].

В этой связи предварительные исследования показали возможность использования ОФН в технологии строительной керамики.

Таблица 1

Химический состав нефтеотходов от экстракции ароматических углеводов из нефти при селективной очистке масляного сырья

Название группы углеводов	Содержание в экстракте, %
Парафиновые	6,82
Нафтеновые	42,8
Легкие ароматические	6,65
Средние ароматические	18,59
Тяжелые ароматические	20,8
Сумма ароматических	46,04
Сумма смол и асфальтенов	4,34

ОФН можно рассматривать как дисперсную среду, повторяющую сочетание соединений, из которых состоит нефть.

Химический состав ОФН свидетельствует о том, что введение этого отхода в сырьевую смесь керамических изделий позволяет улучшить ряд физико-технических свойств, то есть реологические свойства сырьевых смесей, так как увеличивается пластичность, снижается интервал спекаемости, увеличивается общая пористость, улучшается характер распределения пор, увеличивается водопоглощение и морозостойкость.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Тухарели В.Д., Акчури Т.К.* Улучшение качества цементных композиций при использовании модифицирующих добавок на основе техногенного органического сырья // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архитектура. Ч. 2. Строит. науки. 2013. Вып. 31(50). — С. 193–198.
2. *Тухарели В.Д., Чередниченко Т.Ф., Акчури Т.К.* Технологии бетонов специального назначения с использованием техногенных отходов // Наука и образование: архитектура, градостроительство и строительство : материалы Междунар. конф., посвящ. 80-летию строит. образования и 40-летию архитектур. образования Волгогр. обл., 6-10 сент. 2010 г., Волгоград. – Волгоград: Изд-во ВолгГАСУ, 2010. — С. 334–336.
3. *Боженев П.И., Глибина И.В., Григорьев Б.А.* Строительная керамика из побочных продуктов промышленности. – М.: Стройиздат; 1986. — 137 с.
4. *Крутилин А.А., Акчури Т.К.* Повышение технологичности глинистого сырья для производства эффективности керамических материалов и изделий введением добавок шламовых отходов // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер. : Строительство и архитектура. – Волгоград: Изд-во ВолгГАСУ, 2010. №19(38). — С. 105–108.
5. *Крутилин А.А., Акчури Т.К.* Поризация керамической массы на основе глинистого сырья Волгоградской области отходами металлообработки // Вестн. Отд. Строит. наук. 2011. Вып. 15. — С. 171–174.

Т.А. Соловьева<sup>(1)</sup>, Т.К. Акчурин<sup>(1)</sup>

**ОБЛАСТЬ ОБЪЕМНОГО СОДЕРЖАНИЯ  
АРМИРУЮЩЕГО КОМПОНЕНТА ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ  
СОСТАВА ЦЕМЕНТНО-ВОЛОКНИСТОЙ КОМПОЗИЦИИ,  
АРМИРОВАННОЙ ОТХОДАМИ УГЛЕВОЛОКНА**

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет<sup>(1)</sup>

Установление области объемного содержания фибры в общем случае является важным этапом при изготовлении фибробетонных конструкций, в пределах которого исключается хрупкое разрушение [1]. В предполагаемом интервале  $\mu_{\min} - \mu_{\max}$  имеет значение характеристическая точка ( $\mu_k$ ), в которой происходит образование фиброцементного каркаса, при этом в зоне, примыкающей к точке  $\mu_k$ , наблюдается существенное различие в поведении композита и его свойствах (рис. 1). Небольшое насыщение композиции волокном соответствует участку *AB*, когда волокна находятся в зоне рассеянного армирования и удалены друг от друга на значительные расстояния. На этом отрезке прочность фибробетона зависит от прочности матрицы, практически совпадая с ней. Зона сосредоточенного армирования соответствует участку *BC*, на котором волокна воспринимают нагрузку и обеспечивают прочность фибробетона при растрескивании матрицы. Моментом слияния контактной зоны «фибра – матрица» является точка *C*, здесь образуется фиброцементный каркас. На участке *CD* происходит существенный рост прочности фибробетона за счет уплотнения цементного камня между волокнами. Наибольшее значение прочности фибробетона достигается в точке *D*. Дальнейшее снижение прочности связано с уменьшением толщины матричного слоя до такого значения, что материал начинает расслаиваться даже при действии небольших нагрузок.

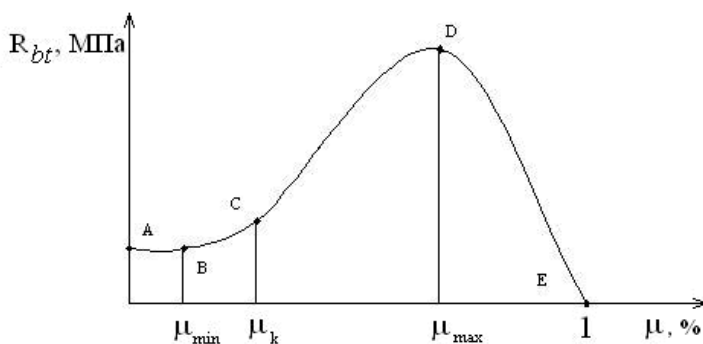


Рис. 1. Характеристическая зависимость изменения прочности фибробетона от объемной концентрации волокон

Определяя область дозирования отходов углеволокна (ОУВ) учитывались особенности углеродного материала, в частности прочность на границе раздела фаз цементно-волокнистой композиции, армированной отходами углеволокна (ЦВКУ) за счет модификации развитой поверхности углеволокнистого материала. Фракционный по длине волокна состав отходов углеволокна внес большой вклад в общую вязкость разрушения ЦВКУ, несмотря на разную длину углеродных волокон, они все-таки являются дискретными, вытягиваясь из матрицы в процессе трещинообразования [1, 2, 3].

Исходя из результатов эксперимента и максимальных значений характеристик ЦВКУ прочность на сжатие и изгиб, отражающие сопротивление ЦВКУ другим механическим воздействиям и характеризующие его долговечность (рис. 2–5), диапазон количества ОУВ в композиции варьировался от 1,0 до 2,0%, значение 0,5% принято за контрольное.

По результатам анализа ранее проведенных экспериментов варьируемыми структурообразующими факторами были выбраны:

$X_1$  – содержание отходов углеволокна в композиции ЦВКУ;

$X_2$  – дозирование пластифицирующей добавки Cementol Zeta.

В качестве контролируемых параметров были выбраны основные характеристики волокнистых композиций:

– прочность образцов на изгиб ( $R_{изг}$ , МПа);

– средняя плотность композиции ( $\rho_{ср}$ , кг/м<sup>3</sup>);

– прочность образцов на сжатие ( $R_{сж}$ , МПа);

– водопоглощение ( $W$ , %).

Пределы исследования выбранных технологических факторов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры варьирования факторов

Технологические факторы	Обозначение	Уровни варьирования			Интервалы варьирования $\Delta x$
		нижний –1	основной 0	верхний +1	
Добавка Cementol Zeta, %	$X_1$	0,3	0,5	0,7	0,2
ОУВ, %	$X_2$	2,0	1,5	1,0	0,5

На основании проведенной математической обработки полученных результатов оптимизации и результатов исследований были получены базовые уравнения регрессии:

$$(R_{сж}) Y(X_1, X_2) = 49,72 - 3,16X_1 + 1,24X_2 + 1,14X_1X_2 + 1,05X_1^2 - 3,87X_2^2, \quad (1)$$

$$(R_{изг}) Y(X_1, X_2) = 26,65 - 1,58X_1 + 1,28X_2 + 1,49X_1X_2 + 2,04X_1^2 - 13,82X_2^2, \quad (2)$$

$$(W) Y(X_1, X_2) = 6,89 + 0,41X_1 + 0,02X_2 - 0,39X_1X_2 - 0,53X_1^2 + 0,93X_2^2, \quad (3)$$

$$(\rho_{ср}) Y(X_1, X_2) = 1979,99 - 2,24X_1 + 0,28X_2 + 0,11X_1X_2 + 0,21X_1^2 - 0,36X_2^2. \quad (4)$$

Визуальная интерпретация полученных математических зависимостей представлены на рис. 2–5.

Прочность при сжатии (рис. 2) достигает максимальных значений (57–58 МПа) в диапазоне модифицирующей добавки от 0,5 до 0,7% и содержания отходов углеволокна в цементной системе не более 2,0%. Это превышает контрольный состав на 13,2%, а в составе при 0,5% дозировке ОУВ обозначился рост на 3%, при том же количестве пластификатора. Следует отметить, что при увеличении содержания ОУВ в цементной системе до 2% тенденция роста прочности при сжатии, и ее оптимум, наблюдается при дозировке пластификатора в рекомендуемых производителем количествах. Таким образом, дополнительный подбор дозировки пластификатора не требуется, можно руководствоваться рекомендациями производителя, что экономически целесообразно и оправдано.



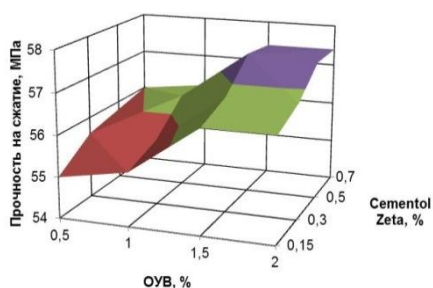


Рис. 2. Прочность при сжатии цементно-волоконистой композиции, армированной отходами углеволокна

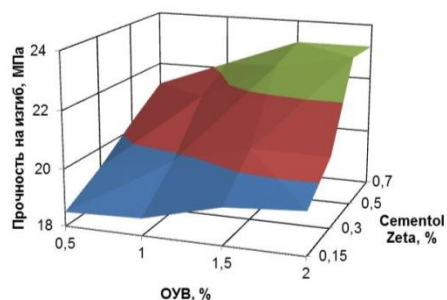


Рис. 3. Прочность при изгибе цементно-волоконистой композиции, армированной отходами углеволокна

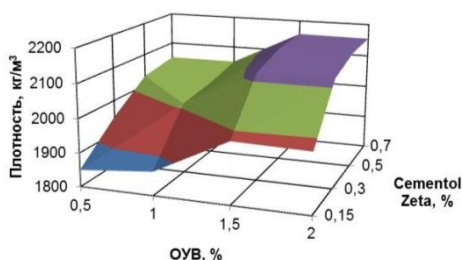


Рис. 4. Плотность цементно-волоконистой композиции, армированной отходами углеволокна

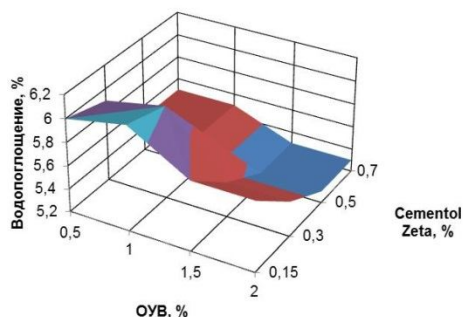


Рис. 5. Водопоглощение цементно-волоконистой композиции, армированной отходами углеволокна

Зависимость прочности при изгибе (рис. 3) от содержания ОУВ и дозировки пластификатора в цементном камне показана в 28 суточном возрасте нормально-влажностных условий хранения. Наибольшая прочность достигается при 2,0% содержании ОУВ в смеси и при 0,5% количестве добавки Cementol Zeta и составляет 23,3 МПа, что превосходит контрольный образец на 43,5%. При увеличении дозировки пластификатора и том же содержании волокна значения прочности при изгибе стабилизируются, их рост по отношению к контрольному образцу в пределах 42,3%. Поэтому для показателя прочности при изгибе расход пластификатора 0,5% в цементном камне можно считать практически оптимальной дозировкой. Тенденция роста показателя также лежит в области расхода ОУВ от 1,5 до 2,0%.

Характер изменения плотности (рис. 4) пластифицированного цементного камня ЦВКУ от содержания в нем ОУВ и добавки Cementol Zeta объясняется получением более плотной структуры композиции за счет армирования более длинными волокнами и микроармирующего эффекта короткими волокна ОУВ. Наибольших значений показатель плотности достигает при 2,0% содержании углеродного волокна в цементной системе ЦВКУ и составляет 2157 кг/м<sup>3</sup>, что превосходит контрольный на 32%. Тенденция роста плотности наблюдается во всей области введения ОУВ, оптимальной будет концентрация армирующего компонента ОУВ от 1,5 до 2,0%, дозировка пластификатора от 0,5 до 0,7%.

Уплотнение структуры ЦВКУ не могло не сказаться на структурозависимом показателе водопоглощения (рис. 5). Его снижение составило 55,7%. Оптимальной для

данного показателя является область дозирования ОУВ от 1,5 до 2,05 при расходе пластификатора от 0,5 до 0,7%. Значительное снижение водопоглощения создает предпосылки для высокой морозостойкости ЦВКУ. Результаты исследований показали, что значение морозостойкости оптимизированного состава ЦВКУ более F100.

Анализируя результаты физико-механических показателей ЦВКУ, оптимальным считается состав, имеющий наибольшие прочности как при сжатии, так при изгибе, с минимальным значением водопоглощения, при содержании ОУВ 1,5% и пластифицирующей добавки Cementol Zeta 0,5%, что согласуется с рекомендуемой дозировкой производителя.

На рис. 6 представлена структура оптимального состава ЦВКУ.



Рис. 6. Микроскопическое изображение структуры оптимального состава ЦВКУ, поверхность не шлифованная (МБС-9 (7,0 – 14<sup>x</sup>))

Структура образца дисперсно-упрочненная с наличием армирующего элемента (ОУВ) (рис. 6). Распределение ОУВ по объему образца более или менее равномерное, присутствуют скопления углеволоконного материала в промежутках между кварцевым наполнителем, что является положительным эффектом дополнительного микроармирования ЦВКУ и препятствует образованию очагов вторичных трещин и их локальному распространению.

Адгезия ОУВ и цементной матрицы проявляется в постоянстве внешнего вида углеродной фибры (рис. 6), ОУВ не скручиваются, соотношение размеров больших и малых отрезков ОУВ не изменяется после технологических операций изготовления образцов. Повышение трещиностойкости образцов ЦВКУ объясняется механизмом торможения распространения трещин за счет отсутствия разрушений на границе раздела цементная матрица – ОУВ. Дополнительное сопротивление трещинообразованию способствует равномерному распределению напряжений по всему объему ЦВКУ. Микроармирование цементно-волоконистых композиций отходами углеволокна будет способствовать повышению долговечности материала, снижению усадочной деформации, значительному повышению трещиностойкости, улучшению эксплуатационных характеристик [3, 4].

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рабинович Ф. Н. Композиты на основе дисперсно-армированных бетонов. Вопросы теории и проектирования, технология, конструкции : монография. – М. : Издательство АСВ, 2004. – 560с.
2. Соловьева Т.А., Пушкарская О.Ю., Акчурина Т.К. Оценка возможности использования отходов углеволокна в качестве армирующего элемента цементных композиций // Вестник Вол-

гоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер.: Строительство и архитектура. – Волгоград : Изд-во ВолгГАСУ. 2013. Вып. 30(49). — С. 197–201.

3. Соловьева Т.А., Пушкарская О.Ю., Акчурин Т.К. Отходы углеволокна – армирующий элемент эффективных цементных композиций // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Саратов: СГТУ, 2013. — С. 68–72.

4. Моргунов Л.В. Анализ закономерностей формирования оптимальных структур дисперсно-армированных бетонов // Изв. Вуз. Строительство. 2003. №8. — С. 58–60.

*Т.А. Соловьева<sup>(1)</sup>, Т.К. Акчурин<sup>(1)</sup>*

### **ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ЦЕМЕНТНО-ВОЛОКНИСТОЙ КОМПОЗИЦИИ, АРМИРОВАННОЙ ОТХОДАМИ УГЛЕВОЛОКНА, СПОСОБСТВУЮЩИЕ ПОВЫШЕНИЮ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ КОМПОЗИЦИИ**

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет<sup>(1)</sup>

Решение задач в области моделирования структур дисперсно-армированных систем связано с развитием теории дисперсного армирования бетонных материалов. Такой подход заключается в приведении хаотичного и дискретного армирования к эквивалентному направленному, с учетом напряженно-деформативного состояния элементов, определении эффективных значений объемов содержания фибры, которые обеспечивают исключение хрупкого разрушения конструкций, повышают сопротивление распространению трещин в бетонной композиции и выявляют способности армокомпозиции к восприятию механических воздействий.

Диапазон диаметров фибры достаточно широк, как и их типы фибр по материалам изготовления. Поэтому выявление оптимальных соотношений между геометрическими характеристиками армирующих элементов и размерами элементов структуры различных видов бетонных матриц (крупнозернистых, мелкозернистых, цементно-песчаных растворов, цементного камня) имеет важное значение.

Оптимальные уровни дисперсного распределения армирующей фибры в объеме бетона тесно связаны с параметрами его структуры [1, 2]. Поэтому в исследовании использовался мелкозернистый бетон для изготовления цементно-волокнистой композиции, армированной отходами углеволокна (ЦВКУ), что позволило расположить дисперсные волокна отходов углеволокна (ОУВ) достаточно близко друг к другу, заполняя пространство между наполнителем песка, создавая тем самым более плотную структуру цементно-волокнистой композиции.

В цементно-волокнистой композиции, армированной отходами углеволокна (ЦВКУ) возможно образование микротрещин в результате технологических операций и неоднородности структуры композиции, в результате чего происходит перераспределение деформаций. На этой стадии значение приобретает работа цементной матрицы, в которой равномерно распределены волокна и их адгезионная прочность.

Размер волокон и расстояние между ними играют важную роль в определении стадии, на которой волокна эффективно действуют во время растрескивания. Длинные углеродные волокна ОУВ эффективно упрочняют цементную матрицу, реализуя всю свою прочность при воздействии внешних нагрузок на композицию. Короткие волокна можно рассматривать как микронаполнитель [2, 3]. Рост прочностных характеристик ЦВКУ приводит к выводу, что микроармирующие волокна ОУВ разной длины увеличивают прочностные характеристики ЦВКУ в результате перекрывания мик-

ротрещин, тем самым обеспечивают определенную остаточную несущую способность после растрескивания бетона, перекрывая трещину. Влияние процентного содержания ОУВ проявляется в виде перераспределения напряжений, возникающих в композите. Только оптимальное армирование оказывает позитивное влияние на характеристики исходной цементной матрицы. Применение технологии микроармирования позволяет направленно регулировать свойства бетона, повышая его трещиностойкость, блокируя рост трещин цементного камня (рис. 1, а, б).

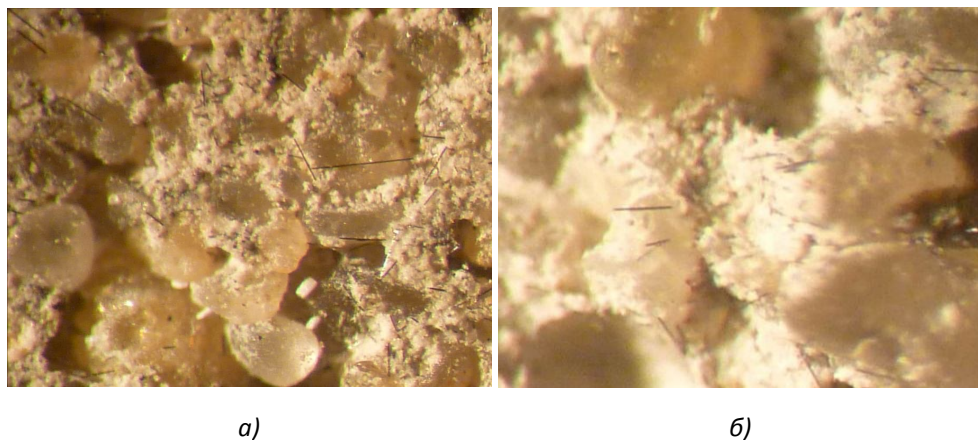


Рис. 1. Микроскопическое изображение внутренней структуры скола образца:  
а — ЦВКУ (0,5 % ОУВ), б — МБС-9 (4,0 – 14%)

Анализ структуры полученных образцов ЦВКУ производился методами оптической фрактографии (рис. 1, а, б). Излом образца позволяет выявить структурные поверхности разрушения, что является эффективным средством анализа причин эксплуатационных повреждений в изделиях из цементно-волоконистых композиций.

Плоскость разрушения меняет свою ориентировку от зерна к зерну наполнителя, образуя так называемые фасетки. Скол не идеально гладок — на его поверхности имеются ступеньки, придающие структуре вид ручьистых узоров, вид которых меняется при переходе от зерна к зерну кварцевого наполнителя, так как плоскость разрушения меняет свою ориентировку. По основным деталям рельефа можно выявить очаг главной трещины, который располагается вблизи границы цементной матрицы и кварцевого наполнителя, в узлах пространственно-ориентированной структуры, а также вблизи избыточных фаз на границе зерен кварцевого песка (рис. 1).

Излом имеет ямочную структуру, характерную для вязкого разрушения. В результате чего происходит образование и рост множества микропор (микротрещин) при межзеренном разрушении, сопровождающемся существенной пластической деформацией перемычек между раздвигающимися микропорами. Поверхность такого вида разрушения матовая, неровная, имеющая следы пластических деформаций в виде грубых полос скольжения. Диаметр ямок колеблется в диапазоне 0,5...20 мкм. По форме и глубине ямок можно судить о величине пластической деформации, схеме напряженного состояния и вязкости разрушения. Ямки среднего размера оконтурены гребнями отрыва. Гребни отрыва имеют острый край и соответственно яркий контраст изображения. На гребнях отрыва наблюдаются сильно вытянутые ямки (рис. 1, б), а также плоские бесструктурные участки рельефа, напоминающие расслоение в плоскостях скольжения. На поверхности разрушения образуются отдельные участки со структурой, типичной как для хрупкого, так и вязкого разрушения. Это отражает переход от первоначального вязкого к возможному хрупкому характеру развития трещины.

Оптимизация содержания ОУВ в ЦВКУ уменьшит образование и распространение трещин усадки при твердении и позволяет сохранить определенную несущую способность после растрескивания, обеспечивая перенос растягивающих напряжений через трещину. При введении 0,5% ОУВ, которые произвольно распределены в бетоне, они перехватывают микротрещины во время их образования и сдерживают тенденцию их увеличения. Такое качество армирующих углеродных волокон обеспечивается специфическими свойствами сцепляемости дисперсного наполнителя, в первую очередь химическими свойствами реакционноспособной модифицированной ПАВ поверхности углеродного волокна, участием в синтезе гидросиликатов и их прочностными свойствами.

Испытания образцов ЦВКУ на прочность при сжатии показали увеличение этой характеристики на 25%, водопоглощение снизилось на 15% в сравнении с волокнисто-цементными плитами российского производства. Плотность образцов составила 1700–1850 кг/м<sup>3</sup>. Прочность на изгиб образцов изменялась в пределах от 20 до 28 МПа [2, 3, 4].

Дополнительные механизмы повышения вязкости разрушения и трещиностойкости ЦВКУ связаны с появлением большого количества поверхностей раздела за счет развитой поверхности углеволокна и его дискретности, вызывающих диссипацию энергии движения трещин. Механизм роста трещиностойкости можно объяснить действием двух последовательно протекающих процессов: «торможением» распространения трещин за счет разрушения границ раздела между волокнами и матрицей, а также выдергиванием фибр из матрицы.

Трещиностойкость бетонов, армированных высокомодульными углеродными волокнами зависит в основном от длины волокна. При длине больше критической волокна при нагрузках рвутся и вклад в общую вязкость разрушения энергии вытягивания невелик. Главной составляющей энергии разрушения композиционного материала является энергия, затрачиваемая на вытягивание дискретных волокон, размером менее критического. Причем, затраты энергии на вытягивание волокон существенно превышают затраты, связанные с разрушением границ раздела, поэтому для повышения вязкости разрушения композиции, следует применять дискретные волокна. Чтобы создать композиционный материал с высокой вязкостью, необходимо использовать для армирования волокна таких размеров, при которых происходит их вытягивание из матрицы в процессе трещинообразования (рис. 2).

Армирование цементно-волокнистой композиции отходами углеволокна фракционного состава по длине волокон, но менее критической длины полностью соответствует теоретическому положению по механике дисперсно-армированных композиций. Установлена прямо пропорциональная зависимость между энергией по вытягиванию и длиной волокна, а, следовательно, и отношением длины углеродного волокна к его диаметру, которое оказывает большее влияние на трещиностойкость, чем на прочность фибробетона [5, 6].

Повышение трещиностойкости образцов ЦВКУ объясняется механизмом торможения распространения трещин за счет отсутствия разрушений на границе раздела цементная матрица — ОУВ, а также удаления ОУВ из матрицы за счет выдергивания. Дополнительное сопротивление трещинообразованию способствует равномерному распределению напряжений по всему объему ЦВКУ. Микроармирование цементно-волокнистых композиций отходами углеволокна будет способствовать повышению долговечности материала, снижению усадочной деформации, значительному повышению трещиностойкости и ударной вязкости.

Отходы углеволокна, материал более прочный по сравнению с цементной матрицей, препятствует распространению развивающейся трещины, встречающей на своем пути волокно. Раскалывание образца при оценке ударной выносливости бетона не приводит к нарушению целостности волокон при формировании сквозной трещины на всю высоту образца, сохраняется распределение волокон по длине.

Разрушение образца наступает за счет образования большого количества трещин и их разветвления, при этом образец разваливается не сразу за счет удерживания осколков углеродными волокнами и требуются дополнительные затраты энергии на процесс разрушения, что и определяет высокое значение ударной выносливости ЦВКУ. Влияние армирования ОУВ на изменение основных показатели качества цементного камня выражается в увеличении физико-механических характеристик ЦВКУ, таких как прочность и плотность, снижение водопоглощения [3–6].



Рис. 2. Микроскопическое изображение внутренней структуры скола образца ЦВКУ (2,0 % ОУВ), (МБС-9 (4,0 – 14<sup>х</sup>))

Таким образом, эффективность армирования цементно-волоконистых композиций отходами углеволокна зависит от объемного содержания ОУВ, его механических и термохимических свойств, соотношения между характеристиками углеродной фибры и параметрами структуры матрицы бетона, длины фибр и степени дисперсности армирования.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Леонтьев В.Н., Приходько В.А., Андреев В.А. О возможности использования углеродных волоконистых материалов для армирования бетонов // Строительные материалы. 1991. №10. — С. 27–28.
2. Соловьева Т.А., Акчурина Т.К., Пушкарская О.Ю. Оценка возможности использования отходов углеволокна в качестве армирующего элемента цементных композиций // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архитектура. Строит. Науки, 2013. Вып. 30(49). — С. 197–201.
3. Соловьева Т.А., Пушкарская О.Ю., Акчурина Т.К. Оценка возможности использования отходов углеволокна в качестве армирующего элемента цементных композиций // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер.: Строительство и архитектура. — Волгоград: Изд-во ВолгГАСУ. 2013. Вып. 30(49). — С. 197–201.
4. Соловьева Т.А., Пушкарская О.Ю., Акчурина Т.К. Отходы углеволокна – армирующий элемент эффективных цементных композиций // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Саратов: СГТУ, 2013. — С. 68–72.
5. Hannat D.J. Fibre cement and concrete // Dep. Civil. Eng. University Surrey. N.Y., 1988. — 280 p.
6. Маилян Р. Л., Халед Аль-Хужейри, Польской П. П. Влияние фибрового армирования на трещиностойкость наклонных сечений керамзитожелезобетонных изгибаемых элементов // Новые исследования бетона и железобетона. – Ростов н/Д, 1997. — С. 3–7.

**А.А. Струков<sup>(1)</sup>, А.В. Кочетков<sup>(2)</sup>, Ж.Н. Кадыров<sup>(3)</sup>**

## **ПРИМЕНЕНИЕ ФЕРМЕНТНОГО СТАБИЛИЗАТОРА «ДОРЗИН» В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

ООО «ДорТехИнвест»<sup>(1)</sup>  
Российская академия транспорта<sup>(2)</sup>  
Казахский университет путей сообщения<sup>(3)</sup>

*Рассматриваются вопросы применения ферментного стабилизатора «Дорзин» в дорожном строительстве, что позволяет значительно сократить использование минеральных вяжущих и каменных материалов. При строительстве сложных и уникальных объектов препарат может эффективно сочетаться с другими стабилизаторами грунта. Это органический продукт, полученный путем ферментации патоки сахарной свеклы и являющийся экологически безопасным материалом, он может применяться в широком диапазоне погодных и климатических условий. Он проявляет положительные качества при укреплении особенно тонкодисперсных грунтов, содержащих не менее 15–20% по массе частиц, проходящих через сито 0,13 мм. Эффект от его применения основан на воздействии компонентов стабилизатора на активную часть грунта с учетом особенностей коллоидных и глинистых частиц. Ферментный препарат является сильным катализатором и одновременно сильным поверхностно-активным веществом, которое понижает поверхностное натяжение воды, в результате количество прочно связанной воды в грунте резко сокращается, оптимальная влажность уменьшается на 1–3%, чем обеспечивается достижение более высоких значений плотности при равных условиях уплотнения. Он активизирует ионообменные процессы, в результате происходит структурообразование грунта. Наличие ферментных молекул в его составе способствует самозалечиванию возникающих деформаций и автоматическому повышению прочности структуры цементного камня при воздействии внешней нагрузки. При его применении конструируется новая дорожная одежда на основе использования местных грунтовых материалов, находящихся в районе дорожного строительства. Препарат смешивается с водой, вносится в размельченный грунт, который затем утрамбовывается. При сжатии происходит каталитический связывающий процесс, вызывающий сильный цементирующий эффект. В результате получается прочная и менее уязвимая к воздействию влаги дорожная одежда. Препарат работает практически со всеми видами грунтов. При конструировании дорожных одежд с его применением достигается сокращение объемов использования каменных материалов (щебень, песок) и минеральных вяжущих.*

*Ключевые слова: дорожное строительство, стабилизаторы, порочность, качество, уплотнение, дорожные одежды*

Одним из приоритетных направлений стратегии развития транспортной системы России до 2030 г. является увеличение объемов дорожного строительства с целью обеспечения доступа всех граждан Российской Федерации к транспортным услугам. Для выполнения поставленных задач существует большое количество дорогостоящих и энергоемких технологий. Однако во многих странах мира широко используются инновационные технологии, применение которых приводит к сокращению расходов, в сравнении использованием стандартных технологий строительства и ремонта автомобильных дорог.

Развитие дорожного строительства связано с созданием дорожных одежд из монолитных покрытий, состоящих из органоминеральных и бетонных смесей. Их составляющая – битум и цемент являются весьма дорогими компонентами. С целью уменьшения необходимого количества вяжущих и повышения прочности и качества

органоминеральных и цементобетонных смесей используются разные примеси типа поверхностно-активных веществ и катализаторов. Подобный процесс происходит и в технологии использования грунтов в дорожном строительстве. Для их укрепления целесообразно применять активные стабилизаторы, которые позволяют значительно сократить использование минеральных вяжущих и каменных материалов при проектировании и строительстве автомобильных дорог.

Стабилизаторы – это широкий класс разных по составу и происхождению веществ, которые в малых дозах положительно влияют на формирование свойств дорожно-строительных материалов за счет активизации физико-химических процессов и оптимизации технологических процессов. Эти вещества могут использоваться почти на всех технологических этапах строительства автомобильных дорог, начиная от сооружения земляного полотна и заканчивая строительством твёрдых покрытий, искусственных инженерных сооружений и обустройством автомобильных дорог.

Стабилизаторы могут быть различного происхождения, они отличаются по свойствам, но всех их объединяет то, что они увеличивают прочность, влагостойкость и морозоустойчивость, их можно рассматривать как «витамины», которые стимулируют не только физико-химические процессы как катализаторы, но и улучшающие качество и эффективность механико-технологических процессов.

Современное эффективное дорожное строительство невозможно без применения технологий стабилизации грунтов. Данные технологии применяются во всем мире более 30 лет, в России же стабилизаторы грунта пока находят достаточно ограниченное применение.

Использование стабилизаторов грунтов при строительстве автомобильных дорог позволяет:

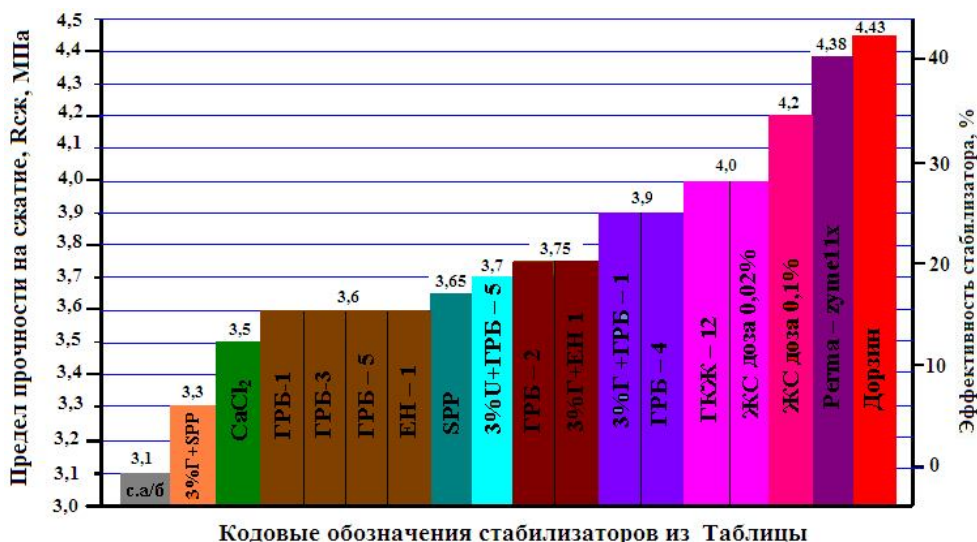
- снизить себестоимость строительства дорожного полотна от 25 до 40% за счет уменьшения объемов поставок каменных материалов (щебень, песок) и минеральных вяжущих;
- сократить средние сроки строительства более чем вдвое за счет уменьшения физических объемов работ;
- повысить качество и долговечность дорожного полотна [7–9];
- обеспечить однородность физико-механических свойств (в показателях разброса – дисперсии и коэффициенте вариации) [2, 3];
- снизить риск недостижения целей и требований технических регламентов, нормативных документов и контрактной документации [1, 4–6, 10–13].

В настоящее время существует более 50 технологий стабилизации грунтов, в основном разработанных в США и ЕЭС. В США — более 3000 км дорог (штаты Аляска, Айдахо, Миссури, Калифорния, Сан-Диего, Пенсильвания и т.д.). В Республике Казахстан в 2007–2008 гг. построен с применением этой технологии и успешно эксплуатируется участок дороги первой категории Астана-Петропавловск через курортный город Боровое 55 км.

В Российской Федерации за последние 8 лет построены и эксплуатируются участки автомобильных дорог в Ставропольском крае, в Московской, Липецкой, Нижегородской, Белгородской и Оренбургской областях. В целом в Российской Федерации вследствие существующих административных барьеров и инерционности в дорожном хозяйстве технологии стабилизации грунтов используются только на небольших (экспериментальных) участках.

Достигнутые результаты по пределам прочности на сжатие для различных стабилизаторов, применяемых в Российской Федерации приведены на рис. 1.





Прочность водонасыщенных образцов старого асфальтобетона с 4% цемента зафармованных холодным способом нагрузкой 30 МПа в 7 суточном возрасте

с.а/б - старый асфальтобетон      Эффективность стабилизатора -  $\frac{R_1 - R_2}{R_1} \times 100\%$ , где  
 Г - глина      R<sub>1</sub> - предел прочности без стабилизатора  
                     R<sub>2</sub> - предел прочности со стабилизатором

Рис. 1. Достигнутые результаты по пределам прочности на сжатие для различных стабилизаторов, применяемых в Российской Федерации

В последнее время данная тема широко обсуждается, однако практические действия осуществляются крайне медленно. Следует отметить в качестве основных причин торможения принятия этой технологии крайне агрессивное ее продвижение на основе административного ресурса в начале 2000-х годов, которое встретило неприятие дорожников в территориальных органах управления.

Исходя из национальных интересов страны и обеспечения максимального эффекта от внедрения технологий стабилизации грунтов, представляется целесообразным реализовывать мероприятия по четырем основным направлениям:

1. Уточнение нормативной правовой базы в сфере дорожного строительства, направленной на использование технологий стабилизации грунтов при строительстве и ремонте автомобильных дорог всех категорий.

2. Проведение централизованных комплексных исследований и разработка оптимальной технологии стабилизации грунтов для каждого региона Российской Федерации. Предполагается, что каждый тип грунта требует особого подхода (использования различных рецептур, возможно нескольких стабилизаторов и т.д.). Эти исследования с привлечением ведущих отечественных и зарубежных специалистов необходимы для того, чтобы исключить технические ошибки и столкновение коммерческих интересов при реализации отдельных проектов. Проведение таких работ позволит создать оптимальные технологии стабилизации грунтов (обеспечения однородности свойств) и определить, какие именно стабилизаторы наиболее подходят для российских условий.

Например, компанией ООО «ДорТехИнвест» разработаны варианты дорожных одежд с конструктивными слоями из укрепленных местных грунтов для использова-

ния их при строительстве автомобильных дорог в городе Сочи в рамках подготовки к зимним Олимпийским играм 2014 г. с использованием ионного стабилизатора.

В процессе строительства автомобильной дороги Джубга-Сочи создается большое количество автомобильных тоннелей, из которых уже извлечены десятки миллионов кубических метров пород, в основном состоящих из мергелей и аргиллитов. В результате возникают проблемы по их использованию. Предлагаемая технология позволяет их разрешить, что должно привести в будущем к сокращению объемов поставки инертных материалов для строительства дорог в городе Сочи на 80%, и благоприятно скажется на стоимости и экологических аспектах строительства. Аналогичные исследовательские работы необходимо провести и для грунтов по автомобильным дорогам «Москва-Санкт-Петербург», ЦКАД, М-1 и другим крупным проектам.

3. Создание производства стабилизаторов грунта в России. Важно, чтобы, например, к 2015 году до 80–90% стабилизаторов грунтов, используемых при дорожном строительстве, приходилось на отечественную продукцию. Это вопрос и национальной безопасности, и экономии ресурсов. Из числа существующих стабилизаторов необходимо выбрать наиболее востребованные и технологически подходящие для российских условий и организовать их производство внутри страны.

4. Проведение программы обучения инженерно-технического персонала дорожно-строительных организаций основам технологии стабилизации грунтов.

Компания «ДорТехИнвест» в рамках исполнения Федеральных целевых программ «Развитие транспортной системы России (2010–2015 гг.)» и «Развитие города Сочи как горноклиматического курорта (2006–2014) гг.» предлагает технологию с использованием ионного стабилизатора ферментного препарата «Дорзин», для применения в практике дорожного строительства в регионах Российской Федерации.

Данный препарат обеспечивает требуемые механико-технологические параметры, экологически безопасен, превосходит своих конкурентов по соотношению цены и качества, и уже апробирован в разных регионах Российской Федерации (в Ставропольском крае, Липецкой, Нижегородской, Белгородской и Оренбургской областях). При строительстве сложных и уникальных объектов данный препарат может эффективно сочетаться с другими стабилизаторами грунта. Это органический энзимный продукт, полученный путем ферментации патоки сахарной свеклы и являющийся экологически безопасным материалом, он может применяться в широком диапазоне погодных и климатических условиях. Высококонцентрированный фермент существенно активизирует процессы укрепления дорожно-строительных материалов цементом, и проявляет положительные качества при укреплении особенно тонкодисперсных грунтов, содержащих не менее 15–20% по массе частиц, проходящих через сито 0,13 мм. Эффект от его применения основан на воздействии компонентов стабилизатора на активную часть грунта с учетом особенностей коллоидных и глинистых частиц.

Ферментный препарат не относится к классу реактивных веществ, которые формируют структуру дорожно-строительных материалов, таких как цемент, известь и битум. Его надо рассматривать как активирующие микроэлементы, которые стимулируют не только физико-химические процессы как катализаторы, а повышают эффективность механико-технологических процессов уплотнения грунтовых сред.

Ферментный препарат является сильным катализатором и одновременно сильным поверхностно-активным веществом, которое понижает поверхностное натяжение воды, в результате количество прочносвязанной воды в грунте резко сокращается, оптимальная влажность уменьшается на 1–3%, чем обеспечивается достижение более высоких значений плотности при равных условиях уплотнения. Он активизирует ионообменные процессы, в результате происходит микроагрегатное структурообразование и искусственное «опесчанивание» грунта. Применение его в укрепляемой

смеси пластифицирует физико-химические процессы образования цементного камня, который набирает прочность и одновременно сохраняет высокую деформативность. Наличие ферментных молекул в его составе способствует самозалечиванию возникающих деформаций и автоматическому повышению прочности структуры цементного камня при воздействии внешней нагрузки.

Предлагаемая к рассмотрению технология строительства оснований дорожных одежд с конструктивными слоями из укрепленных грунтов с использованием ферментного препарата проста и эффективна. При его применении конструируется новая дорожная одежда на основе использования местных грунтовых материалов, находящиеся в районе дорожного строительства. Препарат смешивается с водой, вносится в размельченный грунт, который затем утрамбовывается. При сжатии происходит каталитический связывающий процесс, вызывающий сильный цементирующий эффект. В результате чего получается прочная и менее уязвимая к воздействию влаги дорожная одежда. Ферментный препарат работает практически со всеми видами грунтов. При конструировании дорожных одежд с его применением достигается сокращение объемов использования каменных материалов (щебень, песок) и минеральных вяжущих. Для строительства 1 км дорожного полотна шириной 8 м и толщиной 20 см требуется 50 л ферментного препарата и 2–4% цемента. Такое дорожное полотно способно выдержать нагрузку на ось 8–11 т.

Пример практической реализации. Дорожно-строительные работы по устройству основания методом холодного ресайклинга из грунтоцементной смеси с применением ферментного препарата – стабилизатора «Дорзин» при ремонте участка, а/д Беляевка-Междуречье Беляевского района Оренбургской области

Технические параметры участка ремонта: техническая категория, а/д — IV, ширина устраиваемого слоя — 8 м, толщина устраиваемого слоя — 0,2 м.

Техника, используемая для выполнения работ:

1. Ресайклер BOMAG MPH-122 (ширина фрезы — 2,4 м);
2. Распределитель цемента Strewmaster (ширина распределительного механизма — 2,4 м);
3. Каток гладковальцовый DYNAPAK CA250, массой 14 тн, ширина вальца — 2,1 м ;
4. Каток комбинированный ДЗ-58, массой 16 тн, ширина вальца — 2,1 м;
5. Поливомоечная машина с устройством подключения к ресайклеру;
6. Автогрейдер.

Материалы, используемые при выполнении работ: суглинок легкий песчанистый; цемент ШПЦ-400 ОАО «Новотроицкий цементный завод»; ферментный препарат «Дорзин»; вода техническая. Конструкция дорожной одежды приведена на рис. 2.

Области эффективного применения ферментного препарата-стабилизатора:

1. Устройство оснований повышенной прочности из грунтов, укрепленных 4–5% цемента с добавкой стабилизатора и 10% по массе золы уноса.
2. Устройство оснований и покрытий повышенной прочности из местных грунтов, укрепленных 4–5% цемента с добавкой стабилизатора и 30–40% продуктов дробления каменных материалов.
3. Устройство нового покрытия из отфрезерованного асфальто-гранулята, укрепленного 2,0–2,5% цемента, 1,5–2,0% битумной эмульсии с добавкой стабилизатора.
4. Устройство сельских дорог и подъездов к фермерским хозяйствам из местных грунтов и гравийно-песчаных смесей укрепленных 2–3% цемента, с добавкой стабилизатора, с защитным слоем в виде поверхностной обработки.

Внедрение технологии стабилизации грунтов с использованием ионного стабилизатора, в практику дорожного строительства в различных регионах страны, позволит решить вопросы по обеспечению дорожными сетями малых городов, поселков и

«медвежьих углов», уменьшить расходы по использованию денежных средств федерального и местных бюджетов, а также сократить сроки строительства и ремонта, автомобильных дорог.

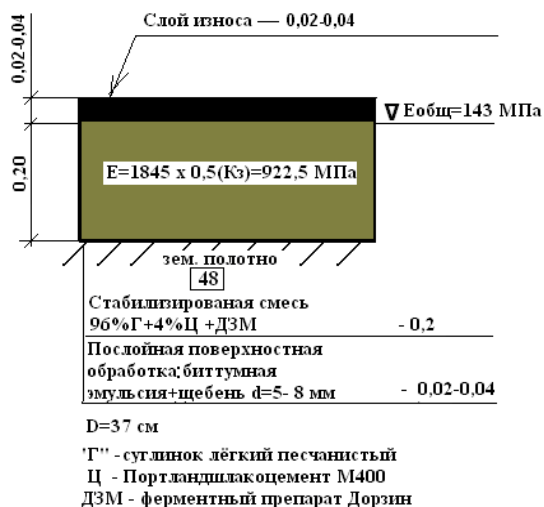


Рис. 2. Конструкция дорожной одежды

Состояние автомобильная дорога Беляевка-Междуречье до (а) и после ремонта с применением технологии стабилизации (б) приведено на рис. 3.



а)

б)

Рис. 3. Автомобильная дорога «Беляевка-Междуречье»:  
а — август 2011 г.; б — май 2012 г.

Технология производства стабилизатора «Дорзин» защищена российскими и международными патентами. Разработана и запатентована технология строительства дорожного покрытия на основе природных грунтов Большого Сочи, обеспечивающая соблюдение всех требований МОК и экологических требований.

Разработан и согласован Федеральным дорожным агентством стандарт организации СТО13548260-002-2011 Материалы каменные и грунты, обработанные цементом с добавкой ферментного препарата «Дорзин». Технические условия.

Применение предлагаемой технологии строительства оснований дорожных одежд с конструктивными слоями из укрепленных грунтов с использованием фер-

ментного препарата «Дорзин» полностью соответствует целям и задачам Федеральных законов «О техническом регулировании», «Техническом регламент о безопасности зданий и сооружений», «Об энергоэффективности», а также стандартам зеленого экологического строительства [10–13].

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кокодеева Н.Е., Кочетков А.В., Янковский Л.В. Методические подходы реализации принципов технического регулирования в дорожном хозяйстве // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Охрана окружающей среды, транспорт, безопасность жизнедеятельности. 2011. № 1. — С. 44–56.

2. Кокодеева Н.Е. Методологические основы комплексной оценки надежности автомобильных дорог в системе технического регулирования дорожного хозяйства / Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. Петербургский государственный университет путей сообщения. Санкт-Петербург, 2012.

3. Кокодеева Н.Е., Кочетков А.В., Янковский Л.В., Аржанухина С.П. Методологические основы оценки риска с учетом требований технического регулирования // Вестник гражданских инженеров. 2012. №6(35). — С. 130–138.

4. Кокодеева Н.Е., Талалай В.В., Кочетков А.В., Янковский Л.В., Аржанухина С.П. Методологические основы оценки технических рисков в дорожном хозяйстве // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Урбанистика. 2011. №3. — С. 38–49.

5. Кокодеева Н.Е. Методологические основы оценки технических рисков // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Технические науки. 2012. №28. — С. 126.

6. Кокодеева Н.Е. Обеспечение безопасности автомобильных дорог с учетом теории риска/ Строительные материалы. 2009. №11. — С. 80–81.

7. Столяров В.В., Зверкова Е.Е., Аникин Ю.М. Оценка надежности нежестких дорожных одежд на основе законов распределения общих модулей упругости // Дороги и мосты. 2013. Т. 1. №29. — С. 153–176.

8. Кокодеева Н.Е. Принципы технического регулирования при проектировании дорожных одежд нежесткого типа с применением геоматериалов (на основе теории риска) // Строительные материалы. 2011. №1. — С. 25–27.

9. Кочетков А.В., Кокодеева Н.Е., Рапопорт П.Б., Рапопорт Н.В., Шашков И.Г. Состояние современного методического обеспечения расчета и конструирования дорожных одежд // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Охрана окружающей среды, транспорт, безопасность жизнедеятельности. 2011. №1. — С. 65–74.

10. Кокодеева Н.Е., Столяров В.В. Таможенный союз: нормативное обеспечение // Стандарты и качество. 2011. №8. — С. 22–27.

11. Васильев Ю.Э., Борисов Ю.В., Кокодеева Н.Е., Карпеев С.В. Техническое регулирование в дорожном хозяйстве // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2011. №3. — С. 103–108.

12. Кокодеева Н.Е., Столяров В.В., Васильев Ю.Э. Техническое регулирование в дорожном хозяйстве // Саратовский гос. технический ун-т. Саратов, 2011.

13. Кокодеева Н.Е., Столяров В.В. Техническому регулированию – да! // Стандарты и качество. 2011. №8. — С. 17.

*В.Д. Тухарели<sup>(1)</sup>, Т.К. Акчурина<sup>(1)</sup>, Т.Ф. Чередниченко<sup>(1)</sup>*

## **РАСШИРЕНИЕ НОМЕНКЛАТУРЫ ДОБАВОК ГИДРОФОБНО-ПЛАСТИФИЦИРУЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНЫХ ЦЕМЕНТНЫХ БЕТОНОВ**

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет<sup>(1)</sup>

*Рассмотрена возможность использования органической фракции нефтеотходов в качестве многофункциональной гидрофобно-пластифицирующей добавки в эффективных цементных бетонах. Показано, что введение модифицирующей добавки не только обеспечивает формирование бездефектной структуры бетона, способствует ресурсосбережению, снижает экологическую нагрузку на окружающую среду, но и является одним из наиболее универсальных способов повышения эффективности цементных композитов для современного строительства.*

Проблеме разработки и внедрения различных химических добавок в бетоны и растворы в последние десятилетия в мировой практике строительства уделяется все возрастающее внимание. Это связано с острой необходимостью улучшения технологических и повышения эксплуатационных свойств бетонных композиций. Реализация данной задачи обеспечивает управление технологическими параметрами изготовления бетонных композиций и регулирование важнейших свойств бетонов и является самым универсальным, доступным и гибким способом. Поэтому модифицирующие добавки и комплексы являются неотъемлемым компонентом строительных композитов. В связи с этим, бетоны называют искусственными каменными материалами конгломератного строения, полученными в результате рационально подобранного состава компонентов.

До 70-х годов техническими гидрофобизирующими добавками в цементобетонной технологии служили преимущественно природные продукты (например, олеиновая кислота) или некоторые отходы промышленности (мылонафт). Однако, исходя из экономической целесообразности и сохранения свойств модифицированного бетона, в настоящее время для изготовления гидрофобизирующих добавок все чаще используют продукты, материалы и отходы нефтехимического синтеза. Самыми распространенными для использования являются такие гидрофобизирующие добавки, как окисленный петролатум, кубовые остатки синтетических жирных кислот (КОСЖК), битумные дисперсные системы, кремнийорганические жидкости, добавки на основе нафталиноформальдегидных смол [1, 2]. Эти технические материалы отличаются друг от друга химическим составом и своим происхождением согласно технологии производства, но для всех них характерно наличие молекул с резко выраженным асимметрично-полярным строением. Такую молекулу можно условно представить как соединение дифильного характера, имеющую одну или несколько полярных групп типа —ОН, —СООН, —SO<sub>3</sub>H, —OSO<sub>3</sub>H, —NH<sub>2</sub> и т. д. и длинный углеводородный радикал (иногда включающий ароматическую группу) [3].

Гидрофобно-пластифицирующий эффект при введении добавок суперпластификаторов обусловлен тем, что они принадлежат к категории поверхностно-активных веществ, что позволяет образовывать на поверхностях частиц цемента и тонкодисперсных наполнителей мономолекулярные адсорбционные оболочки, которые снижают внутреннее трение в бетонной композиции. Помимо этого, наблюдается и действие пептизации добавки, которое противодействует образованию флокул из це-

ментных частиц в процессе механизма гидратации, что приводит к увеличению удельной поверхности цементных частиц и оказывает положительное влияние на интенсивность процессов гидратации и структурообразования цементного камня.

В качестве гидрофобизирующей добавки экономически выгодно и целесообразно применять кубовые остатки синтетических жирных кислот (КОСЖК). КОСЖК - продукт нефтехимического синтеза образуется при дистилляции синтетических жирных кислот, получающихся при окислении парафина. Они содержат более 80 % жирных кислот, высокомолекулярные спирты и дифункциональные соединения. Такой продукт нефтехимического синтеза часто называют синтетическими жирными кислотами. Число атомов углерода в их молекуле больше двадцати. Этим объясняется их сильное гидрофобизирующее действие в цементных системах. КОСЖК являются массовыми и дешевыми промышленными отходами [4].

Битумы как гидрофобизирующие добавки выгодны при изготовлении легких бетонов [5]. Элементный состав битумов колеблется в следующих пределах (%): углерод 70 – 80; водород 10 – 15; сера 2 – 1 кислород 1 – 5; азот 0 – 2. Эти элементы в битуме представлены в виде углеводородов и их соединений с серой, кислородом и азотом. Химический состав битумов сложен, поэтому только битумы некоторых марок, выгодно применять при изготовлении гидрофобизирующих добавок [6]. В табл. 1 приведены составы добавок с включением битума как гидрофобизатора.

Все кремнийорганические жидкости относятся к гидрофобизирующим добавкам [32]. Одной из особенностей рассматриваемых добавок является то, что они гидрофобизируют воздушные полости в бетоне. При оптимальном воздухововлечении (до 3–4%), и появлении достаточно большого количества воздушных пузырьков, проницаемость бетона снижается, а морозостойкость возрастает, что можно объяснить образованием системы условно замкнутых воздушных полостей, а сопутствующий воздухововлечению пластифицирующий эффект проявляется сильнее в бетонных смесях, чем в цементном тесте. Использование добавок гидрофобизирующего действия способствует повышению значений физико-химических и механических свойств бетонных композиций и существенно повышает его долговечность. При тепловлажностной обработке бетон с добавками гидрофобизирующих поверхностно-активных веществ (например, мылонафта и абиетата натрия) приобретает более высокую прочность, чем бетон с теми же подвижностью и расходом цемента без добавок.

Таблица 1

Состав битумной эмульсии (БЭ) и битумной металлоорганической дисперсии (БМД-С), %

Компоненты	БЭ	БМД-С
Битум марки БН-Ш	57	50
50 %-ный водный раствор сульфитно-дрожжевой бражки	5–6	5–6
Алюминиевый порошок ПАП-3	–	0,2 – 0,25
Вода	Остальное до 100 %	

Добавка С-3 (рис. 1) достаточно долго сохраняет эффект пластификации, не уступая в этом отношении лучшим зарубежным аналогам, что является одной из важнейших гарантий ее успешного применения в производственных условиях.

Исследования ученых [7] показали, что эффект пластификации и скорость твердения бетонов при введении добавки С-3 протекает неодинаково при использовании цементов различного состава, в частности он зависит от содержания в цементе трехкальциевого алюмината. Проверка влияния добавки С-3 на твердение бетонов при

обычной температуре и при пропаривании показала, что для всех испытанных композиций характерно значительное увеличение прочности бетонов с добавкой при тепловлажностной обработке, как в ранние сроки, так и в месячном возрасте. Причем в ранние сроки относительная величина прироста прочности более значительна, чем в 28 суточном возрасте. Модифицирующие добавки суперпластификатора оказывают влияние на все важнейшие технологические и технические характеристики бетонов. К таким характеристикам относятся водонепроницаемость при ее значительном повышении, а также морозостойкость бетонов с модифицирующей добавкой при одинаковой подвижности исходных смесей, как при нормальных условиях твердения, так и после пропаривания. Снижение их усадки и ползучести наблюдается при повышении морозостойкости и водонепроницаемости модифицированных суперпластификаторами бетонов.

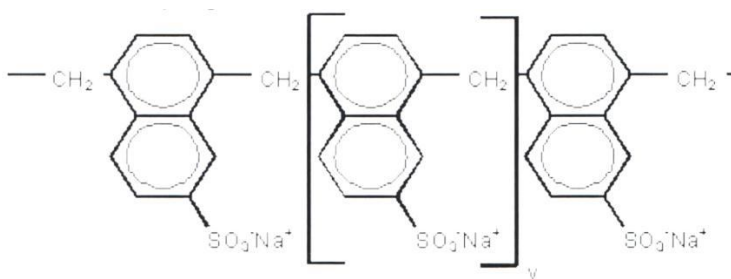


Рис. 1. –СНФ – Сульфонафталинформальдегид (С-3)

Для расширения номенклатуры комплексных добавок, снижения себестоимости изделий, внесения определенного вклада в решение экологической проблемы утилизации отходов и повышения эффективности капиталовложений на кафедре строительных материалов и специальных технологий ВолгГАСУ экспериментально исследована возможность использования органической фракции нефтеотходов (ОФН) в качестве гидрофобно-пластифицирующей добавки для производства строительных композиционных материалов [8]. Вопросы повышения эксплуатационных и технологических свойств бетона, придания ему специальных свойств путем модифицирования ОФН не нашли отражения ни в теории, ни в практике. Возможность использования отходов нефтепереработки, как естественного резерва модифицирующих добавок комплексного действия для улучшения свойств эффективных бетонов и придания ему специальных свойств, представляется весьма актуальной и экономически оправданной.

Поверхностно-активные вещества, получаемые из продуктов нефтехимического синтеза и веществ, образующихся при переработке нефти, не только дешевы и не дефицитны, но и по своим техническим свойствам значительно превосходят добавки природного происхождения. Поэтому представляет определенный интерес анализ возможности использования отходов, образующихся при переработке нефти на ООО «ЛУКОЙЛ-Волгограднефтепереработка» в качестве модифицирующей добавки к бетону. Побочные продукты селективной очистки – экстракты, содержащие низкоиндексные полициклические ароматические углеводороды и смолистые соединения, используют в качестве сырья для производства битумов, технического углерода, нефтяных коксов, в качестве компонента мазута, газойлевой фракции, в качестве топлива печей на битумной установке и для приготовления пластификаторов каучуков в резиновой и шинной промышленности. Общая схема производства базовых минеральных масел представлена на рис. 2.



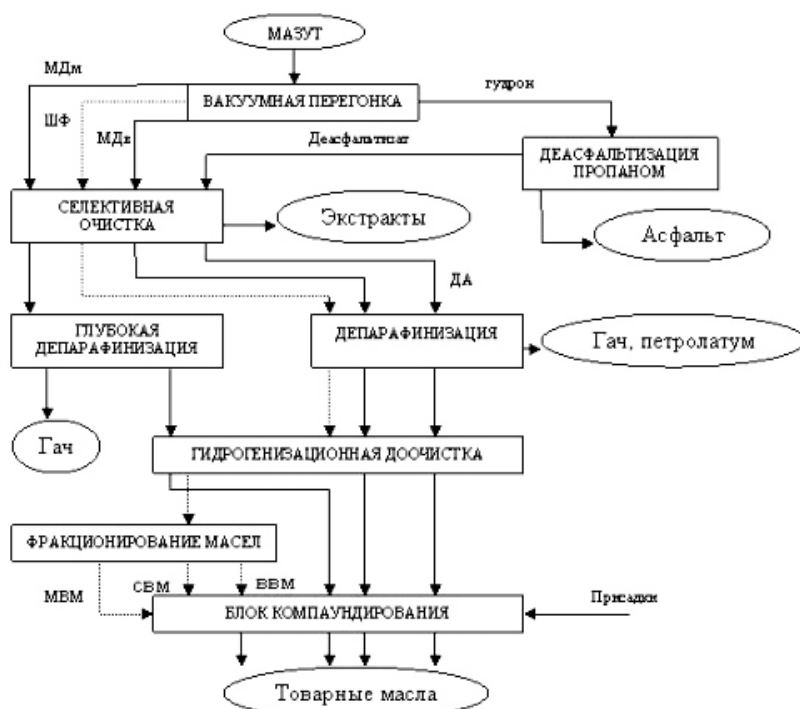


Рис. 2. Общая схема производства базовых минеральных масел

Возможность использования экстракта в качестве модифицирующей добавки к бетону представилась после перевода селективной очистки масляных дистиллятов фенолами на очистку N-метилпирролидоном, что значительно снизило содержание фенолов в конечном продукте (массовая доля фенола, % — 0,006 при норме — 0,01, содержание воды, % — следы при норме — 0,3). ОФН — представляет собой темно-коричневую жидкость с зеленоватым отливом, с легким запахом технического масла, консистенция напоминает вязкое подсолнечное масло. Химический состав экстракта дистиллятного представлен в табл. 2. Плотность при 20 °С — 940,7 кг/м<sup>3</sup>; вязкость — 10–12 мм<sup>2</sup>/с, температура вспышки — 230 °С; температура застывания — от +20 °С до – 15 °С.

Таблица 2

Химический состав нефтеотходов от экстракции ароматических углеводов из нефти при селективной очистке масляного сырья

Название группы углеводородов	Содержание в экстракте, %
Парафиновые	6,82
Нафthenовые	42,8
Легкие ароматические	6,65
Средние ароматические	18,59
Тяжелые ароматические	20,8
Сумма ароматических	46,04
Сумма смол и асфальтенов	4,34

Органическую фракцию нефтеотходов (ОФН) можно рассматривать как дисперсную среду, повторяющую сочетание соединений, из которых состоит нефть. Система ОФН не является однозначно молекулярной, согласно ее химическому составу. Сохранение смолисто-асфальтовых соединений способствует снижению области молекулярного состояния, система становится дисперсной при изменении значений давления и температуры. Компоненты системы являются растворителями друг для друга. Парафины – неполярные растворители, хорошо растворяются в парафиновых углеводородах в отличие от асфальтенов, твердые парафины ( $C_{17}-C_{36}$ ) лучше растворяются в высокомолекулярной части неполярных растворителей, чем в легких углеводородах, особенно при низких температурах. Поэтому степень полярности дисперсионной среды не одинаково влияет на размер различных по природе ассоциатов в дисперсной системе ОФН, обуславливая различную концентрацию надмолекулярных структур в системе ОФН. Ароматические углеводороды ОФН имеют повышенную склонность к межмолекулярному взаимодействию, могут образовывать двумерную (плоскостную) структуру и склонны к образованию сложных структурных единиц с повышением температуры. ОФН можно определить как многокомпонентную смесь сложного химического состава, способную изменять агрегатное состояние и объемные свойства при изменении внешних условий.

Эффект пластификации бетонной композиции добавкой ОФН обусловлен образованием адсорбированного тонкого ориентированного слоя полярных молекул ОФН с концевыми метильными группами, оказывающего смазывающее действие в системе при внешних механических воздействиях. Механизм гидрофобного действия добавки ОФН оценивался по изменению поверхностного натяжения и краевого угла смачивания в системе заполнитель – модифицирующее вяжущее. Адсорбируясь на границе раздела фаз ОФН, способствуют снижению поверхностного натяжения растворной части бетонной композиции. Происходит уменьшение краевого угла, повышается смачиваемость заполнителей, что способствует образованию гидрофобного покрытия на стенках пор и капилляров бетонной композиции. Снижение показателя водопоглощения модифицированного бетона в 3 раза, экспериментально подтверждает предложенный механизм гидрофобно-пластифицирующего действия ОФН [9].

Краткий научно-технический обзор гидрофобно-пластифицирующих добавок нефтехимического синтеза показывает, что создание и применение новых модификаторов — один из реальных путей дальнейшего совершенствования технологии и свойств бетона и железобетона, получение бетонов с повышенными эксплуатационными свойствами. А поскольку композиционные материалы включают значительную часть по массе отходов промышленности, их использование позволит утилизировать многотоннажные отходы, улучшить экологическую обстановку Волгоградской области, даст ощутимый экономический эффект. Каждое из направлений применения добавок интересно как с научной, так и технической стороны, и требует своего дальнейшего исследования и совершенствования.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баженов Ю.М., Демьянова В.С., Калашников В.И. Модифицированные высококачественные бетоны. – Москва: Изд-во АСВ, 2006. — 306 с.
2. Szwabowski Y. From ordinary to high performance ready-mixed concrete // *Konf. Dni betonu*. - Polska, 2002. — S. 157–170.
3. Walraven J. Concrete for a new century // *Proc. of the 1st fib congress*. 2006. — P. 11–22.
4. Касторных Л.И. Добавки в бетоны и строительные растворы : учебно-справочное пособие // 2-е изд. – Ростов н/Д : Феникс, 2007. — 221 с.
5. Тухарели В.Д., Чердниченко Т.Ф., Акчуринов А.К. Использование отходов переработки нефти в технологии цементных бетонов // *Надежность и долговечность строительных матери-*

алов, конструкций и оснований фундаментов : материалы VI Междунар. науч.-техн. конф., 13-14 октября 2011 г., Волгоград. - Волгоград : Изд-во ВолгГАСУ, 2011. — С. 311–314.

6. Тухарели В.Д., Акчури Т.К. Состояние и перспективы использования модифицирующих добавок в повышении эксплуатационных свойств цементных бетонов // Инженерные проблемы строительного материаловедения, геотехнического и дорожного строительства : материалы III Междунар. науч.-техн. конф., 10-12 апр. 2012 г., Волгоград. – Волгоград: Изд-во ВолгГАСУ, 2012. Ч. 1. — С. 179–183.

7. Изотов В.С., Соколова Ю.А. Химические добавки для модификации бетона: монография. – Казань: Казанский государственный архитектурно-строительный университет: Издательство «Палеотип», 2006. — 244 с.

8. Тухарели В.Д., Чередниченко Т.Ф., Акчури А.К. Технологии бетонов специального назначения с использованием техногенных отходов // Наука и образование: архитектура, градостроительство и строительство: материалы Международной конференции, посвященной 80-летию строительного образования и 40-летию архитектурного образования Волгоградской области, 6–10 сентября 2010 г., Волгоград / Волгогр. гос. архит.-строит. ун-т. – Волгоград: ВолгГАСУ, 2010. — С. 334–336.

9. Тухарели В.Д., Акчури А.К. Чередниченко Т.Ф. Эффективный модифицированный бетон с использованием отходов нефтепереработки для монолитного строительства // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер: Стр-во и архитектура. 2014. Вып. 37(56). — С. 112–120.

*А.В. Тухарели<sup>(1)</sup>, Т.К. Акчури<sup>(1)</sup>*

## **РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ ЦЕМЕНТНЫХ БЕТОНОВ ДЛЯ ТОНКОСТЕННЫХ ЗАГЛУБЛЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет<sup>(1)</sup>

*При строительстве тонкостенных заглубленных сооружений первостепенное значение приобретают эксплуатационные характеристики материалов конструкций. Используемые традиционные бетоны, не всегда обладают указанными требованиями, необходимыми для длительной нормальной службы этих конструкций. Наиболее предпочтительными материалами с улучшенными физико-механическими характеристиками являются мелкозернистые бетоны, модифицированные полимерными добавками.*

Бетон является главным строительным материалом, который применяют во всех областях строительства. Технико-экономические преимуществами бетона и железобетона являются: низкий уровень затрат на изготовление конструкций в связи с применением местного сырья, возможность применения в сборных и монолитных конструкциях различного вида и назначения, механизация и автоматизация приготовления бетона и производства конструкций. Бетон долговечен и огнестоек, его плотность, прочность и другие характеристики можно изменять в широких пределах и получать материал с заданными свойствами. В силу этих преимуществ бетоны различных видов и железобетонные конструкции из них являются основой современного строительства

Бетон, предназначенный для конструкций подземных частей зданий и сооружений, должен обладать свойствами, необходимыми для длительной нормальной службы этих конструкций в данных климатических эксплуатационных условиях. Однако из-за агрессивного воздействия влаги возможно как отсыревание конструкций, так и их разрушение. Влага, накопившаяся в грунте из-за обильных дождей или таяния снега, приводит к отсыреванию подземных частей зданий или сооружений; неравномерный состав грунта и регулярная просадка почвы могут вызвать смещение конструктивных элементов. Кроме того бетон, являющийся основной составляющей большинства подземных конструкций, характеризуется способностью легко впитыв-

вать влагу. При минусовых температурах жидкость, скопившаяся в порах бетонных конструкций, превращается в лед. При этом она расширяется, способствуя образованию микротрещин, которые впоследствии приводят к разрушению конструкции.

Подземные части строений подвергаются воздействию двух типов влаги: напорной воды и капиллярной. В зависимости от того, какому типу воздействия должна препятствовать гидроизоляция, применяют противокapиллярную либо противонапорную изоляцию фундаментов и подвалов. Наружная обмазочная изоляция, которой в том числе выполняется герметизация швов, препятствует поступлению напорных почвенных вод. Обмазочная изоляция, нанесенная внутри конструкций, защищает их от капиллярной влаги. Недостатком подобной изоляции является то, что срок ее эксплуатации не превышает 5–6 лет. Поэтому сейчас для создания надежного барьера для капиллярной влаги используют водонепроницаемые бетоны высокой плотности ( $W6$  и более), в том числе модифицированные гидрофобизирующими полимерными добавками, которые заполняют микротрещины и поры бетонных конструкций, препятствуя их разрушению и способствует повышению прочности бетона, его морозостойкости и водонепроницаемости до  $W8$ – $W12$ .

Использование целевых добавок является наиболее эффективным способом получения бетонов с заданными свойствами. Придание бетонам и растворам водоотталкивающих свойств, водонепроницаемости и трещиностойкости с помощью гидрофобизирующих добавок наиболее эффективно используется в тонкостенных элементах конструкций полов, облицовках резервуаров, лотках, ограждениях котлованов, противопопозленных сооружений, подпорных стенках, а также при необходимости исключить возможность взаимодействия жидкостей с бетоном, увлажнение которого нежелательно по технологическим или гигиеническим соображениям [1].

Применение техногенных отходов в производстве строительных материалов и изделий существенно расширяет сырьевую базу строительной отрасли. Промышленные отходы предприятий Волгоградской области являются сложными по составу соединениями, обладающими различными химическими и физическими свойствами. Большая их часть экспериментально проверена на кафедре строительных материалов и специальных технологий ВолгГАСУ на возможность использования для производства строительных композиционных материалов, а также в качестве добавок или составляющих, улучшающих основные свойства композитов.

В лакокрасочном производстве в качестве возвратных материалов могут выступать как твердые, так и жидкие отходы, которые представляют большую техническую ценность. Жидкие отходы в виде дисперсий, образующиеся при зачистке оборудования, содержат остатки пленкообразующего вещества и твердые частицы и, как правило, подлежат утилизации — вывозятся на мусоросжигательные заводы. Полимерные связующие могут вводиться в вяжущие материалы при помоле последних (обычно до 1%), а также в виде водных дисперсий, которые добавляют в бетонные смеси при их приготовлении. Полимеры способны самопроизвольно или под действием различных факторов переходить из жидкого состояния в твердое, и как в жидком состоянии, так и после отвержения имеют хорошую адгезию к другим материалам [2].

Формирование твердого покрытия начинается с усиления взаимодействия между частицами водной дисперсии. Вязкость дисперсии резко повышается, она становится гелеобразной. Затем происходит сжатие геля за счет дальнейшего удаления воды из пленки и разрушения, имеющихся на поверхности глобул, адсорбционно-гидратных оболочек. Коагуляционные контакты между частицами заменяются на конденсационные. Частицы теряют шарообразную форму и принимают вид плотно уложенных многогранников. Заключительный этап формирования твердого покрытия состоит в ликвидации межфазной границы — слиянии глобул. По мере испарения воды запускается механизм пленкообразования, покрытие приобретает водостойкость. Пленкообразование напоминает схватывание цементного раствора: в

процессе гидратации он может разбавляться водой, а после схватывания - становится устойчивым к воде [3].

Отход лакокрасочного производства – органическая добавка водной дисперсии акрилового мономера (ВДАМ) по своим физическим свойствам находится на первой стадии пленкообразования, при которой частицы сближены до обратимого соприкосновения. Таким образом, данный факт дает авторам возможность использовать водный раствор дисперсной фазы в качестве модифицирующей добавки [4].

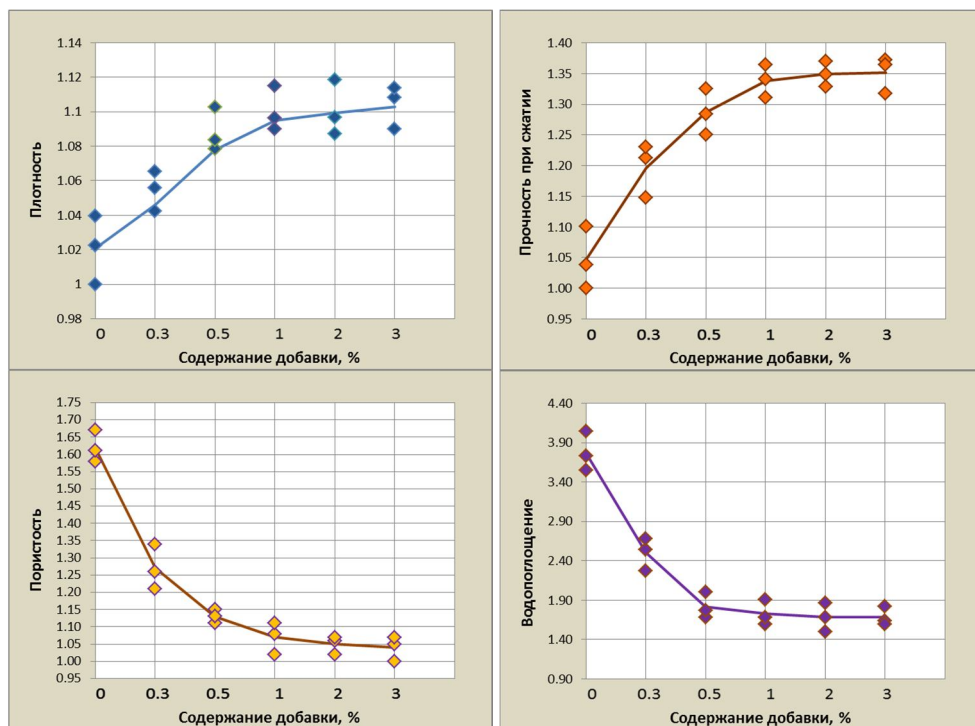


Рис. 2. Относительные физико-механические характеристики бетонных образцов в зависимости от % содержания полимерной добавки

В ходе экспериментальных исследований свойств полимерной добавки [5, 6] авторами было установлено: добавка придает бетону упруго-пластические свойства, уменьшает дефектность структуры, увеличивает адгезионные силы сцепления контактной зоны, что значительно улучшает его структурно-механические характеристики, что послужило основанием для продолжения дальнейших исследований возможности применения полимерных отходов лакокрасочного производства в качестве модифицирующей добавки к бетону, предназначенному для подземных частей зданий и сооружений.

Приготовление бетонной смеси, определение ее основных характеристик, формирование образцов и изучение основных физико-механических свойств проводилось согласно методикам и требованиям, указанным в ГОСТ: 10180-90 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам», 24452-80 «Бетоны. Методы испытаний». Для изучения влияния количества полимерной добавки на основные физико-механические характеристики бетона готовили 5 серий каждого вида образцов, которое составило 0,3%, 0,5%, 1%, 2% и 3% от массы вяжущего соответственно, а также 1 серию контрольных образцов без добавки. Испытания образцов проводили в возрасте 30 суток.

Анализ полученных данных показал, что полимерная органическая добавка придает бетону повышенную прочность, плотность, способствует уменьшению пори-

стости и водопоглощения за счет изменения его порового пространства - частично открытые поры становятся замкнутыми, благодаря образованию полимерных мембран, поверхность же другой части открытых пор покрывается полимерной пленкой, при этом бетон приобретает гидрофобные свойства. Также немаловажным фактом является то, что ВДАМ отличается нейтральностью по отношению к другим материалам и способен сопротивляться проникновению воды, в том числе и под давлением.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тухарели А.В., Акчури Т.К. Модифицированные бетоны нового поколения // Ежегодная научно-техническая конференция профессорско-преподавательского состава и студентов Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета: материалы конференции, 29—30 апреля 2014 г., Волгоград : в 2-х ч. Ч. I / М-во образования и науки Рос. Федерации, Волгогр. гос. архит.-строит. ун-т. –Волгоград : ВолГАСУ, 2014. — С. 34–38.

2. Ратинов В.Б., Розенберг Т.Н. Добавки в бетон. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Стройиздат, 1989. — 188 с.

3. Соловьев В.И. Бетоны с гидрофобизирующими добавками. – Алма-Ата: Наука, 1990. — 112 с.

4. Тухарели А.В., Акчури Т.К. Перспективы и возможности использования отходов лакокрасочного производства для модификации цементных бетонов // Ресурсо- и энергоэффективные технологии в строительном комплексе региона : сб. науч. тр. по материалам Междунар. науч.-практ. конф. – Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2014. — С. 92–97.

5. Тухарели А.В., Акчури Т.К. Технология модифицированных эффективных цементных бетонов с использованием отходов лакокрасочного производства // Инженерно-строительный вестник Прикаспия [Текст]: научно-технический журнал / Астраханский инженерно-строительный институт. – Астрахань: ГАОУ АО ВПО «АИСИ», 2014. №2(8). — С. 48–51.

6. Тухарели А.В., Акчури Т.К. Разработка составов и технологий модифицированных бетонов для подземных частей зданий // Ежегодная научно-техническая конференция профессорско-преподавательского состава и студентов Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета: материалы конференции, 29—30 апреля 2014 г., Волгоград : в 2-х ч. Ч. I / М-во образования и науки Рос. Федерации, Волгогр. гос. архит.-строит. ун-т. – Волгоград : ВолГАСУ, 2014. — С. 31–34.

*А.В. Федянина<sup>(1)</sup>, Т.К. Акчури<sup>(2)</sup>, В.В. Григорьевский<sup>(2)</sup>*

### РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ ЭФФЕКТИВНЫХ БЕТОНОВ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ШЛАКОВ

ООО «ЛУКОЙЛ – Волгоградэнерго»<sup>(1)</sup>

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет<sup>(2)</sup>

В настоящее время разработаны и применяются в строительстве разнообразные виды бетонов с применением как вяжущих, так и заполнителей на основе металлургических шлаков [1, 2]. Стоимость изделий из шлаковых бетонов на 20–30% меньше, чем традиционных.

В зависимости от вида шлаковых заполнителей изготавливают бетоны с различной средней плотностью: особо тяжелые ( $\rho_0 > 2500 \text{ кг/м}^3$ ) на некоторых шлаках сталеплавильного производства и цветной металлургии; тяжелые ( $\rho_0 = 1800\text{--}2500 \text{ кг/м}^3$ ) налитом и отвальном шлаковом щебне, песке и гранулированном шлаке; легкие ( $\rho_0 < 1800 \text{ кг/м}^3$ ) на шлаковой пемзе (крупный заполнитель) и гранулированном шлаке (мелкий заполнитель). Параллельно с крупнозернистым используют мелкозернистые шлаковые бетоны. В зависимости от структуры различают обычные плотные, крупнопористые и ячеистые шлаковые бетоны. Последние являются особенно эффективными.

По назначению шлаковые бетоны делятся на: конструкционные или общего назначения; конструкционно-теплоизоляционные, применяемые при возведении ограждающих конструкций; гидротехнические; дорожные; теплоизоляционные; кислото- и жаростойкие.

Твердение шлаковых бетонов возможно при обычных условиях, однако их качество значительно повышается при тепловлажностной обработке (пропаривании и особенно автоклавном твердении).

В работе были использованы: обычный бетон на портландцементе с заполнителями из металлургических шлаков, съёмов и песка; жаростойкий бетон на портландцементе с тонко измельченной добавкой и заполнителями из металлургических шлаков следующего химического состава:

Наименование компонента	Содержание, %
Оксид кальция:	20,58
Оксид алюминия:	7,44
Оксид магния:	12,64
Железа оксид:	9,91
Кремния диоксид:	49,00
Влага:	0,43

Основные составы и физико-технические свойства обычного и жаростойкого бетона на шлаковых заполнителях.

Обычный бетон:

в/ц – 0,6;  
 расход цемента — 300 кг/м<sup>3</sup>;  
 шлаковый заполнитель — 1940 кг/м<sup>3</sup>;  
 объёмная масса – 1920 кг/м<sup>3</sup>;  
 пористость — 28%;  
 предел прочности при сжатии — 37 МПа;  
 степень гидратации вяжущего – 0,72;  
 K<sub>н</sub> = 0,28 (материал морозостойкий).

Жаростойкий бетон:

в/ц — 0,63;  
 расход цемента — 420 кг/м<sup>3</sup>;  
 шлаковый заполнитель — 1240 кг/м<sup>3</sup>;  
 тонкомолотая шлаковая добавка — 130 кг/м<sup>3</sup>;  
 объёмная масса — 2000 кг/м<sup>3</sup>;  
 пористость — 24,2%;  
 предел прочности при сжатии — 34 МПа;  
 степень гидратации вяжущего — 0,70.

В портландцементные жаростойкие бетоны вводят тонкомолотую добавку, содержащую активный кремнезем и реагирующую при 800–1000°C с CaO. В роли таких добавок наряду с шамотом, золой-уносом и другими кремнеземистыми материалами при максимальной температуре службы бетона 700°C применяют тонкоизмельченные доменные шлаки. Заполнителями для жаростойких бетонов могут служить гранулированные и отвалы металлургические шлаки, а также шлаковая пемза. Максимальная рабочая температура шлаковых жаростойких бетонов на портландцементе и шлакопортландцементе достигает 700–800°C. При более высоких температурах прочность бетона резко уменьшается из-за размягчения стекловидной фазы в шлаковых заполнителях.

Приведенные бетоны подвергались нагреву – 20, 105, 300 и 800°C.

В табл. 1 приведены структурные характеристики жаростойкого и обычного бетонов на шлаковых заполнителях после нагрева.

Таблица 1

Температура нагрева бетона, °С	S — удельная поверхность, м <sup>2</sup> /г	C — теплота адсорбции	(Q <sub>1</sub> - L) × 10 <sup>6</sup> , Дж/кмоль	П — пористость, % по объему
20	<u>74,88</u>	<u>46,21</u>	<u>9,45</u>	<u>28,8</u>
	27,67	7,2	4,6	16,2
105	<u>21,65</u>	<u>21,74</u>	<u>6,27</u>	<u>26,1</u>
	20,59	16,05	5,75	15,6
300	<u>27,19</u>	<u>88,28</u>	<u>19,93</u>	<u>28,6</u>
	11,11	29,43	7,01	14,7
800	<u>23,78</u>	<u>138,48</u>	<u>12,05</u>	<u>28,5</u>
	—	—	—	19,1

Примечание: над чертой — жаростойкий бетон, под чертой — обычный бетон.

Из табл. 1 видно, что нагрев бетонов приводит к уменьшению их удельной поверхности. Причем в обычном бетоне это уменьшение имеет более плавный характер, чем в жаростойком бетоне, особенно, если сравнивать величины S при нормальной температуре и после нагревания при температуре 105°С. Изменение величины удельной поверхности S в жаростойком бетоне на портландцементе отличается от обычного бетона. Для жаростойкого бетона характерно незначительное изменение удельной поверхности в температурном интервале 20–300°С, а затем резкое снижение величины S после нагревания при 800°С. При одинаковых условиях характер изменения удельной поверхности жаростойкого бетона при нагреве ближе к обычному бетону на шлаковых заполнителях.

Данные шлаковые материалы можно использовать в производстве жаростойких бетонов в качестве заполнителей и тонкомолотых добавок. Вяжущие на основе металлургических шлаков по жаростойкости превосходят портландцемент, что объясняется сравнительно низким содержанием в шлаковом цементном камне гидроксида кальция. Применяя шлакопортландцемент, можно получить жаростойкие бетоны, пригодные для эксплуатации до 1200°С.

Тяжелые бетоны. Применяя обычные вяжущие в сочетании со шлаковыми заполнителями, можно получить тяжелые бетоны всех классов по прочности на сжатие. При этом для пропаренных бетонов достигается прочность 10–30 МПа, а для бетонов автоклавного твердения — 30–60 МПа. Замена в тяжелых бетонах крупного заполнителя из плотных горных пород шлаковым щебнем, полученным дроблением плотных металлургических шлаков, практически не снижает, а иногда несколько повышает прочность бетона за счет их более развитой и активной поверхности.

Бетоны на шлаковом щебне имеют более высокую прочность при растяжении и изгибе, чем на гранитном.

Применение шлакового песка-отсева вместо обычного кварцевого повышает водопотребность бетонной смеси, в результате чего происходит определенный перерасход цемента. Поэтому эффективность применения шлакового песка как мелко-го заполнителя бетона, возрастает при введении пластифицирующих добавок и в смеси с имеющим меньшую водопотребность заполнителем (кварцевым песком, гранулированным шлаком и др.).

Обычно бетоны на шлаковом щебне более жесткие и менее удобоукладываемые, чем на гранитном.

Морозостойкость бетонов на шлаковых заполнителях ниже, чем обычных цементных, и составляет 50–100 циклов, кроме бетонов на шлакощелочных вяжущих,



где она значительно выше. Повышение морозостойкости может быть достигнуто как общими для всех бетонов технологическими приемами (например, снижением В/Ц, смягчением режима тепловой обработки, введением воздухововлекающих добавок), так и применением вместо пропаривания автоклавной обработки.

Деформативные свойства шлаковых бетонов и сцепление их с арматурой аналогичны свойствам цементных бетонов на плотных заполнителях, что позволяет изготавливать из пропаренных и автоклавных бетонов на шлаковых заполнителях разнообразные несущие железобетонные конструкции промышленного и гражданского строительства.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Акчурина Т.К., Потапова О.К., Стефаненко И.В. Использование сырьевых ресурсов Волгоградской области в технологии строительных материалов. – Волгоград: ВолгГАСА, 1999. — 231 с.

2. Акчурина Т.К., Ушаков А.В. Теоретические и методологические вопросы определения характеристик трещиностойкости бетона при статическом нагружении. – Волгоград: ВолгГАСУ, 2005. — 407 с.

**СЕКЦИЯ  
«ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ»**

*В.Г. Бахтояров<sup>(1)</sup>*

**ОЦЕНКА ЭКОТУРИСТСКОГО ПОТЕНЦИАЛА  
НИЖНЕВОЛЖСКОГО РЕГИОНА**

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет<sup>(1)</sup>

*Методом экспертной оценки произведено оценивание туристского потенциала территории Нижневолжского региона. Проведенный анализ позволил сформировать зоны для приоритетного развития определенного направления экотуризма.*

*Ключевые слова: экотуризм, туристский потенциал, туристско-рекреационная зона.*

В процессе развития человеческой цивилизации города становились средой жизнедеятельности всевозрастающего числа людей. В России 73% населения сосредоточено в городах. В некоторых странах эта доля еще выше. И как общая тенденция развития и роста городов — прогрессирующее ухудшение в них условий жизни.

По совокупности экологических условий города России разделяются на 5 категорий экологического состояния (ЭС): 1-я — благополучное, 2-я — удовлетворительное, 3-я — умеренно напряжённое, 4-я — напряжённое, 5-я — критическое.

ЭС городов, входящих в Нижневолжский регион, согласно представленной классификации: Волгоград — 5, Астрахань — 4, Элиста — 3 [1].

В результате экологического неблагополучия в городах ухудшается здоровье населения, повышается уровень заболеваемости и смертности, сокращается продолжительность жизни.

В свете выше сказанного, актуальным является вопрос улучшения качества жизни населения в промышленных городах. Один из путей решения данной проблемы — развитие экологического туризма в Нижнем Поволжье. Необходимость развития экологического туризма в регионе обусловлена, прежде всего, социальным заказом — потребностями населения в более целостном, системном подходе к проблемам здоровья и использования свободного времени, созданию условий для ведения свободного образа жизни, духовного и экологического воспитания населения.

Возможность организации туристских систем и их элементов, привлекательность территории для потоков туристов зависят от туристско-рекреационного потенциала территории [2].

Составной частью туристских ресурсов являются туристские объекты или объекты туристского интереса. К объектам экологотуристского интереса относятся уникальные природные объекты, природные парки, заповедники, целебные ландшафты.

Анализ данных о наличии и состоянии туристско-рекреационных ресурсов, особенностей сложившихся туристических зон и систем в Нижневолжском регионе показал удивительное разнообразие объектов туристского интереса, их привлекательность для развития экотуризма, как внутреннего, так и въездного [3].

Предлагается на территориях Волгоградской, Астраханской областей и Республики Калмыкии сформировать межрегиональную зону, которая необходима для дальнейшего развития Нижневолжского региона.

Методом экспертной оценки произведено оценивание туристского потенциала территории дифференцированно по административным районам [4].

Оценка туристско-рекреационного потенциала территорий с природными ресурсами произведена по трехбалльной шкале (табл. 1). Сведения по организационным компонентам туристских ресурсов приведены в табл. 2.

На территории Нижнего Поволжья, включающей в себя Волгоградскую, Астраханскую области и республику Калмыкия, были выделены: территории с природными ресурсами, образующие туристские планировочные районы и экскурсионные зоны; планировочные центры; планировочные узлы; планировочные оси; визит-центры ООПТ.

Таблица 1

Сравнительная оценка туристского потенциала природных территорий Нижневолжского региона

Территории	Виды экотуризма								
	Научный	Познавательный				Рекреационный			
		Историко-археологий	Палеонтологий	Биоразнообразие		Бальнеологий	Ландшафтные доминанты		
				Флора	Фауна		Горные	Равнинные	Водные
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Волгоградская область</b>									
1. П «Эльтонский»	+	+++	++	+	+	+++	++	+	+++
2. ПП «Волго-Ахтубинская пойма»	+++	+	+	+++	+++	+	+	+++	+++
3. ПП «Щербаковский»	+	+++	+	+++	+++	+	+++	+	+++
4. ПП «Усть-Медведицкий»	+	+++	+	+++	+++	+	+++	+++	+++
5. ПП «Донской»	+	+++	+++	+	+	+	+++	+++	+++
6. ПП «Нижнехоперский»	+++	+++	+	+++	+++	+	++	+++	+++
7. ПП «Цимлянские пески»	+++	+	+++	+++	+++	+	+	+++	+++
8. Заказник «Грачи»	+	+	+	+++	+++	+	+	+	+
9. Пит. «Ольховский лесхоз»	+	+	+	+++	++	+	+	++	+

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Астраханская область</b>									
1. Биосферный заповедник	+++	+++	+++	+++	+++	+	+	+++	+++
2. Зап. «Богдинско-Баскунчакский»	+	+	++	+	+	++	+++	+++	+++
3. ПП «Пески Берли»	+++	++	+	+++	+++	+	+	+	+
4. Заказник «Ильменно-Бугровой»	+++	+	+	+++	+++	+	+++	++	+
5. «Урочище Кордон»	+	+	+	+++	++	+	+	++	+

6. «Орловский лес»	++	++	+	+++	+	+	+	+++	+
7. «Чертово городище»	++	+++	+++	++	++	+	+	+	+

<b>Республика Калмыкия</b>									
1. Зап. «Черные земли»	+++	++	+	+	+++	+	+	+++	+++
2. Заказник «Сарпинский»	++	+	+	+	+++	+	+	+	+
3. Заказник «Харбинский»	++	+	+	+	+++	+	+	+	+
4. Заказник «Меклетинский»	++	+	+	+	+++	+	+	+	+
5. Заказник «Южный»	++	+	+	+++	+++	+	+	+	+
6. Заказник «Зунда»	+++	+	+	+++	+++	+	+	+	+++
7. Заказник «Манычский»	++	+	+	+++	+++	+	+	+	+++
8. ПП «Бамб-Цецг»	+	+	+	+++	+++	+	+	++	++
9. Курганная гряда	+	+++	+	++	+++	+	++	++	++
10. Целебные источники (п. Хаар-Булук, Ялмта, Арнурский, с. Троицкое).	+	+	+	++	++	+++	++	++	++

Примечание: оценка потенциала + — низкий; ++ — средний; +++ — высокий.

Таблица 2

## Инфраструктура экотуризма Нижневолжского региона

Населенный пункт	Статус населенного пункта	Планировочные оси
<b>Волгоградская область</b>		
г. Волгоград	планировочный центр	Трасса М-6, трасса Е 40, трасса Е 19, река Волга, Волго-Донской канал, международный аэропорт, речной порт, железнодорожный вокзал, автовокзал
г. Волжский	планировочный центр	Трасса М-6, трасса Е 40, трасса Е 19, железнодорожный вокзал, автовокзал
г. Камышин	планировочный центр	Трасса Р-228, река Волга, автовокзал
г. Дубовка	планировочный узел	Трасса Р-228, река Волга
г. Калач-на-Дону	планировочный узел	Трасса М-21, трасса Е 40, река Дон, речной порт, железнодорожный вокзал, автовокзал
г. Серафимович	планировочный узел	Трасса М-6, трасса М-21, трасса Е 19, река Дон, автовокзал
г. Урюпинск	планировочный узел	Трасса М-6, траса Е 19, река Хопер, автовокзал
<b>Астраханская область</b>		
г. Астрахань	планировочный центр	Трасса М-6, река Волга, Каспийское море, международный аэропорт, морской порт, автовокзал, железнодорожный вокзал
п. Черный Яр	планировочный узел	Трасса М-6, река Волга, автовокзал
<b>Республика Калмыкия</b>		
г. Элиста	планировочный центр	Трасса М-6, международный аэропорт, автовокзал, железнодорожный вокзал
г. Лагань	планировочный узел	Трасса Р-263, Железная дорога «Астрахань—Кизляр», автовокзал
п. Цаган Аман	планировочный узел	Трасса М-6, река Волга, автовокзал
п. Садовое	планировочный узел	Трасса Р-221, река Зельмень

На рисунках ниже представлены зоны, обладающие ресурсами для приоритетного развития определенных направлений экотуризма. Так на рис. 1 мы объединили объекты, представляющие интерес для направления научного экотуризма, на рис. 2 — познавательного, на рис. 3 — рекреационного [3].

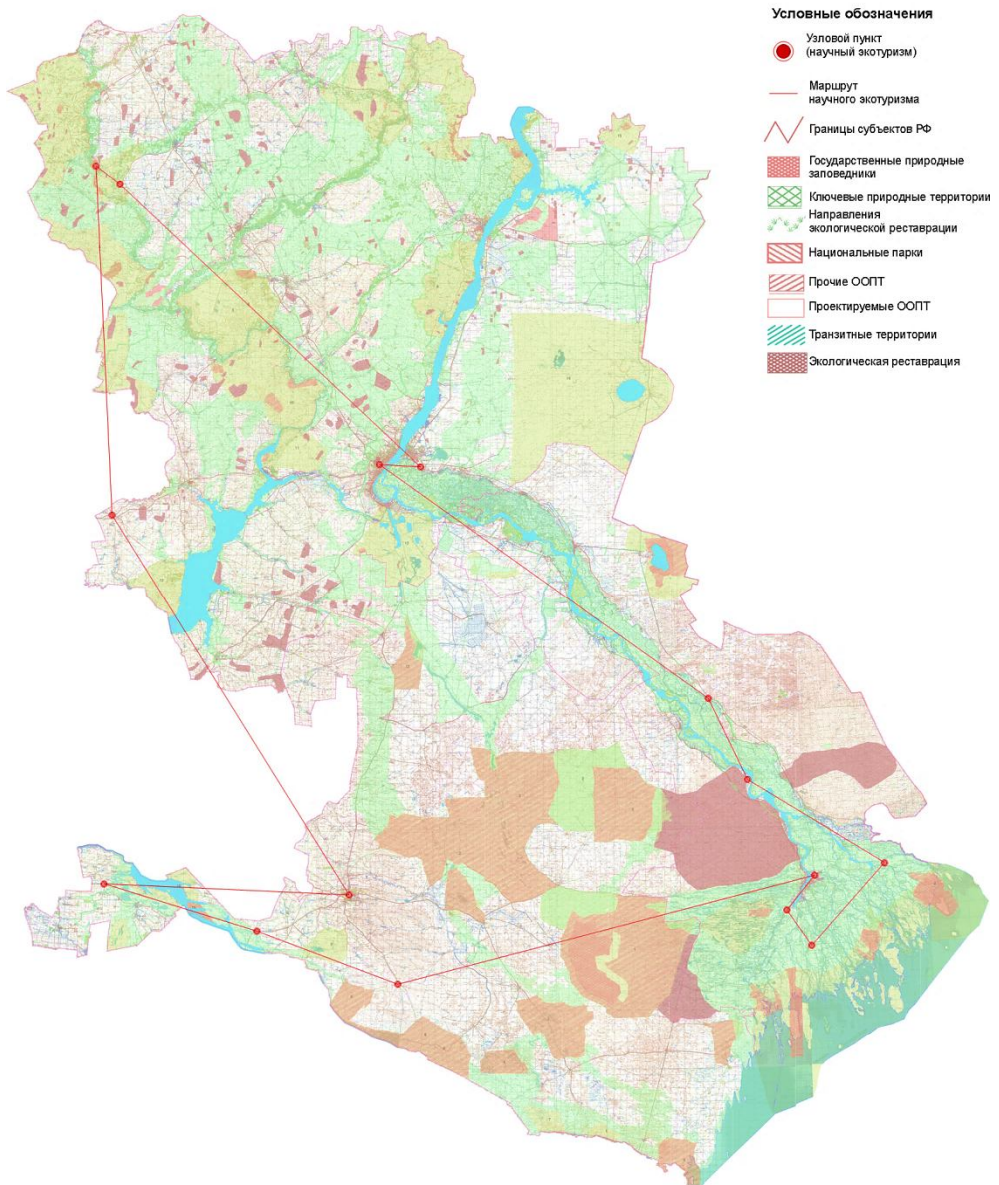


Рис. 1. Карта-схема направлений научного экотуризма

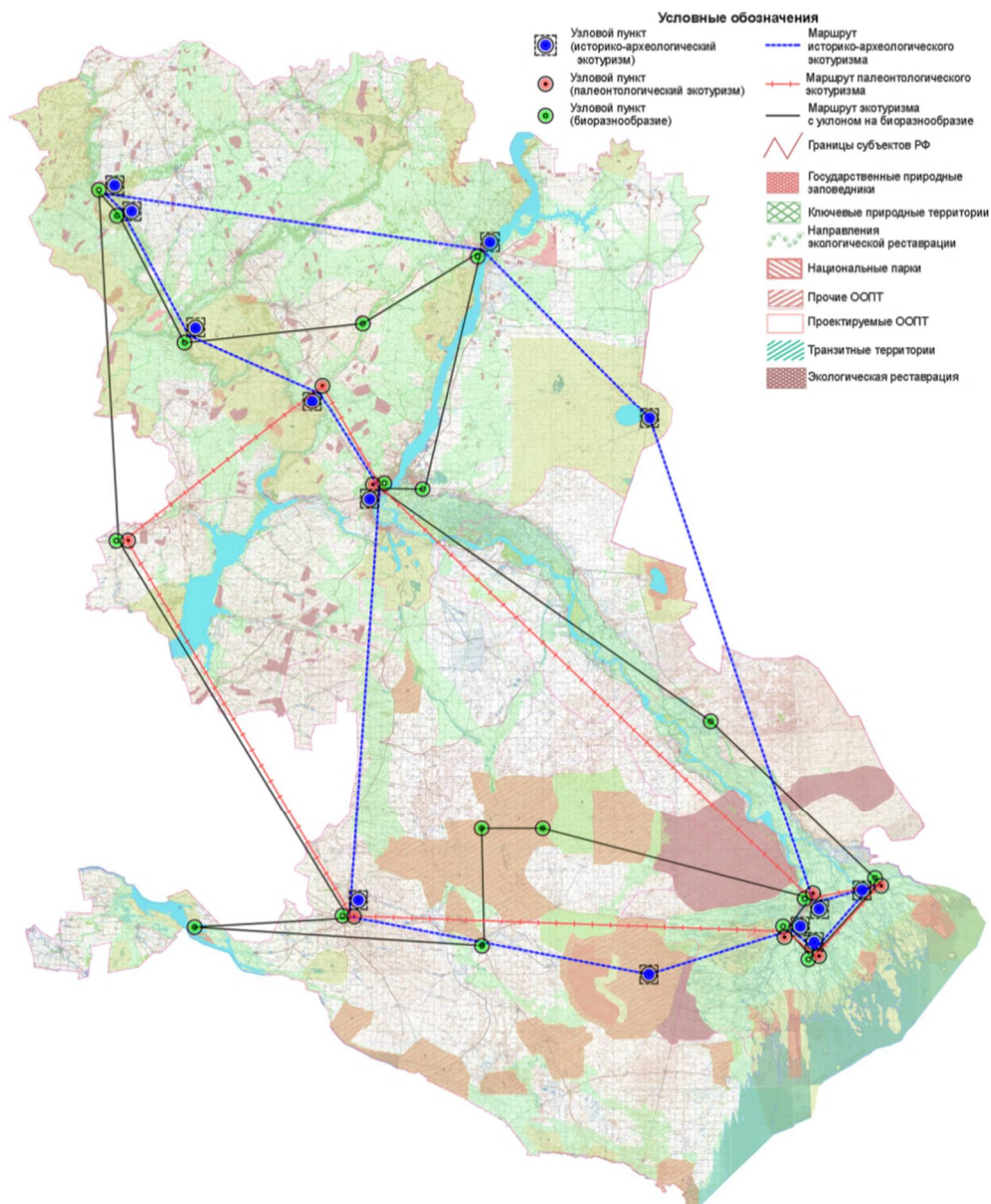


Рис. 2. Карта-схема направлений познавательного экотуризма

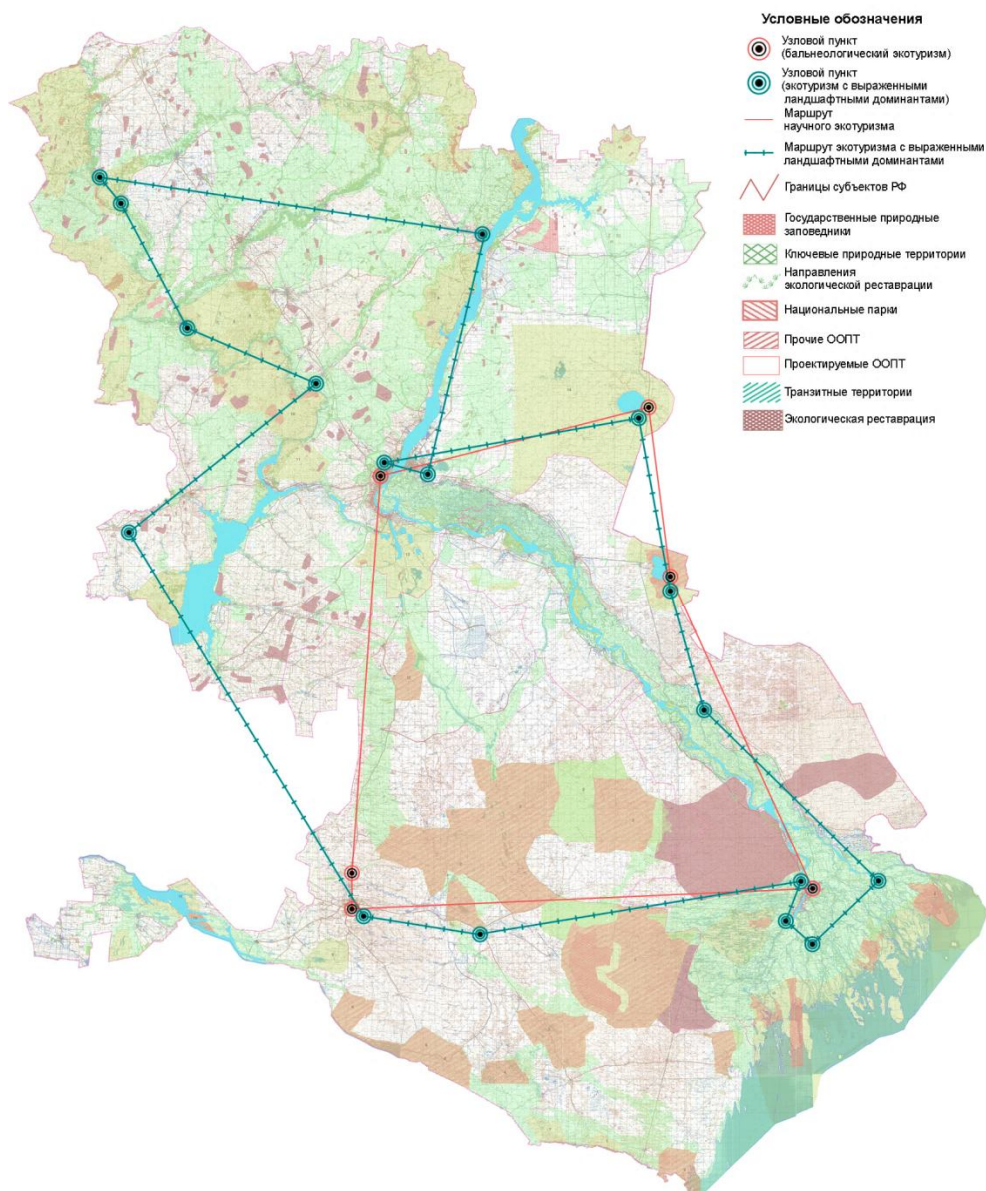


Рис. 3. Карта-схема направлений рекреационного экотуризма



Разработанные нами схемы помогут туристическим компаниям, готовым развивать экотуризм на территории Нижнего Поволжья, разработать туристические маршруты, отвечающие интересам потребителя.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. [http://dic.academic.ru/dic.nsf/city\\_of\\_russia](http://dic.academic.ru/dic.nsf/city_of_russia).
2. *Владимиров В.В.* Основы районной планировки. – М.: Высш. шк., 1995. — 285 с.
3. *Бахтияров В.Г., Сидоренко В.Ф.* Сравнительный анализ и оценка рекреационного потенциала Нижневолжского региона // Проблемы устойчивости и безопасности систем жизнеобеспечения в сфере жилищно-коммунального хозяйства: материалы Международной науч.-практ. конф.: – М.: Изд-во Леонид Будник, 2011. — С. 20–24.
4. *Gunn C.A.* Tourism Planning. New York, 1988. — 312 с.

*Г.А. Булычев<sup>(1)</sup>, И.А. Томарева<sup>(1)</sup>, В.В. Габова<sup>(1)</sup>, Г.Р. Булычев<sup>(1)</sup>*

### ОБУСТРОЙСТВО СИСТЕМ СБОРА И УТИЛИЗАЦИИ СБРОСНЫХ ГАЗОВ

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет<sup>(1)</sup>

Сбор и утилизация сбросных газов в системах нефтегазовой промышленности продолжает оставаться важнейшей проблемой. Это требует усиления научно-аналитических работ с проведением соответствующих НИОКР. Что стало бы надежной базой к широкому использованию результатов названных работ в широком диапазоне их промышленного внедрения: на суше и в морских условиях.

Значение указанных работ является и то, что они могут определить направление для дальнейших исследований, состоящих в том, что из всего многообразия форм сбросов газов можно определить первоочередные варианты, которые характеризуются доступностью реализации закономерностей изменения газогидродинамических и теплофизических параметров. Многообразие форм и состав сбросных газов, факельных систем, требует создания многофункциональных устройств повышенной надежности, экономичности и экологической безопасности.

1. Некоторые возможности модернизации факельных устройств сухопутного применения.

Примером наилучшей конструкции факельных устройств ФУ зарубежного изготовления может служить «Mac Ignitor», рис. 1.

Это выносное, горизонтальное или ямное устройство высокой технологичности и автоматизации. Однако, оно архаично по идеи, расточительно по использованию ценнейших углеводородов и являет собой образец неразумного уничтожения природы, тем более при наличии в продуктах горения недожога и серосодержащих элементов.

Результаты детального изучения отечественных ФУ (рис. 2) позволило сделать вывод, что к дальнейшему применению пригодны только отдельные элементы факельного оголовка ОФ ТатНИИнефтемаш, факельной установки «КАЙТ-ЭКСИ» и особенно схемы и требования к ФУ, рекомендуемые «Правила устройства и безопасной эксплуатации факельных систем (ПУ и БЭФ-91)» Госгортехнадзора и Госкомприроды.

Концептуальная проработка теоретических основ и эскизное выполнение конструктивного исполнения новых ФУ позволяют представить на рассмотрение три варианта малогабаритных устройств для утилизации концевых (хвостовых) сбросов нефтегазовых систем.

ФУ-М (факельное устройство модернизированное) включает основные элементы: коллектор 1 для подвода сбросов; U-образный сепаратор-гидрозатвор 2 и 4; затворы шиберные 3; линии 5 и 6 для слива нефти и конденсата; стояк дежурного горения и бегущего огня 7; 8 — стояк главный; стабилизатор горения 9; самоохлаждающийся оголовок 10.

Как видно из приведенного — это простейшая конструкция в результате оперативной модернизации действующих ФУ малой мощности и эпизодического сброса аварийных потоков.

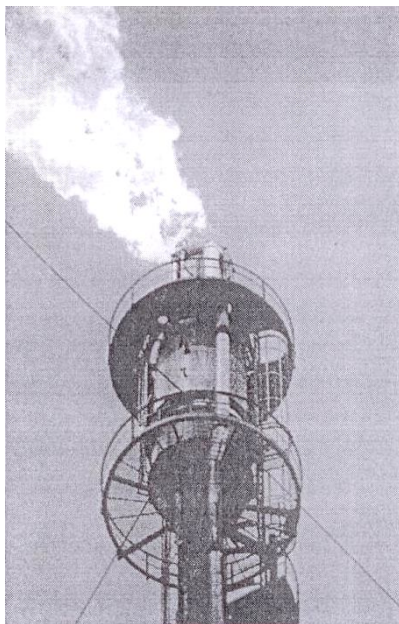


Рис. 1. Общий вид факельного оголовка «Mac Ignitor»

В этом варианте реконструкция ФУ осуществляется только за счет новых узлов:

- двойной абсорбер тяжелых углеводородов – гидрозатвор двухстороннего пропуска потоков в широком диапазоне производительности;
- самоохлаждающийся оголовок-горелка для экологичного сжигания горячей смеси «газ-воздух».

ФУМ-Т (факельное устройство с телескопическим стволом переменной высоты) включает основные элементы: коллектор 1; диспергатор 2; шиберный затвор 3; абсорбер-гидрозатвор 4; линии 5 циркуляции адсорбента; линия 6 слива конденсата; огнепреградитель 7; стояк-насадка 8 телескопическая; стабилизатор горения 9; обтекатель-«парус» 10. Это блочная установка, имеющая сменные узлы заводского изготовления, оперативно собираемая на месте применения. При необходимости на малые расстояния может перемещаться без разборки.

Вместо громоздкого железобетонного фундамента основанием ФУМ-Т служит скользящий и несколько наклоняющийся абсорбер-«черепаха», самокомпенсирующий линейные смещения при изменении температур, самовосстанавливающий вертикальное положение по принципу «Ванька-встанька» при одновременных динамических нагрузках на стояк. Сборный из отрезков труб факельный стояк, который при штатном сбросе ФУМ-Т имеет минимальную высоту (до 7 м), а по мере нарастания потока увеличивает подъем горения (до 25 м), компенсируя гидродинамические удары струи и предотвращая образование и выброса из ствола снарядов жидкости.

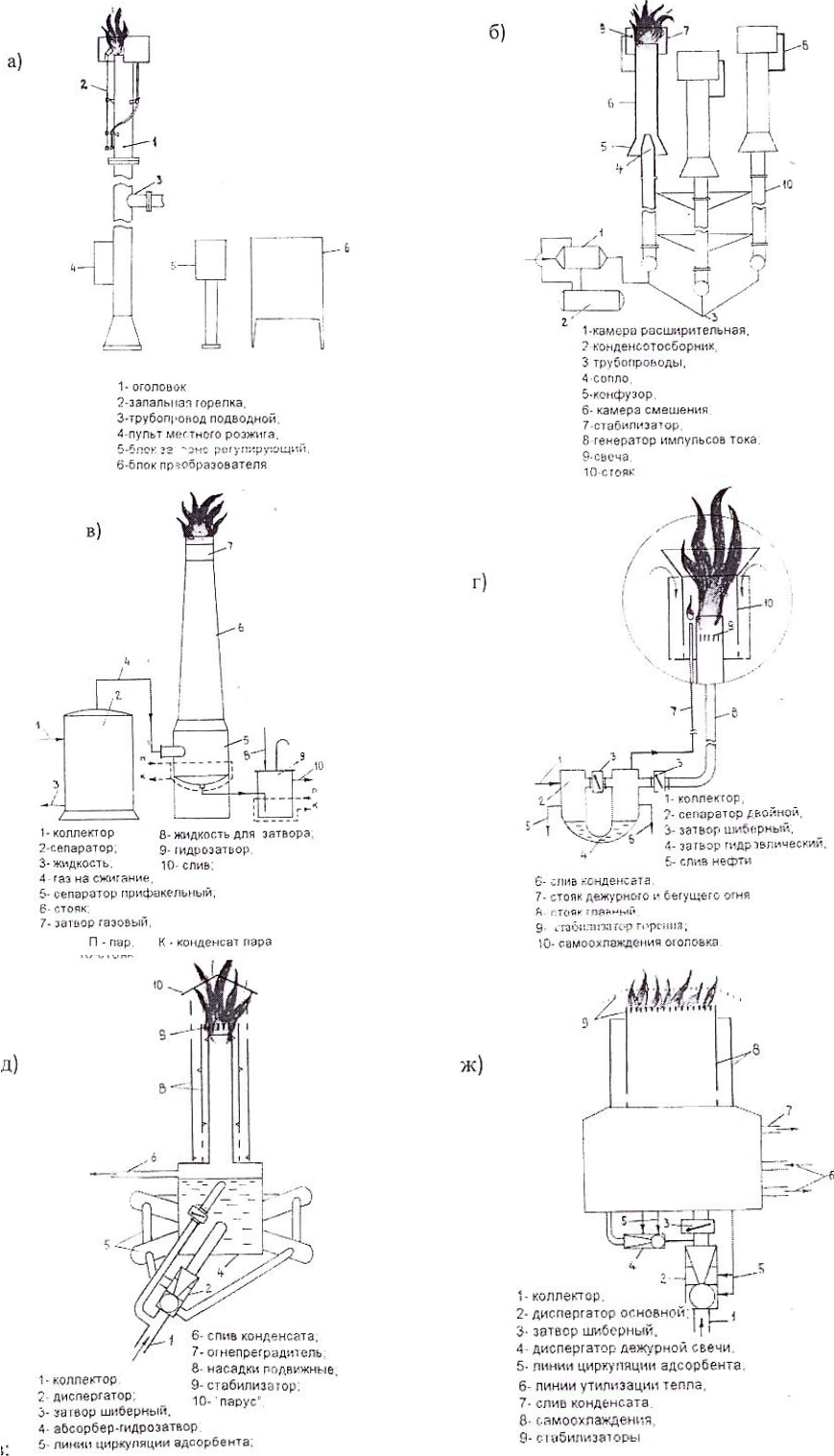


Рис. 2. Принципиальная схема факельных устройств:  
 а — Татнефтемаш; б — КАТИ-ЭКСИ; в — ВНТП 3-85;  
 г — ФУ-М; д — ФУМ-1; ж — ФУМ-ПТ-Р/Д

Двойной подвод сброса (дежурный и аварийный) с несколькими гидро- и мех затворами при постоянном подогреве исключают прорыв пламени или воздуха в коллектор сбора горючих утечек.

Дежурное горение повышенной надежности, в т.ч. и за счет питания жидким топливом при длительном времени исчезновения газа.

ФУМ (факельное устройство наземное многопрофильное), как наиболее совершенное устройство для выполнения конечной утилизации отходов нефтегазового производства КУОП.

В ФУМ-КУОП за основу взят принцип полного отказа от традиционного применения архаичных факельных устройств. Для которых странными были классические понятия машиностроения: полезная производительность, коэффициент полезного действия, экономичность, срок окупаемости затрат, экологичность и т.п.

В основу предлагаемого объекта нефтегазовой системы должен быть взят стандартный теплогенератор. Например, учитывая положительный результат создания нормального ряда подогревателей типа ПТ-Р/Д (прил. 1.4) и длительный опыт успешной эксплуатации многообразных тепловых установок на их базе, вполне оправдано доработать ряд многоцелевых ПТ-Р/Д до уровня многопрофильных КУОП.

В этом варианте утилизация сбросов будет осуществляться в три ступени:

I ст. – предпочтительное дежурное горение сухого газа;

II ст. – внутритопочное горение отбензиненного газа;

III ст. – надтопочное безжидкостное горение аварийного сброса.

Здесь конструкция КУОП будет включать следующие основные элементы: коллектор 1; диспергатор 2 основной; затвор 3 шиберный; диспергатор 4 дежурного горения; линии 5 циркуляции адсорбента; линии 6 утилизации тепла; линия 7 слива конденсата; самоохлаждающийся оголовок-диффлектор 8; стабилизатор горения 9.

Все это позволяет разработать обычный нефтегазовый объект высокой эксплуатационной надежности, вместо разорительного сжигания невосполняемых углеводородов. КУОП необходим для выполнения положительных элементов:

1. Комплексная (концевая) переработка «хвостовых» сбросов с получением:

1.1 – жидких углеводородов до сжигания;

1.2 – сухого газового топлива;

1.3 – полезного тепла, в т.ч. и в виде пара;

1.4 – выработки электроэнергии;

1.5 – концентрированных солевых антифризов;

1.6 – серной пульпы без загрязнения окружающей среды.

2. Системы сбора факельных газов в морских условиях.

Здесь рассматриваем такие системы не только с позиций наиболее надежной охраны природы, но и как более совершенные обустройства морских промыслов.

В практике нефтегазосбора сделаны попытки сбора сбросных газов с последующим рассеиванием их в окружающей воде или со сжиганием газов в горелочных устройствах на буях, плавающих в море. Когда наносится ущерб окружающей среде и с большими безвозвратными потерями ценнейших углеводородов, входящих в состав сбросных «сырых» газов.

Здесь основной задачей становится повышение технико-экономической надежности надводного и подводного нефтегазосбора при многофункциональности применяемой техники и технологий.

Сущность системы заключается в следующем.

Сбросные «сырые» газы с платформы от придонных скважин поступают в нижнюю часть плавающего газгольдера, частично заполненного пластовой водой, благодаря которой с помощью электронных устройств успешно барботируется нефтегазовая смесь с интенсивным разделением: внизу газгольдера очищенная пластовая

вода, в средней части газгольдера – отделенная нефть, а в верхней части газгольдера – сухой (обедненный) газ, отсепарированный от жирных углеводородов и пластовой воды.

В результате малая часть сухого газа идет через огнепреградитель, предохранительные клапана и автоматический регулятор расхода газа на дежурную свечу высокой надежности горения в любых погодных условиях гарант бесперебойного функционирования систему сбора сбросных газов.

Большая же часть сухого газа через автоматический регулятор расхода идет на утилизацию в системе обустройства платформы с попутным обеспечением огневого теплогенератора газовым топливом. Это гарантирует полноту и экологичность полезного использования сбросных газов. Накапливающиеся в плавающем газгольдере жидкие фракции (пластовая вода и нефть) за счет автоматического их уровня под собственным давлением поступают в систему обустройства нефтедобывающей платформы.

При этом плавающий «мокрый» газгольдер, роль которого может успешно выполнять типовой стальной резервуар РВС объемом от 500 до 50000 м<sup>3</sup>, за счет управления его с платформы может погружаться и всплывать за счет регулируемого уровня (объема) пластовой воды в газгольдере.

Сущность работы поясняется чертежом на рис.3, где показана принципиальная схема функционирования системы для осуществления заявленного способа.

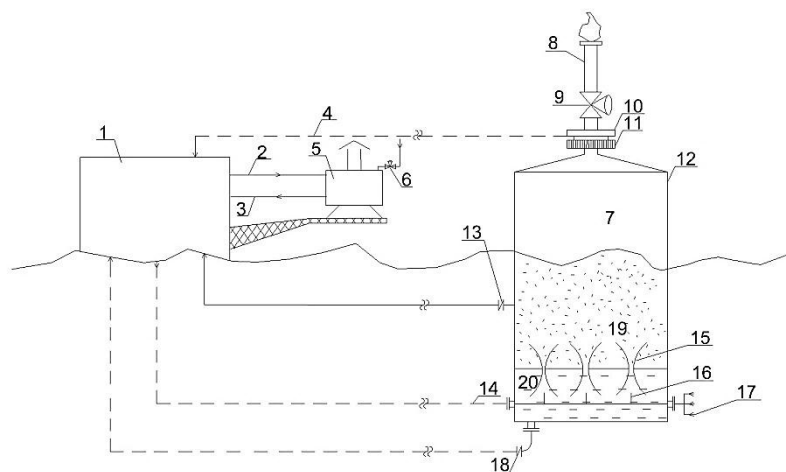


Рис. 3. Система сбора сбросных газов

На чертеже обозначены:

- 1 – морская платформа нефтегазодобычи;
- 2 – линия подачи пластовой воды в теплогенератор;
- 3 – линия возврата нагретой воды из теплогенератора;
- 4 – линия сброса сухого газа на платформу;
- 5 – теплогенератор;
- 6 – автоматический регулятор топливного газа;
- 7 – газовая «шапка» в газгольдере;
- 8 – дежурная свеча – факельное устройство;
- 9 – автоматический регулятор расхода газа на свечу;
- 10 – предохранительные клапана;
- 11 – огневой преградитель;
- 12 – плавающий «мокрый» газгольдер;

- 13 – автомат поддержания допустимого уровня нефти в газгольдере;
- 14 – линия сброса факельного газа в газгольдер с платформы;
- 15 – корпус эжектора-барбатера;
- 16 – сопло эжектора;
- 17 – сбор сбросных (факельных) газов от подводных скважин;
- 18 – автомат поддержания допустимого уровня пластовой воды в газгольдере;
- 19 – слой отсепарированной нефти;
- 20 – слой отсепарированной пластовой воды.

Система осуществляется следующим образом.

От платформы 1 по линии 14 и от подводных скважин по линии 17 сбросные газы собираются в плавающий «мокрый» газгольдер 12 с обвязкой гибкими трубами 4, 13, 14, 17, 18. В газгольдере 12 сбросные газы фракционно разделяются на сухой газ 7, пластовую воду 20 и нефть 19 с последующей их подачей на платформу для утилизации. В газгольдере сбросные сырые газы 14, 17 от платформы 1 и подводных скважин 17 через эжекторы 15, 16, превращаясь в тонкодисперсную смесь «газ-пластовая вода-частицы нефти» на выходе из эжекторов 15, 16 интенсивно разделяются: внизу газгольдера 12 накапливается пластовая вода 20, в средней части газгольдера 12 собирается фракция нефти 19, в верхней части газгольдера 12 формируется «шапка» 7 сухого газа, который под собственным давлением из верха 7 газгольдера 12 через огнепреградитель 11, предохранительные клапана 10, частично через автоматический регулятор 9 на заданный режим работы дежурной свечи 8 – гарант надежного функционирования системы. А основная часть газа по линии 4 поступает на платформу 1 с попутным обеспечением газовым топливом через автоматический регулятор 6 проектной мощности теплогенератора 5 с подводящими 2 и отводящими трубами 3 для обеспечения в системе полной утилизации сбросных газов.

Собираемая в газгольдере 12 пластовая вода 20 и нефть 19 под собственным давлением поступает через автоматы 18 и 13 заданного уровня жидкостей 19, 20 в газгольдере 12 для утилизации их в предложенной системе.

Приведенная система позволяет резко повысить надежность, безопасность и экологичность морских сооружений нефтегазодобычи без применения чадающих разорительных факелов примитивной конструкции, рис. 1. Это дает возможность получить технико-экономическую эффективность надводных и подводных объектов нефтегазосбора при полной утилизации сбросных газов, рис. 3.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Булычев Г.А. Многоцелевая техника в нефтегазовом деле: от идеи до серийного производства. – Волгоград: ВолгГАСУ, 2009.
2. Булычев Г.А. Информационный отчет о разработке и внедрении новой техники и технологий. – Волгоград, 1998.
3. Булычев Г.Р. Заявка на изобретение «Система сбора сбросных газов».

*Ф.Г. Габиров<sup>(1)</sup>, Х.Р. Баят<sup>(2)</sup>, Л.Ф. Габиева<sup>(3)</sup>*

**СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ СКВАЖИННЫХ ЭКРАНОВ  
ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЙ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН  
И РАЗРАБОТКА СПОСОБА ОБРАЗОВАНИЯ СКВАЖИННОГО  
ДИНАМИЧЕСКОГО ЭКРАНА**

Азербайджанский научно-исследовательский институт  
строительства архитектуры, г. Баку, Азербайджан<sup>(1)</sup>  
Зенджанский технический университет, г. Зенджан, Иран<sup>(2)</sup>  
Компания Бейкер-Хьюз, США<sup>(3)</sup>

Анализ инженерных методов защиты сооружений от воздействия сейсмических волн показывает, что одним из перспективных и малоизученных инженерных методов защиты являются подземные экраны.

Приведенный в работе [1] системный анализ известных технических решений по созданию скважинных сейсмозащитных экранов [2–7] показал, что они в целом служат образованию цилиндрических полостей (вертикальных и наклонных), которые в большинстве случаев заполнены, поглощающим разрушительную часть энергии сейсмических колебаний, материалом. Эти экраны в основном имеют статический характер ожидания восприятия динамического воздействия.

Я.Л. Кранцфельд [8] в обзорной статье по сейсмозащитным экранам считает, что идея экранирования сейсмических волн заслуживает серьезного внимания. Он считает, что необходимо разработать модели защитных экранов и практические способы их расчета, для чего можно использовать опыт США в области моделирования и расчета волнового воздействия разных слоев в грунтовом массиве [9] и компьютерную программу SASSI в различных модификациях для численных экспериментов и оценок эффективности рассматриваемых вариантов технических решений сейсмозащитных экранов.

А.М. Уздин и М.В. Фрезе [10] на основе модельных исследований пришли к выводу, что экранирование в сейсмостойком строительстве неоднозначно. Они считают, что надо осторожно подходить к использованию экранирования в сейсмостойком строительстве, хотя, по их мнению, указанный технический прием может быть полезным.

Наши исследования [1] показывают, что различные (положительные или отрицательные) эффекты могут проявлять жесткие экраны. Экраны с поглощающим заполнителем в любом случае эффективны, т.к. заполнитель значительно уменьшает энергию сейсмических волн.

Эффективность скважинных экранов с поглощающим материалом в первом приближении можно обосновать на основе теоретической модели распространения плоской монохроматической волны в квазиоднородной поглощающей среде. В этом случае относительное уменьшение амплитуды волны пропорционально пройденному расстоянию  $r$  [11]:

$$-\partial A/A = \alpha dr, \tag{1}$$

где  $\alpha$  — коэффициент поглощения.

Решая уравнение (1) относительно  $A$ , получаем общеизвестную формулу затухания волн:

$$A = A_0 \exp(-\alpha r). \quad (2)$$

Для более сложных волн и моделей среды в лучевом приближении удается разделить функции, описывающие форму записи и интенсивность волны:

$$U(t, \omega, M) = |U(\omega, M, M_0)| F[t - \tau(M, M_0)], \quad (3)$$

где  $M(x, y, z)$  — точка наблюдения;  $M_0$  — точка источника колебаний;  $\omega$  — круговая частота. Функция поля времени  $\tau$  в поглощающей среде включает в общем случае зависящую от частоты скорость распространения волны

$$\tau(M, M_0) = r / c(\omega). \quad (4)$$

В выражении для интенсивности волны отдельно проявляются разные стороны сейсмической модели

$$|U(\omega, M)| = U_0(\omega, M_0) \frac{R(\omega, M) D(\omega, M)}{L(M)} G(\omega, M) Y(\omega, M, M_0). \quad (5)$$

Здесь  $U_0(\omega, M_0)$  — интенсивность волны в источнике с учетом его направления,  $L(M)$  — функция расхождения фронта волны. Влияния скоростей неоднородности среды учитывается с помощью двух членов: функции отражения (преломления)  $R(\omega, M)$ , описывающей особенности формирования волны в месте ее образования, и функции прохождения  $D(\omega, M)$ , описывающей изменения волны на всем пути от источника до приемника колебаний. Функция  $G(\omega, M)$  характеризует затухание интенсивности волны, вызванное поглощением и неупорядоченным рассеянием сейсмической энергии. Оба эти эффекта проявляются однотипно в виде экспоненциальных множителей вида (6) с зависящими от частоты коэффициентами поглощения  $\alpha(\omega)$  и расстояния  $k(\omega)$ :

$$G(\omega, M) = \exp\{-\alpha(\omega)r - k(\omega)r\}, \quad (6)$$

где  $r$  — длина пути волны между точками  $M_0$  и  $M$ . Функцию  $G(\omega, M)$  можно разделить на функцию поглощения  $G_\alpha$  и функцию рассеяния  $G_k$ . И наконец, функцию  $Y(\omega, M, M_0)$ , учитывающую изменение условий возбуждения и приема колебаний, также можно разделить на две:  $Y(\omega, M_0)$  и  $Y_n(\omega, M)$ .

Выражение (5) является решением интегро-дифференциальных динамических уравнений вязко-упругой среды.

Нами разработан способ образования скважинного динамического экрана для защиты сооружений от катастрофических сейсмических волн [12].

На рис. 1 показана схема расположения скважин 1 относительно защищаемого объекта 2 для снижения сейсмического воздействия. В скважины 1 устанавливаются специальные заряды взрывчатого вещества (ВВ) 3. В плане скважины 1 с зарядами 3 располагаются по дуге, обращенной выпуклостью к прогнозируемому эпицентру 4 землетрясения. Если эпицентр землетрясения прогнозировать сложно, то скважины



1 с зарядами ВВ 3 располагаются вокруг защищаемого объекта 2 с равным шагом. При таком расположении скважин 1 от взрыва каждого скважинного заряда ВВ 3 по принципу Гюйенса будет образовываться общая волна напряжений с распространением навстречу сейсмическим волнам.

Встреча сейсмических волн катастрофического землетрясения волной зарядов

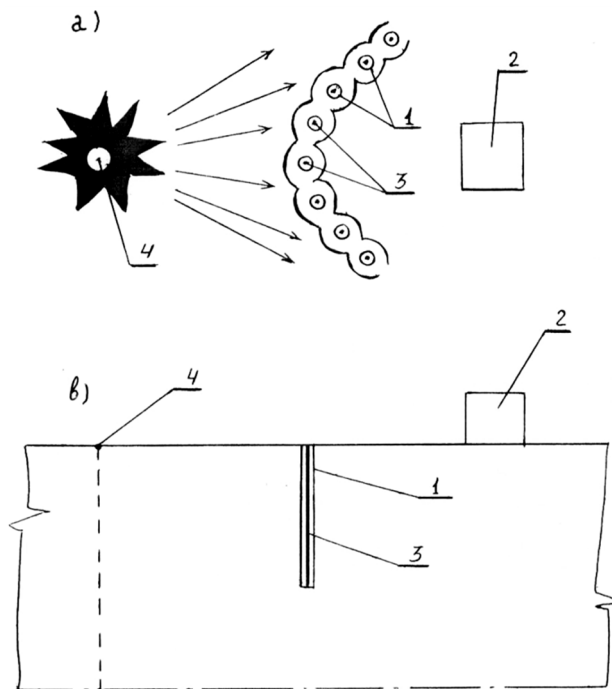


Рис. 1. Схема защиты объекта скважным динамическим экраном:  
а — вид в плане; в — продольный разрез

ВВ 3 должна происходить в зоне перед динамическим защитным экраном.

Наложения взрывных и усиления сейсмического воздействия не должно происходить, так как сейсмическая волна землетрясения и динамическая волна скважинных зарядов 3 по форме и времени действия фазы сжатия будет иметь значительное различие. Кроме того, с увеличением расстояния от эпицентра землетрясения ударная волна его будет растягиваться во времени.

Наиболее надежно снижение интенсивности сейсмических воздействий, когда сейсмическая волна от катастрофического землетрясения подходит к месту расположения зарядов ВВ 3 динамического экрана в момент пульсации газового пузыря и образования зоны сжатия. Интервал землетрясения между началом землетрясения и сработки зарядов ВВ 3 с учетом вышеуказанного явления можно рассчитать по формуле

$$\tau = \frac{r}{C_y^m} - \frac{r_x}{v_y}, \quad (7)$$

где  $r$  — расстояние от эпицентра землетрясения до зарядов ВВ экрана;  $C_y^m$  — скорость распространения продольных волн напряжений в массиве, м/с;  $r_x$  — радиус зоны сжатия при взрыве зарядов ВВ экрана;  $v_y$  — скорость смещения горных пород при взрыве зарядов ВВ динамического экрана, примерно равная 100 м/с.

Радиус зоны сжатия при взрыве зарядов ВВ экрана определяется по формуле [13].

$$r_s = k_x R_0 = 10R_0 \left( \frac{25 \cdot 10^4 g}{\sigma_s C_y^m \rho} \right)^{1/8} \cdot \sqrt[3]{\frac{\rho_x G_x}{\rho_A G_A}}, \quad (8)$$

где  $R_0$  — радиус заряда ВВ динамического экрана;  $g$  — ускорение силы тяжести;  $\sigma_s$  — временное сопротивление пород сжатию;  $\rho$  — плотность пород (грунтов);  $\rho_A$  — плотность аммонита;  $\rho_x$  — плотность применяемого ВВ;  $G_A$  — теплота взрыва аммонита;  $G_x$  — теплота взрыва применяемого типа ВВ.

$$k_x = k_3 \sqrt[3]{\frac{\rho_x G_x}{\rho_A G_A}}; \quad k = 6 \div 7. \quad (9)$$

Подставляя (8) в формулу (7) и произведя математические преобразования, получаем окончательную формулу для определения интервала замедления между началом землетрясения и взрывом зарядов ВВ защитного экрана

$$\tau = \frac{r}{C_y^m} - 0,1R_0 \left( \frac{25 \cdot 10^4 g}{\sigma_s C_y^m \rho} \right)^{1/8}. \quad (10)$$

Практически снижение интенсивности сейсмической волны при катастрофическом землетрясении на основе предлагаемого способа может осуществляться при короткозамедленном взрывании подбором массы заряда в каждой ступени с таким расчетом, чтобы количество ВВ в каждой ступени уменьшалось в сторону охраняемого объекта. При этом сейсмические волны от взрыва большого количества ВВ нулевой ступени замедления будут локализоваться воздействием взрывов последующих ступеней замедления.

Подход сейсмической волны от катастрофического землетрясения фиксируется специальными электронными датчиками, установленными в зонах прогнозируемых очагов сейсмической активности. Эти датчики инициируют короткозамедленные взрывы скважинных зарядов динамического защитного экрана.

В динамическом защитном экране в процессе сработки короткозамедленных взрывов скважинных зарядов  $Z$  образуется взрывопсевдооживленная зона горной породы (или грунта), которая поглощает негативную часть энергии катастрофической сейсмической волны.

После сработки короткозамедленных скважинных зарядов динамический экран переходит в стадию статического экрана, т.к. механические свойства пород (грунтов) в зоне экрана резко отличается от механических свойств окружающих пород (грунтов) если эти породы представлены твердыми (скальными) грунтами. При образовании камуфлетных полостей после взрывов скважинных зарядов в мягких грунтах, и зон уплотнения в стенках скважин, также происходит гашение энергии сейсмических волн.

Сейсмические волны землетрясения доходящие, после преодоления защитного экрана, до защищаемого объекта теряют негативную часть энергии, а оставшаяся сейсмика воспринимается защищаемым объектом без образования в конструкциях заметных повреждений.

Расстояние между динамическим защитным экраном и защищаемым объектом выбирается таким, чтобы сейсмика от короткозамедленных взрывов имела допускаемый безопасный фон по отношению к защищаемому объекту и окружающей среде.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Габиров Ф.Г., Баят Х.Р., Даялов Ш.Д., Гаджиметов Г.Н.* Скважинные экраны для защиты от воздействия сейсмических волн. International scientific-practical conferece «Modern problems struggle against emergency situation in connetction with globalization», Baku, 2012. — P. 104–111.
2. *Балбачан И.П.* Способ возведенич экрана для защиты объектов от сейсмического воздействия. Авторское свидетельство СССР на изобретение №1754848, 1992.
3. *Вовк А.А., Черный Г.И., Плужник В.И. и др.* Устройство для гашения сейсмических волн. Авторское свидетельство СССР на изобретение №343000, 1972.
4. *Кацегубов В.П., Лапшинов В.М.* Экран для защиты фундаментов зданий, сооружений от колебаний основания. Авторское свидетельство СССР на изобретение №623923, 1978.
5. *Лаптева Н.Н.* Экран для защиты фундаментов зданий сооружений от воздействия колебании. Авторское свидетельство СССР на изобретение №815141, 1981.
6. *Лапшинов В.П., Кацегубов В.П.* Экран для защиты зданий, сооружений от сейсмических воздействий. Авторское свидетельство СССР на изобретение №844695, 1981.
7. *Шишков Ю.А., Резников А.А., Борисов В.Д. и др.* Экран для защиты и сооружений от сейсмических воздействий. Авторское свидетельство СССР на изобретение №1629416, 1991.
8. *Кранцфельд Я.Л.* О конструктивных решениях экранов для инженерной сейсмозащиты территории объектов строительства // Основания, фундаменты и механика грунтов. №3. — М., 2011. — С. 13–16.
9. ASCE-4-98. Seismic Analysis of Safety-Related Nuclear Structures and Commentary, USA, 2000.
10. *Уздин А.М., Фрезе М.В.* Об эффективности применения экранов в грунте для сейсмозащиты зданий и сооружений // Основания, фундаменты и механика грунтов. №3. — М., 2011. — С. 17–19.
11. *Кондратьев О.К.* Сейсмические волны в поглощающих средах. — М.: Недра, 1986. — 176 с.
12. *Габиров Ф.Г., Баят Х.Р.* Разработка способа образования скважинного динамического экрана для защиты от воздействия сейсмических волн. Сборник научных статей II-ой Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы проектирования и возведения зданий и сооружений с учетом энергосберегающих технологий и методов строительства». — Пенза, 2012. — С. 44–47.
13. *Машуков В.И.* Действие взрыва на окружающую среду и способы управления им. — М.: Недра, 1976. — 248 с.

*Ф.Г. Габиров<sup>(1)</sup>, Х.Р. Баят<sup>(2)</sup>*

**ПРИМЕНЕНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ  
ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ, ВЫЗВАННЫХ  
КАТАСТРОФИЧЕСКИМИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯМИ**

Азербайджанский научно-исследовательский институт  
строительства архитектуры, г. Баку, Азербайджан<sup>(1)</sup>  
Зенджанский технический университет, г. Зенджан, Иран<sup>(2)</sup>

Следует отметить, что ГИС незаменимы для точного представления масштабов разрушений при катастрофических землетрясениях. В особенности это относится к труднодоступным районам.

Как системы массового пользования ГИС позволяют применять картографическую информацию на уровне деловой графики, что позволяет моделировать возможные разрушения в крупных мегаполисах при сильных землетрясениях и разрабатывать на моделях тактику спасательных и восстановительных работ.

Функциональные возможности ГИС позволяют вводить в разработанные цифровые модели реальную информацию о разрушениях и на основе специальных про-

грамм оперативно получать откорректированные материалы для экстренных управленческих решений.

Практически полученные на основе ГИС-технологий материалы незаменимы для оперативного выбора маршрутов для спасательной техники и персонала.

Инструментальные ГИС могут включать набор модулей для формирования и ведения банков земельных данных о состоянии жилого и нежилого фондов, информационного обеспечения администрации города, ведения кадастра недвижимости, анализа, оценки и планирования городских территорий в условиях сейсмической активности и землетрясений [1].

Возрастает значение модулей для трехмерного проектирования, генерации планов, автоматического документирования проектов и оптимальных вариантов. В частности это относится к разработке оптимальных решений при разборке разрушенных крупных сооружений и спасению находящихся в завалах людей и животных.

Одним их важнейших свойств ГИС при исследовании проблем сейсмобезопасности является возможность генерализации и детализации информации, что позволяет рассматривать явления и процессы окружающего мира в динамике и связывать разномасштабные данные между собой, что проблематично для обычных специализированных информационных систем.

В частности можно проанализировать опыт использования средств дистанционного зондирования специальными службами Ирана для оценки степени разрушений зданий и сооружений при Бамском катастрофическом землетрясении 2003 года.

На рис. 1–3 показаны аэрофотоснимки различных частей города Бам после землетрясения. На рис. 4 показан аэрофотоснимок отдельной части города Бам после землетрясения. На этом фото отдельно выделен исторический памятник Арк. На рис. 5 показан аэрофотоснимок исторического памятника Арк после землетрясения, выполненный в более крупном разрешении. На этом снимке четко видны масштаб и отдельные детали разрушений памятника Арк в результате землетрясения. На рисунке 6 показана карта города Бам с различными зонами разрушений. Эта карта составлена на основе обработки информации, полученной из различных аэрофотоснимков, произведенных после катастрофического землетрясения 2003 года. Составление баз данных на основе обработки информации, полученной за счет дистанционного зондирования и дальнейшее использование ГИС-технологий позволило составить вышеуказанную карту.

Дистанционные методы исследования окружающей среды ведут свою историю с древних времен. В XVIII веке определение размеров и пространственного положения предметов происходило по его рисованным изображениям в центральной проекции, которые получали с помощью камеры – обскуры с возвышенных мест и судов. Исследователь получал снимки-рисунки, графически фиксируя оптическое изображение. Уже при съемке производился отбор и обобщение деталей изображения [2].

Следующими этапами в развитии дистанционных методов стали открытие фотографии, изобретение фотообъектива и стереоскопа. Фотографическая регистрация оптического изображения позволила получать практически моментальные снимки, которые отличались объективностью, детальностью и точностью.

Фотографии местности, сделанные с высоты птичьего полета с воздушных шаров и воздушных змеев, сразу же получили высокую картографическую оценку. Первые самолетные съемки совершили революцию в дистанционном зондировании.

Но у всех этих методов есть недостатки, связанные дороговизной и невозможностью сохранения стационарной точки наблюдения.

Авторами разработана достаточно простая методика проведения дистанционного зондирования и мониторинга сейсмоактивных территорий и территорий подвержен-

ных катастрофическим разрушительным землетрясениям. Камеры и фотограмметрическая аппаратура устанавливается на стационарных высотных точках искусственных высотных сейсмостойких сооружений, с которых возможно наблюдение сейсмоактивной или пораженной землетрясением территории. На специальных местах высотных сейсмостойких сооружений (небоскребы и высотные дома, дымовые трубы, вышки мобильной связи и т.д.) устанавливалась специальная аппаратура для съемки территории и объектов, находящихся на ней. На указанных стационарных точках аппаратура может работать на постоянном режиме или в режиме периодической работы. Эта методика значительно дешевле, точнее и надежней аэрофотосъемки.



Рис. 1. Аэрофотоснимок части города Бам после катастрофического землетрясения 2003 года.



Рис. 2. Аэрофотоснимок части города Бам после катастрофического землетрясения 2003 года



Рис. 3. Аэрофотоснимок части города Бам после катастрофического землетрясения 2003 года



Рис. 4. Аэрофотоснимок части города Бам после катастрофического землетрясения 2003 года. Отдельно выделен исторический памятник Арк



Рис. 5. Аэрофотоснимок разрушенного исторического памятника Арк после катастрофического Бамского землетрясения 2003 года

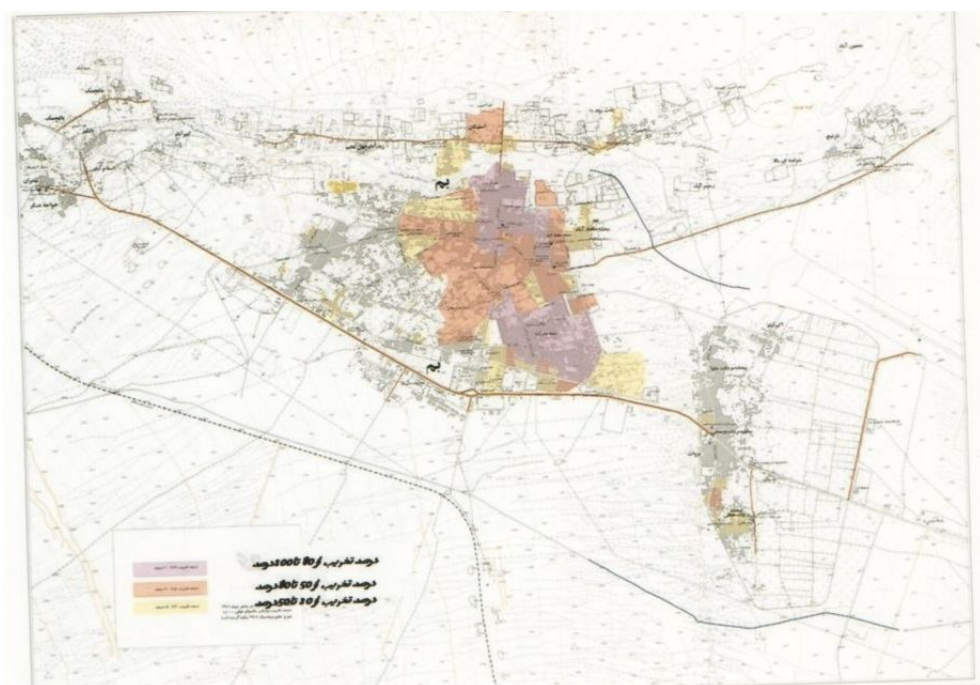


Рис. 6. Карта города Бам с различными зонами разрушений, составленная на основе использования ГИС

Современные ГИС-технологии в настоящее время являются наиболее эффективным инструментом, позволяющим осуществлять математическое моделирование местности, а также происходящие на ней чрезвычайные ситуации, заблаговременно

автоматизировать процесс принятия управленческих решений, направленных на снижение риска возникновения чрезвычайных ситуаций и смягчения их последствий.

ГИС позволяет многократно сократить сроки проведения работ по обоснованию эффективных вариантов реагирования, тем самым значительно уменьшить количество пострадавших и снизить материальный ущерб.

Во Всероссийском научно-исследовательском институте по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций в кооперации с рядом других организаций была создана и эффективно применяется на практике глобальная ГИС «Экстремум» [3].

Штатными задачами ГИС «Экстремум» являются:

- прогноз возможных последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, используемых для составления планов превентивных мероприятий;
- построение карт комплексного риска и риска по отдельным видам опасности;
- оперативная разработка сценариев реагирования сил ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Практическая значимость ГИС «Экстремум» выражается в эффективности ее применения для комплексной оценки риска от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, прогнозирования последствий разрушительных землетрясений, информационной поддержки принятия решений по локализации и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

Сразу после землетрясения возникает задача оценки объемов возможных разрушений и количества пострадавших для оперативного начала спасательных и других неотложных работ в населенных пунктах. Затем по мере поступления данных разведки, необходимое количество сил и средств уточняется. ГИС «Экстремум» способна решать такие задачи в кратчайшие сроки, поэтому для отработанной системы ликвидации последствий катастрофических землетрясений Иранской Республики она будет полезна и эффективна.

Программные средства ГИС «Экстремум» для оценки последствий катастрофических землетрясений включают операционную среду, средства организации и проведения видеоконференций и программы для расчета последствий землетрясений.

Кроме того, в состав ГИС «Экстремум» входит комплект программ, который дает возможность хранить, систематизировать и обрабатывать значительные объемы картографической и семантической информации, прогнозировать последствия землетрясений, а также обосновывать эффективные сценарии реагирования.

Структура программы для оценки последствий катастрофических землетрясений представлена на рис. 7. Автоматический режим работы специализированной программы в рамках видеоконференции позволяет с любого удаленного компьютера передать параметры событий и получать результаты оценки последствий в виде специальной карты и таблиц, объединенных на web site [3].

Структура блока базы ГИС «Экстремум» рекомендуемая для Иранской Республики представлена на рис. 8.

В рамках блока базы данных специализированной ГИС информационные массивы структурированы в группы.

Первая группа информационных массивов позволяет детально описывать изучаемое пространство. Она включает цифровые топографические данные, точность, полнота и надежность которых соответствуют иранским стандартам для карт масштабов 1:1000000, 1:100000, 1:10000, 1:2000, 1:1000. Мелкомасштабные карты дают общую информацию о топографии района. Крупномасштабные карты позволяют описывать структуру городов, населенных пунктов и отдельных объектов.



Карты разломов и инженерно-геологических условий дают геологическую характеристику среды. Эта информация дополняется детальными данными о гидрографии.

Вторая группа данных предназначена для описания уровня сейсмической опасности. В базу данных ГИС включены карты общего сейморайонирования, другие более детальные карты и карты сейсмомикрорайонирования для территорий сейсмоопасных регионов Ирана. Все упомянутые данные формируют набор тематических карт, таблиц, сетей и графов.

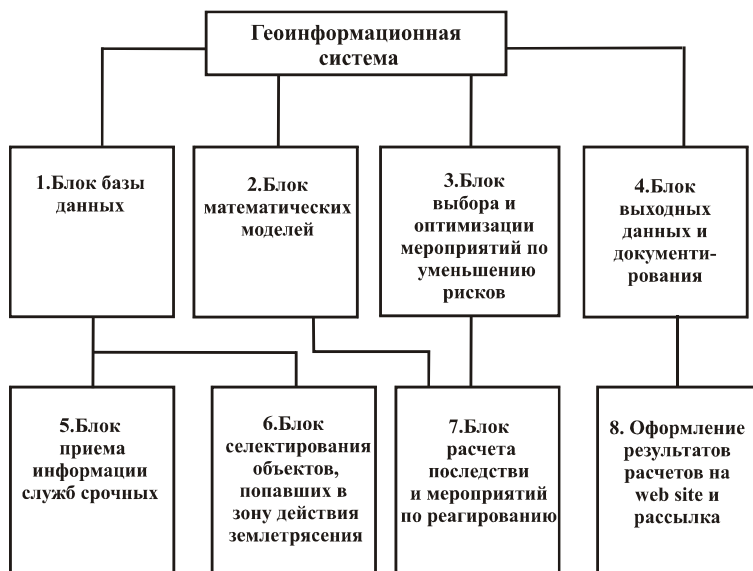


Рис. 7. Структура программы ГИС «Экстремум» для оценки последствий сильных землетрясений

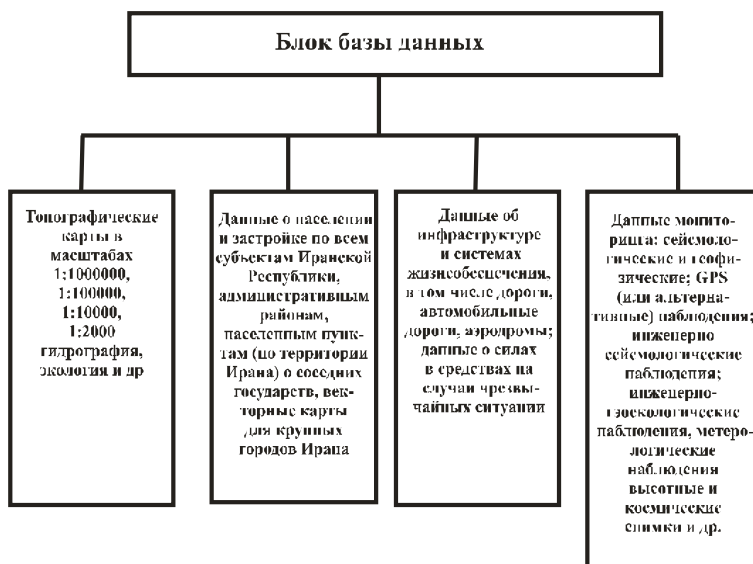


Рис. 8. Структура блока базы данных ГИС «Экстремум», рекомендуемая для Иранской Республики

В базу данных включаются также каталоги сильных землетрясений мира за период 1900–2010 г.г. и для территории Ирана — исторические и инструментальные данные до 2010 г. В эту группу данных включаются региональные константы микросейсмического поля. Эта же группа информационных массивов включает данные о других природных опасностях, вторичных инженерно-геологических, инженерно-геоэкологических и техногенных процессах.

Третья группа информации позволяет описать различные объекты воздействия (элементы риска). В рассматриваемом случае это население, существующие здания и сооружения, инфраструктура, системы жизнеобеспечения, особо ответственные объекты.

Четвертая группа информационных массивов объединяет параметры законов разрушения зданий, поражения людей, а также параметры моделей для определения перечня мероприятий по снижению рисков и оперативному реагированию в случае чрезвычайной ситуации.

Все четыре группы информационных массивов связаны единым координатным пространством и единой системой мер. Структура блока математических моделей ГИС «Экстремум» приведена на рис. 9.

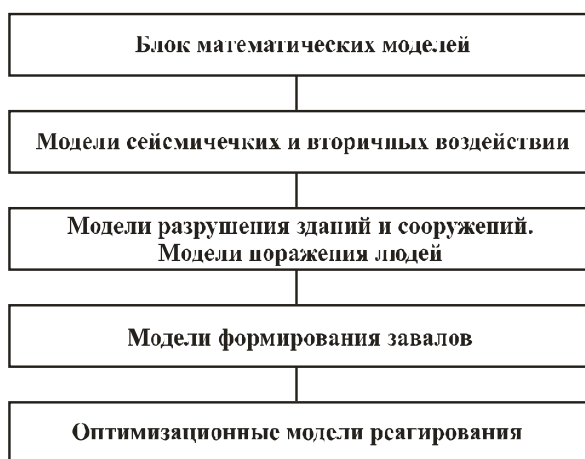


Рис. 9. Структура блока математических моделей ГИС «Экстремум»

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Габибов Ф.Г., Оджагов Г.О., Баят Х., Мамедов Ф.Ш.* Геоинформационные системы (ГИС) и сейсмобезопасность : сб. статей Международной научно-методической конференции «Строительство и эксплуатация сооружений в условиях плотной городской застройки». – Пенза, 2008. — С. 13–15.

2. *Гершензон В.Е., Смирнова Е.В., Эмас В.В.* Информационные технологии в управлении качеством среды обитания. – М.: АСАДЕМА, 2003. — 288 с.

3. *Шахраманьян М.А.* Новые информационные технологии в задачах обеспечения национальной безопасности России (природно-техногенные аспекты). – М.: ФЦ ВНИИ ГОЧС, 2003. — 398 с.

*А.В. Игнатьев<sup>(1)</sup>, А.А. Аброськин<sup>(1)</sup>, Н.В. Аброськина<sup>(2)</sup>*

## **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ KNOWLEDGE DISCOVERY IN DATABASES В КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКЕ ЭКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ КРУПНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ГОРОДА**

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет<sup>(1)</sup>  
Территориальное управление Роспотребнадзора по Волгоградской области<sup>(2)</sup>

В последние десятилетия в Российской Федерации обращается серьезное внимание на состояние здоровья населения в связи с возможным вредным воздействием факторов окружающей и социальной среды, а также определение последствий влияния этих факторов на здоровье населения.

В процессе проведения мониторинга эколого-гигиенических факторов накапливается большое количество разнородной информации: показатели, характеризующие качество среды обитания (атмосферного воздуха, питьевой воды, почвы, шумовой нагрузки, др. физических факторов), социально-экономические показатели, а также показатели здоровья населения (медико-демографические показатели, заболеваемость, инвалидность). Однако, огромные базы данных остаются невостребованными, в то время как насущно необходимыми являются корректные, обоснованные управленческие решения. В связи с этим особо важным становится обработка статистический и пространственный анализ имеющейся информации, ранжирование территорий по показателям загрязнения среды обитания, здоровья населения и использование уже обработанной, наглядно интерпретированной информации при подготовке проектов управленческих решений.

В качестве способа решения этой проблемы необходимо использовать информационный подход к анализу, который получил распространение в таких методиках извлечения знаний, как Knowledge Discovery in Databases (KDD) и Data Mining (DM).

Knowledge Discovery in Databases — это методика извлечения знаний из баз данных. Она описывает не конкретный алгоритм или математический аппарат, а последовательность действий, которую необходимо выполнить для обнаружения полезного знания. Методика не зависит от предметной области; это набор атомарных операций, комбинируя которые, можно получить нужное решение. KDD включает в себя этапы подготовки данных, выбора информативных признаков, очистки, построения моделей, постобработки и интерпретации полученных результатов. Ядром этого процесса являются методы Data Mining, позволяющие обнаруживать в сырых данных (row data) ранее неизвестные, нетривиальные, практически полезные, доступные интерпретации закономерности и знания, необходимые для принятия решений в различных сферах человеческой деятельности. Нередко KDD отождествляют с Data Mining. Однако правильнее считать Data Mining шагом процесса KDD.

В технологиях DM&KDD используются различные математические методы и алгоритмы: классификация, кластеризация, регрессия, прогнозирование временных рядов, ассоциация, последовательность. К интеллектуальным средствам DM&KDD относятся нейронные сети, деревья решений, индуктивные выводы, методы рассуждения по аналогии, нечеткие логические выводы, генетические алгоритмы, алгоритмы определения ассоциаций и последовательностей, анализ с избирательным действием, логическая регрессия, эволюционное программирование, визуализация данных. Полезные знания, полученные в ходе Data mining, могут быть представлены в виде закономерностей, правил, прогнозов, связей между элементами данных и др. [4, 5].

Даже самые мощные технологии извлечения закономерностей и машинного обучения, такие как KDD и Data Mining, не представляют собой особой ценности без инструментальной поддержки в виде соответствующего программного обеспечения.

В данной работе предлагается разработка программного комплекса, использующего интеллектуальные средства DM&KDD при проведении эколого-гигиенического мониторинга районов крупного промышленного города – Волгограда, имеющих разную антропогенную нагрузку.

Имея многолетнюю базу данных о показателях среды обитания и показателях здоровья населения, данная система позволит оптимизировать сбор, хранение и обработку данных о состоянии окружающей среды и здоровье населения Волгограда, а также использовать средства DM&KDD для выработки конкретных обоснованных управленческих решений с целью улучшения экологической обстановки и показателей здоровья. В рамках данной системы планируется анализировать данные с целью выявления причинно-следственных связей между показателями здоровья и качеством окружающей среды с использованием регрессионного, корреляционного, дисперсионного (многофакторного) анализа, выявление приоритетных негативных факторов городской среды, проведение комплексной оценки экологической обстановки, ранжирования территорий. Кроме того, программный комплекс позволит наглядно отобразить полученные результаты с помощью создания аналитических карт, графиков, диаграмм; построением прогнозов рассматриваемых процессов, пространственного анализа расположения анализируемых объектов, распространения явлений, даст возможность представить комплекс данных на одной карте. В ряде случаев в результате картографического анализа данных возможна формулировка гипотез о факторах, способствующих формированию изучаемого явления.

Таким образом, лицо, принимающее решение, руководствуясь данными, представленными системой в графическом виде, сможет без труда принять решение об экологическом состоянии района города.

На основании проведенного исследования предметной области, была построена, представленная на рис. 1, диаграмма вариантов использования разрабатываемого программного комплекса.



Рис. 1. Диаграмма вариантов использования АИС

Поскольку линейные сотрудники осуществляют ввод первичной информации в MS Excel, то в программном комплексе должен быть реализован импорт/экспорт данных. Кроме того, необходим анализ и визуализация данных, включая интеллектуальные средства DM&KDD и картографический анализ данных.

Анализ требований к подсистеме анализа данных показал, что функционала Microsoft Excel недостаточно для решения поставленных задач, поэтому выбор был сделан в пользу языка программирования R.

Были установлены следующие преимущества языка программирования R [6–8, 12]:

- R — свободная программная среда вычислений с открытым исходным кодом в рамках проекта GNU;
- язык R прост для изучения;
- в R заложены огромные возможности визуализации данных;
- R обеспечивает импорт и экспорт данных самых разных форматов, включая текстовые файлы, СУБД, статистические пакеты и специализированные хранилища данных;
- R не ограничивает пользователя в создании собственных статистических процедур;

- Язык R фактически является стандартом для статистических программ.

Для реализации подсистемы картографического была выбрана QGIS, обладающая следующими преимуществами [9–11]:

- QGIS — свободная кроссплатформенная геоинформационная система;
- основное преимущество QGIS – визуализация данных любых распространенных форматов (таким образом мы получаем прекрасную возможность единообразной обработки растровых и векторных данных);
- широчайший спектр пакетов для связи с языком программирования R;
- лёгкость в освоении и удобный интерфейс;
- реализована возможность редактирования карты как графического элемента (не через командную строку).

На первом этапе разработки был осуществлен анализ первичных данных по материалам Государственного доклада «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения Волгоградской области в 2013 году» [1] и Информационного бюллетеня «Оценка влияния факторов среды обитания на здоровье населения Волгограда по показателям социально-гигиенического мониторинга в 2013» [2], экспорт существующих данных в среду R, с использованием методических рекомендаций «Комплексное определение антропогенной нагрузки на водные объекты, почвы, атмосферный воздух в районах селитебного освоения» [3] осуществлен расчет показателей загрязнения атмосферы, воды и почвы, и комплексной антропогенной нагрузки на окружающую среду (КН) районов Волгограда (с учетом комплексных показателей загрязнения атмосферного воздуха, питьевой воды, почвы и показателя заболеваемости детского населения) и выполнено его визуальное представление (рис. 2).

Проведенная работа дает наглядное представление об уровнях загрязнения атмосферы, воды и почвы, а также комплексной антропогенной нагрузке на различных территориях города, и возможность оценить степень напряженности экологической обстановки.

Дальнейший анализ позволит выявить приоритетные факторы риска для здоровья населения в целях разработки конкретных мер по обеспечению экологической безопасности.

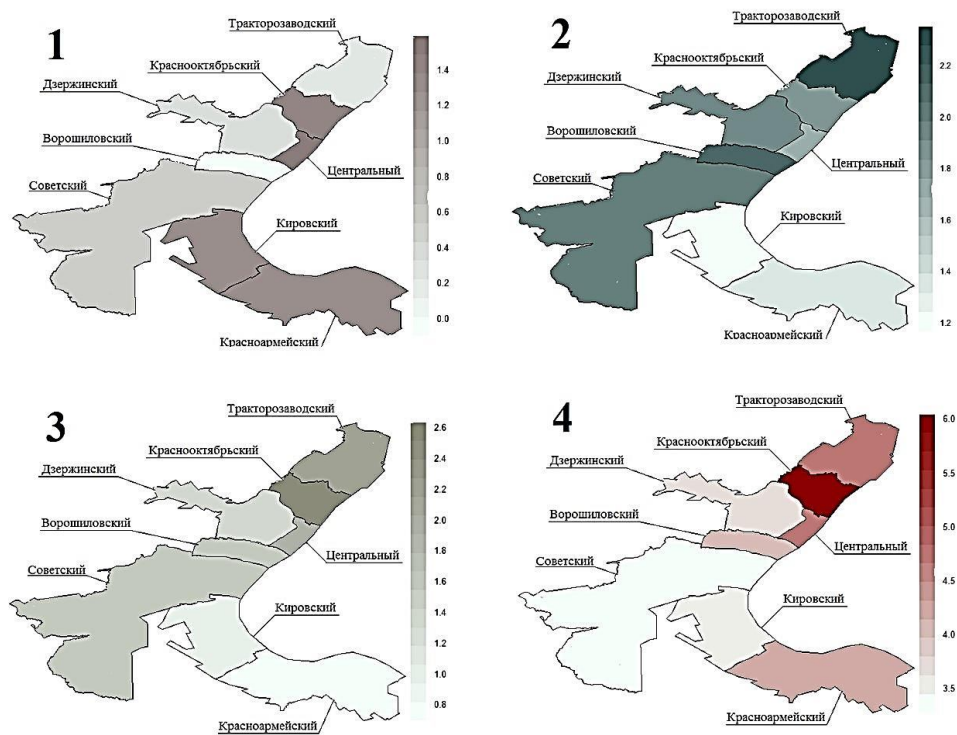


Рис. 2. Визуальное представление:

- 1 — показатель загрязнения атмосферы за 2013 год –  $K_{атм}$ ;
- 2 — показатель загрязнения воды за 2013 год –  $K_{вода}$ ;
- 3 — показатель загрязнения почвы за 2013 год –  $K_{почва}$ ;
- 4 — комплексная оценка антропогенной нагрузки за 2013 год –  $K_{ц}$ .

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения Волгоградской области в 2013 году» [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://34.rospotrebnadzor.ru/s/34/files/documents/Gosdoklad/107662.pdf> (Дата обращения: 25.04.14).
2. Информационный бюллетень «Оценка влияния факторов среды обитания на здоровье населения Волгограда по показателям социально-гигиенического мониторинга в 2013» [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://34.rospotrebnadzor.ru/s/34/files/directions/monitoring/107964.pdf> (Дата обращения: 27.04.14).
3. МР № 01-19/17-17 Методические рекомендации «Комплексное определение антропогенной нагрузки на водные объекты, почвы, атмосферный воздух в районах селитебного освоения»
4. Барсегян А.А., Куприянов М.С., Холод И.И. и др. Анализ данных и процессов : учебное пособие. – СПб.: БХВ-Петербург, 2009. — 512 с.
5. Паклин Н.Б., Орешков В.И. Бизнес-аналитика: от данных к знаниям : учебное пособие. 2-е изд., испр. – СПб.: Питер, 2013. — 704 с.
6. Кабаков Роберт И. R в действии. Анализ и визуализация данных в программе R / пер. с англ. П. Волковой. – М.: ДМК Пресс, 2014. — 580 с.

7. Шипунов А.Б., Балдин Е.М., Волкова П.А., Коробейников А.И., Назарова С.А., Петров С.В., Суфиянов В.Г. Наглядная статистика. Используем R! – М.: ДМК Пресс, 2014. —298 с.

8. Institute for Digital Research and Education: Resources to help you learn and use R [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.ats.ucla.edu/stat/r/> (Дата обращения: 10.10.2014).

9. Introduction to Geoprocessing with QGIS and R [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://sites.google.com/site/eospansite/introqgis\\_r](https://sites.google.com/site/eospansite/introqgis_r) (Дата обращения: 10.10.2014).

10. QGIS Guides [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://geo.nls.uk/urbhist/guides.html> (Дата обращения: 11.10.14).

11. QGIS Tutorials web-site [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.qgistutorials.com/> (Дата обращения: 11.10.14).

12. The R Project for Statistical Computing [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.r-project.org/> (Дата обращения: 10.10.2014).

**Д.К. Князев<sup>(1)</sup>**

### **АНАЛИЗ КАЧЕСТВА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ В РАМКАХ СОЦИАЛЬНО-ГИГИЕНИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА**

Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Волгоградской области<sup>(1)</sup>

В системе социально-гигиенического мониторинга анализу качества атмосферного воздуха уделяется самое пристальное внимание как одному из важнейших звеньев в цепи причинно-следственных связей между неблагоприятными факторами окружающей среды и состоянием здоровья населения.

Анализ многолетней динамики валовых выбросов вредных веществ в атмосферу Волгоградской области говорит об относительной стабилизации ситуации [1]. По отношению к прошлому году в 2013 году масса выбросов увеличилась на 1,13% (рис. 1).

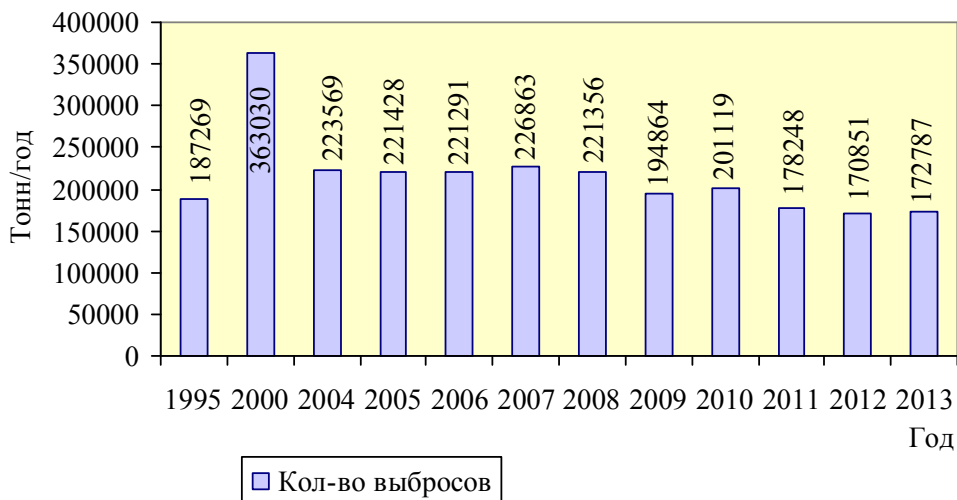


Рис. 1. Динамика валовых выбросов вредных веществ в атмосферу Волгоградской области

В структуре выбросов преобладают газообразные и жидкие вещества (92,9%), при этом большую долю занимают: оксид углерода (42%), оксиды азота (15%), летучие органические соединения (ЛОС 14%) (рис. 2).

Наибольшую долю попадающих в атмосферу региона загрязняющих веществ от стационарных источников составляют выбросы предприятий Волгоградской агломерации – моноцентрического территориального образования Волгоградской области с населением свыше 1,4 миллиона человек (примерно 54% населения региона), которая сформировалась вокруг центра Волгоградской области – г. Волгограда и включает г. Волжский, р.п. Средняя Ахтуба, г. Краснослободск, р.п. Городище, Светлый Яр.

На территории агломерации сосредоточена подавляющая часть промышленных объектов региона химической, нефтеперерабатывающей, металлургической, строительной, деревообрабатывающей отраслей, теплоэнергетического комплекса, мощность которых в совокупности со специфическими природно-климатическими условиями определяют наличие трансграничного переноса загрязняющих веществ с одних административных территорий на другие.

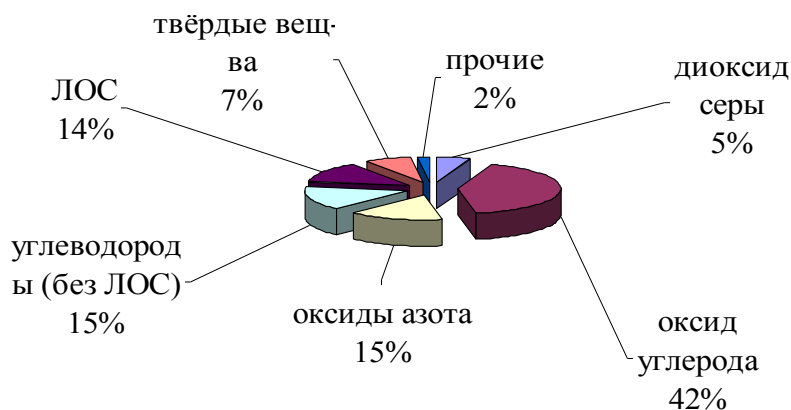


Рис. 2. Структура валовых выбросов вредных веществ в атмосферу Волгоградской области в 2013 году

Качество атмосферного воздуха в пределах описанного территориального образования контролируется посредством разветвленной сети стационарных постов ГУ «Волгоградский ЦГМС», Министерства природных ресурсов и экологии Администрации Волгоградской области, а также мониторинговых точек ФБУЗ «ЦГиЭ в Волгоградской области», размещенных вблизи крупных промышленных предприятий с учетом среднемноголетней розы ветров (рис. 3).

Результаты замеров на стационарных постах говорят о том, что северные районы Волгограда (Тракторозавоский, Краснооктябрьский) характеризуются загрязнением формальдегидом, фенолом, водород фторидом; южные (Кировский, Красноармейский) – водород фторидом, водород хлоридом, фенолом; Центральный – формальдегидом; Дзержинский – оксидом азота; Советский – взвешенными веществами, диоксидом азота, оксидом углерода, озоном; Волжский – диоксидом серы, диоксидом азота, сероводородом, оксидом углерода, взвешенными веществами, формальдегидом; Светлый Яр – аммиаком, водород хлоридом (табл. 1).





Рис. 3. Схема расположения предприятий – ведущих источников загрязнения атмосферы, стационарных постов контроля качества атмосферного воздуха

Таблица 1

Сведения о превышениях концентраций химических веществ в атмосферном воздухе предельно-допустимых значений на стационарных постах ГУ «Волгоградский ЦГМС», МПРИЭ Администрации Волгоградской области (2013 г.)

Код поста	Населенный пункт	Вещества, концентрации которых превысили ПДК	Число проб в год	Процент проб с превышением ПДК
3	Волгоград	Формальдегид	312	6,73
		Фенол	312	1,28
		Водород фторид	313	12,78
5	Волгоград	Фенол	567	0,71
		Водород хлорид	555	12,79
35	Волгоград	Формальдегид	313	2,24
36	Волгоград	Фенол	683	0,59
		Водород хлорид	877	2,05
		Водород фторид	371	3,50
1Т	Волгоград	*		
2С	Волгоград	Взвешенные вещества	17171	0,01
		Диоксид азота	17171	0,01
		Оксид углерода	17171	0,01
		Озон	17171	5,26
3В	Волгоград	*		
4Д	Волгоград	Оксид азота	8375	0,01
В3	Волжский	Диоксид серы	20572	0,29
		Диоксид азота	19646	0,06
		Сероводород	20572	0,21
		Оксид углерода	20622	0,03
В4	Волжский	*		
В5	Волжский	Взвешенные вещества	598	0,17
		Диоксид азота	591	3,55
		Сероводород	591	1,18
		Формальдегид	591	3,38
		Оксид углерода	834	5,52
39	р.п.Светлый Яр	Аммиак	242	0,41
		Водород хлорид	291	3,09

\* превышений не зафиксировано

Перечень веществ, требующих особого внимания и контроля, регулярно актуализируется [2, 3]. Так, на основании форм статистической отчетности «2тп-воздух» крупнейших предприятий региона и с использованием положений методологии оценки риска [4], в 2013 г. уточнены списки приоритетных загрязнителей атмосферы:

- для **Красноармейского** района Волгограда и **Светлоярского** района Волгоградской области: оксиды азота, диоксид серы, пары серной кислоты, керосин, хлор, бензол, аммиак, винилхлорид, сероводород, марганец и его соединения, мазутная зола теплоэлектростанций, водород хлористый, фенол, сажа, натр едкий, ксилол;
- для **Кировского** района Волгограда: хлор, оксиды азота, пыль неорганическая с содержанием  $\text{SiO}_2 < 20\%$ , пыль поливинилхлорида, винилхлорид, углерод четы-

рехлористый, аммиак, бензил хлористый, метил хлористый, марганец и его соединения;

- для **Краснооктябрьского** района Волгограда: марганец и его соединения, хром шестивалентный, меди оксид, пары серной кислоты, никеля оксид, оксиды азота, свинец и его соединения, взвешенные вещества, железа оксид, пыль неорганическая с содержанием  $\text{SiO}_2 > 70\%$ ;

- для **Тракторозаводского** района Волгограда: фториды плохо растворимые, взвешенные вещества, никеля оксид, водород фтористый, нафталин, бенз(а)пирен, алюминия оксид, марганец и его соединения, хром шестивалентный, оксиды азота, диоксид серы, оксид углерода, свинец и его соединения, пыль неорганическая с содержанием  $\text{SiO}_2 < 20\%$ ;

- для **г.Волжского**: диоксид серы, оксиды азота, диметиламин, аммиак, сероводород, аминокбензол, хлор.

Таким образом, существующий уровень развития мониторинга атмосферного воздуха Волгоградской области позволяет получать объективную первичную информацию об антропогенной нагрузке на атмосферный воздух и использовать полученные сведения для разработки решений по управлению воздействием.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Доклад «О состоянии окружающей среды Волгоградской области в 2013 году» / Ред. колл. П.В. Вергун [и др.]; министерство природных ресурсов и экологии Волгоградской области. – Волгоград: «Смотри», 2014. — 300 с.

2. *Князев Д.К.* Результаты проведения мониторинга атмосферного воздуха на территории Волгоградской области // «Фундаментальные и прикладные аспекты анализа риска здоровью населения» : материалы Всероссийской научно-практической Интернет-конференции молодых ученых и специалистов Роспотребнадзора / под ред. акад. РАН Г.Г. Онищенко, академика РАН Н.В. Зайцевой. – Пермь: Книжный формат, 2013. — 282 с.

3. Информационное письмо о списке приоритетных веществ, содержащихся в окружающей среде, и их влиянии на здоровье населения / Министерство Здравоохранения РФ. Департамент Госсанэпиднадзора. От 07.08.97 № и/109-111.

4. Р 2.1.10.1920-04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду». – Москва, 2004.

*Н.В. Коростелева<sup>(1)</sup>*

## **К ВОПРОСУ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ В ОБЛАСТИ ПОСТОЯННОГО И ВРЕМЕННОГО ХРАНЕНИЯ ТРАНСПОРТА НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ВОЛГОГРАДА**

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет<sup>(1)</sup>

Транспортные системы городов являются их важнейшей инфраструктурой и представляют собой совокупность линейных, узловых и сопутствующих им объектов социального и технического назначения, обеспечивающих надежное функционирование пассажирского и грузового транспорта, пешеходные передвижения жителей. Их основное назначение заключается в удовлетворении спроса населения и потребностей производства в транспортных услугах. При этом обязательным является повышение эффективности работы транспортных систем, безопасности, удобства и доступности перевозок пассажиров, прежде всего в части общественно-приемлемых затрат времени на передвижения.

За последние 10–15 лет, в результате многократного повышения уровня насыщения городов легковыми автомобилями, возникла транспортная проблема с пропуском концентрированных автомобильных потоков и с недостатком мест для временного хранения автомобилей. Наиболее напряженная обстановка, сопровождаемая часовыми заторами, сложилась в крупнейших городах при въезде в центральный район в утренний период и выезде из него в вечернее время.

Для Волгограда данная проблема наиболее актуальна в связи с планировочными особенностями города, т.к. город имеет вытянутую линейную структуру, то весь транспорт движущейся с одного конца города в другой обязательно проходит через центральную часть. Что касается проблемы недостатка мест для хранения автомобилей, то она также наблюдается в центральных районах города в будние дни, в связи с высокой концентрации на данной территории объектов административного и делового назначения. В целом это усложнило транспортную ситуацию в городе и требует всестороннего совершенствования транспортных систем, их модернизации.

Значительное увеличение количества легковых автомобилей сопровождается растущей и высокой интенсивностью их использования. Автомобили теперь используются круглогодично, еженедельно, ежедневно, увеличиваются их пробеги. Как следствие, возникают проблемы организация постоянного и временного хранения легкового автотранспорта. Эффективная эксплуатация индивидуального автомобильного транспорта во многом зависит не только от организации его движения и качества технического обслуживания, но и от условий хранения. Так в Волгограде уровень автомобилизации (согласно исследованиям аналитического центра «АльфаСтрахование») составляет 232 автомобиля на тысячу человек. За период с 2000 до 2010 гг. этот показатель увеличился на 45% [1]. По прогнозам специалистов, через 20 лет уровень автомобилизации может удвоиться.

Каждый индивидуальный легковой автомобиль в среднем ежедневно находится в движении не более 1–3 ч (около 400–1000 ч в год), а на стоянках — от 21 до 23 ч в сутки. Эти обстоятельства недооцениваются в градостроительном проектировании.

На сегодняшний день организация временного хранения автомобилей в Волгограде находится в неудовлетворительном состоянии: стоянки автомобилей у объектов различного функционального назначения отсутствуют или их количество не соответствует потребности. Автомобили занимают крайние полосы проезжих частей,

озелененные территории. В комитете по градостроительству и архитектуре не имеется структуры, которая бы занималась учетом мест хранения индивидуальных автомобилей.

Растущий парк автомобилей переместился во дворы, на газоны и на детские площадки, ухудшив экологические показатели и эстетический облик жилой среды, создав угрозу безопасности движения и ухудшив условия движения транспорта.

Отсутствие достаточного количества парковок – характерная особенность всего Волгограда. Особенно страдают оживленные Ворошиловский и Центральный районы.

Помимо проблемы собственно наличия места хранения, для автовладельца важны его территориальная доступность и стоимость. Расположение места хранения автомобиля вне зоны пешеходной доступности от места проживания ограничивает возможность его регулярного использования и вынуждает владельца оставлять автомобиль на внутриквартальных проездах и участках магистральной сети.

По действующим нормативам необходимо предусматривать постоянное хранение не менее 90% индивидуальных автомобилей в пределах пешеходной доступности, составляющей не более 800 м, а в районах реконструкции — не более 1500 м [2].

Анализ схемы дислокации и доступности основных мест хранения автотранспорта показывает, что вне пределов пешеходной доступности находятся значительные участки жилой застройки, которые характеризуются высокой плотностью населения. Проводить реконструкцию транспортной системы в жилых территориях не всегда представляется возможным, поскольку во дворах и на магистральных улицах далеко не всегда есть резервные площади, позволяющие расширить проезды.

К основным факторам, сдерживающим развитие системы постоянного хранения автотранспорта, относятся:

- отсутствие необходимого резерва территории для размещения автостоянок и гаражей. По требованиям действующего СП в пределах городской застройки следует предусматривать открытые стоянки для одновременного размещения не менее чем 70% расчетного парка легковых автомобилей. Таким образом, для формирования системы автомобильных стоянок и гаражей в уже сложившейся капитальной застройке необходимы территории, не только соответствующие суммарной площади проезжих частей всех имеющихся магистральных улиц и дорог современных крупнейших городов, но и нередко превосходящие их площади не менее чем в два-три раза. Так при современном уровне автомобилизации общая площадь открытых парковок в Волгограде должна составлять порядка 230 га.

- отсутствие эффективных экономических и правовых механизмов поддержки развития системы постоянного хранения автотранспорта.

Решение проблемы дефицита территорий для организации постоянного и временного хранения автомобилей, особенно в центральных районах, где активно ведется уплотнительное строительство, видится в развитии подземных и наземных многоэтажных гаражей и паркингов. К тому же для размещения припаркованного автотранспорта на поверхности земли необходимо в 16 раз больше территории, чем при организованном компактном хранении. Такие парковки имеют еще ряд преимуществ над открытыми стоянками:

- автомобили защищены от неблагоприятных воздействий окружающей среды (дождь, снег и т.п.);

- при многоэтажном строительстве территория, занимаемая зданием, сравнительно меньше.

Для строительства подземных парковок существует несколько мест наиболее полно отвечающие требованиям, предъявляемым к местам временного хранения автомобилей в центральной части города, а именно пешеходная доступность практически до большей части объектов административного и делового назначения. Так при реконструкции Привокзальной площади предлагается строительство подземной

парковки на 200 мест, что позволит освободившуюся наземную часть от существующей парковки и создать благоустроенную пешеходную зону.

Еще одним местом для хранения автомобилей в центре города может стать подземная часть площади Павших борцов.

Что касается других территорий, то есть существенные ограничения возможностей подземного строительства в центре Волгограда: здесь проходит линия скоростного трамвая, а прибрежная территория относится к оползневой зоне, поэтому для наиболее оптимальным является строительство многоэтажных гаражей и «двойное» использование существующих паркингов при общественных зданиях: днем паркинг используется посетителями обслуживаемого объекта, а ночью – как место хранения автотранспорта жителей прилегающих кварталов.

Но, к сожалению, количество автомобилей с каждым годом будет только увеличиваться и поэтому даже эти рекомендации рано или поздно исчерпают свой ресурс.

Поэтому наиболее радикальным способом борьбы с увеличением спроса на парковочные места в центральной части города может стать сокращение числа людей использующих личный транспорт для поездок в центр, а именно повышение роли общественного транспорта. Для этого необходимо:

- во-первых, развивать общественный транспорт (обновлять существующий автопарк, оптимизировать маршруты и рационально размещать остановки);
- во-вторых, создавать перехватывающие парковки на подъезде к центру с привязкой их к остановкам общественного транспорта. Расстояние от перехватывающих стоянок до мест посадки на общественный транспорт не должно превышать 150 м.

Если рассматривать проблему парковок для жителей других районов, то здесь наиболее целесообразно использование подземного пространства дворовой территории для строительства гаражей или паркингов с эксплуатируемой кровлей.

В зависимости от планов застройщика и потребности локальной городской среды, на эксплуатируемой кровле гаража или паркинга могут быть организованы гостевые автостоянки, площадки для спортивных игр и отдыха, озелененные участки, детские игровые площадки. Такой подход решит сразу ряд проблемы: создание мест для хранения автомобилей и мест для отдыха жителей данной жилой группы и улучшение экологической ситуации.

Во вновь строящихся жилых микрорайонах необходимо предусматривать подземные парковки в каждом доме. Однако следует помнить о том, что размещать все машино-места под домом экономически обоснованно только при застройке до 6 этажей, поскольку первые два подземных этажа имеют одну стоимость, а последующие уже в несколько раз выше. Поэтому в домах до 12 этажей при двухэтажной планировке гаража часть парковки можно разместить под придомовой территорией, в этом случае площадь гаража в плане будет в два раза превышать площадь дома.

Для того чтобы улучшить внешний вид существующих парковок во дворах можно рекомендовать создание экопарковок при помощи газонных решеток, что позволит увеличить площадь зеленых газонов во дворах не сократив количество парковок. К тому же применяемые для паркингов и автостоянок, подъездных путей и маневровых площадок возле домов, решетки не только более экологичны и эстетичны, чем асфальт, но и позволяют экономить на ливневой канализации. Во время атмосферных осадков решетка стабилизирует почву и предохраняет автомобили от возможности завязнуть, одновременно обеспечивая нормальную циркуляцию воды. Вода сквозь решетку свободно просачивается в землю, увлажняет грунт и не образует паводков.

Таким образом, можно сделать вывод, что для решения проблемы в области постоянного и временного хранения автомобилей необходим комплексный подход:

- во-первых, для экономии территорий создавать различные виды парковок, как многоуровневые наземные, так и подземные паркинги;

- во-вторых, увеличивать приоритет маршрутного пассажирского (общественного) транспорта перед индивидуальным, что позволит сократить потребность во временных стоянках возле административных и общественных зданий;
- в-третьих, улучшать экологическую ситуацию на существующих наземных парковках организуя экопарковки.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аналитический центр «АльфаСтрахования»: Обеспеченность россиян автомобилями за год увеличилась на 3,2% (2013) // [alfastrah.ru](http://alfastrah.ru): официальный сайт страховая компания «АльфаСтрахование». URL: [http://www.alfastrah.ru/news/index.php?ELEMENT\\_ID=721580](http://www.alfastrah.ru/news/index.php?ELEMENT_ID=721580) (Дата обращения 2 октября 2014 г.).

2. Министерство Регионального развития РФ: Техническое регулирование в строительной отрасли: Утвержденные документы: Своды правил и Национальные стандарты // [minregion.ru](http://minregion.ru): официальный сайт Министерства Регионального развития РФ. URL: <http://www.minregion.ru/upload/documents/2011/05/300511-s-15.pdf>. (Дата обращения 2 октября 2014 г.).

*А.В. Кочетков<sup>(1)</sup>, Б.А. Базаров<sup>(2)</sup>, А.Н. Конакбаева<sup>(2)</sup>, А. Крамер<sup>(1)</sup>*

### КОНЦЕПЦИЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ, ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

Пермский национальный исследовательский политехнический университет<sup>(1)</sup>  
Карагандинский государственный индустриальный университет,  
г. Темиртау, Казахстан<sup>(2)</sup>

*В статье рассматривается экологический аспект в современном развитии стран. Отмечается, что за последние два десятилетия не стали более ясными средства, механизмы, темпы и сроки реализации концепции устойчивого развития. Но эта проблема уже поставлена и необходимо продолжать обсуждать ее применительно ко всем областям деятельности государств.*

*Ключевые слова: концепция устойчивого развития, экология, урбанистика, мировая динамика, Римский клуб.*

#### **Введение.**

Начальной точкой всего процесса возникновения, формирования и становления концепции устойчивого развития принято считать книгу Джея Форрестера «Мировая динамика», а также работы Римского клуба как связанные с ней, так и послужившие причиной ее появления.

Римский клуб – это философский, политический и, в последнее время, все больше культурный феномен современной научной мысли, требующий отдельного и основательного осмысления как с точки зрения его роли, так и с позиций оценки его значимости. Часто он рассматривается просто как неформальное объединение специалистов нескольких областей, так или иначе оказавшихся связанными с международной политикой, и являющееся источником информации, послужившей исходными данными для оценки, на базе которой оказалось возможным сделать ряд выводов, легших в основу концепции устойчивого развития. Работы Римского клуба 60–70-х годов и есть тот пакет сведений и экспертных оценок (независимых), на которые опирается фундамент Концепции, которые являются философской и политической основой формируемого ею мировоззрения.

В политической картине мира, сложившейся в результате тяжелой борьбы за мировое господство, занявшей всю первую половину двадцатого столетия, основную роль играли уже не отдельные государства, а их союзы — блоки государств. В связи с этим возникла проблема организованного проведения в жизнь политических решений и проектов системы, так или иначе опирающейся на политическое разделение по национальным (государственным) признакам.

Основные объекты претензий — сырьевые и ресурсные колонии Африки, Азии и Индии, освободившиеся после распада Британской колониальной империи девятнадцатого столетия, приобрели статус независимости и управлялись методами политики, целиком зависящей от экономических интересов стран-метрополий новых, политизированных и глобализованных систем, возникновение и формирование которых было обусловлено выходом промышленности на качественно новый, сверхиндустриальный уровень, требовавший для удовлетворения своих потребностей ресурсов, сырья и рабочих рук непременно в планетарном масштабе.

При этом возникла необходимость организации одновременных действий в разных государствах (национальных регионах), действий не похожих по форме, но сходных по сути направленных на достижение одной и той же цели, удовлетворяющей интересам сверхдержавы, контролирующей политический блок или экономическо-политическую конфедерацию транснациональных корпораций.

#### **Глобалистика.**

Вторая половина двадцатого столетия — время политических и военно-экономических на политической почве союзов-блоков: НАТО; АНЗЮС; СЕАТО; БЕНИЛЮКС; страны Варшавского договора; СЭВ и т. п. Для координации действий разных стран, разных правительственных систем, экономических интересов, уровней развития и т. д. требовалось решение одних и тех же задач в разных условиях и, к тому же, ориентированное на состояние политической и социальной конъюнктуры. Для этого и собирався Римский клуб — международная неправительственная организация, в состав которой входили ученые, философы, финансисты, объединившиеся для решения особо деликатных задач по заданию той или иной около правительственной организации, имеющей «независимое» финансирование из правительственных источников. В результате накопился опыт, позволяющий утверждать возможность существования некоего более или менее постоянного комплекса задач свойственного человеческому обществу на планете Земля вообще и реализующегося тем или иным образом в зависимости от конкретных политических, социальных или экономических условий данного времени. В сущности, о том, что такой комплекс существует было известно еще с начала века (например: О. Шпенглер в «Закате Европы» приводит «Сравнительные таблицы развития культур»). Теперь, когда развитие науки достигло соответствующего уровня, стало возможным описать этот комплекс реально, в виде математических уравнений.

Это и стало предметом исследований Джея Форрестера, специалиста в области системного анализа, написавшего на этом материале свою книгу: «Мировая динамика», произведшую революцию в современных представлениях о ходе истории и международной политике. В этой книге Джей Форрестер впервые показал возможность описания основных задач и целей развития мировой политики и экономики в виде ограниченного числа математических уравнений (пяти видов), имеющих общее решение и несводимых к одному утверждению. По изменениям, произведенным этой книгой с ней может сравниться, пожалуй, только теория относительности Альберта Эйнштейна, когда несколько страниц математических уравнений изменили всю картину мира и определили ход развития науки на ближайшее столетие.

Книга Форрестера послужила основой возникновения целой отдельной отрасли науки — *глобалистики*, науки, которая может точными методами оценивать международную обстановку и перспективы развития той или иной проблемы, имеющей международное значение. Книга Форрестера была ориентирована на проблемы



«рыночного» общества и в ней рассматривались проблемы, характерные именно для этого типа общества и рассматривалась трактовка мировой политики именно с точки зрения потребностей этого типа общественных отношений.

Основными выводами работы Форрестера можно считать:

1. Сведение всего комплекса политических и государственных проблем к небольшому числу факторов: ресурсы, финансы, энергия, люди.

2. Каждый из этих факторов раскладывается на свой комплекс проблем, связанных с общим комплексом причинно-следственными связями, описываемыми уравнениями определенного типа.

3. Развитие причинно-следственных цепей, определяющих количество возможных решений, ограничено естественными факторами: ландшафтом, климатом, ресурсами, населением и уровнем развития.

4. Комплекс естественных факторов, ограничивающих развитие динамики форм международных отношений, является единым для всех государств и всех политических систем.

Но самым поразительным выводом, сделанным из этой книги, оказался вывод об ограниченности планетарных ресурсов. Оказалось, что ресурсы не только ограничены, но и практически подошли к концу. Именно этот вывод и произвел революцию в общественном мировоззрении. Следует отметить, что утверждение не следовало со всей очевидностью из книги «Мировая динамика», появившейся в 1971 году (и до сих пор не переведенной на русский язык). Книга не произвела особого эффекта ввиду существенной академичности характера изложения.

Вывод о том, что новая планетарная цивилизация, развитие которой по всеобщему убеждению только начиналось, оказывается уже закончилось (опять можно вспомнить Шпенглера). Этот вывод был сделан компанией ученых, руководимых учениками Форрестера Денисом и Донеллой Медоуз, занявшихся популяризацией выводов «Мировой динамики» по заданию Римского клуба (докладом которому и являлась работа Форрестера) и сделавшая особый упор на достижение пределов исчерпаемости естественных ресурсов планеты. Отсюда и название книги, уже само по себе произведшее фурор: «Пределы роста». Поэтому с 1974 г. и «Пределы роста» можно говорить о формировании Концепции.

Не следует забывать о Конференции ООН в Рио-де-Жанейро 1972 г., также явившейся одним из последствий работы Форрестера и впервые признавшей наличие проблемы «ООС» (охраны окружающей среды) публично на международном уровне.

Формирование Концепции, происходившее в течение последней четверти двадцатого столетия, происходило на фоне философской, культурной и научно-технической революции, изменившей облик современной цивилизации и воочию показавшей острую злободневность выводов «Мировой динамики», а также сделавшей «Пределы роста» одной из наиболее популярных книг 70-х-80-х годов.

Переворот в мировоззрении общества и основных методах международной политики, который происходил после 60-х годов, был результатом изменений, накапливавшихся в течение всего столетия и бывших, в свою очередь, реализацией достижений науки и техники последнего столетия: психоанализа; индустрии; политэкономии; марксизма и коммунизма; неоколониализма; автоматического оружия; ядерного оружия и атомной энергии и т. д. и т. п.

#### **Инвайронментализм.**

В целом, реакцией общественного сознания явилось появление инвайронментальной концепции, вобравшей в себя философский опыт социальных движений Европы и Америки последнего столетия и ставшей доминантной концепцией в современной политике, юриспруденции и, в значительной степени, философии.

*Инвайронментализм* — теория, изучающая закономерности и формы взаимодействия общества со средой обитания, многообразие связей социальных изменений с изменениями в жизнеобеспечивающих материальных предпосылках социаль-

ных процессов; это общетеоретическая и мировоззренческая ориентация, в центре внимания которой находится взаимодействие социальных образований со средой обитания. Кроме того, инвайронментализм - социальное движение за качество среды обитания.

Инвайронментализм в первую очередь можно охарактеризовать как общетеоретическую и мировоззренческую ориентацию, основное внимание в которой уделяется взаимодействию социальных образований со средой их обитания. Эта ориентация проявляется в различных сферах теоретизирования (помимо социологии, в философии, политэкономии, праве, этике, эстетике и т.д.) [1].

*Социальная экология* — научная дисциплина, изучающая отношения между человеческим обществом и окружающей средой, многообразии социальных изменений с изменениями в жизнеобеспечивающих материальных предпосылках социальных процессов [1].

*«Инвайронментальная социология»* — одна из дисциплин, применяющая социально-экологический подход и разделяющая его рамками локального сообщества с окружающей его средой. Обуславливая этим фрагментарность в понимании универсальных связей естественно-социального континуума, социальной системы и экосистемы, инвайронментальная социология описывает механизмы их оптимизации на локальном уровне [1].

Наиболее полное концептуальное развитие инвайронментализм получил в американской социологии. Развитие социально-экологической идеи в американской социологии связана с европейскими традициями социал-дарвинизма, географической школы, эволюционизма и натурализма в целом; в американской социологической теории эти идеи развивали Спенсера, Дюркгейма, Зиммеля, Тенниса и другие европейские социологи. Понимание специфики американской социально-экологической традиции не достаточно с установлением теоретических параллелей, которая позволила ей стать одним из самых значительных направлений в теоретико-методологическом арсенале американской социологии и сохранить это значение до нынешнего времени [2].

#### **«Экологический кризис» и социальный организм.**

Тесная связь социальных и естественных факторов, оптимизм в отношении возможностей развития этих связей, столкнувшийся с пределами экспансии, принимающей природное изобилие в качестве само собой разумеющейся предпосылки социального развития, особенно обострили асоциальные последствия стабилизации естественных границ и наступления «экологического кризиса».

Этот первый американский «экологический кризис» обусловил переход от аграрного к технологическому росту и урбанизации, отличающимся той же экстенсивной динамикой, поскольку характерной чертой границы, как своеобразного американского института является, по Ф. Тернеру, то, что «ее надо продвигать» [2].

Продвижение в изменившихся условиях предопределило качественное переосмысление понятия фронта — переход от экстенсивного к интенсивному использованию среды, от ее в основном пространственных характеристик к субстратным. Неизменным признаком взаимодействия американского общества со средой остается стремление к изобилию, которое лежит в основе демократии.

В социологии развитие инвайронментальных идей, прежде всего, связано с «классической» социально-экологической концепцией чикагской школы. Основой данной концепции является представление общества как организма, как «глубоко биологического феномена», обладающий не только социальным (культурным) уровнем, но и биотическим, который лежит в основе в его социального развития и определяет тип общественной организации.

Переход от биотического уровня к культурному — процесс социальной эволюции, обуславливается конкуренцией — движущей силой этого процесса, которая в процессе своей эволюции имеет разнообразные формы и на культурном уровне достигает оптимума — «соревновательной кооперации».

Процесс социального изменения можно представить как ряд последовательных стадий, каждая из которых является результатом предыдущих и выражением определенной формы конкуренции и определенной формы социации, изучаемой соответствующей дисциплиной.

Согласие, институционализированное в традиции, моральном законе, привычках и т.п., принимает характер контроля за естественными проявлениями конкуренции. Сублимирование форм конкуренции происходит прежде всего в коммуникации индивидов, т.е. способность к коммуникации признается, в конечном счете, врожденной [3].

«Человеческая природа» развивается и социализируется в той же совокупности, т.е. между биотическим и социальным уровнями. На макроуровне не сублимированным проявлением биотической конкуренции выступает экологическая пространственная организация населения и институтов. Носителями экологической качества социума являются обладающие той же структурой биотического и социального уровней «социальные атомы», наделенные «человеческой природой»; обусловленная их биотической природой «конкуренциоспособность» проявляется прежде всего в их физическом, пространственном, взаимодействии, в миграции. Именно в передвижении развивается тот особый тип организации, который называется «социальным» [3].

Социальный организм можно представить как совокупность индивидов, способных к передвижению. Если рассматривать миграцию индивидов, обладающих биотической природой, как коллективное поведение, то она образует экологическую структуру на макроуровне, которая в свою очередь является предметом исследования социальной экологии. Образующуюся на этом основании иерархию – политический, экономический, социальный и культурный порядок — соответственно изучают такие науки как социология, экономика и антропология. На высших уровнях иерархии конкуренция не устраняется, но контролируется («Общество — везде организация контроля») [3].

Таким образом, свобода передвижения служит основой для разнообразия, тесноты социальных связей, согласия и социальной адаптации, а степень свободы индивида убывает от экологического порядка к культурному: на экологическом уровне индивиды имеют большую степень свободы, чем на политическом, а на политическом уровне больше, чем на моральном. Личная свобода и свобода передвижения, которая представляет собой как первоначальный (биотический) и основополагающий фактор, соотносятся между собой как культурно-антропологическая экология (в отличие от социальной экологии на макроуровне). Важнейшим понятием этой экологии является «свобода», которая вместе со «сложностью», «размерами», «скоростью» и «механизмом» характеризует современное общество. Термин «свобода» можно трактовать в нескольких измерениях, которые соответствуют различным уровням интеграции современного общества [3].

Во-первых, для того чтобы существовала любая форма жизни, превосходящая растительную, необходима одна из основных свобод – это «свобода передвижения», благодаря которой изучается и постигается мир; следующая основная свобода – это «свобода конкуренции за место и статус в социальной иерархии», иными словами это политическая свобода и, наконец, «свобода самовыражения», основным ограничителем которой являются традиции и моральные нормы.

Л. Вирт и Р. Маккензи, являясь последователями Чикагской школы, попытались перерассмотреть социально-экологическую теорию в направлении «социологизации» и преодоления биосоциальной двойственности ее концепции. В функционалистском варианте (40-50-е годы) «сообщество» стало понимать под собой функциональную единицу, которая имела способность взаимодействовать со средой, а не как «организм» и носитель субсоциальных сил.

Началом нового этапа развития инвайронментальной социологии можно считать середину 70-х годов. Социально-экономические идеи стали изучаться различ-

ными социальными дисциплинами, что содействовало развитию междисциплинарных исследований по проблемам экологии; происходила заметная «экологизация» традиционных идеологических доктрин («экофеминизм», «экомарксизм», «экофашизм» и проч.). В последние десятилетия инвайронментализм выходит за ограничивающие научные и национальные рамки, становится обоснованием для масштабного пересмотра ценностей, формирования новых целей, нового мировоззрения, преимуществ научного творчества, становится новым типом рациональности.

«Новая инвайронментальная парадигма» в социологии (У. Кэттон, Р. Данлэп и др.) отрицает так называемый социологический «герметизм», антропоцентризм в изучении общества, необходимость «экспоненциального экономического роста» и возможность непрерывного социального и культурного развития. Авторы «новой парадигмы» считают несостоятельными все предшествующие социологические теории объяснения социально-экологических противоречий общественного развития, пытаются восстановить в социологической теории принцип гармонии взаимодействия природной и социальной среды. В целом современный инвайронментализм ставит задачи создания основы для соединения предшествующих традиций в социологической теории, опираясь на это объяснить «новую социальную реальность», путь к которой заключается в экологическом кризисе, дать направление радикальному преобразованию системы ценностей современного общества и предложить соответствующие этой системе новые образцы экологически оправданного поведения [1].

Инвайронментализма обладает рядом особенностей, такими как тесная связь с решением практических (локальных) задач, глобальная гуманистическая направленность, которая сближает инвайронментальную парадигму с другими «альтернативными» движениями; попытки преодолеть социологический «герметизм», наладить междисциплинарные контакты, не повторяя при этом редуccionистских ошибок в социологической теории.

Считается, что современный этап развития «новой парадигмы» является начальным, и хотя на этом этапе ей не удалось решить задачи «синтеза» и переориентации социологической теории, стоящая на первом месте проблематика, выдвигаемая ею, притягивает внимание все большего числа специалистов.

#### **Концепция устойчивого развития.**

В начале 90-х, когда изменения, произошедшие в мировой политике после распад СССР и коммунистического блока, позволили говорить о практическом единстве в международной политике состоялась Конференция ООН в Рио-де-Жанейро 1992 года, официально заявившая о политическом приоритете Концепции, формирование которых завершилось в 80-х годах и которая с начал 90-х выступала как единая и конкретная политико-философская система.

В конце 80-х годов XX столетия в зарубежной литературе по экономике и экологии, социологии, политологии, глобалистике, праву и т. п., широкое распространение получил термин «устойчивое развитие», которое служило для обозначения социально-экономического и экологического развития, целями которой было сохранение мира на всей планете, разумное удовлетворение потребностей людей при одновременном улучшении качества жизни нынешнего и будущего поколений, рациональное использование ресурсов планеты и сохранение природной среды.

Основой данной концепции являются:

- развитие экономики не должно повлечь за собой загрязнение окружающей среды и не должно сопровождаться разрушением природной системы;
- признание единства и многообразия вариантов социально-экономического и экологического развития разных стран и народов;
- утверждение между людьми и между обществом и природой гармоничных взаимоотношений;
- убеждение в том, что свобода и гуманизм должны быть основой для социально-экономического развития, а не насилие и вражда.

Речь идёт о переходе от современного общества, получившего наименование индустриально-потребительского к ноосферной цивилизации. Для перехода от нынешней загрязненной биотехносферы к чистой и разумной ноосфере обязательно должно выполняться условие сохранения и последующего развития биосферы и ее устойчивости. В целом, устойчивое развитие означает, таким образом, гармоничное развитие, коэволюцию общества с его природной средой, биосферой.

В 1992 году Россия совместно со 179 государствами на Конференции ООН по окружающей среде и развитию подписала ряд программных документов, которые согласовывали политику всех стран мира по сохранению экологической системы Земли и обеспечивали ее устойчивое развитие. Но в поиске путей такого развития еще много неясного, для этого еще многое предстоит выяснить, исследовать, изучить, продумать и осмыслить. В то время как состояние биосферы становится все более плачевным и критическим, поэтому всем странам необходимо начать этот поиск уже сейчас, постепенно углубляясь в проблему устойчивого развития и принимая необходимые первоочередные меры и решения на государственных уровнях.

Прошло более 20 лет. Выработанные 179-ю государствами мира соглашения еще могут изменить все последующее развитие цивилизации.

На самой крупной в истории человечества встрече глав государств и правительств было принято решение отказаться от всех тех форм и моделей развития, которые могут привести к глобальной экологической катастрофе.

Продолжает оставаться актуальным грандиознейший проект глобального переустройства мира; реализация этого проекта дает цивилизации шанс продолжить свое развитие. 4 февраля 1994 г. Президентом РФ был подписан Указ № 236 «О государственной стратегии Российской Федерации по охране окружающей среды и обеспечению устойчивого развития». Важнейший пункт Указа — разработка национальной концепции перехода России на модель устойчивого развития, которая предполагает соразмерное решение задач социально-экономического развития, также защита природного-ресурсного потенциала и поддержание благоприятного состояния природной среды.

Однако за последние два десятилетия не стали более ясными средства, механизмы, темпы и сроки этого перехода, да и сама принципиальная его возможность. Эту проблему необходимо продолжать обсуждать применительно ко всем областям деятельности.

В настоящее время идет переоценка целей и общечеловеческих ценностей, которая обусловлена принятием мировым сообществом стратегии перехода на модель устойчивого развития.

Эта переоценка выдвигает новые проблемы и подходы во всех областях деятельности. В новых редакциях концепции устойчивого развития уже делается попытка приравнять приоритеты сегодняшнего дня и будущего. Здесь уже нет и обещаний, что наступит некое светлое будущее и качество и уровень жизни последующих поколений будут намного выше, чем нынешнего. По сути дела новое видение концепции устойчивого развития отдает предпочтение будущим поколениям, хотя при проведении соответствующего референдума нынешнее поколение проголосовало бы против такого предпочтения, поскольку сейчас в массовом сознании отдается предпочтение экономическому развитию, а не экологической безопасности. Нужно иметь в виду, что устойчивое развитие не тождественно как экономически стабильному, так и экологически безопасному развитию. Возможно, что все эти направления имеют собственные критерии устойчивости, которые необходимо объединить в единое целое.

Понятие устойчивое развитие объясняет довольно не сложную идею достижения определенного состояния взаимодействия общества, человека и окружающей среды, при котором они находились бы в гармонии и совместной эволюции. Более конкретно современное представление модели устойчивого развития выражаются рядом требований:

1) каждый человек имеет право проживать в благоприятной окружающей среде, экологически чистой и не представляющей угрозы для его здоровья, находясь в гармонии с природой; в экологически чистой и благоприятной для него окружающей среде, находясь в гармонии с природой;

2) целью социально-экономического развития должно быть улучшение качества жизни людей (повышение продолжительности жизни, укрепление здоровья, возможность получения необходимого образования, защита прав и т.п.);

3) развитие должно осуществляться такими способами, чтобы основные жизненные потребности нынешнего и будущего поколений были удовлетворены в одинаковой мере, не нарушая окружающую природную среду, при обязательном ее поддержании;

4) неотъемлемой частью процесса развития должно быть сохранение окружающей среды и не должно рассматриваться отдельно от него; в ближайшие десятилетия должен быть ослаблен антропогенный пресс на биосферу, а со второй половины XXI века этот пресс должен стать приемлемым для биосферы по величине;

5) неприемлемо в процессе развития выходить за пределы жизнеподдерживающей способности экологических систем планеты, необходимо принять все меры для сохранения биологического разнообразия и устойчивости биосферы, возможности ее дальнейшей естественной эволюции; опираться

6) дальнейшая эволюция и выживание цивилизации должны опираться на преимущества биологического выравнивания окружающей среды, а не на технико-технологические средства;

7) на первом месте в критериях прогресса должны стоять экологическая безопасность и стабильность развития, а экономический рост и экономическая эффективность должны иметь второстепенное значение;

8) цивилизации следует переходить на принципы устойчивого освоения природных ресурсов, которые предполагают разумное использование возобновимых ресурсов, по возможности минимальное потребление невозобновимых ресурсов, более широкое применение вторичных ресурсов, переработка, утилизация, обезвреживание и захоронение отходов, освоение пространства и ресурсов космоса, создание для этих целей соответствующих высших технологий;

9) следует отказаться от экономически неэффективных и экологически опасных моделей производства и потребления, оздоровить структуры потребностей населения и экологически обоснованно разместить производительные силы;

10) нужно усилить взаимосвязь между экономикой и экологией, разработать единую экономическую систему развития как систему полной и всесторонней интенсификации, обеспечивающую экологически безопасное хозяйствование и «вписывание» человеческой деятельности в биосферные циклы;

11) необходимо выполнить соответствующую демографическую политику, которая стабилизировала бы численность населения и его деятельность в соответствии с фундаментальными законами природы и возможностями обеспечения устойчивости биосферы;

12) следует в глобальном масштабе ввести принцип «тот, кто загрязнял и загрязняет окружающую среду, тот и платит», и, в первую очередь, применить его к развитым странам, внесшим наибольший в истории цивилизации вклад в разрушение биосферы;

13) необходимо искоренить нищету и неравенство в уровне жизни населения в различных странах и внутри каждой страны, изменить структуру потребностей богатых людей в сторону рационального устойчивого образа жизни, и задействовать механизм формирования среднего класса;

14) в становлении стабильного демократического гражданского общества надо использовать разнообразные формы собственности и многоукладность, механизм рыночных отношений, общественно-политические движения, надо обеспечить без-

опасное во всех отношениях развитие человека как личности, сообществ людей и групп населения;

15) следует предпринять действия для ликвидации всех формы насилия над человеком и природой, в первую очередь войн, терроризма и нарушения экосистемы, поскольку охрана природы, мир и развитие находятся в тесной взаимосвязи и неразделимы;

16) необходимо направить усилия для сохранения всех форм как биоразнообразия, так и «социоразнообразия», понимая под этим прежде всего коренное население, этносы, нации, малые народы и т. д. и соответствующие их образу жизни, культуры, традиции, окружающую природную среду;

17) для сохранения, защиты и восстановления целостности экосистемы планеты, восстановления нарушенных экосистем и экологически неблагоприятных регионов, необходимо и дальше развивать международное сотрудничество, государствами необходимо разработать и принять эффективные законы, защищающие природную среду, а также принять соответствующие международные соглашения, определяющие переход на модель устойчивого развития;

18) следует обеспечить, чтобы экологическая информация находилась в открытом доступе, создать индикаторы прогресса на пути к стабильному развитию, сформировать для этого необходимые базы данных, глобальные и национальные коммуникации и применять новые средства информатики в целях решения глобальных проблем и становления постиндустриального общества;

19) с учетом принципа упреждения следует сформировать новые принципы управления (в том числе и глобального) в области охраны природы и природопользования, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, особенно в случаях серьезного или необратимого ущерба природе и обществу;

20) необходимо экологизировать сознание и мировоззрение человека, коренным образом перенацелить системы воспитания и образования, мораль, культуру, искусство, науку и технику на новые цивилизационные цели, совершенствовать качества человека в ноосферной направленности, возвышать потребности, ставя на первое место интеллектуально-духовные ценности, а затем уже материально-вещественные.

#### **Заключение.**

Перейти к реализации концепции устойчивого развития в XXI веке оказалось довольно трудным, поскольку это многофакторный и требующий длительного времени и согласованных действий процесс достижения равновесного взаимодействия общества и окружающей природной средой, с учетом соблюдения законов развития биосферы.

Долгосрочное развитие отдельных стран и всей цивилизации содержит в себе совокупность трудно разрешимых проблем, содержащих в себе структурную и инвестиционную деятельность, вопросы экономической и экологической безопасности, вопросы преобразования структуры потребления, охраны, разумного использования и воспроизводства природных ресурсов, социальной, научно-технической, глобальной и региональной политики.

#### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Берстень Е.В. Методы проектирования организационной структуры промышленного предприятия: дис. ... канд. экон. наук. – Санкт-Петербург, 2008. — 295 с.
2. Инвайронментальная социология. Сайт «5ka.ru». [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.5ka.ru/72/40455/1.html>.
3. Баньковская С.П., Роберт Парк. Сайт «Socioline.ru социология по-новому» Современная американская социология [Электронный ресурс]. – URL: [http://socioline.ru/\\_seminar/library/history/mas/01\\_park.php](http://socioline.ru/_seminar/library/history/mas/01_park.php).

*Н.В. Мензелинцева<sup>(1)</sup>, В.Н. Азаров<sup>(1)</sup>, Н.Ю. Карапузова<sup>(1)</sup>, А.М. Редван<sup>(1)</sup>*

## СИСТЕМА ОБЕСПЫЛИВАНИЯ ЛИНИИ ПРОИЗВОДСТВА ЦЕМЕНТА СУХИМ СПОСОБОМ

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет<sup>(1)</sup>

Рост объемов жилищного, промышленного и гражданского строительства, характерный для большинства стран мира определяет растущую потребность в строительных материалах. Одним из наиболее востребованных материалов на этом рынке является цемент. В настоящее время среднее душевое потребление цемента в мире составляет 250 кг/чел. год. В ближайшие 50 лет ожидается увеличение выпуска цемента примерно в 5 раз. Увеличение объемов мощностей цементных заводов характерно для 30% развитых стран, и 70% развивающихся стран, например, таких как Йемен [1].

Сыпучие материалы в виде сырья, полуфабрикатов и готовых изделий являются источниками загрязнения воздушной среды, причем, выделяемая пыль загрязняет не только промплощадку, но и прилегающие территории, негативно влияя на окружающую среду и человека. Особенно актуально загрязнение атмосферы твердыми частицами в странах расположенных в степных, пустынных, полупустынных зонах для которых характерно высокое фоновое загрязнение твердыми частицами.

Суммарные выбросы твердых частиц в атмосферу предприятий по производству цемента только в России в год составляют в среднем 20,8 млн т.[2]. В цементной промышленности Йемена при производстве 1 т цемента образуется 0,14 т пыли[1].

Для предприятий по производству цемента характерен перевод производства на сухой способ с использованием современных энергосберегающих мероприятий. Например, в России, на одном из крупнейших цементных заводов «Себряковцемент» г. Михайловка Волгоградской области модернизирована линия по изготовлению цементного клинкера с переводом технологии производства на сухой способ. Такая же тенденция отмечается и в республике Йемен.

При проведении оценки работы и выборе аспирационного и обеспыливающего оборудования необходимо знание физико-химических свойств сырья и дисперсного состава пыли.

В табл. 1 представлены результаты среднестатистических химических анализов сырья используемого для производства портландцемента в России и Йемене [2].

Таблица 1

Материал	Потери при прокаливании, %	Содержание, %					
		CaO	MgO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SO <sub>3</sub>
Россия							
Известняк	40,88	51,8	0,76	4,82	0,53	0,34	—
Песчаник	13,85	15,86	0,76	62,29	3,05	1,45	0,09
Железная руда	3,0	0,2	0,2	7,8	4,5	84,0	—
Йемен							
Известняк	42,57	54,31	0,06	0,81	0,15	0,12	0,27
Песчаник	2,14	0,92	0,85	92,01	1,17	0,93	0,44
Железная руда	1,74	1,84	0,09	0,73	1,49	95,78	0,95



Для определения степени дисперсности пыли, проведен анализ дисперсного состава цементной пыли в воздухе рабочих зон предприятий отрасли. Отбор проб пыли проводился на заводах «Себряковцемент» г. Михайловка Волгоградской области Россия, и «Амран» г. Амран республика Йемен. Пробы были взяты на участке упаковки готовой продукции. По полученным данным построены интегральные кривые распределения массы частиц пыли по диаметрам (рис. 1, 2).

Исследование дисперсного состава пыли проводилось методом микроскопии с применением персонального компьютера [3].

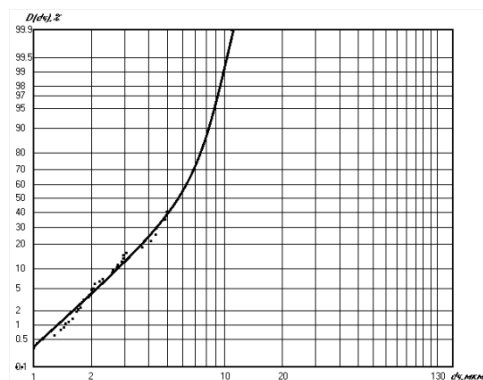


Рис. 1. Интегральная кривая распределения массы частиц по диаметрам в вероятностно-логарифмической сетке для пыли отобранной в упаковочном цехе г. Михайловка Россия.  
PM<sub>10</sub>-99%, PM<sub>2,5</sub>-7,5%

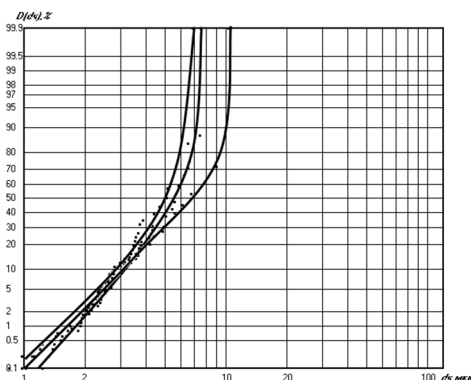


Рис. 2. Интегральные кривые распределения массы частиц по диаметрам для пыли, выделяющейся в воздух рабочей зоны при упаковке цемента. г. Амран, Йемен.  
PM<sub>10</sub>-100%, PM<sub>2,5</sub>-5%

На основании результатов проведенных экспериментальных исследований можно сделать вывод о том, что и в России и в Йемене доля частиц пыли с диаметром 10 мкм составляет в различных точках замеров до 100%, а с диаметром 2,5 мкм и менее от 0,5 до 15%. Таким образом, можно сделать вывод о том, что и в рабочих зонах цехов преимущественно преобладает мелкодисперсная пыль с диаметром менее 10 мкм.

В качестве пылеулавливающего оборудования на предприятиях по производству цемента используются пылесадительные камеры, циклоны, рукавные фильтры. Однако, не всегда это оборудование является достаточно эффективным при улавливании мелкодисперсной пыли.

Для эффективного улавливания мелкодисперсной пыли на предприятиях по производству цемента была разработана экспериментальная установка с использованием аппарата ВЗП и рукавного фильтра представленная на рис. 3.

Оценка эффективности улавливания цементной пыли производилась на основании сопоставления масс пыли, поступающей и выходящей, которые определялись путем отбора проб и измерений в замерных сечениях воздухопроводов. Для измерения запыленности использовался стандартный комплект пылезаборного оборудования. Отбор проб осуществлялся одновременно во всех замерных сечениях, этим обеспечивалась идентичность отбора проб в каждом из сечений режиму работы системы и поступления пыли.

Результаты эффективности улавливания цементной пыли аппаратом ВЗП представлены на рис. 4

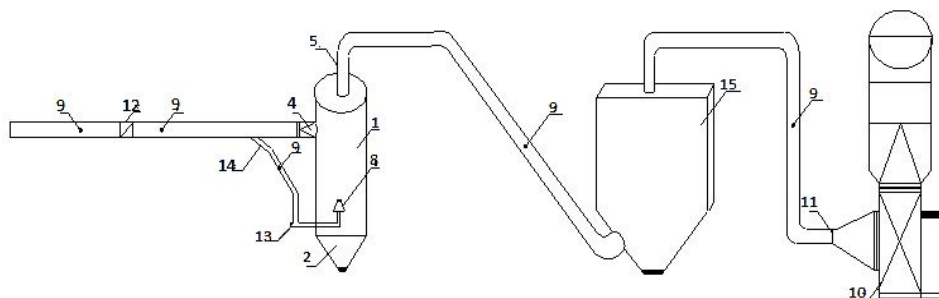


Рис. 3. Схема экспериментальной установки:

1 — цилиндрический корпус; 2 — пылевой бункер; 3 — верхний тангенциальный входной патрубок; 4 — улиточный завихритель; 5 — верхний выходной осевой патрубок; 6 — нижний входной патрубок; 7 — V-образный рассекаватель; 8 — отбойная шайба; 9 — штуцер для проведения замеров; 10 — вентилятор; 11 — шибер; 12 — заслонка; 13 — тангенциальный завихритель нижнего патрубка; 14 — заслонка

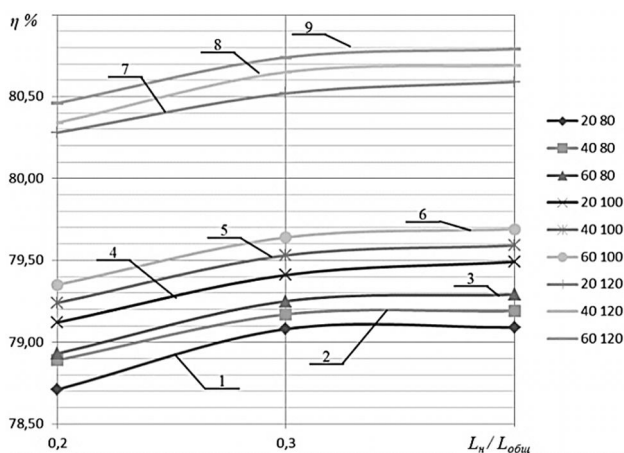


Рис. 4. Экспериментальные зависимости эффективности улавливания цементной пыли аппаратом ВЗП 150 с длиной патрубка нижнего ввода  $L = 300$  мм при:

$$L_{\text{общ}} = 80: 1 - \bar{C} = 20; 2 - \bar{C} = 40; 3 - \bar{C} = 60;$$

$$L_{\text{общ}} = 100: 4 - \bar{C} = 20; 5 - \bar{C} = 40; 6 - \bar{C} = 60;$$

$$L_{\text{общ}} = 120: 7 - \bar{C} = 20; 8 - \bar{C} = 40; 9 - \bar{C} = 60.$$

Результаты показали, что при использовании аппарата ВЗП на первой ступени очистки, можно повысить эффективность улавливания до 80%, что должно значительно повысить эффективность работы установки в целом.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аль Моғалис Ахмед Абдольджалил Мухамед. Исследование и обоснование комплекса мероприятий по экологизации цементного производства Йемена : автореф. дис. кандидата техн. наук. – Москва, 2000. – 16 с.
2. Полонский В.М. Охрана воздушного бассейна заводов строительной индустрии : учебное пособие. – Самара, 2006. – 200с.
3. Азаров В.Н., Ковалева А.В., Сергина Н.М. Дисперсный анализ методом микроскопии с применением ПЭВМ // Экологическая безопасность и экономика городских и теплоэнергетических комплексов : междунар. науч.-практ. конф. – Волгоград, 1999. – С. 76.

*Н.В. Мензелинцева<sup>(1)</sup>, Н.Ю. Карпузова<sup>(1)</sup>, И.В. Стефаненко<sup>(1)</sup>*

## ОЦЕНКА И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК НАДЕЖНОСТИ РЕСПИРАТОРОВ С ВОЛОКНИСТЫМ ФИЛЬТРУЮЩИМ

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет<sup>(1)</sup>

Для защиты органов дыхания традиционно используются индивидуальные средства защиты. Важным показателем работы СИЗОД является их надежность, которую можно определить как свойство средства защиты выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных параметров в заданных пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования, технического обслуживания и ремонта [1].

Различают понятие эксплуатационная надежность, т.е. надежность средств защиты в реальных условиях, и расчетная надежность, определяемая в процессе проектирования.

Одним из основных понятий теории надежности является отказ, который в данном случае можно трактовать как полную или частичную утрату или видоизменение показателей качества, делающую невозможным эффективное использование изделия по назначению. Тогда вероятность безотказной работы — вероятность того, что в заданном интервале времени или в пределах заданной наработки не возникает отказа. Наработка — продолжительность или объем работы, измеряемые в различных единицах.

Надежность защиты респиратора по твердым частицам зависит от структуры и свойств фильтрующего пористого слоя. Под отказом в данном случае можно понимать проскок частиц под маску респиратора в концентрации, более ПДК<sub>п.з.</sub>.

Осаждение частиц на волокнистом фильтрующем материале происходит по известным механизмам: за счет броуновской диффузии, касания и инерции [2]. Самые мелкие частицы осаждаются преимущественно в результате диффузии. В любом аэрозоле присутствуют частицы, для которых результирующая эффективность осаждения является минимальной, так называемые наиболее проникающие частицы. При оценке надежности защиты респиратора на этапе проектирования рекомендуется использовать монодисперсные аэрозоли, содержащие именно наиболее проникающие частицы или полидисперсные аэрозоли, у которых медианно-весовой размер частиц близок к размеру наиболее проникающих [2].

Поэтому для оценки надежности работы респиратора необходимо учитывать не только размер наиболее проникающих частиц, но также долю таких частиц по массе, т.е. фактически дисперсный состав пыли.

Функция распределения массы частиц по их диаметрам  $d$  имеет вид [3]:

$$D(d) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \lg \sigma} \int_{-\infty}^{\lg d} \exp \left[ -\frac{(\lg d - \lg d_{50})^2}{2 \lg^2 \sigma} \right] d \lg d, \quad (1)$$

где  $d_{50}$  — медиана распределения;  $\lg d$  — стандартное отклонение логарифмов диаметров.

Функция  $D(d)$  равна выраженному в процентах отношению массы всех частиц, диаметр которых меньше диаметра  $d$  к общей массе.

Вероятность безотказной работы или отсутствие отказа в таком случае определяется по формуле:

$$P(D_{(d_i)}) = 1 - F(x_i) = 1 - D_{(d_i)}, \quad (2)$$

где  $F(x_i)$  — функция, показывающая вероятность того, что случайная величина  $x$  не превышает некоторого заданного значения  $x_i$ ;  $D_{(d_i)}$  — функция, равная выраженному в процентах отношению массы всех частиц, диаметр которых меньше диаметра наиболее проникающих частиц  $d_i$  к общей массе, и характеризует вероятность проскока частиц в подмасочное пространство.

Функцию можно  $P(D_{(d_i)})$  называть функцией безотказной работы, или функцией надежности.  $D_{(d_i)}$  является интегральной функцией распределения показателя  $d_i$  и может выступать в качестве функции отказов.

В теории надежности интенсивность отказов определяется как вероятность отказа неремонтируемого изделия в единицу времени после данного момента времени при условии, что отказ до этого момента не возник. Этот показатель является в определенной степени оперативной характеристикой работоспособности, позволяющей прогнозировать работу респиратора. Иногда интенсивность отказов называют опасностью или риском отказов.

Интенсивность отказов в нашем случае рассчитывается по формуле (3):

$$\lambda(D_{(d_i)}) = f(d_i) / P(D_{(d_i)}), \quad (3)$$

где  $f(d_i)$  — плотность вероятностей, или дифференциальная функция распределения;  $P(D_{(d_i)})$  — функция надежности.

Плотность вероятности определяется по [3].

$$f(d_i) = \frac{\lg e}{d_i \lg d_i} f(t), \quad (4)$$

$$f(t) = \frac{100}{2\pi} \exp\left(-t^2 / 2\right), \quad (5)$$

где  $t$  — нормированная нормально распределенная величина [3].

Для оценки и прогнозирования характеристик надежности при эксплуатации респиратора воспользуемся подходом, описанным в [4]. С этой целью необходимо учитывать законы распределения показателя, определяющего работу фильтрующего слоя при эксплуатации, и факторов, действующих на материал в этих условиях, а также динамику изменения их во времени.

В общем виде решение этой задачи сводится к следующему. Допустим,  $R$  — фракционная эффективность улавливания твердых частиц с плотностью распределения  $f_R$ ,  $D$  — фракционный состав пыли с плотностью распределения  $f_D$ .

Введем случайную величину  $Y = R - D$ . Если  $R$  и  $D$  — независимые неотрицательные случайные величины, то плотность распределения случайной величины  $Y$  будет иметь вид:

$$f(Y) = \int f_R(Y + D) f_D(D) dD. \quad (6)$$

Проскок твердых частиц (отказ) наступает при условии  $Y \leq 0$

$$f(Y) = \int_{-Y}^{\infty} f_R(Y+D)f_S(D)dD . \quad (7)$$

Проскок отсутствует при  $Y \geq 0$

$$f(Y) = \int_0^{\infty} f_R(Y+D)f_S(D)dD . \quad (8)$$

Следовательно, вероятность появления проскока будет определяться как

$$F = \int_{-\infty}^0 f_Y(Y)dY = \int_{-\infty}^0 \int_{-Y}^{\infty} f_R(Y+D)f_S(D)dDdY , \quad (9)$$

а вероятность безотказной работы как

$$P = \int_0^{\infty} f_Y(Y)dY = \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} f_R(Y+D)f_S(D)dDdY . \quad (10)$$

Решение уравнения (10) зависит от характера распределения величин  $R$  и  $D$ .

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Капур К., Ламберсон Л. Надежность и проектирование систем. – М., 1980.
2. Ужов В.Н., Мягков Б.И. Очистка промышленных газов фильтрами. – М.,: Химия, 1970. — С. 320.
3. Коузов П.А. Основы анализа дисперсного состава промышленных пылей и измельченных материалов. – Л.: Химия, 1087. — 264 с.
4. Соловьев А.Н., Кирюхин С.М. Оценка и прогнозирование качества текстильных материалов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. — 215 с.

*Н.В. Мензелинцева<sup>(1)</sup>, Н.Ю. Карапузова<sup>(1)</sup>, В.А. Лактюшин<sup>(1)</sup>*

#### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИСПЕРСНОГО СОСТАВА И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КЕРАМЗИТОВОЙ ПЫЛИ

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет<sup>(1)</sup>

*Керамзит* — лёгкий пористый строительный материал, получаемый путём обжига глины или глинистого сланца. Выпускается в виде гравия, щебня или песка. Используется как утеплитель в виде засыпки, а также для изготовления лёгкого бетона — керамзитобетона. В настоящее время работают более 270 заводов в 50 странах, которые ежегодно производят порядка 73 млн м<sup>3</sup> строительных изделий из керамзитоблока [1].

Керамзит популярен во всем мире, так как считается одним из самых экологически чистых материалов. Однако, производство керамзита представляет определенную опасность для окружающей среды и здоровья людей, проживающих на прилегающих к предприятиям территориях. В табл. 1 дан анализ показателей работы уста-

новок очистки газа одного из предприятий по производству керамзита Волгоградской области. Основными вредностями, выделяющимися в атмосферу при производстве керамзита, является пыль керамзитовая, оксиды углерода и азота.

Таблица 1

## Показатели работы пылегазоочистного оборудования

Наименование отделения	Оптимальный (регламентируемый параметр) на выходе из пылеулавливающей установки	ПДВ, г/с	Фактические показатели работы	
			г/м <sup>3</sup>	г/с
Печь обжига керамзита №1	1. Пыль керамзита	0,319	0,605	7,853
	2. Оксид углерода	1,980	0,057	0,740
	3. Оксид азота	1,630	0,102	1,324
Печь обжига керамзита №2	1. Пыль керамзита	0,0501	0,320	5,125
	2. Оксид углерода	2,08	0,130	2,08
	3. Оксид азота	0,86	0,054	0,864

Пыль керамзита относится к третьему классу опасности, она содержит значительное количество свободного диоксида кремния: при обжиге глиняного кирпича более 7%, при обжиге керамзита — до 32% [2]. Примерно 10–15 лет работы в условиях производственного запыления без респираторов и вдыхания пыли, содержащей свободный диоксид кремния, способны вызвать силикоз. Но если концентрация пыли значительна, то может возникнуть и острая его форма за 1–3 года «острый» силикоз. В некоторых случаях болезнь может проявиться через несколько лет после окончания воздействия производственной пыли «поздний» силикоз [3].

Для оценки степени влияния пыли керамзита на организм работников керамзитовых и железобетонных заводов, и здоровье людей проживающих вблизи санитарно-защитных зон этих предприятий, а также обоснования инженерных решений, направленных на предупреждение запыленности воздуха рабочих зон предприятий и атмосферы, важно знать ее физико-химические свойства и дисперсный состав.

Проведены исследования по определению дисперсного состава керамзитовой пыли методом микроскопии [4]. Результаты представлены на рис. 1 в виде интегральных кривых распределения массы частиц по диаметрам в вероятностно-логарифмической сетке для пыли, отобранной в системе аспирации вращающейся печи обжига керамзита.

Результаты исследования показали, что пыль, отобранная в системе аспирации вращающейся печи обжига керамзита имеет медианный диаметр  $d_{50} = 17$  мкм. Диапазон изменения крупности — от 1,8 до 50 мкм.

Согласно известным методикам, изложенным в [5], были проведены экспериментальные исследования и определены основные физико-химические свойства пыли керамзита. Результаты исследований представлены в табл. 2.

Таблица 2

Физико-химические свойства керамзитовой пыли

Свойство пыли, единицы измерения	Величина
Истинная плотность, г/см <sup>3</sup>	26
Насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>	0,200–0,500
Удельная поверхность, см <sup>2</sup> /г	3940
Статический угол естественного откоса, град	43–55
Динамический угол естественного откоса, град	35–41

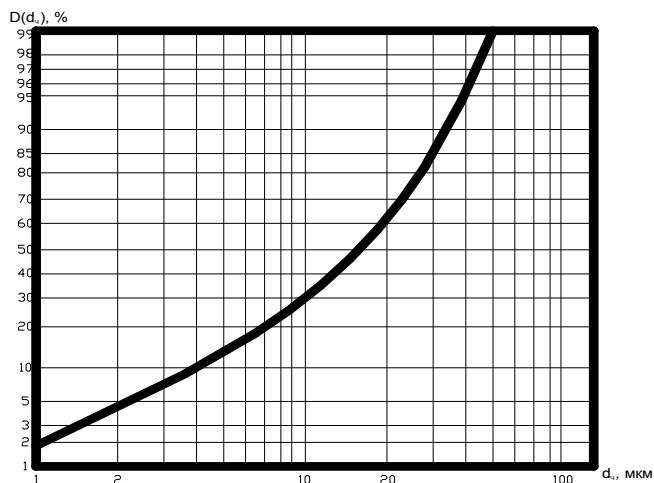


Рис. 1. Интегральная кривая распределения массы частиц пыли по диаметрам в вероятностно-логарифмической сетке, отобранной в рабочей зоне упаковочного отделения в воздухе рабочей зоны упаковочного отделения

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org>.
2. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ecouniver.com>.
3. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://okhranatruda.ru>.
4. Азаров В.Н., Ковалева А.В., Сергина Н.М. Дисперсный анализ методом микроскопии с применением ПЭВМ // Экологическая безопасность и экономика городских и теплоэнергетических комплексов : междунар. науч.-практ. конф. – Волгоград, 1999. — С. 76.
5. Коузов П.А., Скрябина Л.Я. Методы определения физико-химических свойств промышленных пылей. – Л.: Химия, 1983. — 143 с.

Н.В. Мензелинцева<sup>(1)</sup>, Н.Ю. Карпузова<sup>(1)</sup>, Е.О. Фомина<sup>(1)</sup>

## ОЦЕНКА ПЫЛЕВОЙ ОБСТАНОВКИ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ НА ПРЕДПРИЯТИИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ЦЕМЕНТА

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет<sup>(1)</sup>

Одним из распространенных вредных производственных факторов на предприятиях строительной отрасли, специализирующихся на производстве сыпучих строительных материалов, является пыль. Она образуется на всех этапах технологического процесса, например, при дроблении, транспортировке, упаковке и др.

При оценке пылевой обстановки рабочей зоны определяют концентрацию пыли в воздухе рабочей зоны, интенсивность пылеоседания. Количество пыли, оседающей на технологических площадках и полу цеха, определяется путем замеров интенсивности пылеоседания.

Согласно методике [1, 2] суммарная величина пылевыделений в цех  $M$ , г/ч, выразится формулой:

$$M = M_1 + M_2 + M_3, \quad (1)$$

где  $M_1$  — количество пыли, уносимой вентиляционными и аспирационными системами, г/ч;  $M_2$  — количество пыли, уносимой через проемы помещения, г/ч;  $M_3$  — количество пыли, оседающей на пол и технологические площадки цеха, г/ч.

Количество пыли осевшей на пол, определяли экспериментально. Схема расположения тарелочек ловушек представлена на рис. 1.

Время нахождения ловушек в зоне оседания составляет не менее трех часов.

Осевшая в каждой из тарелочек пыль взвешивается, и определяется интенсивность пылеоседания по формуле:

$$G_0 = \frac{G}{F\tau}, \quad (2)$$

где  $G$  — количество пыли, осевшей на тарелочке, кг;  $F$  — площадь тарелочки, м<sup>2</sup>;  $\tau$  — время нахождения тарелочки в зоне пылеоседания, ч.

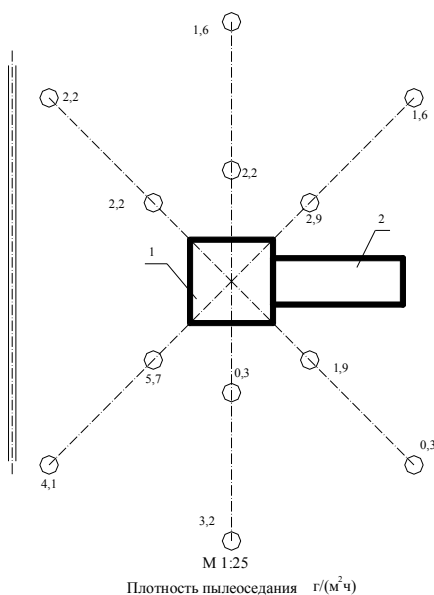


Рис. 1. Схема расположения тарелочек-ловушек у одиночного тесненного источника выделения пыли:  
1 — карусельная упаковочная машина;  
2 — конвейер ленточный



По результатам проведенных экспериментальных исследований построен график зависимости значений плотности пылеоседания от расстояния до источника пылевыделений представленный на рис. 2.

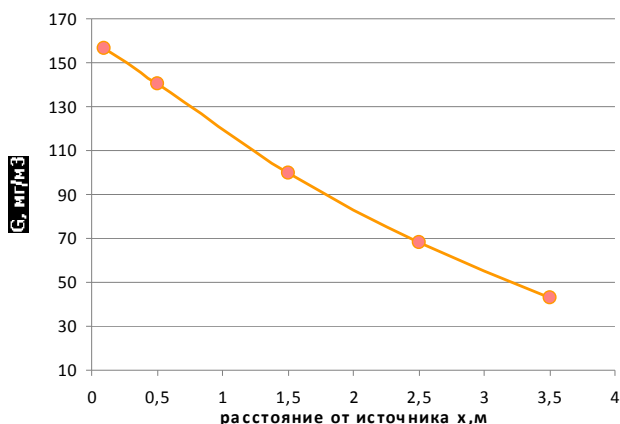


Рис. 2. Изменение плотности пылеоседания  $G$  на удалении  $X$  от технологического оборудования

Анализ графика показал, что с доверительной вероятностью  $P = 0,95$  зависимость может быть описана уравнением  $G = 168,8e^{-0,378x}$ .

Попадая в воздух рабочих зон цехов предприятий, пыль оседает на горизонтальных поверхностях технологического и вспомогательного оборудовании. Для большинства производственных помещений характерно повторное взмучивание осевшей пыли. Связано это с движением различных механизмов, агрегатов, работой системы вентиляции, уборкой помещений и др. Для комплексной оценки пылевой обстановки в рабочей зоне оператора упаковочной машины цемента представляет интерес исследование закономерностей оседания пыли на горизонтальной поверхности по высоте рабочей зоны. С этой целью в экспериментальных точках на расстоянии 1 м от источника пылевыделения были установлены тарелочки-ловушки с интервалом 0,5 м по высоте рабочей зоны

Результаты распределения плотности пылеоседания по высоте рабочей зоны представлены на рис. 3.

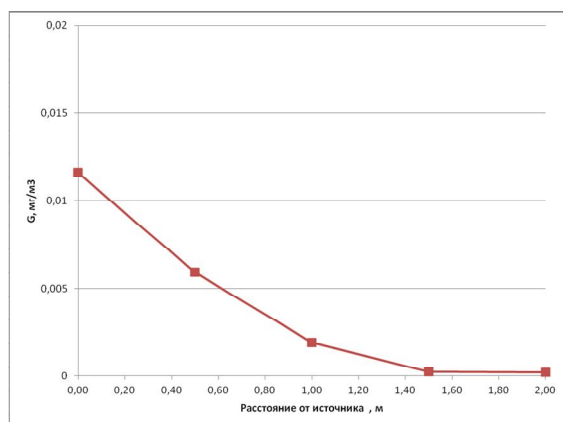


Рис. 3. Изменение плотности пылеоседания  $G_0$  по высоте рабочей зоны на расстоянии 1 м от технологического оборудования

Полученные данные с доверительной вероятностью  $P = 0,95$  могут быть описаны уравнением  $G = 0,0139e^{-2,256x}$

Замеры концентрации пыли в воздухе рабочей зоны проводились по стандартным методикам. В работе использовали стандартный комплект пылезаборного оборудования. Длительность измерения максимально разовых концентраций составляла 30 мин. Для проведения прямых измерений использовались фильтры АФА. Из отобранных проб приготавливались навески. Взвешивание фильтров производили до и после отбора проб в условиях лаборатории на аналитических весах. Фильтры с пылью перед взвешиванием находились не менее 2-х часов в помещении, в котором производилось взвешивание.

По результатам проведенных замеров была построена зависимость концентрации цементной пыли на различных расстояниях от источника пылевыделения (карусельной упаковочной машины) в воздухе рабочей зоны рис. 4.

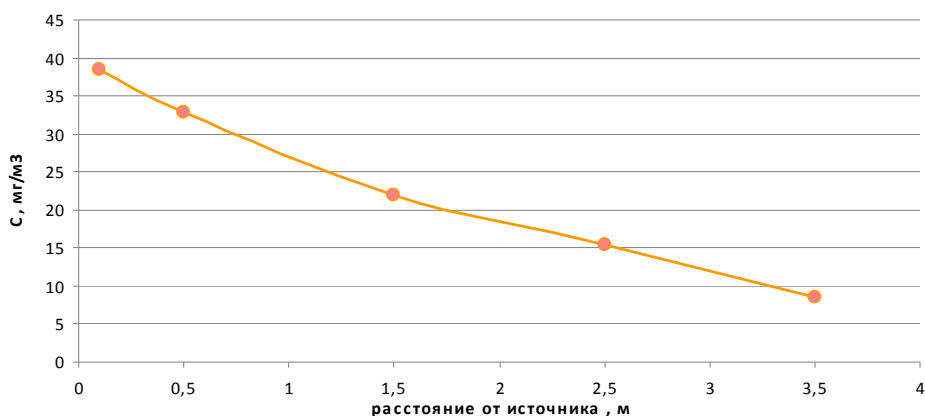


Рис. 4 Изменение осредненной по смене величины концентрации цементной пыли

Изменение концентрации цементной пыли на удалении  $X$  от технологического оборудования описывается выражением  $c = 41,155e^{-0,4282x}$

Полученные результаты позволяют провести оценку пылевой обстановки в рабочей зоне для совершенствования конструкций систем аспирации, при разработке и внедрении систем автоматизации средств локализации пылевыделений, а также с целью снижения повторного взмучивания цементной пыли с поверхности пола помещений цеха при разработке и внедрении эффективной системы пневмоуборки.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Азаров В.Н. Оценка пылевыделения от технологического оборудования // Безопасность труда в промышленности. 2003. №7. — С. 45–46.
2. Богуславский Е.И. Теория и расчет эффективности технических средств обеспыливания и разработка на их основе конструкций с вихревым режимом работы [Текст] : автореф. дис.... докт. техн. наук: 05.17.08. – Ростов-на-Дону, 1991.
3. ГОСТ Р 517721-2001 Оборудование газоочистное и пылеулавливающее. Определение запыленности газовых потоков. – Введ. 1996-07.01. – М.,1996.

*П.П. Олейников<sup>(1)</sup>*

## **РЕШЕНИЕ СОЦИОКУЛЬТУРНЫХ ПРОБЛЕМ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ МЕСТ РАЗВЛЕЧЕНИЙ И ОТДЫХА В ДОВОЕННОМ СТАЛИНГРАДЕ**

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет<sup>(1)</sup>

В работе [1] отмечается, что из 344 архитектурно-градостроительных комплексов, стоящих на государственной охране в Волгограде, к объектам садово-паркового и ландшафтного искусства отнесено только четыре. Это Федоровский сад в Дзержинском районе, ансамбль набережной р. Волга, Аллея Героев и мемориальный парк, посаженный ветеранами Сталинградской битвы в Центральном районе. В то же время в начале 30-х годов прошлого века в Сталинграде начата реализация крупнейших проектов по решению социальных проблем в области развлечений и отдыха трудящихся.

Климатические условия Сталинграда были исключительно тяжелыми. В середине 1930-х годов город окружала голая степь, зеленых насаждений почти не было, летом дули сильные сухие ветры с пылью, что плохо отражалось на здоровье, часто вспыхивали всевозможные легочные заболевания.

Отсутствие централизованного водоснабжения и канализации привело к тому, что жилые и особенно промышленные постройки, расположенные вдоль рек и оврагов туда же сбрасывали и свои стоки. В результате река Царица, на склонах которой размещались фабрики и заводы, представляла собой печальное зрелище – в летнее время вода была настолько загрязнена, что вызывала серьезные опасения санитарных служб.

Решением задачи по оздоровлению экологической обстановки в городе, находящемся в зоне полупустыни, было существенное увеличение площади зеленых насаждений. Для этого предполагалось окружить город широкой и сплошной лесной полосой, которая задерживала бы ветры и приносимую ими пыль, а также увлажняла воздух, смягчая летнюю жару. Важным этапом такой работы стало принятие решения о комплексной разработке схемы озеленения Сталинграда, которую выполнили в 1931 г. известные московские архитекторы во главе с Коржевым М.П. Предполагалось, что длина зеленого кольца вокруг города составит 40–45 км, его ширина доходила до 2 км, здесь ежегодно предполагалось высаживать десятки тысяч растений. В городе также активно проводилась работа по благоустройству, были организованы многочисленные субботники по высадке деревьев, кустарников и цветов. Трестом «Зеленое хозяйство» озеленялись Комсомольский сад, садик имени Карла Маркса, сад на площади Павших Борцов, Привокзальная площадь, благоустраивались территории возле организаций и учреждений.

В июле 1935 г. правительство принимает решение о создании в Сталинграде первой в стране машинно-тракторной лесотехнической станции. Станцию разместили на месте бывшего частного кожзавода, постройки которого приспособили под контору, гараж и склады. В том же году на создание зеленой зоны выделяется 1,2 млн руб., а народный комиссариат земледелия СССР отпускает лесотехнической станции гусеничные и простые тракторы и другие машины, необходимые для подготовки почвы. В первую очередь засаживалась лесная полоса между тракторным заводом и заводом «Баррикады», затем территория между заводом металлоизделий и «Красным Октябрем», тут же разбивался и большой парк. Еще одним участком для озеленения в 1935 г. была территория от реки Царицы до Садовой улицы. Общая площадь лесонасаждений составила 12 тыс. гектаров и сплошных посадок 7,5 тыс. гектаров — это соответствовало примерно площади всей застройки города в 1935 г.

На 1935 г. заготовлено посадочного материала около 7 млн различных растений, из них плодовых саженцев 170 тыс. штук, виноградных саженцев 123 тыс. штук, 285 тыс. штук виноградных чубуков, в Куйбышевском крае закупились саженцы сосны. В том же году заложен питомник с искусственным орошением, в котором 6,5 гектаров занято посевами семян лесных деревьев, посажено около 100 тыс. смородинных саженцев. Предполагалось, что в будущем питомник даст до 3 млн. корней рассады. Высаживались самые различные породы деревьев: яблоня, груша, абрикос, вишня, слива, дуб, клен, тополь, шелковица, терен, акация.

Вскоре становится ясно, что для существенного изменения ситуации таких мер недостаточно. Появляются предложения о создании крупных территорий для отдыха — парков культуры и отдыха, где трудящиеся могли бы культурно проводить выходные и праздничные дни. В центре Сталинграда находился городской сад, но он был мал и плохо оборудован. Единственным местом массового отдыха трудящихся являлась только водная база на острове Сарпинском, которая находилась за Волгой.

В городе уже ставились вопросы о создании большого парка культуры и отдыха по типу московского парка им. Горького. В 1934 г. наметился рост сети парков культуры и отдыха по всей стране. В этих планах Сталинграду отводилась значительная роль. По плану Гипрогора Большой Сталинград состоит из Центрального города, Металлогорода, Химгорода и Красноармейска [2]. Было предложено для Сталинграда спроектировать центральный парк в центре города и парки в остальных городах.

Проектная работа выполнялась архитекторами государственного треста зеленого строительства — Госзеленстрой, который был создан в 1931 г. в Москве в составе Наркомхоза РСФСР [3]. В проектировании парков для Сталинграда приняли участие ведущие специалисты Госзеленстроя архитекторы М. Коржев, А. Коробов, П. Федулов, а также студенты архитектурно-строительного института Чернукозов и О. Ширяева [4].

Центральный парк культуры и отдыха Сталинграда решили расположить по обоим берегам реки Царицы, он должен был занимать территорию в 80 гектаров и рассчитывался на 55000 посетителей в день. Проектом планировалось предусматривалось разбить парк на три части. Южная часть предназначалась для организации «зеленого» парка с размещением зрелищных предприятий. Восточная половина северной части территории называлась «овражно-степным» парком, здесь преобладала физкультурно-оборонная деятельность. Западная половина северной части территории спроектирована как «поле-лес», где предполагалась оздоровительная и научно-популярная работа с посетителями. Главный вход в парк располагался у железной дороги, здесь же проектировался дворец культуры, от которого главная магистраль вела к полю массовых действий, где помещалось 30000 человек. Дальше, по берегу Царицы, размещались краевой стадион и водный бассейн. Береговая аллея, проходящая через площадь Смычки, прокладывалась мимо детского городка, пересекала научно-популярный сектор с ботаническим парком и завершалась парком «под стеклом». На площадь Смычки можно было попасть и через второстепенный вход, расположенный недалеко от дома обороны. На площадь дворца культуры выходил фасад зимнего театра, восточнее которого проектировался «зеленый театр». Архитекторы решили перенести основное ядро оздоровительной и физкультурной работы на воде из центрального парка на остров Голодный, т.к. считали, что водных ресурсов реки Царицы для этого недостаточно.

Проект Сталинградского парка культуры и отдыха, выполненный архитекторами Госзеленстроя М. Коржовым и А. Коробовым отличался от аналогичных тем, что был доведен до стадии детального проекта и даже были выполнены проекты ряда парковых сооружений. Предполагалось вложить в строительство центрального парка культуры и отдыха 4,5 млн. рублей, вводя в эксплуатацию ежегодно, начиная с 1 мая 1935 г. новый законченный цикл парковых сооружений. На 1934 г. под строительство была отведена площадь в 23 га, расположенная на реке Царица выше железнодорожного моста около первой совбольницы и выделено горсоветом 300000 рублей. Предполага-

лось посадить 4500 деревьев, 33500 кустарников, объем земляных работ составлял 50000 м<sup>3</sup>. Здесь должны работать детский сектор на площади 2,4 га, столовые, пункты питания, солярий, аэрарий и тир. В 1936 г. планировалось построить зрелищный сектор с павильонами, стадион с трибунами, дом обороны, физкультурную базу. В целом, под зеленые насаждения предназначалось до 70% площади парка. Центральный парк культуры и отдыха в Центральном городе предназначался для проведения массовых гуляний, карнавалов, митингов краевого и общегородского значения.

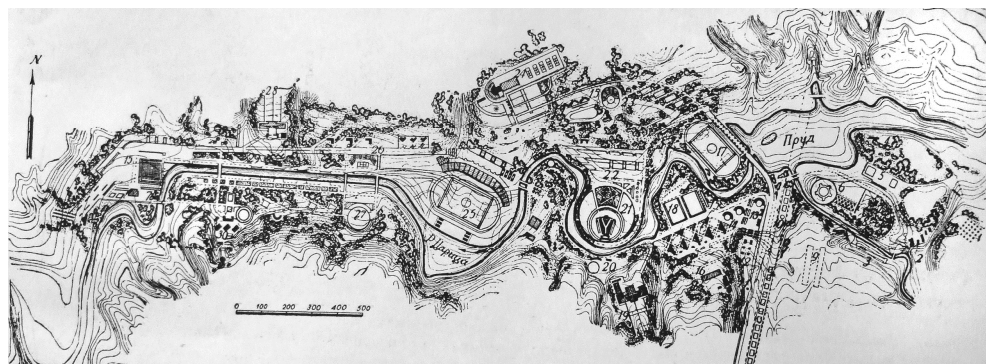


Рис. 1. Планировка первой очереди строительства Сталинградского центрального парка культуры и отдыха. 1932 г. Архит. М. Коржев, А. Коробов

Первые работы по осуществлению проекта начаты с 1933 г., было посажено около тысячи деревьев, за два года освоено 420000 рублей, но работы продвигались крайне медленно. В 1936 г. Саратовская геодезическая контора выполнила съемку рельефа территории будущего парка, а архитекторы и проектировщики Сталинграда приступили к разработке архитектурных проектов для парка. За этот год была устроена на протяжении почти 6 километров ограда вокруг парка и посажено вдоль ограды свыше 2000 молодых тополей, создав тем самым вторую, естественную ограду. Главные поперечные аллеи засаживались американским кленом и кустами роз, аллеи, ведущие от Волги к парку, засаживались хвойными деревьями. Архитектором Глазковым разработаны проекты двух входов в парк. Один вход намечалось построить со стороны шоссе, другой, такой же, но меньшего объема, со стороны Волги. Проекты входов не были простыми воротами, это были капитальные сооружения из кирпича, бетона, дерева и стекла, в которых размещались службы будущего парка. Входная группа состояла из четырех восьмиметровых колонн, перехваченных сверху аркой с надписью «Парк культуры и отдыха», с обеих сторон к колоннам примыкали двухэтажные здания. В правом крыле размещались парикмахерская, комнаты для чистки обуви и одежды, камера хранения мелких вещей, гараж для мотоциклов и велосипедов, небольшой буфет, киоски для торговли цветами, водами, табачными изделиями. В левом крыле помещалась администрация парка и обслуживающий персонал, весь объем строения составил 2000 м<sup>3</sup>. Вход со стороны Волги спроектирован меньшим объемом — 800 м<sup>3</sup>.

Проект, предложенный архитекторами Госзеленстроя, стал первой серьезной работой проектировщиков по благоустройству пойменной части реки Царицы.

В 1932 г. Госзеленстроем под руководством архитектора П. Федулова был разработан проект парка Металлогорода, который располагался по обе стороны оврага Вишневая балка и занимал площадь 450 гектаров. Парк должен был обслуживать 35 тысяч человек в день. Планировочное решение парка включало деление его территории на зону, интенсивно осваиваемую и зону, свободно используемую. Первая зона предназначалась для строительства крупных сооружений, вторая зона — для базы отдыха, пионерлагеря.

Намного меньшим по площади был парк г. Красноармейска, спроектированный студенткой архитектурно-строительного института О. Ширяевой. Он занимал площадь 50 гектаров по берегу проектируемого канала Волго-Дон. Территория будущего парка отличалась разнообразным рельефом и не имела зеленых насаждений. Предполагалось обслуживать 20 тысяч посетителей в день. Отличием от других проектов парков культуры было то, что в южной части, начиная от главного входа и до геометрического центра территории, запроектирован английский парк, на север и запад от которого организовывался физкультурный сектор со стадионом в качестве основного композиционного ядра, вокруг него размещались физкультурные площадки

Для Химгорода проект парка выполнил студент Чернокозов. Его основная функция заключалась в том, что здесь создавалась база для развертывания оборонной работы и химической пропаганды в земледелии и промышленности.

Кроме рассмотренных проектов парков Сталинграда, были спроектированы парки непосредственно при жилых массивах, но меньшего размера. В качестве примера можно привести парк в пос. Баррикады, парк поселка Тракторного завода и др.

И все же вышеизложенные проекты полностью не были реализованы, очевидно, по причине недостаточности средств.

#### БИУЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Галкова О.В., Комиссарова Е.В., Петрова И.А., Савицкая О.Н. Культурное наследие Волгоградской области. – Волгоград: Изд-во ВолгГМУ, 2013. — С. 82–83.
2. Архитектура СССР. №5. 1934.
3. Казусь И.А. Советская архитектура 1920-х годов: организация и проектирование. – М.: Прогресс-Традиция, 2009.
4. Луц Л. Архитектура рабочего отдыха. Парки культуры и отдыха городов-новостроек. Архитектура СССР. 1934. № 5. — С. 20–23.

*В.В. Прокопенко<sup>(1)</sup>, Э.С. Косицына<sup>(2)</sup>*

### **АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛЯЮЩИХ НА ПОКАЗАТЕЛЬ КАЧЕСТВА ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ ПРИ ОЦЕНКЕ СИСТЕМЫ ОЗЕЛЕНЕНИЯ КРУПНЕЙШИХ ГОРОДОВ**

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет<sup>(1)</sup>

В настоящее время в крупных и крупнейших городах складывается достаточно сложный и противоречивый образ города. Следствием повышения рыночной стоимости на городскую землю является уплотнение застройки за счет озеленения города, что приводит к изменению воздушного баланса в системе «Город». Соотношение открытых озелененных территорий и застроенных пространств является одним из наиболее сложных вопросов для современного градостроительства. Система озеленения города является не только средством эстетического благоустройства, но и мощным средством оздоровления урбанизированной среды. Поэтому при оценке показателя качества среды необходимо учитывать факторы, которые оказывают наиболее благотворное влияние на урбанизированную территорию.

В качестве предварительной аксиомы были приняты следующие показатели исследования А.П. Вергунова [1]: массив застройки должен находиться полностью или не менее, чем на 80–90%, в радиусе благотворного воздействия на него озелененных пространств. Под благотворном воздействии подразумевается:

– улучшение состава воздуха в застроенном массиве под влиянием прилегающих систем озеленения;

–прямая зрительная связь застройки и рекреационной территории, с учетом эмоционально-эстетической реакции людей;

– пешеходная доступность (или радиус обслуживания) между рекреационной территорией и застройкой, обеспечивающая повседневную возможность отдыха в рекреационной территории города.

Для определения влияния системы рекреации на городскую застройку была определена площадь объекта рекреации и радиус его влияния по трем факторам. Для данных факторов использовалась методика расчета площади ЛРТ и его влияние на систему город.

В результате проведенных вычислений получены значения площади ЛРТ Центрального и Краснооктябрьского административных районов города Волгограда.

Данная методика позволила определить фактическую площадь ландшафтно-рекреационной территории из расчета видно, что общая площадь озеленения ЛРТ Центрального административного района города Волгограда равна: — по генеральному плану 1,4 км<sup>2</sup>, а по расчету 2,1 км<sup>2</sup>.

Общая площадь озеленения ЛРТ Краснооктябрьского административного района города Волгограда равна: — по генеральному плану 0,578 км<sup>2</sup>, а по расчету 0,635 км<sup>2</sup>.

По клеточной функции озеленения (рис. 1 и 2) наглядно прослеживается пустые клетки районов, в которых полное или частично отсутствие ландшафтно-рекреационной территории в Центральном и Краснооктябрьском административных районах города Волгограда. Данный метод позволяет восстановить функцию степени озеленения на всей территории города.

Таблица 1

Расчет площадей ЛРТ  
Центрального административного района города Волгограда

Рекреационная территория	$\sum^{\text{гор}} S_{k(i,j)}$	$\sum^{\text{вер}} S_{k(i,j)}$	$\bar{h}$	$\bar{p}$
Городской сад	0,0455	0,0767	1,2222	0,0368
Сад Комсомольский	0,0292	0,0656	0,0948	0,3797
Парк Победы	0,0526	0,1308	0,1834	0,5725
ЦПКиО	0,1486	0,4707	0,6193	0,5328
Парк 2-ой очереди Набережной	0,1457	0,3046	0,4503	0,4886
Лесопарк Мамаев Курган	0,1551	0,4000	0,5551	1,0917
Парк при Мамаевом Кургане	0,1156	0,2563	0,3719	

Таблица 2

Расчет площадей ЛРТ  
Краснооктябрьского административного района города Волгограда

Рекреационная территория	$\sum^{\text{гор}} S_{k(i,j)}$	$\sum^{\text{вер}} S_{k(i,j)}$	$\bar{h}$	$\bar{p}$
Пионерский парк	0,0070	0,0089	0,0159	0,63
Парк у ДК Ленина	0,0079	0,0102	0,0181	1,99
Парк у стадиона «Монолит»	0,0684	0,0812	0,1496	0,10
Парк Гагарина	0,0503	0,0650	0,1153	0,57
Парк 1-ой Продольной	0,1978	0,2359	0,4337	0,39
Парк «Баррикады»	0,0255	0,0299	0,0554	2,17

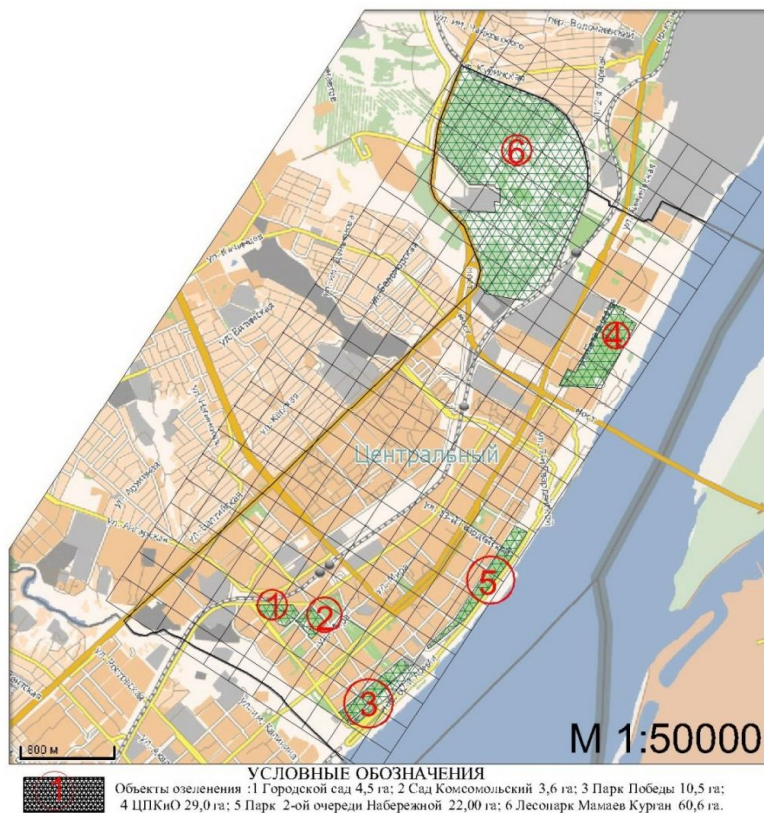


Рис. 1. План сетки квадратов Центрального административного района города Волгограда

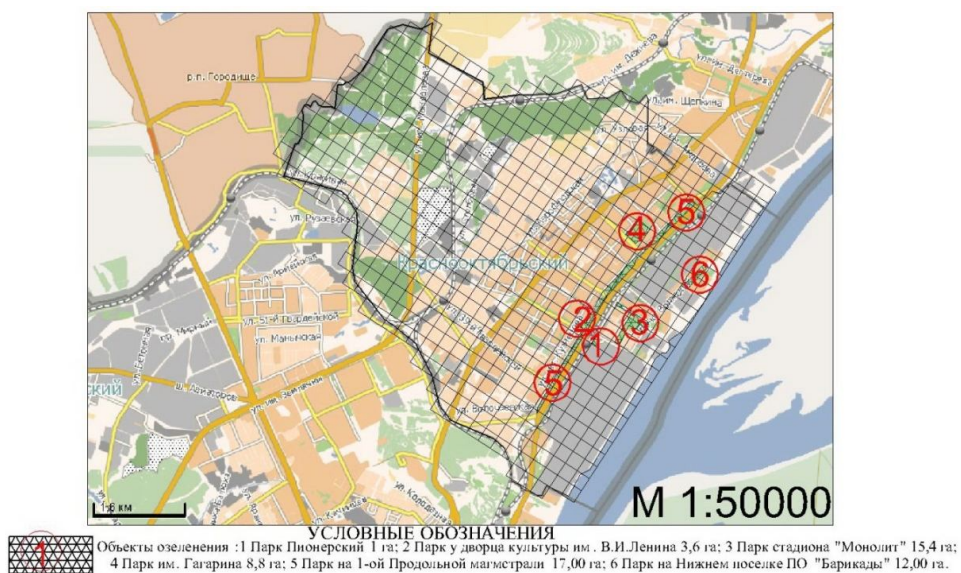


Рис. 2. План сетки квадратов Краснооктябрьского административного района города Волгограда



В результате исследования определены границы влияния рекреационной территории Центрального и Краснооктябрьского административных районов на систему «Город» Волгограда по трем зонам:

- зона 1 наиболее активного воздухообмена принимается в размере 250 м;
- зона 2 зрительная взаимосвязь зеленого массива с прилегающей застройкой принимается в размере 500 м;
- зона 3 пешеходная доступность до объекта или радиус обслуживания принимается в размере 750 м;

Размеры зон включены в клеточный анализ территории. Это позволяет графически определить баланс территории по трем зонам Центрального и Краснооктябрьского района города Волгограда (рис. 3 и 4). Расчет произведен для каждой зоны, результаты расчета приведены в табл. 3, 4.

Таблица 3

Расчет площадей зон ЛРТ  
Центрального административного района города Волгограда

Зоны	$\sum^{\text{гор}} S_{k(i,j)}$	$\sum^{\text{вер}} S_{k(i,j)}$	$\bar{h}$	$\bar{p}$
1 зона	0,3136	0,3263	0,6399	4,7038
2 зона	0,2346	0,2351	0,4697	5,1096
3 зона	0,1585	0,2022	0,3607	4,7130

Таблица 4

Расчет зон площадей ЛРТ  
Краснооктябрьского административного района города Волгограда

Зоны	$\sum^{\text{гор}} S_{k(i,j)}$	$\sum^{\text{вер}} S_{k(i,j)}$	$\bar{h}$	$\bar{p}$
1 зона	0,1219	0,3316	0,4535	21,3451
2 зона	0,1171	0,2871	0,4042	10,4651
3 зона	0,0799	0,1765	0,2564	11,0374

Данная методика позволяет определить степень благотворного влияния ЛРТ на административные районы города и рассчитать баланс территории по трем зонам исследования. Определить процент населения, проживающего в зоне благотворного влияния ЛРТ. Результаты расчетов и исследований приведены в табл. 5 и 6.

Результаты, приведенные в табл. 5 показывают, что 69% территории Центрального административного района Волгограда находится в зоне благотворного влияния ЛРТ при условии, что степень этого влияние должна быть не менее 80–90%. В условиях благотворного влияния ЛРТ проживает 67% жителей района. Система рекреации Центрального района, расположена по территории не равномерно, и к тому же основная доля озеленения попадает на так называемый исторический центр города (рис. 4).

Результаты, приведенные в табл. 6 показывают, что 33% территории Краснооктябрьского административного района Волгограда находится в зоне благотворного влияния ЛРТ при условии, что это влияние должно быть не менее 80–90%. В условиях благотворного влияния ЛРТ проживают 36% жителей района. Анализ показывает, что данные объекты рекреации недоступны для 64% населения, при условии того, что ЛРТ административного района должна быть повседневной системой обслуживания для жителей. Система рекреации Краснооктябрьского района расположена по территории не равномерно, и к тому же основная доля озеленения попадает в границы первой продольной городской магистрали.

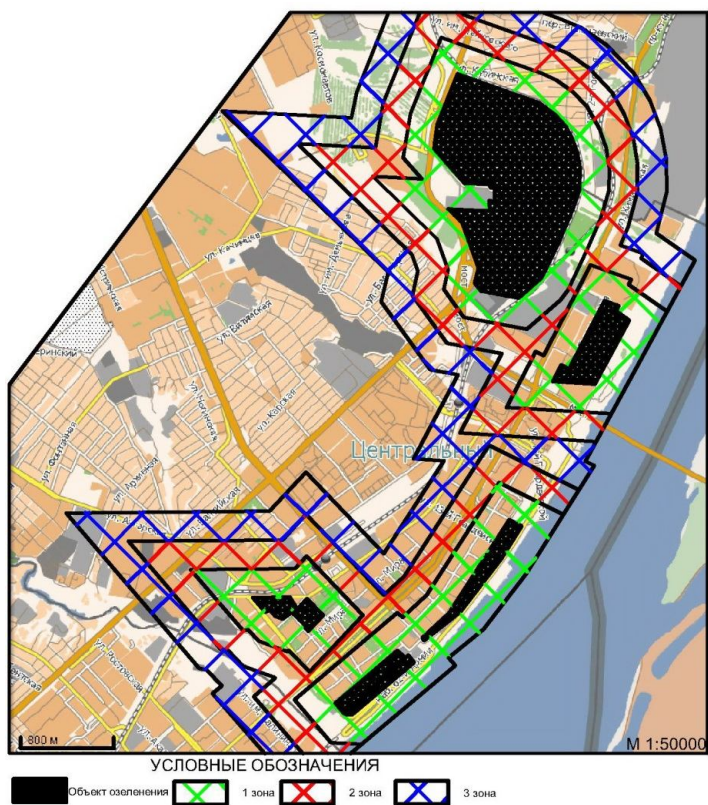


Рис. 3. Влияние ЛРТ Центрального административного района на систему «Города» Волгограда

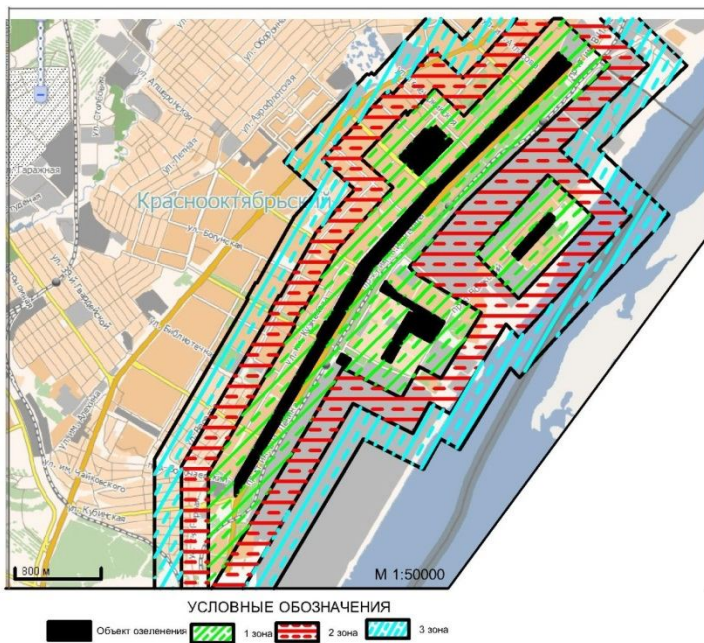


Рис. 4. Влияние ЛРТ Краснооктябрьского административного района на систему «Города» Волгограда

Таблица 5

Влияние ЛРТ на территорию Центрального административного района Волгограда (баланс территории по трем зонам)

Рекреационная территория	Площадь территории в зоне влияния рекреационной территории		Количество людей в зоне влияния рекреационной территории	
	км <sup>2</sup> /Sp-на в км <sup>2</sup>	% от 100 % Sp-на	Чел от Нжит. р-на	% от 100% Нжит. р-на
1 зона	3,01/11,20	27	22300/85553	26
2 зона	5,41/11,20	48	44350/85553	51
3 зона	7,11/11,2	69	57650/85553	67

Таблица 6

Влияние ЛРТ на территорию Краснооктябрьского административного района Волгограда (баланс территории по трем зонам)

Рекреационная территория	Площадь территории в зоне влияния рекреационной территории		Количество людей в зоне влияния рекреационной территории	
	км <sup>2</sup> /Sp-на в км <sup>2</sup>	% от 100 % Sp-на	Чел от Нжит. р-на	% от 100% Нжит. р-на
1 зона	4,39/34,20	13	25600/150659	17
2 зона	8,62/34,20	25	44000/150659	29
3 зона	11,45/34,20	33	54060/150659	36

При исследовании влияния ЛРТ Центрального и Краснооктябрьского административных районов города Волгограда по трем зонам (фактором) для расчета зоны воздухообмена выполнен расчет по выделению кислорода исследуемых объектов.

Результаты расчета приведены на рис. 5 и 6.

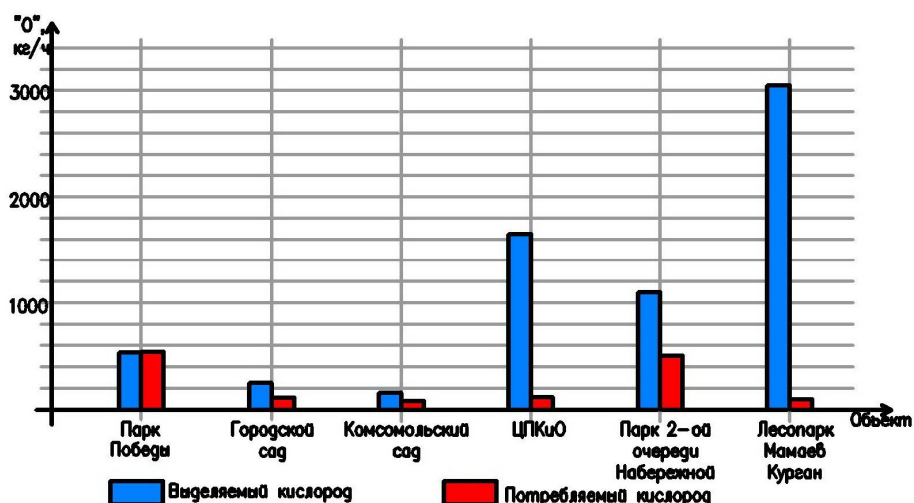
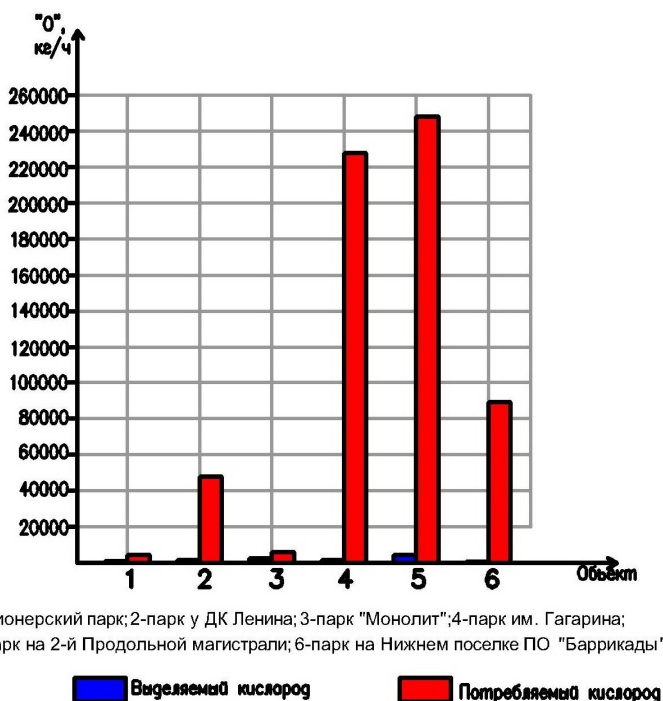


Рис. 5. Количество выделяемого и потребляемого кислорода объектами ЛРТ Центрального административного района города Волгограда



1-Пионерский парк; 2-парк у ДК Ленина; 3-парк "Монолит"; 4-парк им. Гагарина; 5-парк на 2-й Продольной магистрали; 6-парк на Нижнем поселке ПО "Баррикады".

Рис. 6. Количество выделяемого и потребляемого кислорода объектами ЛРТ Краснооктябрьского административного района города Волгограда

Результаты, расчета фотосинтеза ЛРТ Центрального административного района города Волгограда показал, что население потребляет 39% кислорода, производимого растительностью в результате фотосинтеза.

Результаты расчета фотосинтеза ЛРТ Краснооктябрьского административного района города Волгограда показал, что население потребляет 133% кислорода, производимого растительностью в результате фотосинтеза. В результате расчета выявлено, что производимого кислорода недостаточно и потребления кислорода населением района выше на 33%, чем его производит растительность рекреационной территории.

Расчет был приведен при условии, что вся система зеленых насаждений Центрального и Краснооктябрьского административных районов находится в надлежащих условиях, поэтому, этот расчет является моделью проецирования выделения кислорода ЛРТ в условиях городской среды.

*О.А. Растяпина<sup>(1)</sup>*

## **ОЦЕНКА ФАКТОРОВ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕГИОНА**

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет<sup>(1)</sup>

В настоящее время общество начинает осознавать важность и значимость вопроса состояния окружающей среды. Достаточно много внимания в сфере просвещения уделяется вопросу влияния человека на природу и природы на человека. В связи с этим возникают новые понятия «экодом», экопоселение. Все большее количество жителей городов задумывается об экологичности окружающей среды и формировании экологически безопасной обстановки и экологически благоприятной обстановки «вокруг» своего жилища.

Экологическая безопасность это состояние благоприятной экологической обстановки на рассматриваемой территории. Экологическая безопасность с градостроительной точки зрения, должна рассматриваться на локальном уровне. Возможно определение наноуровня — как формирование экологической безопасности в рамках отдельного дома, т.е. экодом.

Несмотря на кажущуюся идентичность понятий экологической безопасности и экологически благоприятной обстановки следует отметить, что понятие экологической безопасности шире и включает некую защищенность человека с точки зрения воздействия возможных негативных факторов. Помимо этого формирование экологической безопасности предполагает предотвращение и предупреждение негативных последствий. Оценить экологически благоприятную обстановку градостроительной территории можно проанализировав ряд факторов, сравнив их с ПДК, ПДУ и другими нормативными значениями. Оценка экологической безопасности предполагает сопоставление ряда факторов, характеризующих экологическую обстановку градостроительной территории, а также мониторинг для установленных факторов. Экологически благоприятная территория – это территория, на которой отсутствуют риски возникновения неблагоприятной экологической обстановки. Экологически безопасная территория - территория, на которой необходимо проведение ряда мероприятий по охране окружающей среды с целью предотвращения риска возникновения неблагоприятной экологической ситуации. И то и другое понятие должны составлять основу в определении градостроительной ценности территории, как существующей.

Вопрос формирования экологической безопасности актуален для всего мирового пространства, так как многие проблемы экологии носят глобальный характер. А следовательно решение этих проблем должны находить государства совместно. Соответственно, необходима методика оценки экологической безопасности, применяемая для различных территорий.

Центр экологической политики и права при Йельском университете измеряет достижения стран с точки зрения состояния экологии и управления природными ресурсами [1]. На основании этих измерений рассчитывается Индекс экологической эффективности — комбинированный показатель состояния экологии и эффективности управления природными ресурсами.

Индекс экологической эффективности рассчитывается с 2006 года и используется для расчета Индекса развития человеческого потенциала в рамках Программы развития Организации Объединенных Наций. Результаты исследования публикуются 1 раз в 2 года.

Индекс измеряет 22 показателя в 10 категориях, отражающих различные аспекты состояния окружающей природной среды и жизнеспособности ее экологических систем, сохранение биологического разнообразия, противодействие изменению клима-

та, состояние здоровья населения, практику экономической деятельности и степень ее нагрузки на окружающую среду, а также эффективность государственной политики в области экологии. Методика исследования разработана Центром экологической политики и права при Йельском университете совместно с группой независимых международных экспертов, наряду с аналитическими разработками учитываются и статистические данные национальных институтов и международных организаций.

При составлении рейтинга учитывается качество воды и воздуха, влияние окружающей среды на здоровья человека, эмиссия парниковых газов, площади лесов и прочее. Наиболее идеальное соотношение всех этих параметров наблюдается в Швейцарии, ведь именно эту страну составители рейтинга поставили на первое место. В 2014 году следом за ней идут: Люксембург, Австралия, Сингапур, Чехия, Германия, Испания, Австрия, Швеция и Норвегия. Весь рейтинг разделен на группы: страны с самыми высокими показателями 10 стран; страны с высоким показателем оценка от 77,75 — до 42,18 всего 36 стран; страны со средним уровнем оценка от 61,68 до 51,08 в этой категории 37 стран, Россия на 73 месте с оценкой 53,45; страны с низким показателем с оценкой 51,07 — 42,72 в этой категории 37 стран; и последняя категории страны с самым низким показателями с оценкой от 38,78 — 39, 41. Таким образом, можно отметить, что индекс экологической эффективности России не значительно превышает показатели группы стран с низкой оценкой.

Подобные исследования экологической обстановки проводятся и в нашем государстве, различными организациями с учетом различных показателей. В 2014 году Росстат проводил аналогичное исследование, в котором города предварительно были поделены на группы по численности населения [2]:

- с населением от 50 до 100 тыс. чел. 3 место — Минеральные Воды (выбросы — 5,3 тыс. тонн, стационарные источники — 24%); 2 место — Чапаевск (выбросы — 4,8 тыс. тонн, стационарные источники — 26,8%); 1 место — Сарапул (объем выбросов составляет 4,7 тыс. тонн, из них на стационарные источники приходится 17,5%).

- с населением от 100 до 250 тыс. чел. 3 место — Назрань (Ингушетия) (выбросы — 4,3 тыс. тонн, стационарные источники — 2,2%); 2 место — Каспийск (Дагестан) (выбросы — 3,9 тыс. тонн, стационарные источники — 2,1%); 1 место — Дербент (объем выбросов в год составляет 3,3 тыс. тонн, из них на стационарные источники приходится 13,8%).

- с населением от 250 тыс. до 1 млн. чел. 3 место — Грозный (выбросы — 21,9 тыс. тонн, стационарные источники — 49,7%); 2 место — Сочи (выбросы — 21,2 тыс. тонн, стационарные источники — 16,9%); 1 место — Таганрог выбросы — 18 тыс. тонн, стационарные источники — 38,8%).

Что касается городов миллионников, то они в полном составе вошли в число самых грязных городов России.

В 2013 году по этому рейтингу Волгоград на 20 месте: общее количество выбросов — 134,1 тыс. тонн (53,5 % — автомобили), единственным нюансом является то, что в рейтинге принимается во внимание общее количество токсичных выбросов, в то время как их вредные свойства между собой значительно могут различаться. Так же как и распространяться составляющие элементы загрязняющих веществ могут по разному в зависимости от скорости ветра, температурного и влажностного режима. Следовательно, необходимо введение единого универсального показателя, приводящего к одному измерению, вредному воздействию, токсических свойств и на основании этого показателя необходима разработка общего рейтинга. Этот показатель должен учитывать природно-климатические особенности территории, с точки зрения благоприятности распространения составляющих компонентов загрязняющих веществ.

Существует также оценка благоприятных городов проводимая Институтом территориального планирования «Урбаника» и Союзом архитекторов России. Эти организации составили рейтинг самых благоприятных для жизни городов России. В рейтинге принимали участие только 100 крупнейших городов России с населением не менее 170,6 тыс. человек. В создании рейтинга учитывались следующие показатели:

качество городской среды (обеспеченность жильём на человека, наличие современных форматов потребления, уровень загруженности городских дорог, уровень преступности, освещенность города, внешняя транспортная доступность, уровень городского благоустройства, степень благоприятности природных условий, уровень экологического загрязнения); стоимость жизни (возможность приобретения собственного жилья, возможность аренды однокомнатной квартиры, уровень расходов на потребление, уровень расходов на оплату ЖКХ, покупательская способность населения). Источниками данных для составления рейтинга послужили: официальные статистические данные, в том числе данные Росстата, данные крупных консалтинговых и риэлтерских агентств (показатели по жилищным показателям и по современным форматам потребления), данные научно-исследовательских институтов (показатели благоприятности климатических и экологических условий). Лидерами данного рейтинга являются Сургут, Тюмень, Краснодар с оценками 76, 61 и 60 баллов. Санкт-Петербург на 5-м месте получил 58 баллов, Москва на 9-м месте – 54 балла, Волгоград на 34 месте с оценкой 49 баллов.

Таким образом, очевидны вопросы актуальности разработки универсальной оценки экологической безопасности включающей как ряд социальных, так и чисто экологических показателей. Необходима разработка системы оценки, которая будет состоять из комплекса показателей определяющих экологическую безопасность территории (региона).

Все факторы, характеризующие экологическую безопасность территории с точки зрения экологии, носят антропогенный и природный характер. В качестве антропогенных источников воздействия на экологическую среду региона следует выделить предприятие, транспорт, человек. Все эти источники воздействуют на почву, воздух, воду, растительный и животный мир, недра и самого человека (точнее его здоровье). Основные факторы воздействия на человека: шум, вибрация, радиация, различного рода выделения и излучения из-за применяемых не экологичных материалов в строительстве и быту. Все факторы природного происхождения, входящие в экологическую сторону экологической безопасности, можно разделить на две группы локального и глобального масштаба. К факторам глобального масштаба относятся изменение климата, разрушение озонового слоя, кислотные дожди. И эти проблемы, как уже было отмечено должны решаться на уровне мировых сообществ. А на уровне региона должны решаться локальные проблемы природного характера, к которым относятся: увеличение смогов, стихийные бедствия, природные неблагоприятные процессы протекающие на территории конкретного региона, возникающие в результате деятельности человека ил под воздействием отдельных природных характеристик. К таким процессам можно отнести эрозию почв, овраги, оползни и т.п.

Для оценки экологических показателей необходим мониторинг всех указанных факторов, разработка мероприятий по снижению негативного воздействия. После проведенного наблюдения и определения всех указанных факторов возможна оценка экологической безопасности территории, основанная на учете всех изучаемых показателей с учетом их весовой значимости в общей оценке. При этом для правильного подсчета требуется изучить степень влияния всех факторов в зависимости от их негативного значения.

В качестве социальных факторов, определяющих экологическую безопасность территории, следует отметить, показатели, характеризующие качество городской среды, отмеченные институтом территориального планирования. Наиболее актуальны на взгляд автора: уровень загруженности городских дорог, внешняя транспортная доступность, уровень городского благоустройства. Учет анализа степени развитости транспортной инфраструктуры необходим, как показывают представленные статистические данные Росстата на долю автотранспорта приходится во всех городах, где проводились исследования более 50%.

Таким образом, разработка показателей и сведение их к единому универсальному значению при оценке экологической безопасности позволит определить наиболее благоприятные регионы и города с эколого-социальной точки зрения. Обратить особое внимание на неблагоприятные регионы и разработать комплекс мер улучшающих обстановку в регионе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. [Электронный ресурс]. Реим доступа: <http://www.education-medelle.com/articles/samie-ekologicheski-chistie-strani-mira-v-2014.html>.
2. [Электронный ресурс]. Реим доступа: <http://topmira.com/goroda-strany/item/113-samy-ekologicheski-chistye-goroda-rossii>.

О.П. Сидельникова<sup>(1)</sup>, Ю.Д. Козлов<sup>(1)</sup>

**РИСКИ РАДОНОВЫХ НАГРУЗОК В ЗДАНИЯХ**

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет<sup>(1)</sup>

Трудами отечественных и зарубежных специалистов доказано, что природные источники ионизирующего излучения вносят основной вклад в дозу облучения населения. В настоящее время признано, что эффективные дозы населения в помещениях могут быть весьма высокие и их можно уменьшить, а также избежать возникновения значительных доз при строительстве новых зданий путем вмешательства в сложившуюся практику строительства.

Объемная активность радона в жилых помещениях, среднемировое значение которой равно  $40 \text{ Бк/м}^3$ , по меньшей мере, в одном из ста помещений превышает уровень  $250 \text{ Бк/м}^3$ , соответствующий дозе  $6,3 \text{ мЗв/год}$  и контрольное значение ( $100 \text{ Бк/м}^3$ ) эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА) дочерних продуктов распада радона во вновь построенных зданиях жилого и социально-бытового назначения [1].

Объемная активность радона и его дочерних продуктов распада (ДПР) изменяется в течении года в одном помещении в десятки раз в зависимости от метеоусловий, вентиляционного режима и пр. На рис. 1 показаны источники и пути поступления радона в здание.

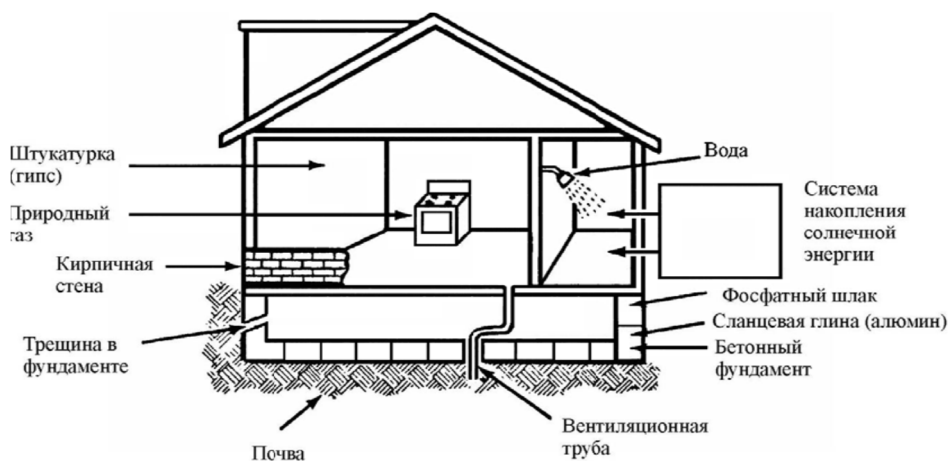


Рис. 1. Источники и пути поступления радона в здание



С радиологической точки зрения опасен не сам радон, а набор генетически связанных радионуклидов им порождаемый. Поэтому при исследовании дозовой обстановки в жилище особое внимание следует уделять оценке состояния равновесия между радоном и продуктами его распада [2]. На рис. 2 показана схема распада  $Ra^{226}$ .

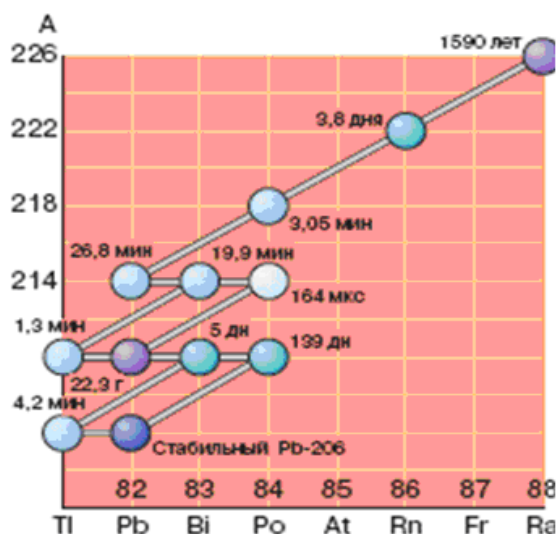


Рис. 2. Схема распада от радия до свинца семейства естественных радионуклидов. Интенсивность цвета определяет период полураспада нуклида

При оценках радонового риска всегда надо помнить, что вклад собственно радона в облучение относительно невелик. При радиоактивном равновесии между радоном и его ДПР этот вклад не превышает 2%. Поэтому доза облучения легких от ДПР радона определяется величиной эквивалентной равновесной активности радона:

$$A_{Rn\ экв} = A_{Rn} \cdot f_{Rn} = 0,1046A_{RaA} + 0,5161A_{RaB} + 0,3793A_{RaC},$$

где  $A_{Rn}$ ,  $A_{RaA}$ ,  $A_{RaB}$ ,  $A_{RaC}$  — объемные активности радона и его ДПР ( $RaA$ ,  $RaB$ ,  $RaC$  — обозначаются нуклиды  $Po^{218}$ ,  $Bi^{214}$ ,  $Pb^{214}$ )  $Bq/m^3$ , соответственно;  $f_{Rn}$  — коэффициент равновесия, который определяется как отношение эквивалентной равновесной объемной активности радона в воздухе к реальной объемной активности радона. На практике коэффициент равновесия  $f_{Rn} < 1$  ( $0,4 \div 0,5$ ).

Очень высокие значение ЭРОА радона, превышающие допустимый уровень в десятки и даже сотни раз зафиксированы в жилых помещениях ряда территорий с высокой интенсивностью выделения радона с поверхности земли. Средний для отдельных населенных пунктов риск смерти от радона достигает  $1 \cdot 10^{-3}$ , что выше риска смерти от любых других причин, за исключением курения и наиболее распространенных болезней [1].

Зависимость уровня радиационного риска от величины ЭРОА радона приведена в табл. 1.

Нормативу по ЭРОА радона для действующего жилья ( $200 Bq/m^3$ ) соответствует пожизненный риск примерно 6%. Если ЭРОА радона в жилище превышает  $500 Bq/m^3$ , то риск становится 15%, а необходимость выполнения мероприятий по снижению облучения вполне очевидной.

Риски рассчитаны по результатам ретроспективных эпидемиологических наблюдений за большими когортами подземных работников урановых и других рудников. Эти исследования проводились в разных странах, включая бывший СССР.

Дозы же от радона рассчитываются с использованием, так называемого «условного дозового перехода», когда от экспозиции (по ЭРОА радона), выраженной в Бк·ч/м<sup>3</sup>, переходят к эффективной дозе (мЗв) через коэффициент, рассчитанный путем сравнения рисков. Значения этого коэффициента равны  $12 \cdot 10^{-6}$  мЗв на 1 Бк·ч/м<sup>3</sup> для производственных условий и  $9 \cdot 10^{-6}$  мЗв на 1 Бк·ч/м<sup>3</sup> для жилищ.

Таблица 1

Дозы и риски, связанные с радоном

ЭРОА, Бк/м <sup>3</sup>	Норматив	Экспозиция		Доза, мЗв		Риск	
		час/год	лет	за год	Σ	за год	Σ
16 (фон)	—	7000	70	1	70	$7,3 \cdot 10^{-5}$	$0,5 \cdot 10^{-2}$
100	Строящееся жилье	7000	70	6,3	440	$4,6 \cdot 10^{-4}$	$3,2 \cdot 10^{-2}$
200	Действующее жилье	7000	70	12,6	880	$9,2 \cdot 10^{-4}$	$6,4 \cdot 10^{-2}$
310	Производство	2000	50	7,4	370	$4,1 \cdot 10^{-4}$	$2,1 \cdot 10^{-2}$
1200	Урановые рудники	1700	20	29*	580	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$3,2 \cdot 10^{-2}$
1200	Персонал группы А	1700	50	29*	1450	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$8,1 \cdot 10^{-2}$

\* расчет дозы выполнен, исходя из объема вдыхаемого воздуха 2400 м<sup>3</sup>/год

В России такой подход впервые применен еще при подготовке НРБ-69 и с тех пор, несмотря на существенные изменения номинальных значений коэффициентов риска на единицу дозы, норматив по радону практически не изменился. Общее время пребывания индивидуумов в жилищах за жизнь в 25 раз больше средней продолжительности работы горнорабочих под землей за стаж. Так что экспозиции по радону в неблагополучных жилищах и рудниках вполне сравнимы между собой. Кроме того, необходимо учитывать специфическую особенность биологического действия дочерних продуктов радона, состоящую в том, что значительная часть этих аэрозолей осаждается в верхних дыхательных путях и облучает небольшой по массе участок бронхиального эпителия. При этом сама доза облучения пропорциональна доле «свободных атомов» (ультратонко-дисперсной компоненты)  $\text{Po}^{218}$ , которая в воздухе жилищ примерно на порядок величины больше, чем в рудниках. Таким образом, полученные для шахтеров эпидемиологические зависимости «доза-эффект» вполне могут быть распространены на жителей, проживающих в радоноопасных регионах.

Оценка и анализ доз облучения населения от естественных радионуклидов является требованием ФЗ «О радиационной безопасности населения» [3]. В новых российских НРБ-99/2009 установлено, что средние за год содержания радона в помещениях (жилых и общественных зданий) не должны превышать 100 Бк/м<sup>3</sup> для проектируемых и строящихся новых зданий и 200 Бк/м<sup>3</sup> для существующих зданий. При превышении установленных нормативов должны быть применены защитные мероприятия.

Информация об уровнях и структуре доз облучения населения позволяет обоснованно подходить к планированию и осуществлению на разных этапах строительства мероприятий, направленных на снижение радоновых нагрузок [4].

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Павлов И.В., Гулабянц, Иванов С.И., Охрименко С.Е., Маренный А.М. Задачи и методы радиационного контроля при строительстве зданий // АНРИ. 2003. №3. — С. 2–12.
3. Уткин В.И. Радоновая проблема в экологии // Соровский образовательный журнал. Т. 6. №3. 2000. — С. 73–80.
4. Федеральный закон ФЗ «О радиационной безопасности населения». 09.01.96 г. №3-ФЗ.
5. Сидельникова О.П., Козлов Ю.Д. Защита населения от облучения радоном // Безопасность жизнедеятельности. 2002. №1. — С. 27–29.

*В.Ф. Сидоренко<sup>(1)</sup>, Ю.В. Артюхович<sup>(1)</sup>, В.А. Полосухин<sup>(1)</sup>*

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИМПЕРАТИВЫ РАЗВИТИЯ ВОЛГОГРАДА КАК СОЦИАЛЬНО ОРИЕНТИРОВАННОГО МЕГАПОЛИСА**

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет<sup>(1)</sup>

Волгоградским государственным архитектурно-строительным университетом совместно с Волгоградскими отделениями общероссийских общественных экологических организаций подготовлена **концепция развития города** как социально ориентированного мегаполиса. Данная концепция была одобрена и принята в виде резолюции на заседании «Круглого стола», прошедшего в ВолгАСУ 5 июня 2014 года с участием представителей органов государственной власти, местного самоуправления, научных и общественных организаций.

Концепция представлена в виде 6 взаимосвязанных разделов:

**I. Городская инфраструктура.** На заседании круглого стола отмечено, что развитие города должно идти по принципу: **«промышленность — для города»**. До настоящего времени основным направлением развития Волгограда остается принцип: «город — для промышленности». Все побережье Волгограда следует освободить от промышленных предприятий, которые должны быть перенесены в южную и северную промышленные зоны; от хозяйственных застроек, мусорных свалок и оврагов. На Побережье города должны развиваться жилая, парковая, оздоровительная и спортивная инфраструктура. Примером для архитектурного строительства могут стать здания-«паруса» Ворошиловского района, Центральная набережная и набережная Красноармейского района.

Во всех районах Волгограда следует улучшить внешний вид фасадов жилых, общественных и промышленных зданий. Студенты и преподаватели ВолгАСУ на конкурсной основе могли бы представить **инновационные эскизные проекты** зданий и улиц Волгограда.

**II. Освобождение от мусора.** Левый и правый берега Волги в районе Волгограда сегодня обезображены мусором. Причина «мусорной» беды Левобережья, как и для всей области в целом, заключается в отсутствии нормальной муниципальной инфраструктуры сбора и переработки отходов. На полигонах южного и северного промышленных узлов Волгограда, а также в Советском районе города и в пригороде Краснослободска необходимо установить **линии переработки** всех бытовых отходов и иловых площадок. Эту работу целесообразно проводить на основе современных технологий: пофракционной переработки ТБО и термохимической переработки биологических остатков и иловых площадок с получением синтез-газа, электроэнергии и строительных материалов (в том числе — материалов для строительства дорог).

Наше предложение состоит в 100% переработке всех отходов и **отказе** от дальнейшего роста полигонов для мусора. На выходе сортировочных линий должны стоять модули термохимической переработки биологического мусора и иловых площадок. Эти модули универсальны и предназначены для утилизации бытовых отходов, иловых осадков сточных вод, отработанных автомобильных шин, отходов деревообработки, нефтепереработки, сельскохозяйственных и медицинских отходов.

Таким образом, в течение года мы сможем избавиться от свалок **по всей области**. В качестве экспериментальных площадок комплексной переработки мусора мы предлагаем линии в пригородных зонах Волгограда, включающих южный и север-

ный промышленные узлы, Советский район и г. Краснослободск Среднеахтубинского района, а также – в Михайловский район. При этом, в каждом районе Волгограда предполагается создание экспериментальных площадок по разделному сбору бытовых отходов. Параллельно необходимо решать правовые и организационные вопросы, которые позволят сделать систему разделного сбора отходов экономически выгодной.

**III. Перевод промышленных предприятий с берега Волги и развитие альтернативной энергетики.** Центром развития системы санаторно-курортной инфраструктуры мегаполиса Волгограда должен быть правый берег, занятый городом. Его необходимо **освободить** от хозяйственных и промышленных застроек для строительства гостиниц и санаториев, инфраструктуры отдыха, оздоровления и туризма.

Одной из главных проблем южного промышленного узла остается опасность глубокого поражения экосистемы от воздействия химических отходов ОАО «Химпром», закрытых «саркофагом» в непосредственной близости от берега Волги (так называемое «белое море»). После переработки опасных химических отходов ОАО «Химпром» должен быть выведен с правого берега Волги и реорганизован в промышленной зоне на основе новых природоохранных технологий.

На заводах северного промышленного узла («Тракторный», «Баррикады», «Красный Октябрь»), учитывая их историческую значимость, следует провести полную реорганизацию с вводом природоохранных объектов и сокращением занимаемых площадей.

При реорганизации промышленной инфраструктуры особое внимание должно уделяться **альтернативной** энергетике. Необходима государственная и муниципальная поддержка внедрения солнечно-ветровой энергетики в городе и в области, как наиболее перспективном для этого природно-климатическом регионе.

#### **IV. Биологические очистные сооружения на правом берегу Волги.**

Предлагается **внедрение** очистных биологических сооружений в районах Волгограда на правом берегу Волги на основе **новых** технологий с поэтапным выводом очистных сооружений с острова Голодный. С целью оптимизации логистики канализационной системы предлагается организация компактных биологических сооружений вблизи канализационных насосных станций города.

#### **V. Парковая инфраструктура мегаполиса.**

Одним из основных показателей формирования экологически благоприятной обстановки территории служит уровень озеленения. В Волгограде проблема озеленения является одной из острых. На одного жителя города приходится в среднем 11,0 кв.м. зеленых насаждений при норме 25. Муниципальная целевая программа «Парки, скверы и улицы Волгограда» на 2006–2014 годы предусматривала реконструкцию зелёных насаждений Волгограда, но была закрыта из-за недофинансирования.

Следует отметить, что в Волгограде отсутствует единая информационная база данных о реальном количестве зеленых насаждений, их возрасте, породном составе. Работы по сохранению зеленых насаждений, озеленению города, реконструкции и благоустройству парковой зоны ведутся бессистемно и непоследовательно.

Назрела необходимость: разработать нормативно-правовую основу для развития парковой зоны Волгограда; создать единый реестр парков города; определить и уточнить право собственности на них; пересмотреть сроки межевания и инвентаризации объектов озеленения.

Парки культуры и отдыха, скверы, бульвары Волгограда следует размежевать, инвентаризировать и передать в постоянное пользование на баланс соответствующего муниципального учреждения.

С учетом климатических условий г. Волгограда, есть острая необходимость создания системы поливного водопровода и организации в зеленой зоне капельного орошения. Лицо города изменится, если на общегородском уровне будет применяться вертикальное озеленение на фасадах зданий, опорах электропередач, киосках и других объектах жилого и общего пользования. Это не потребует больших вложений, но необходим муниципальный проект, который также можно подготовить на уровне ВолгГАСУ.

Особое внимание следует уделить развитию парковой зоны **Левобережья**.

Очевидно, что в границы мегаполиса должен войти левый берег Волги, расположенный напротив города по всей его длине, включая г. Краснослободск. Пилотным проектом развития рекреационной инфраструктуры Левобережья является парк «Бакалда», переданный Сталинграду решением Совета Министра РСФСР в постоянное (бессрочное) пользование в 1950 году для развития рекреационной инфраструктуры города. Отметим также, что в настоящее время по инициативе экологических общественных организаций в честь 70-летия Победы создается парк культуры и отдыха «Сталинградская переправа». В перспективе парк «Сталинградская переправа» будет соединяться с парком «Бакалда», который, в свою очередь, предлагается расширить до выхода р. Куропатки в основной фарватер р. Волги.

Природной жемчужиной Волгограда является остров Сарпинский – уникальное место, где еще сохранились природа и дикие животные. Он должен стать городским заповедником.

Предполагается, что в будущем природные парки «Сталинградская переправа», «Бакалда» и «Сарпинский» будут представлять **единую рекреационную систему** курортного мегаполиса Волгограда.

**VI. Развитие туризма.** Нижне-Волжский регион является одним из наиболее перспективных зон Российской Федерации для развития туризма и экотуризма. Это принципиально новое направление экологической экономики Волгоградской области, которое позволит внедрить такие проекты, как «Перекресток цивилизаций», «Великое Междуречье» и др., и соответственно **увеличить** доходную составляющую областного и муниципальных бюджетов.

В этой связи необходимо провести **инвентаризацию всех исторических объектов** Волгограда с подготовкой паспортов для занесения в реестр культурного наследия соответствующего уровня.

На реализацию проекта не требуется больших бюджетных ассигнований. Источником софинансирования будут являться федеральные государственные программы и инвестиции к проведению чемпионата по футболу в 2018 году. При этом чемпионат по футболу в Волгограде является замечательным поводом для начала принципиально нового для города и области экотуризма и новых туристических проектов.

Главным условием участия инвестиционных проектов в программе является решение нормативных вопросов и организация **взаимодействия** органов государственной власти, местного самоуправления, социально ориентированных общественных организаций и бизнеса.

*В.Ф. Сидоренко<sup>(1)</sup>, В.Э. Петров<sup>(1)</sup>, Э.Ю. Петров<sup>(1)</sup>*

## **ЭКОДЕВЕЛОПМЕНТ КАК НОВЫЙ ТРЕНД ВНЕДРЕНИЯ ЭНЕРГО И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЖИЛЬЯ**

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет<sup>(1)</sup>

*Рассматриваются вопросы, связанные с современными тенденциями в экологическом проектировании и строительстве, освещаются основные виды энергоэффективного строительства.*

*Ключевые слова: Экология, строительство, ресурсосберегающие технологии, энергоэффективные здания, окружающая среда.*

Экодевелопмент как новый тренд внедрения энерго и ресурсосберегающих технологий в строительстве жилья.

Экодевелопмент — новая тенденция в строительстве, которая существует уже более 30-ти лет, но в России это явление становится распространенным только в наши дни.

Экодевелопмент — это комплекс мер по строительству зданий, использование которых обеспечивает минимальное воздействие на окружающую среду.

Мир озадачен экологической темой, с одной стороны естественные ресурсы истощаются, а с другой стороны экологическая ситуация ухудшается.

При этом особо следует отметить, что основной вред окружающей среде (более 50%) наносят строительство и эксплуатация зданий.

В экономически развитых странах экодевелопмент активно поддерживается государством, под экологическое строительство государство предоставляет безвозвратные субвенции, льготные кредиты с рассрочкой на 25–40 лет, широко финансируются программы строительства пассивных, энергоэффективных домов. Высока информированность и заинтересованность общества в области экологии и экологического строительства, существует подлинная мода на энергоэффективные технологии и проживание в экологически безопасной среде.

Экологический девелопмент в России в настоящее время развивается. В рамках международного форума PROEstate и московской строительной выставки «Мосбилд» созданы разделы экодевелопмента и зеленых технологий, организуются общественные премии и награды в области экодевелопмента, проводятся тематические семинары.

В России зарождается новый сегмент рыночной недвижимости — зеленое строительство или (ЭКД).

«Энергоэффективные здания» как новое направление в экспериментальном строительстве появились после мирового энергетического кризиса 1974 года. Они явились ответом на критику специалистов Международной энергетической конференции (МИРЭК) ООН о том, что построенные здания на тот момент обладали огромными резервами повышения их тепловой эффективности. В том же докладе специалистов МИРЭК была сформулирована главная идея экономии энергии: энергоресурсы могут быть использованы более эффективно путем применения мер, которые осуществимы технически, обоснованы экономически, а также приемлемы с экологической и социальной точек зрения, то есть вызывает минимум изменений привычного образа жизни.

Важно отметить, что уже 30 лет назад в первых пилотных энергоэффективных зданиях было предусмотрено использование тепла солнечной радиации и возможностей компьютерной техники для управления инженерным оборудованием. Первая тенденция продолжает успешно развиваться, в том числе даже в такой северной стране, как Финляндия, — например, в экспериментальном строительстве жилого района VIIKKI, Хельсинки, Финляндия, а вторая тенденция выросла в крупное направление в инженерии зданий, получившее название «Интеллектуальные здания» или «Умный дом».

С течением времени изменялся и расширялся объект изучения: эффективность использования энергии в зданиях. Если до начала 90-х годов, основной упор делался на экономии энергии, то уже в середине 90-х годов приоритет отдается повышению качества микроклимата и окружающей среды.

Это достигается применением комплекса мер по снижению затрат в строительстве, реконструкции и эксплуатации зданий.

Облегченные фундаменты, многослойные и эффективные конструкции стен и несущего каркаса зданий, использование инновационных систем инфраструктуры возводимых зданий и жилых комплексов — все вышеперечисленные мероприятия влекут за собой сокращение расхода материалов и энергозатрат, соответственно снижается давление на окружающую среду.

Использование материалов и систем жизнеобеспечения зданий (теплогазотурбинные станции, локальные очистные сооружения, с оборотным использованием очищенной воды, активные и пассивные солнечные коллекторы, земле-травяные кровли, системы тепловых насосов, системы рекупирации воздуха светодиодное освещение и т.д., но наибольший эффект достигается когда все мероприятия решаются в комплексной застройке, при этом следует учитывать, что проектные решения должны приниматься на основе ресурсосберегающего подхода, т.е. разработка паспорта энергоэффективности дома должна быть не формальным разделом проекта.

Отдельная тема экодевелопмента «зеленый город». Самодостаточный город, не загрязняющий и не эксплуатирующей окружающую среду. Он сам вырабатывает необходимую ему энергию из возобновляемых источников обеспечивает себя сельхозпродукцией с помощью вертикальных ферм (как в проекте всемирно известной проектной фирмы MVRDV для Китая). Примером такого идеального города и служит возводимый в пустыне Катара со среднегодовой температурой 35°C, по проекту сэра Нормана Фостера-Масдар-Сити.

В России огромные территории воспринимают как источник неисчерпаемых богатств, при условии, что городская застройка занимает менее 1% от общей территории России, нам кажется, что мы обладаем огромным ресурсом, которого хватит на десятки будущих поколений. Благодаря новым строительным технологиям, недвижимость строится все быстрее и быстрее. Поэтому мы пытаемся экстенсивным способом освоить свободные территории, которые потом не можем должным образом содержать.

В основе концепции экодевелопмента зданий лежит идея того, что качество окружающей нас среды оказывает непосредственное влияние на качество нашей жизни как дома, так и на рабочем месте или в местах общего пользования, составляющих основу наших городов.

Чрезвычайно важно — может быть, это самая главная идея для архитектуры и строительства XXI века — природа не пассивный фон нашей деятельности: в результате человеческой деятельности может быть создана новая природная среда, обладающая более высокими комфортными показателями для градостроительства и являющаяся в то же время энергетическим источником для систем климатизации зданий.

Любое упоминание о проектах энергоэффективного строительства еще не обходится без эпитета «уникальный» и «дорогой», но уже не кажется диковинкой. Пока действующая нормативно-законодательная база позволяет возводить жилье низких классов энергоэффективности.

По данным академика Бочарова Ю.П., в настоящее время 80% населения России проживают в домах низкого качества и с низким уровнем комфорта, большая часть населения страны (60%) остро нуждается в улучшении жилищных условий. Одним из основных путей преодоления данной негативной тенденции заключается в развитии массового малоэтажного экологически ориентированного строительства, т.к. малоэтажные дома более экономичны в строительстве и эксплуатации, экологически более безопасны по сравнению с многоэтажными. Это направление наиболее соответствует мировым тенденциям и требованиям к жилищу 21 века.

С тиражированием проектов энергодомов, улучшением законодательства и управленческой практики появится возможность создать новую нишу на рынке, как это произошло в Беларуси, где с 1 апреля 2013 года разрешено проектировать в рамках госпрограмм только энергодома.

С 2010 г. в рамках выполнения программ по переселению граждан из аварийного жилья Фонд содействия реформированию ЖКХ вместе с субъектами РФ профинансировали строительство 41 энергоэффективного дома в 28 регионах. В настоящее время строится и проектируется с участием фонда еще около 15–20 жилых домов с повышенной энергоэффективностью. Первый одноэтажный дом с классом энергоэффективности В+ на Юге России появился в Усть-Донецком районе Ростовской области в ноябре 2010 года. По итогам двух лет эксплуатации выяснилось, что потребление энергии снижено на 34% по сравнению с аналогичным объектом без энергоэффективной начинки. Энергодом задумывался как демоплощадка, которая даст представление о том, какие дома будут в будущем. Сумма проекта, оборудования и монтажа вылилась в более чем 3,24 млн. рублей (стоимость 1 кв.м – 45 тыс. рублей, или около 1 тыс. евро). В Волгоградской области дом с применением энергосберегающих систем в 2013 году был построен в г. Волжском.

Российский пример энеоэффективного строительства «Энергоэффективный дом в Подмосковье», построенный по проекту московских архитекторов «Активный дом» был построен в 2011 году в 20 километрах от Москвы на территории поселка «Западная долина». По степени инновационности этому зданию нет равных в России: оно опережает рынок на 20–30 лет. В то же время следует отметить, что название проекта не вполне корректно: дом не является в прямом смысле слова «активным» поскольку потребляет больше энергии, чем производит. Самый неоднозначный момент во всей этой истории – необычно высокие затраты на строительство. Себестоимость квадратного метра «Активного дома» даже без чистовой отделки превысила 4 тыс. долларов, что вряд ли может соответствовать всем международным требованиям.

Для строительства энергоэффективного здания изначально необходима совместная работа инженеров по отоплению, вентиляции и строительным конструкциям с архитектором (проектировщиком).

При проектировании мы должны тщательно подбирать технологии и оборудование — от этого зависит результат, цифры экономии. По многим позициям есть и российские аналоги, но практика показывает: не всегда заявленные характеристики реализуются на деле. Очень важно, чтобы системы и оборудование слаженно встраивались в общую систему, подключались к автоматике, ими управляющей, и корректно работали. И пока получается, что проще взять импортные составляющие: у них лучше взаимодополняемость в отличие от неплохих по отдельности, но сложно соединяемых отечественных.



Опыт эксплуатации энергодома в Барнауле показал несовершенство законодательной базы для энергоэффективных решений в зданиях. Например, автономный источник теплоснабжения (АИТ), построенный в доме, снабжает энергией только этих жильцов, а муниципальное теплоснабжающее предприятие, взявшее его на баланс, обязано выставлять счета за тепловую энергию по единому тарифу в городе, и он значительно выше, чем себестоимость энергии в АИТ. Даже солнечную энергию сейчас продают по единому городскому тарифу.

Говоря о критическом уровне энергозависимости, не дающем свободно дышать экономике и развиваться строительному рынку, европейские правительства все чаще обращаются к тем экологичности энергосбережения и устойчивого развития. Евро-союз уверенно движется в сторону «нулевого потребления энергии» в зданиях будущего.

Лучший способ создать устойчивую среду – сочетать традиции и инновации. Дизайнеры и строители должны научиться использовать в современных зданиях традиционные материалы. Если нет возможности использовать натуральные возобновляемые материалы, следует использовать переработанные, например, из кирпича делается щебенка, из леса – ДСП и т.д.

В исследовании известного теоретика и апологета устойчивой архитектуры Питера Буханана «Десять оттенков зеленого: архитектура и устойчивый мир» приводятся следующие примеры: наименее энергозатратным материалом является дерево, на производство которого уходит 640 киловатт-часов на тонну. Соответственно, наиболее зеленым материалом является дерево, срубленное в возобновляемых посадках. Самым близким к дереву по экономии вложенной энергии является кирпич, затраты на производство которого в четыре раза выше (4х), затем бетон (5х), пластик (6х), стекло (14х), сталь (24х), алюминий (126х). т.е. здание с большой долей алюминиевых компонентов едва ли может быть "зеленым" с точки зрения полной стоимости его жизненного цикла, независимого от того, насколько оно является энергосберегающим.

В настоящее время в России доля энергии получаемой от возобновляемых источников энергии составляет всего 1% от общего количества вырабатываемой энергии, тогда как в Дании она равна 44%.

В 2009г. правительством был принят закон об энергоэффективности, в 2010г. утверждена государственная программа «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности до 2020 года».

В настоящее время министерством энергетики РФ разработаны «Направления государственной политики в области развития возобновляемых источников энергии в России».

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Сидоренко В.Ф.* Теоретические и методологические основы экологического строительства. – Волгоград: ВолгГАСА, 2000. — 200 с.
2. *Нотенко С.Н., Райтман А.Г., Сокова Е.Я. и др.* Техническая эксплуатация жилых зданий : учебник для строительных вузов / под ред. А.М. Стражникава. – М.: Высш. шк., 2000. — 429 с.
3. *Адамчевска-Вейхерт Х.* Формирование жилых комплексов / пер. с пол. В.В. Рыбицкого; под ред. В.А. Коссаковского. – М.: Стройиздат, 1988. — 303 с.
4. *Belogolovsky V.* Green House. – Tatlin. — 20 с.
5. *Рябушин А.В.* Развитие жилой среды. Проблемы, закономерности, тенденции – М.: Стройиздат, 1976. — 381 с.
6. *Гиясов А.* Использование солнечной энергии для организации микроклиматической среды в жилых образованиях городов с жарко- штилевым профилем климата. Обзорная информация // под ред. О.М. Яворской. – М.: ВНИИТАГ, 1990. — 28 с.

*П.Э. Соколов<sup>(1)</sup>, И.В. Стефаненко<sup>(2)</sup>*

## **РОЛЬ ВРЕМЕННОГО ФАКТОРА В ФОРМИРОВАНИИ РАДИАЦИОННОГО ФОНА ЗДАНИЙ**

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет<sup>(1)</sup>  
Правительство Волгоградской области<sup>(2)</sup>

Человек, постигая законы природы, научился определять и дифференцировать целый ряд вредных факторов по их характеру и степени воздействия на различные системы организма, а также разработал и продолжает разрабатывать комплексы защитных и профилактических мероприятий, либо исключающих, либо ослабляющих эти воздействия.

При разработке защитных мероприятий важно знать тот минимальный уровень воздействия, который не принесёт вреда данному индивидууму, популяции в целом. Поэтому усилия учёных направлены не только на изучение механизма действия различных вредных факторов на живой организм, но и научное обоснование тех предельно допустимых уровней воздействия, которые не окажут неблагоприятного эффекта.

Вскоре после открытия рентгеновских лучей и явления радиоактивности было установлено, что радиация не безразлична для человека и при определённых условиях вызывает серьёзные необратимые процессы в организме, приводящие к летальному исходу. Естественно, эти факты привлекли внимание учёных в плане раскрытия механизма действия нового вредного фактора воздействия, установления закономерностей воздействия ионизирующих излучений на живой организм и определения допустимых лучевых нагрузок.

Учитывая недостаточность знаний в области воздействия малых доз радиации, Научный комитет ООН и Международная комиссия по радиационной защите (МКРЗ) рекомендуют экстраполировать данные об отдалённых последствиях, обусловленных большими дозами, в области малых доз, предполагая линейную зависимость между дозой облучения и биологическим эффектом [1].

Предположение о наличии линейной зависимости «доза-эффект» в области малых уровней облучения приводит к выводу о беспороговом действии радиации, т.е. об отсутствии безвредных доз облучения, в том числе и обусловленных естественным фоном. Кроме того, при такой экстраполяции не учитывается зависимость радиационного эффекта от темпа облучения.

Одинаковый механизм взаимодействия с веществом ионизирующих излучений различной природы, будь то рентгеновское и  $\gamma$ -излучение,  $\beta$ - и  $\alpha$ -частицы, позволяют утверждать, что эффекты облучения будут сопоставимыми, при этом не имеет значения расположение источника: внутри организма в виде поступивших туда радиоактивных веществ или вне организма. Главное, чтобы поглощённая энергия излучения в тканях была одинаковой не только за весь период воздействия, но и в каждый отрезок времени. Это значит, что не только суммарная доза, но и мощность дозы излучения должна быть одинаковой [2]. Следовательно, фактор времени является определяющим величины мощности дозы, в помещениях создаваемой строительными материалами.

Естественные радионуклиды, содержащиеся в строительных материалах и конструкциях, используемых для возведения зданий и сооружений, создают поле  $\gamma$ -

излучения в помещении. Соотношение между мощностью дозы в помещениях и удельной активностью радионуклидов в строительных материалах зависит от ряда факторов: спектра  $\gamma$ -излучения этих радионуклидов, размеров и формы помещения, толщины стен и перекрытий и т.д.[3].

Радиоактивность строительных материалов обусловлена природными долгоживущими радиоактивными семействами урана-238 ( $^{238}\text{U}$ ), тория-232 ( $^{232}\text{Th}$ ), а также калием-40 ( $^{40}\text{K}$ ). Они присутствуют во всех горных породах [4, 5], которые используются в качестве сырьевых строительных материалов. Следует подчеркнуть, что радиоактивность горных пород рассматривается как источник природного радиационного фона лишь до того, как её использовал человек. Как только минеральное сырьё извлечено из недр и пущено, в какую либо технологию (изготовления строительных материалов, сооружение жилья и т.д.), природный источник радиации превращается в антропогенный. Это означает, что как наличие самого источника, так и уровни вызванного им облучения зависят от деятельности человека и, в частности, от выбранной им технологии. Поэтому очевидна необходимость тщательного контроля, как за радиоактивностью строительного сырья, материалов, так и за технологией их использования.

Естественные радиоактивные ряды имеют между собой большое сходство. Конечными стабильными продуктами в семействах урана, тория и актиноурана являются изотопы свинца. В средней части каждого из рядов находится один изотоп радона. Изотопы радона делят ряды на специфические части. Начальные отрезки содержат наиболее долгоживущие члены рядов - изотопы элементов, расположенных в периодической системе после радона (Fr, Ra, Ac, Th, Pa, U). Конечные отрезки всех трёх семейств сходны даже по внешней конфигурации. В них находятся наиболее короткоживущие продукты — изотопы свинца, висмута, полония, таллия и астата. Самый долгоживущий продукт распада урана — радий  $^{226}\text{Ra}$ . Его период полураспада равен 1600 лет. Основной вклад в мощность дозы  $\gamma$ -излучения, обусловленной радионуклидами уранового семейства создают дочерние продукты распада  $^{222}\text{Rn}$  ( $^{214}\text{Pb}$ ,  $^{214}\text{Bi}$ ,  $^{210}\text{Po}$  и  $^{210}\text{Pb}$ ). Они находятся в радиоактивном равновесии с  $^{222}\text{Rn}$ , если эманирование материала мало. Вклад предшественников  $^{226}\text{Ra}$  в мощность дозы, создаваемую равновесным урановым семейством составляет около 2%. Поэтому сдвиг радиоактивного равновесия между ураном и радием не может значительно изменить мощности дозы, если она определена по удельной активности  $^{226}\text{Ra}$ .

В природных строительных материалах нарушение радиоактивного равновесия в урановом семействе встречается редко. Однако оно может иметь место в материалах, прошедших переработку и используемых для производства строительных материалов и конструкций. В частности нарушение радиоактивного равновесия наблюдается при производстве строительных материалов с использованием тепловой обработки.

Так, накопленный нами к настоящему времени большой экспериментальный материал, а также данные, полученные при натурных измерениях проб строительных материалов показывают, что при тепловой обработке и обжиге строительных материалов происходит изменение удельных активностей ряда естественных радионуклидов в материале.

В процессе тепловой обработки и обжига сырьевые строительные материалы претерпевают ряд последовательных физико-химических превращений, результатом которых является получение строительного материала с заданными свойствами.

С целью выявления закономерностей, определяющих изменение коэффициента эманирования под воздействием тепловой обработки, проводилось измерение радиационных характеристик ряда видов строительного сырья.

В процессе обжига (тепловой обработки) происходит изменение массы материала, коэффициента эманирования радона и эффективной удельной активности радия. Это объясняется тем, что обжиг при таких температурах приводит к разрушению первоначальной кристаллической решётки, появлению жидкой стеклофазы обжигаемого материала и перекристаллизации её в новообразования. Как следствие этого, происходит «герметизация» радия в новых агрегатах. Образование оплавленной поверхности препятствует выделению эманаций в поры материала и уменьшает коэффициент эманирования и эффективную удельную активность радия, т.е. в материале происходит перераспределение атомов  $^{222}\text{Rn}$  и  $^{226}\text{Ra}$ . Значительная часть  $^{222}\text{Rn}$  удаляется из материалов совместно с отходящими газами. Уменьшение концентрации  $^{222}\text{Rn}$  и  $^{226}\text{Ra}$  приводит к сдвигу радиоактивного равновесия между двумя частями ряда урана:  $^{238}\text{U}$  -  $^{226}\text{Ra}$  и  $^{222}\text{Rn}$  -  $^{206}\text{Pb}$ . Следствием этого является нарушение радиоактивного равновесия между  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{222}\text{Rn}$ , а также продуктами распада радона и существенное изменение изотопного состава природных радионуклидов.

Мощность дозы  $\gamma$ -излучения для излучений различных естественных радионуклидов близки между собой [6]. Более того, если их заменить функцией для монохроматического излучения с энергией 1 МэВ, то погрешность такой замены не превысит 5% расчётной мощности дозы. Вместе с тем это существенно облегчает процедуру расчётов.

Мощность дозы в современных каменных зданиях составляет [3]:

$$D_{\text{пом}} = 0,79 \cdot A_{\text{эф}},$$

где  $A_{\text{эф}}$  — эффективная удельная активность естественных радионуклидов, Бк/кг.

Коэффициент перехода от поглощённой в воздухе дозы к эффективной эквивалентной дозе равен 0,72 Зв/Гр [7]. Оценить годовую эффективную эквивалентную дозу  $\gamma$ -излучения (мкЗв/год) для людей, проживающих в современных каменных зданиях можно по формуле:

$$H_{\text{пом}} = 4,74 \cdot A_{\text{эф}}.$$

Радон быстро претерпевает последующие радиоактивные превращения вплоть до  $^{210}\text{Pb}$  ( $T_{1/2} = 22$  года). Согласно закону радиоактивного распада половинное количество  $^{210}\text{Pb}$  и  $^{210}\text{Po}$  образуется из  $^{222}\text{Rn}$  только к исходу 22 лет. Как указывалось выше, в спектрах излучения дочерних продуктов радона имеется составляющая жёсткого  $\gamma$ -излучения. Равновесие содержания с  $^{222}\text{Rn}$  этих радиоизотопов может установиться только приблизительно за 140 лет. Поэтому вклад в суммарный радиационный фон строений будет экспоненциально возрастать в течение 140 лет.

Зависимость годовой эффективной эквивалентной дозы  $\gamma$ -излучения от времени можно учесть, введя в выражение (2) дополнительное слагаемое учитывающее изменение активностей дочерних продуктов радона. С учётом фактора времени и согласно закону радиоактивного распада выражение для расчёта годовой эффективной эквивалентной дозы  $\gamma$ -излучения примет вид:

$$H_{\text{пом}} = 4,74 \cdot A_{\text{эф}} + A_{\text{Rn}} \cdot (1 - e^{-\lambda t}),$$

где  $A_{\text{Rn}}$  — удельная активность радона, Бк/кг.

Т.е. доза  $\gamma$ -излучения в помещениях определяется в основном эффективной удельной активностью естественных радионуклидов и удельной активностью дочерних продуктов распада радона в используемых строительных материалах.

Необходимо отметить, что концентрации элементов составляющих радиоактивный ряд урана-238 и отношение между ними в строительных материалах существенно отличается от соответствующих величин в горных породах. Расчёты показывают, что наступление полного радиоактивного равновесия в строительном материале возможно лишь через 10 периодов полураспада  $^{226}\text{Ra}$ . Необходимость постоянного контроля мощности дозы в помещениях, зданиях и сооружениях продиктована ростом удельной активности радиоактивных изотопов ряда урана-238.

Предотвращение повышенного облучения населения во вновь строящихся зданиях, обусловленного увеличением дозы  $\gamma$ -излучения естественных радионуклидов, содержащихся в строительных материалах во времени, должно обеспечиваться нормированием этих показателей. Поэтому разработка теории и практики таких оценок вообще и применительно к данной задаче представляется весьма актуальной. Решение этих вопросов возможно только на основе анализа результатов ширококомасштабных исследований мощности дозы  $\gamma$ -излучения в существующих зданиях.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Doffin G.W., Marley W.G.* Risk evaluation of the public on the event of accident at nuclear installations. Radiological protection Harwell, Didcot, Bereshire, 1969; Доклад Научного комитета ООН по действию атомной радиации (1962 г.).
2. *Булдаков Л.А.* Радиоактивные вещества и человек. – М.: Энергоатомиздат, 1990. — 160 с.
3. *Крисюк Э.М.* Радиационный фон помещений. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 120 с.
4. *Рыбьева Т.Н.* Природные минералы и породы, применяемые в строительстве. – М.: Высшая школа, 1963. — 125 с.
5. *Перцов Л.А.* Природная радиоактивность биосферы. – М.: Атомиздат, 1964. — 144 с.
6. *Карпов В.И., Крисюк Э.М.* Фотонное излучение естественных радионуклидов: Препринт НКРЗ-79-44. – М.: Атомиздат, 1979. — 148 с.
7. *Krisiuk E.M.* Airborn radioactivity in buildings // Health. Phys. 1980. Vol. 38. — P. 199–202.

*С.Е. Стеценко<sup>(1)</sup>, В.Ф. Сидоренко<sup>(1)</sup>*

### ИССЛЕДОВАНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ФАСАДНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет<sup>(1)</sup>

Согласно ГОСТ 2789-73\* [1], все поверхности любой детали, независимо от способа их получения, имеют макро- и микронеровности в виде выступов и впадин. Эти неровности, формирующие рельеф поверхности и определяющие ее качество, называют шероховатостью поверхности.

Исследование поверхностей опытных образцов различной штукатурки с помощью светового стереомикроскопа показало присутствие на поверхности двух типов неровностей: макронеровностей, формирующих рельеф поверхности и представляющие собой борозды, выемки и возвышения и микронеровности, определяющие шероховатость поверхностного слоя макронеровностей (рис. 1).

Для определения характера шероховатости поверхности в практике используется высокочувствительный измерительный прибор профилограф — профилометр.

Определение шероховатости производится посредством записи в увеличенном масштабе электротермическим способом на электротермической бумаге в прямоугольных координатах профиля микронеровностей поверхностей и показаний стрелочного прибора параметра  $R_a$  (среднего арифметического отклонения микронеровностей от средней линии профиля).

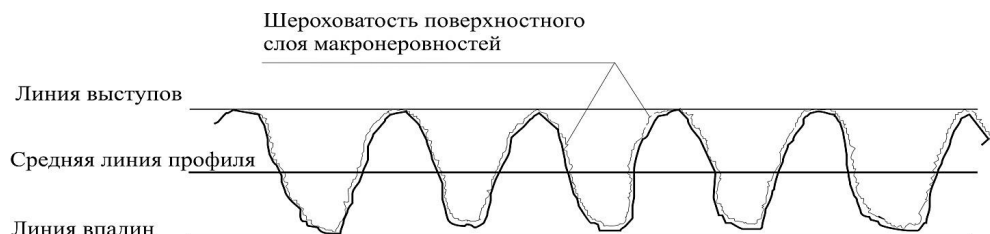


Рис. 1. Поверхность опытных плиток-образцов, сформированная макро- и микронеровностями

Однако большей частью, данный прибор используется для определения шероховатости поверхностей металлических деталей, а также других всевозможных покрытий, но с обязательным условием отсутствия повреждений на их поверхности. Должны отсутствовать заметные невооруженным глазом трещины, сколы, раковины, пористость, царапины [1, 2], борозды, глубокие впадины или значительные возвышения.

Экспериментальные образцы фасадных поверхностей имеют макронеровности рельефа, видимые невооруженным глазом. Наличие рельефности поверхности опытных плиток-образцов фасадных строительных материалов исключают возможность использования прибора профилографа-профилометра для определения шероховатости поверхностного слоя неровностей.

Поверхность традиционных строительных материалов, представляет собой поверхность цельную (бетон) или расчлененную (кирпич), с помощью горизонтальных и вертикальных кладочных швов. В свою очередь собственно фактура кирпича представляет собой гладкую поверхность. Как показал анализ нормативной документации подготовленная бетонная поверхность, рассматриваемая в рамках данной работы в качестве традиционного фасадного строительного материала, в зависимости от вида защитного покрытия должна соответствовать требованиям СНиПа 3.04.03-85 [3].

Таблица 1

Качественная характеристика бетонной поверхности, в зависимости от защитного покрытия [3]

Показатели	Значения показателей качества поверхности, подготовленной под защитные покрытия			
	лакокрасочные	мастичные, шпатлевочные и наливные на основе синтетических смол	оклеечные	Футеровочные и облицовочные
Шероховатость: класс шероховатости	3-III	2-III	3-III	Устанавливается в зависимости от свойств подслоя покрытия

Согласно табл. 1, шероховатость бетонной поверхности соответствует 2 и 3 классу шероховатости. Пределы чувствительности прибора профилографа-профилометра находятся в диапазоне с 5 по 12 класс, что соответствует согласно ГОСТ 2789-73\* высоте выступов и впадин микронеровностей поверхности в пределах от 0,08 до 500 мкм и более [1]. Это означает, что определение шероховатости поверхностного слоя не может быть выполнено с помощью прибора профилографа-профилометра не только для экспериментальных, но и для традиционных фасадных отделочных материалов.

С помощью установленного класса шероховатости бетонной поверхности можно определить расстояние между выступами микронеровностей поверхностного слоя, табл. 2.

Таблица 2

Класс шероховатости бетонной поверхности [3]

Класс шероховатости	Расстояние между выступами и впадинами, мм	Класс шероховатости	Расстояние между выступами и впадинами, мм
1-III	2,5–5,0	3-III	0,6–1,2
2-III	1,2–2,5	4-III	0,3–0,6

Следовательно, чем меньше расстояние между выступающими микронеровностями поверхности, тем более тонкую она имеет шероховатость поверхностного слоя, и наоборот.

Практический и теоретический анализ, проведенный авторами, показал, что для описания свойств поверхностей экспериментальных образцов и традиционных фасадных материалов необходимо несколько параметров, характеризующих фактуру поверхностей и позволяющих производить их оценку визуально или с помощью светового стереомикроскопа.

При отборе образцов, участвующих в эксперименте, определились три основных типа поверхностей с различной шероховатостью поверхностного слоя: грубой, тонкой шероховатостью и обтекаемой поверхностью. Шероховатость поверхностного слоя (микронеровности) назначается грубой шероховатостью, если расстояние между выступами и впадинами более 0,3 мм (4 класс шероховатости). Тонкая шероховатость поверхностного слоя характеризуется в свою очередь расстоянием между выступами и впадинами менее 0,3 мм (5 и более классы шероховатости). Обтекаемая поверхность поверхностного слоя характеризуется отсутствием выступов и впадин, т.е. гладкой поверхностью. Кроме того, часть моделей имеет выраженную рельефность поверхности, сформированную горизонтальными, вертикальными или произвольными бороздами, выступами и впадинами, равномерно распределенными по всей поверхности плитки-образца. Глубина макронеровностей равна или больше величины показателя зернистости, т.е. крупности песка, используемого при производстве штукатурки. Результатом визуального исследования поверхностей моделей и с помощью светового стереомикроскопа стала сводная табл. 3.

Исследование поверхностей традиционных фасадных строительных материалов проведенное автором, показало наличие двух типов шероховатостей поверхностного слоя материалов — кирпича силикатного и керамического; фрагментов бетонной и оштукатуренной поверхностей. Сводная табл. 4 показывает качественные характеристики фактуры материалов.

На основании результатов, полученных авторами экспериментальным путем, определены следующие аналогии между фактурой поверхности экспериментальных образцов штукатурки и традиционных фасадных материалов, табл. 5. Для определения соответствия характеристик фактуры поверхностей фасадных материалов учитывается наличие хотя бы одного из признаков – рельефности и показателя шероховатости поверхностного слоя.

Таблица 3

Характеристики поверхностей новейших фасадных материалов, участвующих в эксперименте (штукатурка ИСПО, Германия)

Зернистость	Макронеровность – рельефность поверхности	Шероховатость поверхностного слоя (микронеровности)
<b>«ИСПОЛИТ 1,5» (А)</b>		
1,5 мм	Рельефность поверхности формируется за счет выемок произвольного характера.	Тонкая шероховатость
<b>«Испо Багар» (В)</b>		
0–1,0 мм	Рельефность отсутствует, поверхность не имеет выраженных выступов и впадин, отсутствуют борозды.	Тонкая шероховатость
<b>«Испо Силкорилл» (С)</b>		
2,0 мм	Рельефность присутствует, формируется за счет горизонтальных борозд.	Грубая шероховатость
<b>«Испо Силколит» (D)</b>		
2,5 мм	Рельефность отсутствует. Величина выступов не превышает значения зернистости.	Тонкая шероховатость
<b>«Испо Питролит» (Е)</b>		
2,0 мм	Рельефность формируется за счет борозд произвольного характера.	Грубая шероховатость
<b>«Испо Тиролер Ляйтпупц» (F)</b>		
1,0 мм	Рельефность отсутствует, поверхность характеризуется отдельными произвольными выступами меньше показателя зернистости.	Обтекаемая поверхность
<b>«Испо СП 2 Ляйтпупц» (G)</b>		
1,5 мм	Рельефность отсутствует, поверхность характеризуется равномерными колебаниями поверхности относительно средней линии профиля, не превышающими показателя зернистости.	Обтекаемая поверхность
<b>«Испо Ляйтпупц Р» (H)</b>		
0–2,0 мм	Рельефность присутствует и формируется за счет борозд горизонтального направления.	Обтекаемая поверхность
<b>«Испо Ляйтпупц К» (J)</b>		
0–3,0 мм	Рельефность отсутствует. Поверхность имеет редкие выступы, не превышающие значения зернистости.	Обтекаемая поверхность
<b>«Исполит эйр» (K)</b>		
0–2,5 мм	Рельефность формируется за счет выступов и впадин.	Тонкая шероховатость



Таблица 4

Характеристики поверхностей традиционных фасадных строительных материалов

Зернистость	Макронеровность– рельефность поверхности	Шероховатость поверхностного слоя
<b>Кирпич силикатный</b>		
0,2 – 2,0 мм [4]	Рельефность поверхности кирпичной кладки формируется за счет кладочных швов – борозд, имеющих горизонтальное и вертикальное направления.	Грубая шероховатость
<b>Кирпич керамический</b>		
0,16 – 5,0 мм [5]	Рельефность формируется аналогично поверхности из силикатного кирпича. Поверхность собственно кирпича может быть гладкой; рельефной; офактуренной [5].	Тонкая шероховатость
<b>Бетонная поверхность</b>		
не более 5,0 мм [6]	Рельефность отсутствует.	Тонкая шероховатость
<b>Оштукатуренная поверхность</b>		
не более 1,25 мм [6, 4]	Рельефность поверхности зависит от необходимости придания поверхности декоративных свойств, с помощью специальных роликов. Тогда рельефность поверхности может иметь произвольный характер.	Грубая шероховатость

Таблица 5

Соответствие характеристик фактуры поверхностей опытных образцов и традиционных фасадных материалов

Опытные плитки – образцы штукатурки	Традиционные фасадные материалы
С, Е, Н	Кирпич силикатный
В, D, F, G, Н, J, К	Кирпич керамический
В, D, F, G, J	Бетонная поверхность
А, D, Е, F, G, J, К	Оштукатуренная поверхность

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 2789-73\*. Шероховатость поверхности.
2. ГОСТ 9378-93. Образцы шероховатости поверхности (сравнения).
3. СНиП 3.04.03-85. Защита строительных конструкций сооружений от коррозии.
4. *Нацневский Ю.Д., Хоменко В.П., Беглецов В.В.* Справочник по строительным материалам и изделиям: Цемент. Заполнители. Бетон. Силикаты. Гипс – К.: Будивэльник, 1989. — 136 с.
5. ГОСТ 7484-78. Кирпич и камни керамические лицевые. Технические условия.
6. Попов К.Н., Каддо М.Б. Строительные материалы и изделия : учебник. – М.: Высш. шк., 2002. — 367 с.

*П.В. Чиков<sup>(1)</sup>*

## **МЕТОДЫ РАЗМЕЩЕНИЯ ОБЪЕКТОВ СПОРТИВНО-ОЗДОРОВИТЕЛЬНОЙ ТЕМАТИКИ НА ПРИМЕРЕ Г. ВОЛГОГРАДА**

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет<sup>(1)</sup>

*Приведены методы, посвященные расчетам оценки экологической эффективности расположения спортивно-оздоровительных комплексов в социально ориентированной среде г. Волгограда.*

*Ключевые слова: спортивно-оздоровительные комплексы, интегральная оценка, экологическая безопасность.*

Модернизация России, ее экономики, общества, всей социально-экономической инфраструктуры является сегодня критически важной задачей. Общему интенсивному развитию, улучшению благосостояния населения, повышение конкурентоспособности на международной арене способствует один из критериев, это оздоровлении нации с помощью спортивно оздоровительных объектов.

Один из городов-миллионников РФ является социально-ориентированный мегаполис Волгоград. Территории которого нуждаются в комплексном переустройстве и возведению СОКов . Некоторые промышленные территории города особенно первой градостроительной линии (прибрежная территории) по разным причинам высвобождаются. Экономическая нагрузка которых может перейти на СОКи (такие как рабочие места, индустрия развлечений) и улучшить экологическую обстановку.

Все виды спорта, получившие широкое распространение в мире, можно классифицировать по особенностям предмета состязаний и характеру двигательной активности на шесть групп (Л. П. Матвеев): самой важной считается 1-я группа — для которых характерна активная двигательная деятельность спортсменов с предельным проявлением физических и психических качеств. Спортивные достижения в этих видах спорта зависят от собственных двигательных возможностей спортсмена. К данной группе относится большинство видов спорта.

В связи с этим на организм человека влияет огромное число факторов внешней среды. Стала задача создать технологию размещения объектов спортивно-оздоровительной тематики на базе местных природных ресурсов. Необходимость научного обоснования использования этого вида для спорта, включает градостроительное планирование развития регионов и обуславливает актуальность настоящего исследования.

При выборе участка урбанизированной местности отсутствует связь, структура объекта с оценкой выбранной территории. Сложность процесса анализа состоит в том что структура объекта СОК имеет классификацию по типам, видам и группам, на рис. 1, 2.

Наиболее важным является принцип определения места расположения, на рис. 3.

Интегральная оценка экологической безопасности территории для размещения СОК при исследовании выбросов промышленности необходимо принимать во внимание только основные предприятия города, а для определения ареала распростра-

нения загрязняющих веществ будет использована методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий (ОНД-86) на основе, которой разработана программа «Эколог 3.0» в дальнейшем дифференцировать 16 румбами и графически наложить с картой загазованности автотранспортом с концентрациями на краю проезжей части.

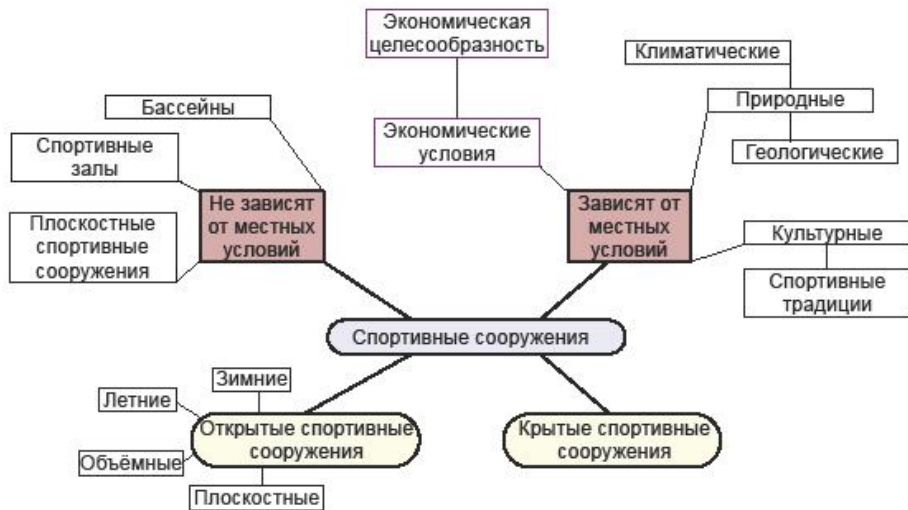


Рис. 1. Виды и группы спортивных сооружений

**Различие спортивных сооружений по основному назначению**

- учебно-тренировочные;
- демонстрационно-спортивные сооружения, предназначенные в основном для соревнований;
- физкультурно-оздоровительные;
- детские спортивные сооружения;
- специализированные спортивные сооружения, обслуживающие инвалидов и другие маломобильные группы населения.

**Типы крытых спортивных сооружений**

- спортивные залы без зрительских мест и спортивные корпуса;
  - дворцы спорта;
  - крытые стадионы;
- крытые теннисные корты;
  - манежи;
- крытые бассейны;
  - катки;
  - тиры.

Рис. 2. Типология и различие по основному назначению спортивных сооружений

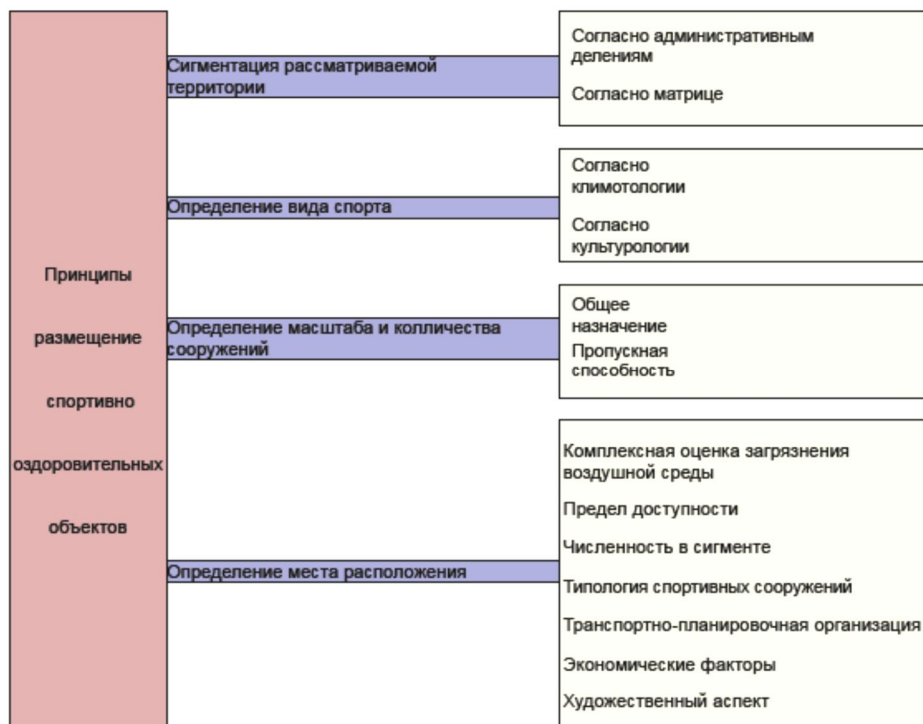


Рис. 3. Принципы размещения спортивно-оздоровительных объектов

Мы можем разбить на классы опасности пересечения зон выбросов вредных веществ:

1 класс опасности: наложения 3 и более источников загрязнения воздуха (особо опасный);

2 класс опасности: наложения 2 источников загрязнения воздуха (опасный);

3 класс опасности: 1 источник загрязнения воздуха (умеренно опасный);

4 класс опасности: загрязнение воздушной среды отсутствует (не опасный)

Можем составить матрицу от 18 предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ РФ к полученным 4 классам опасности, которая будет показывать комплексную оценку загрязнения воздушной среды выбранной территории. С дальнейшим графическим наложением градостроительного плана города и комплексной оценки загрязнения воздушной среды составленной по среднегодовой «розе ветров», руководствуясь матрицей выделяются особо благоприятные территории лежащие в пределах ПДК и 3, 4 класса опасности для возможного места расположения спортивно-оздоровительного комплекса, на рис. 4.

Графоаналитический метод при использовании материалов градостроительного плана города Волгограда с наложением схем комплексной экологической оценки позволит проанализировать несколько наиболее выгодных, экологически устойчивых территорий для возведения спортивных объектов.

Для расчета обоснования были введены понятия: соотношение численности населения проживающих на территориях с благоприятными или не благоприятными экологическими условиями и имеющие доступ к спортивным сооружениям, по радиусу обслуживания спортивных объектов, к общей численности населения проживающих на данной территории, как основная характеристика эффективности расположения спортивных сооружений и т.д. Где  $a$  — количество населения проживающих

в благоприятных ЭУ и имеющих доступ к спортивным сооружениям (чел.),  $b$  — количество населения проживающих в не благоприятных ЭУ и имеющих доступ к спортивным сооружениям (чел.),  $A$  — количество населения проживающих в благоприятных ЭУ (чел.),  $B$  — количество населения проживающих в неблагоприятных ЭУ (чел.), поскольку количество спортивных сооружений является не маловажным фактором влияющий на эффективность предлагается ввести поправочный коэффициент  $z$  отражающий отношение количества расчетных от располагаемых спортивных сооружений.



Рис. 4. Интегральная оценка экологической безопасности территории для размещения спортивно-оздоровительных объектов

В общем виде показатель эффективности расположения спортивных сооружений принимает вид:

$$F = \frac{\left(\frac{a}{A} + \frac{b}{B}\right) \times \left(\frac{b}{a+b} + 1\right)}{4} \times z \in [0;1] \quad (1)$$

Тем самым, сравнивая расчетные показатели эффективности расположения спортивных сооружений, возможно, произвести выбор оптимальной конфигурации спор-

тивных сооружений, позволяющей наиболее эффективно обслуживать людей проживающих на выбранной территории и обеспечивать экологическую безопасность территории. Что в целом формирует качественные условия жизнедеятельности.

Используя интегральную оценку и графоаналитический способ позволит нам максимально эффективно нагрузить территорию спортивно-оздоровительным объектом.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Глобальные рекомендации по физической активности для здоровья. ISBN 978-92-4-459997-6. Всемирная организация здравоохранения, 2010 г. Швейцария.

2. *Чиков П.В., Сидоренко В.Ф.* Метод количественной оценки эффективности расположения спортивных комплексов // Вестник Волгогр. гос. архит. – строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2012. Вып. 27(46). — С. 190–193.

3. Материалы, стратегии развития физической культуры и спорта в РФ на период до 2020 года. Утверждена распоряжением Правительства РФ от 07.08.2009 г., № 1101-Р.

**СЕКЦИЯ  
«СТУДЕНЧЕСКАЯ НАУКА»**

*Т.А. Бардыкова<sup>(1)</sup>, Ю.Д. Кулькова<sup>(1)</sup>, Н.Н. Халап<sup>(1)</sup> (науч. рук.)*

**ИСТОРИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАЗВИТИЯ  
ЖЕЛЕЗОБЕТОНА В РОССИИ И В МИРЕ**

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет<sup>(1)</sup>

*Рассмотрены история возникновения железобетона и вклад российских и зарубежных ученых в его развитие.*

Железобетон — уникальный строительный материал. Свое официальное признание железобетон получил в середине 19 века, но его использование началось намного раньше.

Римляне оставили миру очень важное изобретение — бетон. Они использовали его, например, для водовода, проложенного по самому большому из построенных ими мостов длиной 275 метров и высотой 49 метров, перекинутому через реку Гардон у города Ним свыше 2000 лет назад. И сегодняшняя наша жизнь без бетона немислима. Его можно встретить повсюду, но часто он служит нам даже незримо: мосты, тоннели, улицы, дома обязаны ему своими достоинствами. Особенно ценными являются такие его специфические качества как прочность, влага и шумонепроницаемость и пожаростойкость.

Возникновение и дальнейшее развитие конструкций из железобетона неразрывно связаны с прогрессом производительных сил и общих производственных отношений общества. Историческое появление железобетона и начало строительства из железобетонных конструкций совпадает со скачкообразным ростом промышленности, торговых отношений и транспорта, из-за чего потребовалось строительство большого количества различных заводов, фабрик, мостов, портов и прочих разнообразных сооружений. Сами технические возможности производственного осуществления железобетона к тому периоду времени уже имелись на лицо — цементная индустрия и черная металлургия тогда были для этого достаточно развиты во многих отношениях.

В средние века секрет производства цемента был утерян и в 1796 году англичанином Паркером был получен — романцемент — гидравлическое вяжущее вещество, получаемое измельчением обожженных известковых или магнезиальных мергелей или искусственных смесей известняков и глин при температурах, не доводящих обжигаемое сырье до спекания. В России цемент как строительный материал употреблялся еще в начале XVIII века, но он был далеко не совершенен. Одновременно с Паркером Е.Г. 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. В принципе по способу Челиева цемент изготавливается и до сих пор. Созданный Егором Герасимовичем Челиевым цемент, обладающий высокими строительными качествами, широко использовался на строительстве различных сооруже-

ний и при восстановлении разрушенной пожаром в 1812 году Москвы, особенно Кремля.

Каменщику из английского города Лидса Дж. Аспдину в декабре 1824 г. был выдан патент на изготовление вяжущего вещества путем обжига смеси извести с глиной. За сходство по цвету с естественным камнем из каменоломен близ города Портленда Дж. Аспдин назвал это вяжущее портландцементом.

Затем цемент начали смешивать в определенных пропорциях с песком, гравием и водой, в результате чего был получен бетон, который нашел широкое применение в строительных работах.

В 1848 году французский адвокат по профессии Жан Луи Ламбо первым скрепил цементный раствор и арматурную сетку - соорудил лодку из железобетона. Показанная в 1855 году на Парижской выставке лодка Ламбо произвела настоящую сенсацию. Всего было построено три лодки по его проекту. Одно такое плавсредство функционировало практически полвека, а два других были подняты со дна озера на юге Франции к столетию указанной выставки. С этого момента фактически история железобетона начала свой отсчет. На той же Парижской выставке отличился и другой француз - Франсуа Куанье, запатентовавший бетон, предназначенный для строительства зданий. Этот материал замешивался с небольшим количеством воды в смесителе, который работал на конской тяге, и втрамбовывался в многократно используемые формы. В 1855 году Куанье получил патент и на метод армирования, предложив перекрестное размещение арматуры. Ее следовало заводить во все четыре стены, на которые опирается железобетонное перекрытие. Кроме того, Куанье предложил возвести на все той же парижской выставке целый дом из бетона, обосновывая, что цемент, бетон и чугун пришли на смену камню. Но получил возможность показать лишь несколько бетонных элементов, за которые, чтобы его успокоить, наградили его бронзовой медалью.

В 1867 году французский садовник садоводческой фирмы «Братья Флер» в Версале Жозеф Монье выращивал в теплицах пальмы, затем пересаживал саженцы в глиняные горшки и отправлял для продажи в Англию. Горшки в дороге бились, пальмы погибали. Садовник терпел большие убытки. Однажды раздосадованный Монье решил слепить кадку для пальмы из цемента. Он взял две деревянные бочки и поместил их одна в другую, а промежуток между стенками залил цементом, получив бетонную тонкостенную бочку. Для большей прочности он заключил ее в каркас из железных стержней, а потом для красоты покрыл каркас тонким слоем жидкого цемента. На следующий день Монье обнаружил, что металлическая сетка плотно спаялась с цементом, образовав очень прочное соединение. Монье был выдан патент на изобретение. Это случилось в 1867 году, который принято считать годом изобретения железобетона, как универсального несгораемого строительного материала. Монье на основе своего изобретения развернул производство: стал изготовливать сваи и опоры для мостов. Начал делать из железобетона плиты и перегородки для строительства, в которых располагал проволочную сетку строго посередине плиты. Примерно с 1880 года железобетон начал распространяться по миру. Таким образом, Жозефа Монье считали в мире, в том числе в России, изобретателем нового, необыкновенно важного в строительстве материала — железобетона.

Однако, важным фактом в истории возникновения железобетона является то, что впервые железобетон был использован в России в 1802 г. Исследования покрытий Екатерининского дворца в Царском Селе показали, что русские мастера применяли армированный бетон, но не считали, что получили новый строительный материал, и не запатентовали его.

Сам Монье получил впоследствии в разных странах ряд самых разнообразных патентов на конструкции из железобетона (шпалы, трубы, балки и даже мосты). Сре-



ди них - патент и в России, полученный в 1880 году. В 1879 году права на использование технологии изготовления железобетона Монье были приобретены в Германии, где фирма «Вэйсс и Фрейтаг» поставила проектирование железобетонных конструкций на научную основу. В 1886 немецкий инженер Густав Вайс (1851—1917) купил патент Монье и усовершенствовал принцип изготовления железобетона.

Действительно самостоятельным новым строительным материалом *железобетон* стал лишь после того, как немцы Г. Вайс и М. Кёнен в 1887 г. перенесли арматуру из середины сечения, куда ее укладывал Монье, в испытывающую растяжение зону балки и плиты.

В 1892 г. французский инженер Ф. Геннебик предложил монолитные железобетонные ребристые перекрытия и ряд других рациональных строительных конструкций. Характерным отличием армирования плиты по системе Геннебика было наличие отогнутых стержней и подвесок. При строительстве своих первых мостов Геннебик применял армированные рёбра жёсткости, имеющие верхний горизонтальный пояс и криволинейный нижний. Такие конструкции работали как балочные системы, постепенно приближаясь к типу ребристых сводов.

Яркими примерами таких мостов служат:

- построенный в бельгийском Генте мост через Лис (1899 год);
- мост во Франции через Вьеннь в Шательро, сооружённый в 1899 году.

Первые теоретические основы расчета железобетонных конструкций и принципов их конструирования были созданы трудами первых исследователей железобетона А.Консидером, Ф.Геннебиком (Франция), М. Кёненом и Е. Мёршем (Германия). К концу XIX в. в общих чертах сложилась теория расчета железобетонных конструкций по допускаемым напряжениям, основанная на принципах сопротивления упругих материалов.

За многие годы эволюции строительных материалов ученые всегда стремились создать некий суррогат камня, как следствие появился бетон, увы, обладающий весьма отрицательным качеством — невысокой прочностью при растяжении. Использование стальной арматуры, фибры позволяют бетону не разрушаться, но все же на его поверхности появляются трещины; данное условие можно исключить, применив арматуру и фибру одновременно, но в этом случае конструкция будет материалоемка и экономически невыгодна. Поэтому, чтобы повысить эксплуатационные свойства конструкций в целом, требовалось найти новое решение данной проблемы. Оно было найдено. На стадии изготовления или строительства создается напряженное состояние в конструкции: знак напряжения в бетоне становится противоположен знаку напряжения от эксплуатационной нагрузки.

Впервые идея предварительного напряжения элементов, работающих на растяжение, была выдвинута и осуществлена в 1861 г. русским артиллерийским инженером А.В. Гадолиным применительно к изготовлению стальных стволов артиллерийских орудий.

Преднапряжение было изобретено Эженом Фрейссине в 1914. Применение преднапряженного бетона шло очень тяжело. Так, в 1936 году прошлого века, при защите В.В. Михайловым диссертации, он не нашел всеобщего понимания в среде ученых. Трудность понимания заключалась в том, что не все могли понять, как можно предварительно натянуть арматуру почти до разрыва, а затем нагрузить конструкцию полной расчетной нагрузкой, и она при этом будет работать так, что трещины в растянутом бетоне конструкции не появятся вплоть до исчерпания её несущей способности.

Шестидесятые годы 19 века были отмечены бурным развитием промышленности железобетона, в том числе предварительно- напряженного. В этот период ученые и специалисты отрасли разработали значительный объем нормативно-

технической литературы по расчету, проектированию и технологии изготовления предварительно-напряженных железобетонных конструкций, что стало надежным фундаментом для дальнейшего эффективного развития этого направления.

Благодаря преднапряжению были сэкономлены миллионы тонн дефицитного тогда металла и резко улучшена технология и экономика конструкций.

Развитие предварительного напряжения оказало серьезное влияние на прогресс в области технологии высокопрочных бетонов. В преднапряженных конструкциях появилась возможность максимально эффективно использовать повышенную прочность бетона при сжатии.

В высшей степени убедительной демонстрацией эксплуатационной надежности предварительного напряжения сборного железобетона является его успешное использование для производства железнодорожных шпал. Жесткие динамические нагрузки, ощутимые температурные перепады, увлажнение и высушивание, замораживание и оттаивание, воздействие нефтепродуктов и других агрессивных веществ предъявляют исключительно высокие требования к надежности и долговечности этих изделий. Есть участки железной дороги, где преднапряженные железобетонные шпалы прослужили более 40 лет и не имеют каких-либо существенных повреждений.

В мире из преднапряженного монолитного железобетона возводятся промышленные гражданские и жилые здания, плотины и энергетические комплексы, телебашни и многое другое. Телебашни из монолитного преднапряженного железобетона выглядят особенно эффектно, став достопримечательностями многих стран и городов. Телебашня в Торонто является самым высоким в мире отдельно стоящим железобетонным сооружением.

В Германии и в Японии из монолитного преднапряженного железобетона широко строятся резервуары яйцевидной формы для очистных сооружений.

Все более широкое применение находят монолитные перекрытия увеличенного пролета с натяжением арматуры на бетон. В последнее время напрягаемая арматура в монолитных конструкциях все чаще применяется без сцепления с бетоном, т.е. не производится инъецирование каналов, а арматуру от коррозии или защищают специальными защитными оболочками, или обрабатывают антикоррозионными составами. Такая технология используется при строительстве мостов, большепролетных перекрытий, высотных сооружений и других подобных объектов. Помимо традиционных строительных целей монолитный предварительно-напряженный железобетон нашел широкое применение для корпусов реакторов и защитных оболочек атомных электростанций. Именно отсутствие такой оболочки явилось причиной чернобыльской катастрофы, и они стали обязательными.

В России научная и практическая база железобетонных конструкций развивалась под влиянием зарубежного опыта и отечественной практики.

В 1879 г. русский военный инженер Д. Жаринцев построил бетонную стенку, армированную металлом, в артиллерийском городке в Батуми. Жаринцев стал одним из первых пропагандистов железобетона в России. Он дважды ездил в Англию для ознакомления со строительными работами и написал 15 статей по различным вопросам строительной техники, в том числе и статью о железобетоне.

В 1884 - 1887 гг. в г. Реутово были построены городская прачечная с железобетонными перекрытиями по металлическим балкам, и ткацкая фабрика с железобетонными сводами пролетом в свету 3,55, 4,26 м.

Большое значение для распространения железобетона в России имели показательные испытания железобетонных конструкций: плит, балок, арок, резервуаров, силосов для зерна, моста пролетом 17 м, которые проведенные инженером Н.А. Беллюбским в 1891 г. В 1878 году он основал в Петербургском институте инженеров

железнодорожного транспорта механическую лабораторию по испытанию материалов, ныне носящую его имя.

Начало уверенному применению железобетона в России положил торговый дом «Юлий Гук и К°», устроивший в 1886 г. на Московских бойнях испытания железобетонных плит и сводов. При проведении опытов исследовались вопросы деформации железобетонных элементов в сводах, изучалось влияние одностороннего нагружения, отмечалось наличие и характер трещин. Свод пролетом 7,5 м и толщиной около 5 см после испытаний был перевезен вместе с опорной стальной рамой на один из заводов торгового дома.

Идя по пути развития железобетонных конструкций сперва весьма осторожно, затем по мере развития их теории более уверенно, торговый дом «Юлий Гук и К°» уже к 1890 г. осознал всю важность нового строительного материала и решил для более успешного его развития выделить свой строительный отдел в самостоятельное дело, основав Акционерное общество для производства бетонных и других строительных работ, а в должности расчетчика проектного отдела только что выделенного общества начал работать Артур Фердинандович Лолейт, имя которого неотделимо от теории железобетона.

Одним только акционерным обществом для производства бетонных и железобетонных работ в первый период его деятельности были выполнены:

1886 г. — плиты и своды на Московских бойнях;

1887 г. — своды площадью 14 000 м<sup>2</sup> и яйцевидный коллектор под насыпью, там же;

1888 г. — восьмигранный куполообразный свод пролетом 7,8 м, там же;

1889 г. — своды площадью около 1800 м<sup>2</sup> на Реутовской мануфактуре;

1891 — 1893 гг. — переходные мостики пролетом от 7,8 до 14,2 м, своды, бассейн для фонтана и другие конструкции в здании Верхних торговых рядов в Москве (ныне ГУМ), купол и несущие конструкции лож в Варшавском театре;

1893 г. — полуэллиптическая труба отверстием 2,15 — 2,56 м на Московско-Казанской железной дороге под насыпью высотой 10 м;

1895 г. — арочный мост пролетом 32 м над линией электрической железной дороги на Нижегородской всероссийской торгово-промышленной выставке, открывшейся в 1896 г.;

1896 г. — свод пролетом 10 м над фойе у царской ложи в Большом театре, а все-го за 1896 г. — 61 000 м<sup>2</sup> сводов, плоских перекрытий и стен; в 1897 г. — 81000 м<sup>2</sup>, в 1898 г. — 73 000 м<sup>2</sup>, в 1899 г. — 1 000 000 м<sup>2</sup> и т. д.

Постройки акционерного общества выбраны в качестве примера развития железобетонного строительства в России не только потому, что общество, как уже сказано, было зачинателем в этом деле, и не только потому, что большинство перечисленных конструкций хорошо известно и их можно осмотреть и сейчас, но и потому, что большинство из них были рассчитаны, спроектированы и построены при самом активном участии А. Ф. Лолейта: и поражающие легкостью мостики Верхних торговых рядов, и труба под насыпью железной дороги и изящный мост на Нижегородской выставке.

Постройка Верхних торговых рядов и сооружения Нижегородской выставки знаменательны еще и тем, что тут встретились два замечательных русских инженера — В.Г. Шухов (1853—1939 г.г.) и А.Ф. Лолейт, который был моложе Шухова на 15 лет.

Одним из первых крупных монолитных железобетонных сооружений в России был морской маяк, построенный в 1904 г. по проекту Н. Пятницкого и А. Н. Барышникова в Николаеве, экспертом которого был Н. А. Белелюбский. Арматурная часть была выполнена В.Г. Шуховым. Это было уникальное сооружение высотой 40,2 м со стенами толщиной 10 см сверху и до 20 см внизу.

В 1908 г. А. Ф. Лолейт впервые запроектировал и построил в Москве четырехэтажный склад молочных продуктов с безбалочными перекрытиями.

В 1911 г. в России появились первые технические условия (ТУ) и нормативы для железобетонных сооружений. В 1912–1913 гг. в Москве на Варварской площади по проекту И. Кузнецова было построено железобетонное каркасное здание для промышленника Н. Второва («Деловой двор»).

В 1925–1932 гг. советские ученые А.Ф. Лолейт, А.А. Гвоздев, П.Л. Пастернак и другие на базе широких экспериментальных работ разработали общие методы расчета статически неопределимых стержневых систем (арок, рам), которые позволили запроектировать и построить много уникальных для своего времени общественных и промышленных зданий из железобетона. В гидротехническом строительстве железобетон был применен при строительстве Волховской ГЭС (1921–1926 гг.), крупнейшей по тому времени. Плотина сооружалась на железобетонных кессонах, транспортируемых к месту установки на плаву. Главное здание станции железобетонное каркасное, с железобетонными аркадами, поддерживающими путь 130-тонного мостового крана. Волховстрой явился первой большой практической школой советских специалистов по железобетону.

Примерно в 1928 г. железобетон стал широко использоваться в строительстве тонкостенных пространственных конструкций: разнообразных оболочках, складах, шатрах, сводах и куполах. Советский ученый В.З. Власов первым разработал общий практический метод расчета оболочек, значительно опередив зарубежную науку в этой области. В 1937 г. вышла в свет первая в мире «Инструкция по расчету и проектированию тонкостенных покрытий и перекрытий», составленная на основе теоретических и экспериментальных работ, проведенных под руководством А.А. Гвоздева.

Первый тонкостенный купол значительного диаметра (28 м) был построен в 1929 г. в Москве для планетария, а самый большой в то время гладкий купол диаметром 55,5 м был сооружен в 1934 г. над зрительным залом театра в Новосибирске. Конструкцию купола разработал инженер Б.Ф. Матери по идее и под руководством П.Л. Пастернака. Уникальность этого купола заключалась в том, что отношение толщины оболочки к диаметру было меньше чем у яйца.

На основе глубокого изучения физических и упругопластических свойств бетона, а также экспериментальных данных А.Ф. Лолейт, А.А. Гвоздев и другие (1931–1934 гг.) создали теорию расчета железобетона по разрушающим усилиям. Дальнейшая деятельность А.А. Гвоздева, Я.В. Столярова, В.И. Мурашева, С.С. Давыдова и других позволила разработать новый метод расчета железобетонных конструкций по предельным состояниям, который достаточно полно учитывает основные факторы, влияющие на их работу под нагрузкой.

К середине XX в. железобетон получил широкое применение во всем мире. К этому времени появились предварительно напряженные железобетонные элементы и тонкостенные конструкции, значительно улучшилась культура производства, были разработаны нормативные документы и технические условия.

В 1967 году была построена Останкинская телебашня – выдающееся творение строительной техники XX века.

Останкинская телебашня, высота которой в момент окончания ее строительства составила 533,3 м, построена в Москве по проекту инженера-конструктора Н. В. Никитина.

Допустимое отклонение вершины под действием ветра составляет 11,65 м. Сегодня высота башни – 540 м. Несмотря на такую высоту, опрокинуться бетонная башня не может. Ее центр тяжести не выходит за площадь опоры. Эта площадь ограничена кольцевым фундаментом диаметром в 60 метров, а центр тяжести находится на высоте 110 метров по оси башни. Внутри по окружности ствола Останкинской теле-

визионной башни сверху донизу, как струны, натянуты стальные канаты. Каждый из 150 канатов растянут с силой в 70 тонн. В этом была новизна инженерной мысли того времени.

Великий французский архитектор Ле Корбюзье однажды сказал: "Современность принесла нам железобетон. Это необычайная удача. Мы получили возможность полностью удовлетворить как требования эстетики, так и требования экономики».

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кузнецов В.С. Железобетонные и каменные конструкции : учеб. пособие. – М.: Издательство АСВ, 2014. — 304 с.
2. Байков В.Н., Сигалов Э.Е. Железобетонные конструкции: Общий курс : учеб. для вузов. – 6-е изд., репринтное. – М.: ООО «БАСТЕТ», 2009. — 768 с.
3. Бондаренко В.М., Суворкин Д.Г. Железобетонные и каменные конструкции. – М.: Высшая школа, 1987. – 383 с.
4. [http://жбк.пф/concrete/History\\_gbk/first\\_rc.php](http://жбк.пф/concrete/History_gbk/first_rc.php).

*А.Н. Бельщикова<sup>(1)</sup>, Т.А. Кузьмина<sup>(1)</sup>, А.К. Черкесов<sup>(1)</sup>, А.О. Белоножкина<sup>(1)</sup>,  
А.В. Москвичева<sup>(1)</sup>, Е.В. Москвичева<sup>(1)</sup> (науч. рук.)*

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД И МЕТОДАМИ ИХ ОЧИСТКИ

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет<sup>(1)</sup>

На сегодняшний день качество очистки сточных вод машиностроительных предприятий, утилизации образующихся осадков не отвечают современным техническим, экономическим и экологическим требованиям (100 руб. валовой продукции сопряжены с образованием отходов на 2700 руб. (экологический ущерб) и водопотерями до 80%).

Водоснабжение, как и всякая ресурсопотребляющая структура в машиностроении, не может рассматриваться обособленно от других, поэтому требуется разработка новых или корректирование существующих технологических решений, позволяющих ликвидировать существующие проблемы на машиностроительных предприятиях.

Группой исследователей изучены физико-химические свойства промышленных сточных вод, точнее гальваностоков 4-х предприятий машиностроения с водопотреблением более 200 тыс. м<sup>3</sup>/год, не применяющие в гальванопроизводстве электролиты с цианид-ионами; использующие в металлообработке водосмешиваемые смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ) на эмульсоле с индустриальным маслом ИД-20.

Анализ собранных данных показал: образующиеся сточные воды основного производства машиностроительных предприятий (76% водопотребления всего предприятия) не могут повторно использоваться; применяемый повсеместно реагентный метод необходимо усовершенствовать или заменить более технологичным.

Согласно вышеупомянутому, далее, проводились исследования по выявлению причины низкой эффективности очистки гальванических стоков реагентным методом.

За основу взято изучение качественного состава сточных вод, структурного состава молекул соединений — загрязнителей, содержащих ионы тяжелых металлов. Исследовались модельные и реальные растворы на протяжении 12 месяцев.

Известно [1], что сточные воды гальванического производства загрязняются, прежде всего, технологическими растворами — электролитами, химический состав которых (результат многолетних поисков научных школ по электрохимии) должен обеспечивать, при электроосаждении, образование качественных металлических покрытий, это достигается, как правило, на основе комплексных соединений в присутствии различных органических веществ — добавок.

Исследовались физико-химические характеристики реальных и модельных растворов при изменении pH, температуры, концентрации реагентов, воздействии окислителя (6% раствора  $H_2O_2$ ).

На рис. 1, 2 представлены зависимости плотности и удельной электропроводности от pH для реальных сточных вод и двух модельных растворов, где в растворе  $NiSO_4$ , кроме процесса гидролиза ( $\approx 12\%$ ), отсутствуют побочные процессы, поэтому все ионы  $Ni^{2+}$  из раствора извлекаются реагентным методом (до 80%), а максимальное значение электропроводности достигается в диапазоне pH с минимальной плотностью, что соответствует наибольшей степени диссоциации данной средней соли  $NiSO_4 \cdot H_2O$ . То есть, начиная с  $pH = 6$  и более, создаются наилучшие условия для осаждения ионов никеля, для ионов хрома (VI) при  $pH$  более 8 (рис. 1, 2).

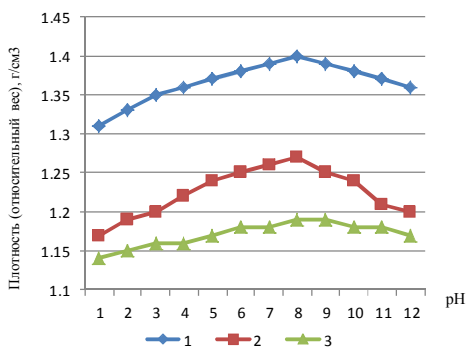


Рис. 1. Зависимость плотности раствора от величины pH

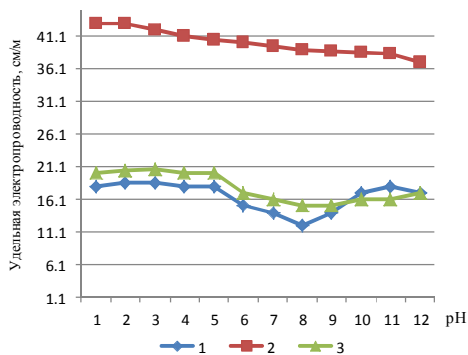


Рис. 2. Зависимость удельной электропроводности раствора от величины pH

Температура среды  $22^{\circ}C$ . Изменение pH: 1 н. раствором  $H_2SO_4$  — подкисление, 1 н. раствором  $NaOH$  — подщелачивание.

- 1 — реальный раствор,;
- 2 — модельный раствор состава  $105 CrO_3 + 1,05 H_2SO_4$  (мг/л);
- 3 — модельный раствор  $5720$  мг  $NiSO_4 \cdot 7H_2O$ .

Как показывают экспериментальные данные: для реальных растворов (рис. 3), изменения вязкости сходны с зависимостью изменения плотности, а именно, до  $pH = 7$ , она линейна и в данной точке происходит небольшой излом, меняется угол наклона прямой.

Данные работы [2, 3] показывают, что в области концентраций соли в  $2 \div 2,5$  моль/л наблюдается резкий минимум зависимости от концентрации, что авторы связывают с разрушением структуры воды и этому явлению отвечают отрицательные значения энтропии вязкого течения. Сложная концентрационная зависимость физико-химических свойств растворов сточных вод и термодинамических параметров может служить косвенным указанием на конкурирующее действие двух процессов: — разрушение структуры воды [4, 5]; — образование полихромных ионов. Структурирующее действие ионов переходных металлов становится преобладающим при

концентрации более 4,5 моль/л, при этом энтропия вязкого течения возрастает и увеличивается проводимость растворов за счет формирования новых комплексообразующих структур [6, 7]. Введение в растворы органических веществ, усиливает факторы, разрушающие структуру воды [8, 9].

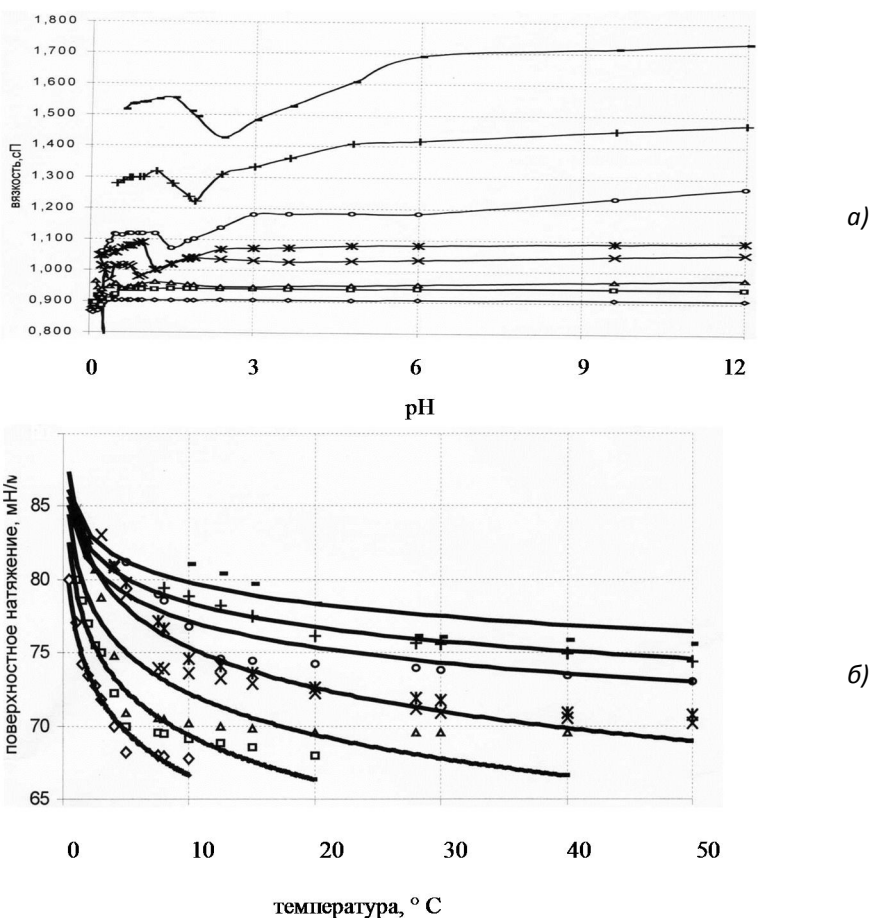


Рис. 3. Зависимость вязкости реального и модельных растворов от pH (а) и температуры (б) водного раствора. Концентрации модельных растворов  $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ :  $\diamond$  — 25 мг/л;  $\square$  — 50 мг/л;  $\Delta$  — 100 мг/л;  $\times$  — 150 мг/л;  $*$  — 200 мг/л;  $\circ$  — 250 мг/л;  $+$  — 400 мг/л;  $-$  — 500 мг/л;  $\diamond$  — реальный раствор, мг/л;  $\square$  — модельный раствор состава  $105 \text{CrO}_3 + 1,05 \text{H}_2\text{SO}_4$  (мг/л);  $\Delta$ ,  $\times$ ,  $*$ ,  $\circ$ ,  $+$ ,  $-$  — модельные растворы  $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  концентрации от 1000 до 5750 мг/л

Реальный раствор – раствор усредненный за 10 дней, из общего гальваностока ОАО «Волгограднефтемаш».

Зависимость величины поверхностного натяжения от pH, температуры (рис. 5) показывает, что увеличение температуры приводит, во всех случаях к снижению поверхностного натяжения. Это позволяет предполагать, что в исследуемых растворах не все молекулы рассматриваемых солей подвергаются диссоциации.

Выше представленные данные физико-химических исследований растворов дают информацию о структурных изменениях в растворах, позволяющих оценить количественные характеристики технологических растворов, касающиеся концентрации присутствующих веществ.

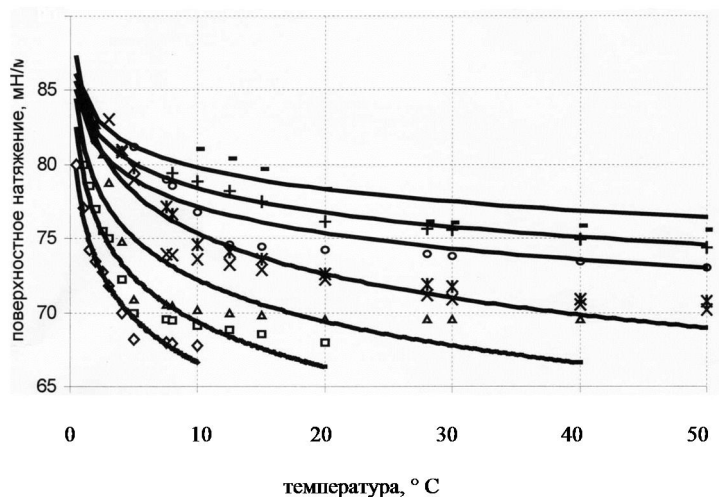


Рис. 4. Зависимость поверхностного натяжения растворов реального и модельного в зависимости от температуры среды:  
 ◊ — 25 мг/л; □ — 50 мг/л; Δ — 100 мг/л; × — 150 мг/л; \* — 200 мг/л;  
 о — 250 мг/л; + — 400 мг/л; - — 500 мг/л.  
 ◊ — реальный раствор, мг/л;  
 □ — модельный раствор состава 105 CrO<sub>3</sub> + 1,05 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (мг/л).

Полученные результаты позволили сформулировать выводы, взятые в дальнейших исследованиях за основу.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аксенов В.И. Водное хозяйство промышленных предприятий. Кому это интересно? Сборник докладов 7-го Международного конгресса «Вода: экология и технология». - Экватор-2006. — М.: 2006.
2. Поллинг Л.И. Общая химия. — М.: Изд-во «Мир», 1974. — 839 с.
3. Гликина Ф.Б. Химия комплексных соединений. — М.: Изд-во «Просвещение», 1972. — 170 С.
4. Москвичева Е.В., Сахарова А.А., Гончар Ю.Н., Игнаткина Д.О., Кузьмина Т.А. Очистка сточных вод с использованием смешанного реагента полученного из нефтяного отхода // Вестник Волгогр. гос. арх.-строит. ун-та. Сер.: Строительство и архитектура. — Волгоград: ВолгГАСУ, 2013. Вып. 34(53). — С. 114–121.
5. Москвичева Е.В. Ресурсосберегающие процессы как основа экологически чистых технологий гальванического хромирования из водных и неводных сред : автореф. ... дис. док. тех. наук. — Волгоград, 1998. — 289 с.
6. Юрко А.В. Разработка малоотходной технологии очистки сточных вод заводов железобетонных изделий от эмульгированных органических загрязнений : автореф. ... дис. канд. тех. наук. — Волгоград, 2010. — 133 с.
7. Ласков Ю.М., Цачев Ц., Трунова Н.А., Стефанова Р. Методика проведения экспериментов по очистке сточных и природных вод физико-химическими методами. — София, 1990. — С. 8–16.
8. Лихачев Н.И., Ларин И.И., Хаскин С.А. и др. Канализация населённых мест и промышленных предприятий / под общ. ред. В.Н. Самохина. - 2-е изд., перераб и доп. — М.: Стройиздат, 1981. — 639 с.
9. Максимов В.Ф., Винокурова Е.А. и др. Очистка и рекуперация промышленных выбросов : учебник для вузов. — М.: «Лесн. пром-сть», 1989. — 416 с.



Д.А. Бережной<sup>(1)</sup>, Г.А. Григорьян<sup>(1)</sup>, Е.В. Арапов<sup>(1)</sup>, И.А. Ковтунов<sup>(1)</sup>

## АНАЛИЗ АРМИРОВАНИЯ ЛЕНТОЧНОГО СВАЙНОГО РОСТВЕРКА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЕГО РАСЧЕТНОЙ СХЕМЫ И ШАГА СВАЙ

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет<sup>(1)</sup>

Обычно в инженерной практике используются различные методы расчета, указанные в справочной литературе, а так же расчеты с использованием различных программных комплексов. В данной работе был взят за основу метод расчета ленточных ростверков [1]. Согласно этому методу расчетная схема свайного ростверка принимается как неразрезная балка, при этом учитывается жесткость стен. По этой расчетной схеме был произведен расчет вручную и сравнение результатов с выполненными расчетами в программном комплексе «ЛИРА» при использовании трех различных расчетных схем:

- неразрезной балки на жестких опорах;
- неразрезной балки на упругих опорах;
- неразрезной балки на упругих опорах с моделированием жесткости каменной кладки.

В качестве исходных данных были приняты:

ростверк: неразрезная балка с пролетами  $l_p$ , ширина  $b_p = 1,04$  м, высота  $h_p = 0,5$  м; модуль упругости  $E = 21000$  Мпа, удельный вес  $R = 2,2$  т/м<sup>3</sup>, бетон В12.5;

нагрузка:  $q = 30$  т/м;

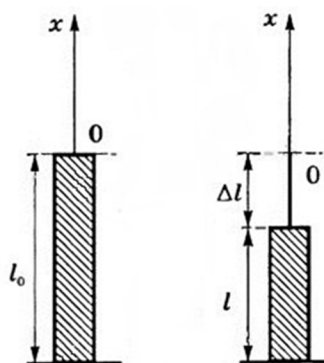
опоры:

- жесткие опоры для расчетной схемы II;
- сваи (упругие опоры) для схемы III и IV

сечение  $b_c \times l_c = 40 \times 40$  см, площадь  $A = 0,16$  м<sup>2</sup>, длина  $l = 1,0$  м, несущая способность сваи  $P_c = 37,5$  т; модуль упругости  $E$  был определен по закону Гука  $\sigma = E\varepsilon$ .

$$\frac{N}{A} = E \frac{\Delta l}{l}; \quad \frac{N}{A} = \frac{P_c \cdot l}{A \cdot \Delta l} = \frac{37,5 \cdot 1}{0,16 \cdot 0,08} = 2929,69 \text{ т/м}^2,$$

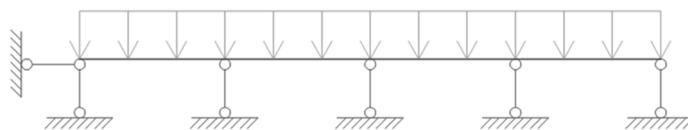
где  $\Delta l$  — допустимая осадка, определена по [2], и равна 0,08 м; двухрядное расположение свай с переменным шагом.



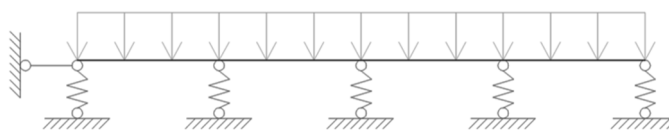
Схемы I-IV:

1) неразрезная балка на упругих опорах с учетом жесткости каменной кладки (схема I);

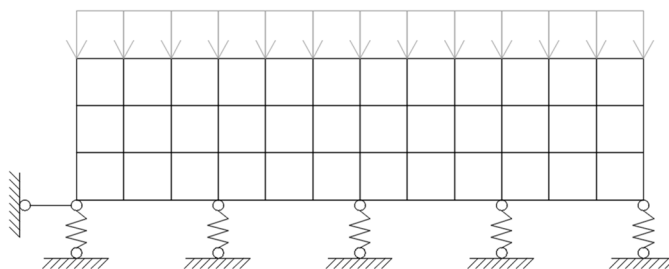
2) неразрезная балка на жестких опорах (расчетная схема II):



3) неразрезная балка на упругих опорах (расчетная схема III):

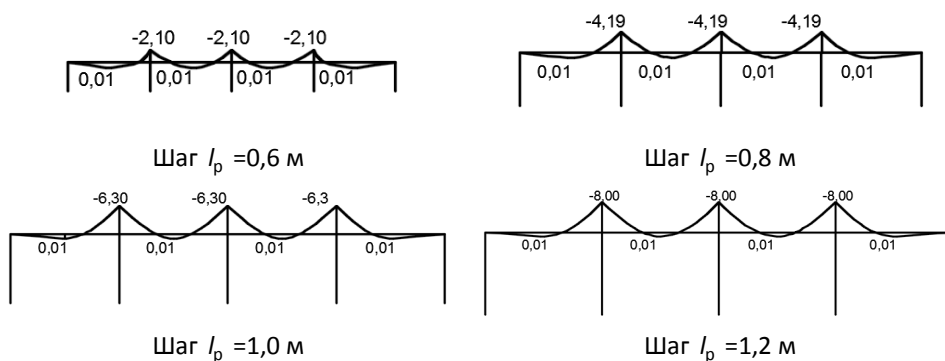


4) неразрезная балка на упругих опорах с моделированием каменной кладки (схема IV):



Для схемы I вычисления производились вручную, для схем II-IV — в ПК «ЛИРА».

Результаты для схемы I:

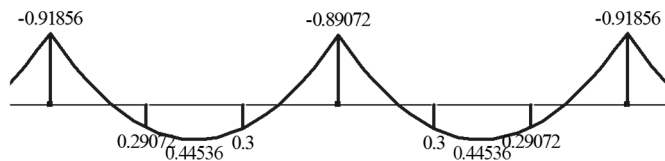


Расчет по первой схеме проводился для уже установленного параметра  $a$  эпюры нагрузки [1] и расстояния между сваями в осях, в результате были вычислены моменты в опоре, в пролете и поперечная сила.

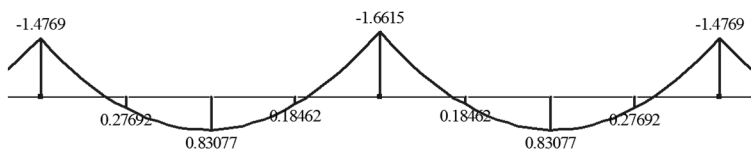
Также были определена площадь верхнего армирования для пролетов 0,6–1,2 м, соответственно, — 0,007; 0,024; 0,043; 0,056 см<sup>2</sup>, нижнего — 0,004; 0,005; 0,009; 0,009 см<sup>2</sup>.

Результаты для схемы II (неразрезная балка на жестких опорах).

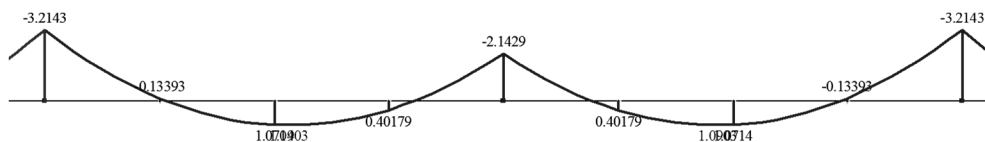
Шаг  $l_p = 0,6$  м, площадь максимального нижнего армирования  $1,04$  см<sup>2</sup> и верхнего  $1,04$  см<sup>2</sup>:



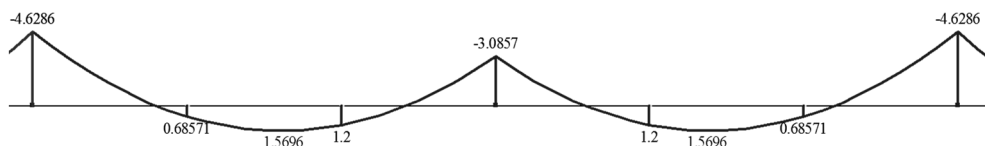
Шаг  $l_p = 0,8$  м, площадь максимального нижнего армирования  $1,56$  см<sup>2</sup> и верхнего  $1,04$  см<sup>2</sup>:



Шаг  $l_p = 1,0$  м, площадь максимального нижнего армирования  $2,60$  см<sup>2</sup> и верхнего  $2,60$  см<sup>2</sup>:

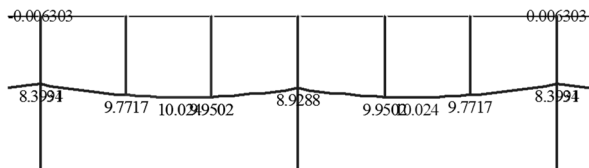


Шаг  $l_p = 1,2$  м, площадь максимального нижнего армирования  $3,12$  см<sup>2</sup> и верхнего  $3,64$  см<sup>2</sup>:

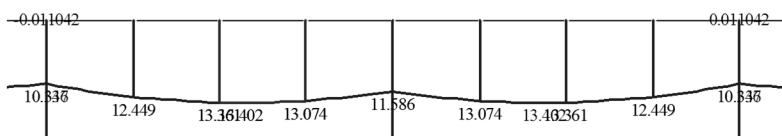


Результаты для схемы III (неразрезная балка на упругих опорах).

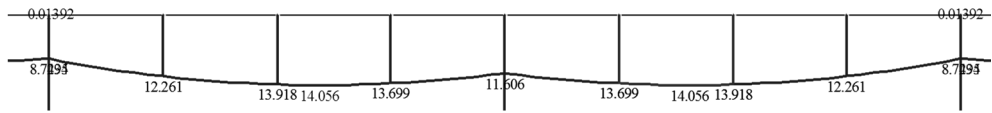
Шаг  $l_p = 0,6$  м, площадь максимального нижнего армирования  $7,08$  см<sup>2</sup> и верхнего  $1,04$  см<sup>2</sup>:



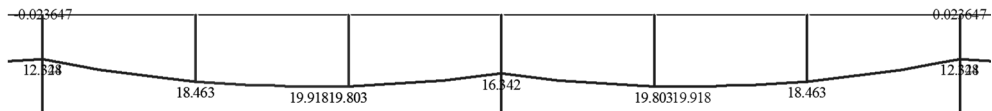
Шаг  $l_p = 0,8$  м, площадь максимального нижнего армирования  $10,4$  см<sup>2</sup> и верхнего  $1,04$  см<sup>2</sup>:



Шаг  $l_p = 1,0$  м, площадь максимального нижнего армирования  $10,9 \text{ см}^2$  и верхнего  $1,04 \text{ см}^2$ :

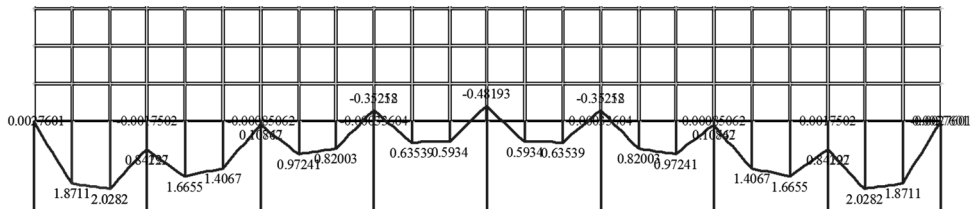


Шаг  $l_p = 1,2$  м, площадь максимального нижнего армирования  $15,1 \text{ см}^2$  и верхнего  $1,04 \text{ см}^2$ :

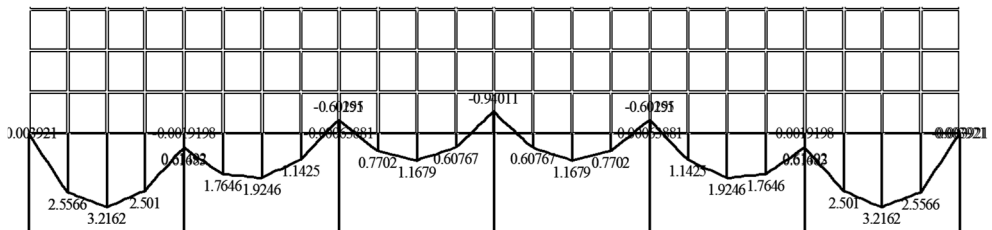


Результаты для схемы IV (неразрезная балка на упругих опорах с моделированием каменной кладки).

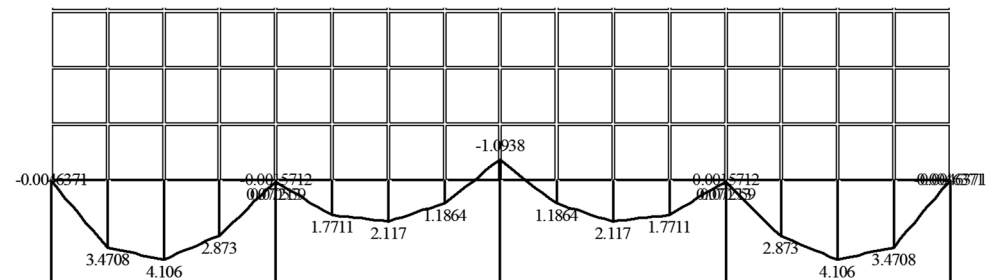
Шаг  $l_p = 0,6$  м, площадь максимального нижнего армирования  $3,12 \text{ см}^2$  и верхнего  $2,60 \text{ см}^2$ :



Шаг  $l_p = 0,8$  м, площадь максимального нижнего армирования  $3,64 \text{ см}^2$  и верхнего  $3,12 \text{ см}^2$ :



Шаг  $l_p = 1,0$  м, площадь максимального нижнего армирования  $4,16 \text{ см}^2$  и верхнего  $3,12 \text{ см}^2$ :



Шаг  $l_p = 1,2$  м, площадь максимального нижнего армирования  $5,20 \text{ см}^2$  и верхнего  $4,68 \text{ см}^2$ :

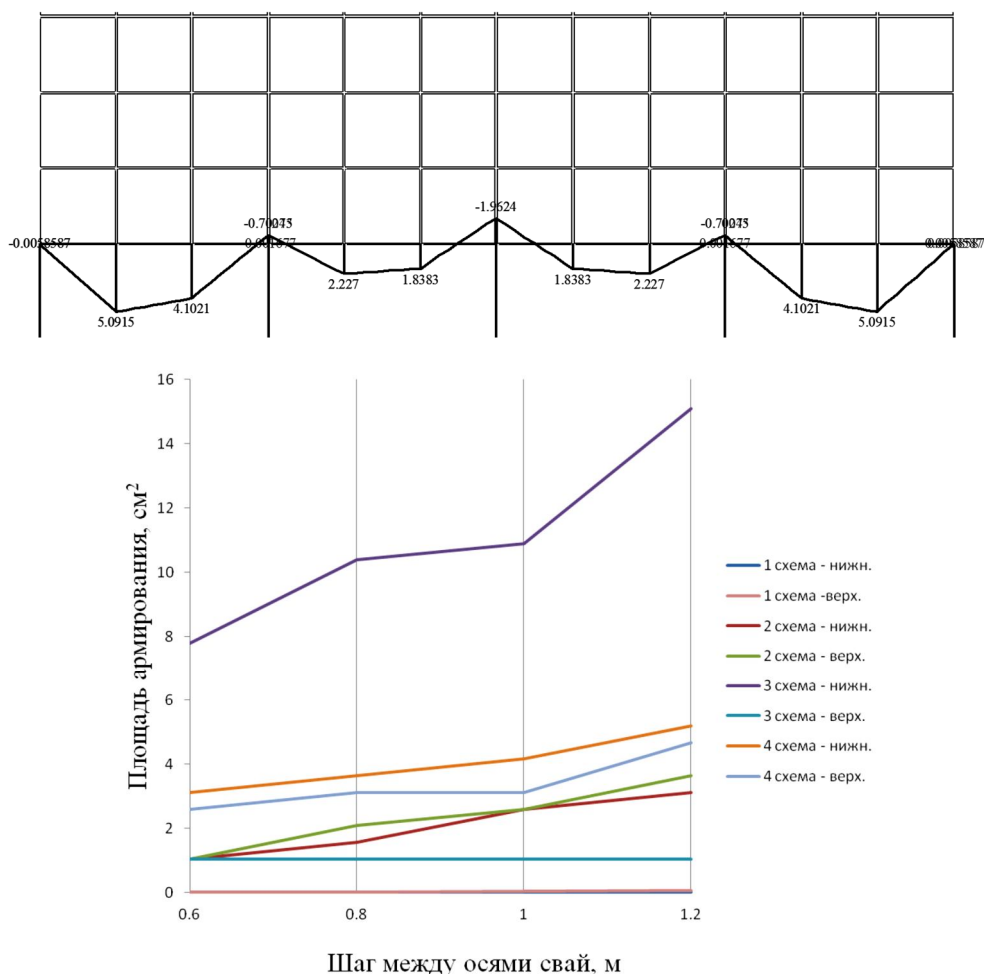


Рис. 1. Графики зависимостей площади арматуры от расчетной схемы и шага опор

В результате проведенных расчетов были получены данные (рис. 1), согласно которым можно сделать следующие выводы:

- при создании расчетной схемы наиболее точно отображающей реальную работу конструкций, т.е. учет жесткости не только ростверка, но и стены, значения усилий в ростверке уменьшается

- расчетная схема наиболее полно отражающая действительность — схема под номером IV, формы эпюры моментов от нагрузок в данной схеме наиболее близки к базовому методу. Полученные значения моментов для пролетов 0,6–1,2 м на опоре меньше соответственно на 77, 87, 83, 75% вычисленных по I схеме, а моменты в пролете превышают на 100, 200, 400, 600% относительно результатов по базовому методу.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Метелюк Н.С., Шишко Г.Ф. и др. Сваи и свайные фундаменты : справочное пособие. – Киев: Будівельник, 1977.
2. СНиП 2.02.03-85. Свайный фундаменты. – М., 1995.
3. Цытович Н.А. Основания и фундаменты. – М., 1970.
4. Веселов В.А. Проектирование оснований и фундаментов. – М., 1990.
5. Берлинов М.В. Основания и фундаменты.

С.В. Гончаров<sup>(1)</sup>, В.А. Пшеничкина<sup>(1)</sup> (науч. рук.)

## ВЕРОЯТНОСТНЫЙ РАСЧЕТ БАЛКИ НА СТОХАСТИЧЕСКОМ ОСНОВАНИИ

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет<sup>(1)</sup>

Реальные грунтовые основания представляют собой неоднородную дисперсную среду со случайно изменяющимися в пространстве и во времени физико-механическими характеристиками. Это приводит к неопределенности фактического напряженно-деформированного состояния сооружений, взаимодействующих с основанием, к появлению дополнительных напряжений в конструкциях, оценить которые детерминированными методами не представляется возможным. Поэтому уровень риска, с которым проектируется сооружение, всегда остается неопределенным, и в ряде случаев возможна ситуация, проектный риск для здания нормального уровня ответственности оказывается выше проектного риска здания повышенной ответственности. Как показывает опыт эксплуатации, особенно высок уровень риска повреждений и даже обрушений конструкций зданий, эксплуатирующихся в сложных инженерно-геологических условиях: на просадочных и набухающих грунтах, подрабатываемых и оползневых территориях и др. Обеспечить надежность и экономичность принятого проектного решения можно только на основе вероятностных методов теории надежности.

Наиболее трудоемким этапом при оценке надежности (риска) является проведение вероятностных расчетов, требующих привлечения сложного математического аппарата теории вероятностей, случайных функций и полей, а для системы «сооружение-основание» – нелинейных методов статистической динамики. Поэтому особую актуальность приобретают инженерные методы вероятностных расчетов системы «сооружение-основание», позволяющие получить количественную величину риска, на основе которой разрабатывать в случае необходимости эффективные меры для его снижения.

В настоящей работе на примере балки, лежащей на стохастически неоднородном основании, рассматривается инженерная методика вероятностного расчета системы «сооружение-основание». В качестве модели основания принята модель линейно-деформируемого стохастического полупространства, модуль деформаций которого является случайной функцией геометрических координат:

$$E_0(x, y, z) = \bar{E}_0(x, y, z) + \tilde{E}_0(x, y, z), \quad (1)$$

где  $\bar{E}_0(x, y, z)$  — детерминированная, а  $\tilde{E}_0(x, y, z)$  — случайная составляющая модуля.

Для одномерной задачи выражение (1) запишется в виде

$$E_0(x) = \bar{E}_0(x) + \tilde{E}_0(x). \quad (2)$$

Основной характеристикой рассматриваемого метода расчета является функция поверхности осадки основания  $S(x)$ , образованная в результате воздействия на основание нагрузки со стороны сооружения и отпора основания (реактивное давление). Учитывая, что модуль деформаций грунта является случайной функцией координаты  $x$ , функция  $S(x)$  также является случайной (рис. 1):

$$S(x) = \bar{S}(x) + \tilde{S}(x). \quad (3)$$

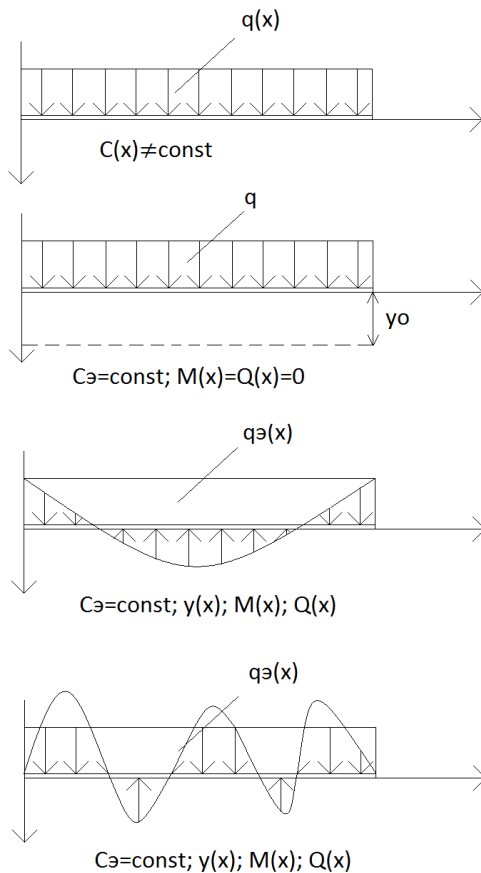


Рис. 1. Поверхность осадки основания

Детерминированную составляющую поверхности осадки основания представим в виде суммы среднего значения  $\bar{S}_0$  и центрированной относительно  $\bar{S}_0$  функции  $\bar{S}^o(x)$ , форма которой определяется распределительной способностью основания в результате бокового сцепления частиц грунта. Как показывают результаты исследований, функция  $\bar{S}^o(x)$  достаточно хорошо аппроксимируется фундаментальными функциями поперечных колебаний балки с соответствующими граничными условиями

$$\bar{S}^o(x) = \sum_k A_k X_k(x), \quad (4)$$

причем, в силу высокой сходимости ряда (4), для математического ожидания достаточно ограничиться одним членом разложения

$$\bar{S}^o(x) \approx A_1 X_1. \quad (5)$$

Случайную составляющую также представляем в виде разложения по фундаментальным функциям, но со случайными коэффициентами

$$\tilde{S}(x) = \sum_k \tilde{A}_k X_k. \quad (6)$$

Тогда поверхность осадки с учетом (4)–(6):

$$S(x) = S_0 (1 + A_1 X_1) + \sum_k \tilde{A}_k X_k. \quad (7)$$

Контактную задачу стохастической системы «балка-основание»

$$Ely^{IV}(x) + C(x)y(x) = q(x) \quad (8)$$

представим в виде эквивалентной

$$\left. \begin{aligned} E\bar{y}_0^{IV} + C_3 \bar{y}_0 &= C_3 S_0 = \bar{q}, \\ E\bar{y}^{IV}(x) + C_3 \bar{y}(x) &= C_3 \bar{S}(x) = \bar{q}_3(x), \\ E\tilde{y}^{IV}(x) + C_3 \tilde{y}(x) &= C_3 \tilde{S}(x) = \tilde{q}_3(x). \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Так как нагрузка  $\bar{q}$  не вызывает изгиба балки, то  $\bar{y}_0 = q/C_3 = \bar{S}_0$ , то есть среднее значение прогиба балки равно средней осадке основания.

В уравнениях (9)  $C_3$  и  $q_3$  – соответственно эквивалентная жесткость основания и эквивалентная нагрузка, вызывающая изгиб балки.

Решение второго уравнения (9) ищем методом Бубнова-Галеркина. Представим эквивалентную нагрузку в виде ряда (4)

$$\bar{q}_3(x) = \bar{S}(x)C_3 = C_3 \sum_k A_k X_k(x) \approx C_3 A_1 X_1(x). \quad (10)$$

Тогда и искомым прогиб балки находится в виде разложения по этим же фундаментальным функциям

$$\bar{y}(x) = \sum_k B_k X_k(x) \approx B_1 X_1(x). \quad (11)$$

Подставив (10) и (11) во второе уравнение (9), получим

$$B_1 X_1^{IV}(x) + B_1 \frac{C_3}{EI} X_1(x) = \frac{C_3}{EI} A_1 X_1(x). \quad (12)$$

Умножим левую и правую части уравнения (12) на  $X_1(x)$  и проинтегрируем их

$$\int_0^L \left[ B_1 X_1^{IV}(x) + B_1 \frac{C_3}{EI} X_1(x) \right] X_1(x) dx = \int_0^L \left[ \frac{C_3}{EI} A_1 X_1(x) \right] X_1(x) dx. \quad (13)$$

Так как  $X_n^{IV}(x) = (\mu_n^4/L^4)X_n(x)$ , где  $\mu_n$  – корень фундаментальной функции, то

$$B_1 \int_0^L \left[ B_1 \frac{\mu_1^4}{L^4} + \frac{C_3}{EI} \right] X_1^2(x) dx = \int_0^L \left[ \frac{C_3}{EI} A_1 \right] X_1^2(x) dx. \quad (14)$$

Согласно [1],  $\int_0^L X_1^2(x) dx = L$ .



Тогда искомое решение уравнения имеет вид:

$$\bar{y}(x) = B_1 X_1(x) = \frac{C_3 A_1 L^4}{\mu_1^4 EI + C_3 L^4} X_1(x). \quad (15)$$

Математическое ожидание поперечной силы  $\bar{Q}(x)$  и изгибающего момента  $\bar{M}(x)$  находятся из обычных условий равновесия:

$$\bar{Q}(x) = \int_0^x [\bar{q}_3(x) - C_3 \bar{y}(x)] dx = \frac{A_1 C_3 (1 - C_3 L^4)}{\mu_1^4 EI + C_3 L^4} \frac{L}{\mu_1} X_1'''(x), \quad (16)$$

$$\bar{M}(x) = \int_0^x \bar{Q}(x) dx = \frac{A_1 C_3 (1 - C_3 L^4)}{\mu_1^4 EI + C_3 L^4} \frac{L^2}{\mu_1^2} X_1''(x). \quad (17)$$

Дисперсии функций прогиба, поперечной силы и изгибающего момента находятся из решения третьего уравнения (9). Случайная функция  $\tilde{S}(x)$  рассматривается как стационарная с дисперсией  $D_S$  и спектральной плотностью  $S_S(\omega)$ .

Учитывая разложение (6), решение уравнения находим также в виде разложения по фундаментальным функциям со случайными амплитудами

$$\tilde{y}(x) = \sum_k \tilde{B}_k X_k(x). \quad (18)$$

Дисперсия прогиба балки

$$D_y(x) = D_S \sum_k d_k [\psi_k(x)]^2. \quad (19)$$

Дисперсия поперечной силы

$$D_Q(x) = D_S \sum_k d_k \left[ \frac{L}{\mu} X_k'''(x) \right]^2. \quad (20)$$

Дисперсия изгибающего момента

$$D_M(x) = D_S \sum_k d_k \left[ \left( \frac{L}{\mu} \right)^2 X_k''(x) \right]^2. \quad (21)$$

Параметр  $d_k$  – соответствует части дисперсии  $D_S$ , приходящейся на  $k$ -е разложение.

На рис. 2—4 приведены графики математического ожидания прогиба, поперечной силы и изгибающего момента в сечениях балки при следующих исходных данных:

Длина балки  $L=60$  м; средняя осадка основания  $S_0=0,1$  м; нагрузка на балку  $q=110$  кН/м<sup>2</sup>; изгибная жесткость балки  $EI = 1,26 \cdot 10^9$  кН·м<sup>2</sup>.

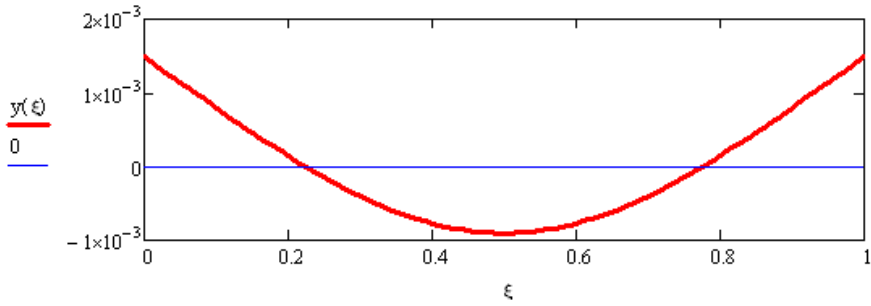


Рис. 2. Эпюра прогиба балки

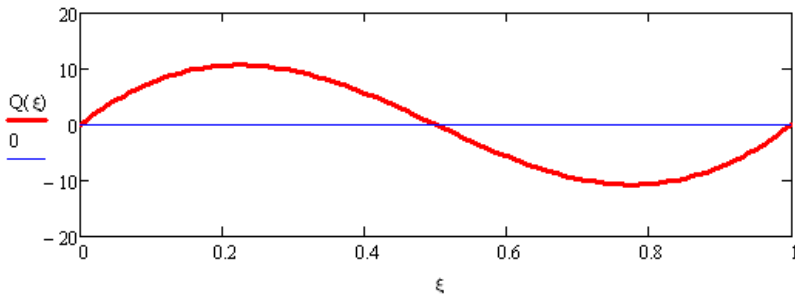


Рис. 3. Эпюра поперечной силы

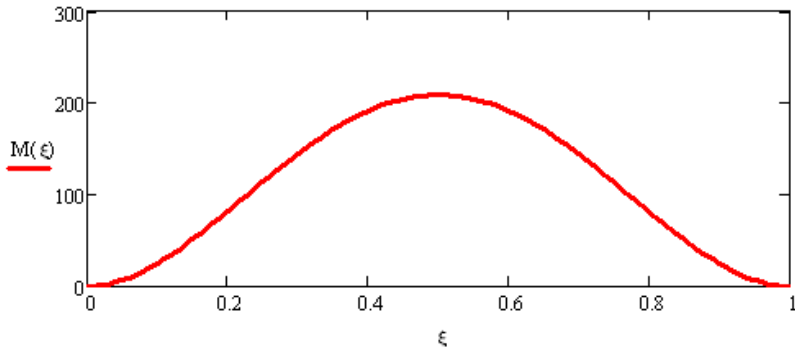


Рис. 4. Эпюра изгибающего момента

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Власов В.З., Леонтьев Н.Н. Балки, плиты и оболочки на упругом основании. – М.: Государственное изд-во физ-мат литературы, 1960.
2. Пшеничкин А.П. Основы вероятностно-статистической теории взаимодействия сооружений с неоднородными грунтовыми основаниями. – Волгоград, Изд-во ВолгГАСУ, 2010.

*Г.А. Григорьян<sup>(1)</sup>, И.А. Ковтунов<sup>(1)</sup>, Н.Н. Халап<sup>(1)</sup> (науч. рук.)*

## **К РАСЧЕТУ БАЛОЧНОГО РЕБРИСТОГО МОНОЛИТНОГО ПЕРЕКРЫТИЯ**

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет<sup>(1)</sup>

*Расчет балочного ребристого монолитного перекрытия аналитическим и машинным способами. Сравнительный анализ полученных результатов.*

В настоящее время существует множество программ предназначенных для расчета строительных конструкций, такие как Мономах, SCAD, Solid Works, Лира и другие. При этом используются однотипные модули вычислений, которые обуславливают погрешность в результатах расчета, что обусловлено адекватностью принятой расчётной схемы (степенью дискретизации и т. д.).

При расчете перекрытия были поставлены цели:

– получить и объяснить расхождения результатов армирования конструктивных элементов ребристого перекрытия (плита, второстепенная и главная балки) при двух расчетных схемах: пространственной, когда конструктивные элементы перекрытия работают совместно (компьютерный расчет) и дискретный, когда конструктивные элементы перекрытия рассчитываются отдельно (ручной расчет);

– оценить взаимное влияние размеров пластинчатых (плита) и стержневых (балки) конечных элементов на результаты армирования конструктивных элементов перекрытия.

Для расчета был принят типовой этаж пятиэтажного промышленного здания с монолитным ребристым железобетонным перекрытием. Ребристое балочное перекрытие состоит из плиты, второстепенных и главных балок. Все элементы перекрытия монолитно связаны между собою и представляют единое целое. Сущность конструкции монолитного ребристого перекрытия в том, что бетон в целях экономии изъят из растянутой зоны сечения. Сохранены лишь ребра, в которых сконцентрирована растянутая продольная и поперечная арматура. Для отображения реальной работы физической модели в принятой расчетной схеме конструкции назначены следующие связи. По периметру плиты шарнирное опирание было с ограничением вертикальных перемещений; основания колонн жёстко заземлены.

При расчетах нагрузка учитывалась от веса пола, собственного веса конструкции перекрытия и полезная нагрузка на перекрытие.

Железобетон – это материал, для которого характерна нелинейная зависимость между напряжениями и деформациями, изменение физико-механических свойств во времени, развитие деформаций ползучести и усадки, образование трещин. Учёт в полной мере всех перечисленных особенностей физической работы конструкции здания, рассматриваемых как единая пространственная система, является сложной задачей, решение которой оказывается возможным лишь для отдельных частных случаев. Поэтому неизбежна идеализация физических свойств материала конструкций.

Расчет железобетонного перекрытия велся в ПК «Лира». Когда при автоматизированном определении напряженно-деформированного состояния учитываются все усилия, которые возникают в перекрытии (изгибающие и крутящий моменты, поперечные силы). Данный расчет производился в упругой стадии методом конечных элементов, на котором базируется большинство современных вычислительных комплексов и относится к приближенным методам расчета. В табл. 1 приведены резуль-

таты армирования элементов перекрытия, полученные ручным и автоматическим способами.

Таблица 1

Наименование элемента	$A_s^{TP}$ при ручном расчёте, $см^2$	$A_s^{TP}$ при расчёте в ПК«Лира», $см^2$ (КЭ 1,6×1,6 м)
Плита	1,53	0,98
Главная балка	20,85	19,21
Второстепенная балка	5,47	5,71

Отличающиеся результаты армирования обусловлены разными методиками расчета конструкции перекрытия. Ручной расчет велся дискретно, т.е. не учитывалась совместная работа конструкции. Расчетная схема балочной плиты при ручном расчете представляет собой неразрезную балку, пролетом соответствующим длине короткой стороны монолитной плиты. Делалось допущение, что нагрузка воспринимается только элементом, на который она приложена и, затем, передается на нижележащие конструкции без учета их деформации. Автоматизированный расчет учитывает пространственную работу конструкции, когда приложение нагрузки на локальный участок плиты, вызывает в перекрытии напряженно деформированное состояние в зависимости от фактических жесткостей конструктивных элементов перекрытия. Незначительное превышение армирования второстепенной балки при расчете на ПК «Лира» в сравнении с дискретным расчетом связано с перераспределением усилий, вследствие учета возникновения пластических шарниров в узлах сопряжения с главной балкой.

Сгущая сетку конечных элементов (путем последовательных приближений) можно приблизиться к более точному решению. В первом расчете размер пластинчатых конечных элементов был назначен 1,6×1,6 м, стержневых 1,6 м. При втором расчете сетка конечных элементов назначена 0,8×0,8 м. Закрепления и нагрузки не изменены. В табл. 2 показаны результаты армирования элементов перекрытия при разном размере сетки разбиения.

Таблица 2

Наименование элемента	$A_s^{TP}$ при расчёте в ПК«Лира», $см^2$ (КЭ 1,6×1,6м)	$A_s^{TP}$ при расчёте в ПК«Лира», $см^2$ (КЭ 0,8×0,8м)
Плита	0,98	0,74
Главная балка	19,21	17,00
Второстепенная балка	5,71	5,11

Уменьшение площади подобранной арматуры при более мелком разбиении на конечные элементы обусловлено с увеличением точности статического расчета.

При выше произведенных расчетах не был учтен тот факт, что расположение центров тяжести сечений плиты и балок лежат в разных горизонтальных плоскостях. Следовательно, в горизонтальных элементах перекрытия возникают внутренние усилия, которые оказывают дополнительное влияние на величину их расчетного значения. Учет влияния несоосности горизонтальных осей элементов перекрытия производилось включением в расчетную схему жестких вставок. В табл. 3 приведены максимальные значения площадей армирования элементов конструкции перекрытия при различных размерах разбиения на конечные элементы с учетом и без учета жестких вставок.

Таблица 3

Наименование элемента	$A_s^{TP}$ при расчёте в ПК «Лира», см <sup>2</sup> (КЭ 1,6×1,6м)	$A_s^{TP}$ при расчёте в ПК «Лира», см <sup>2</sup> (КЭ 0,8×0,8м)
Плита МАХ	<u>1,07</u>	<u>1,6</u>
	1,39	2,23
Главная балка МАХ	<u>19,2</u>	<u>17,0</u>
	14,2	13,5
Второстепенная балка МАХ	<u>6,52</u>	<u>5,92</u>
	5,99	5,99
Главная балка, %	<u>0,801</u>	<u>0,71</u>
	0,591	0,56
Второстепенная балка, %	<u>0,652</u>	<u>0,592</u>
	0,599	0,599

Примечание: в числителе указаны значения от расчетной схемы без жестких вставок, в знаменателе – с жесткими вставками.

#### Выводы:

– результат пространственного расчета конструкции перекрытия с сеткой разбиения конечных элементов 1,6×1,6 м в плите требуемая площадь армирования меньше, чем при дискретном расчете на 35%. Расхождение результатов армирования главной и второстепенной балок составляет 8% и 4% процента соответственно, причем, армирование второстепенной балки при пространственном расчете больше, чем при дискретном.

– при уменьшении шага триангуляции конечных элементов от 1,6 м до 0,8 м, увеличилась точность статического расчета. По вычисленным усилиям рассчитывается необходимая площадь армирования конструктивных элементов перекрытия. Результат армирования плиты при шаге триангуляции 0,8×0,8 м меньше результата армирования при шаге 1,6×1,6 м на четверть, для главной балки меньше на 21%, для второстепенной на 11%.

– максимальный площадь требуемой арматуры для плиты при введении в расчетную схему жестких вставок увеличился на 25%, для главной балки на 22%. Для второстепенной балки при шаге триангуляции 1,6×1,6 м площадь требуемой арматуры уменьшилась на 9%, при шаге триангуляции 0,8×0,8 м увеличилась на 4%.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Лишак В.И.* Расчет бескаркасных зданий с применением ЭВМ. – М.: Москвастройиздат, 1974.
2. *Улицкий И.И.* Железобетонные конструкции. – К.: Киев, 1972.
3. *Мандриков А.П.* Примеры расчёта железобетонных конструкций : учеб. пособие для техникумов. - 2-е изд., переработанное и дополненное. – М.: Стройиздат, 1989. — 506 с.
4. СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия». Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\*.
5. СП 52-101-2003 «Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры».

*Е.В. Нестеренко<sup>(1)</sup>, Н.В. Коростелева<sup>(1)</sup> (науч. рук.)*

## **К ВОПРОСУ О СОСТОЯНИИ И ПЕРСПЕКТИВАХ РАЗВИТИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ ДЛЯ ВЕЛОСИПЕДНОГО ТРАНСПОРТА В ГОРОДЕ ВОЛГОГРАДЕ**

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет<sup>(1)</sup>

Как самый экологически чистый вид транспорта, велотранспорт — важная составная часть транспортной системы Российской Федерации. Короткие велосипедные поездки служат прекрасным оздоровительным средством от гиподинамии городских жителей. Устойчивое и эффективное функционирование велотранспорта является необходимым условием сохранения здоровья населения, повышения его физической активности, повышения качества жизни и подвижности населения, приближения его к общеевропейскому уровню, улучшения экологии, сохранения природного окружения на высоком уровне, создания комфортной среды для жителей в городах, улучшения планирования городской инфраструктуры.

Ежегодно огромные средства расходуются на восстановление дорог, и при этом постоянно нависает необходимость громадных капитальных вложений в новые развязки, расширения и переоборудования дорог, потому что существующая дорожная сеть не справляется с неуклонно растущим числом автомобилей. Автомобилизация создала разветвленную сеть городских дорог и загородных автомагистралей. Сегодня, запутавшись в этой сети, как в паутине, городской автомобиль потерял свое главное преимущество — скорость. Помимо денег мы доплачиваем за свой транспорт еще и самым ценным — жизнями людей, десятками тысяч гибнущими под колесами машин.

Решение сразу всех этих проблем — это решительные меры по развитию велотранспорта в крупных городах, а в данном случае в Волгограде.

К недостаткам транспортной системы Волгограда можно отнести: очень высокую энергоемкость; анти-экологичность; стрессовость и нестабильность; низкую эффективность и скорость; высокие и постоянно растущие затраты на содержание; тенденцию, ведущую к перегрузке транспортной системы.

Что касается велосипеда, то он интересен с точки зрения значительной разгрузки дорог, которые в Волгограде расширить в районе центра не удастся. Также он интересен и потому, что площадь, необходимая для его парковки в 8 раз меньше площади парковки автомобиля. А устроить многоуровневую парковку для велосипедов на ограниченной площадке у офисного центра, театра, стадиона, ВУЗа — это просто и дешево, а для автомобилей — практически невозможно. С экологической точки зрения велотранспорт — это спасение городской среды от выхлопных газов, которые негативно влияют днем и ночью на всех нас, независимо от социального статуса.

По оценкам специалистов велосипедный транспорт способен взять на себя до 6% перевозок в масштабах города, с развитием инфраструктуры — до 20%. Это — решение проблемы пробок и загазованности. Однако, сначала необходимо строительство соответствующей инфраструктуры — велосипедных парковок и велосипедных дорожек, защищенных от автомобильных и пешеходных потоков.

Согласно СП 42 13330-2011 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» улично-дорожную сеть населенных пунктов следует проектировать в виде непрерывной системы с учетом функционального назначения

улиц и дорог, интенсивности транспортного, велосипедного и пешеходного движения, архитектурно-планировочной организации территории и характера застройки. Однако такая категория как велосипедный транспорт наиболее часто выпадает из общего числа элементов проектирования улично-дорожной сети.

В генеральных планах городов России развитие велотранспортной сети как части единого транспортного комплекса не предусматривается. К созданию велоинфраструктуры городские власти относятся как к второстепенному делу. Отсутствуют нормативы по расчетной плотности велодорог, по параметрам краткосрочного и долгосрочного хранения велотранспорта в разных условиях (жилых домах, придомовой территории и на улицах), отсутствует классификация велодорожной инфраструктуры по типам эксплуатации, конструктивным особенностям и требованиям безопасности.

В настоящее время в наиболее развитых странах количество велосипедов намного превышает численность автомобильного транспорта, и количество велопоездок непрерывно возрастает. В большинстве развитых стран велотранспорт развивается темпами, превосходящими темпы развития автомобильного транспорта. Так, в столице Дании Копенгагене более 30 процентов населения совершают ежедневные поездки на велосипеде [1]. В практике развитых зарубежных стран установлена тенденция: рост качества жизни и состояния здоровья населения соответствуют средним темпам роста объемов перевозок велотранспортом, превышая при этом темпы роста объемов перевозок на других видах транспорта. Массовое применение велотранспортных средств повлекло за собой изменения в ряде секторов экономики и в социальной сфере, в градостроительной политике, в организации отдыха, в других аспектах жизни общества. При этом процесс развития велотранспорта принял, по существу, повсеместный характер. В настоящее время в наиболее развитых странах, например, в Нидерландах г. Амстердам протяженность городских велодорожек составляет более 400 км, и многие туристы с удовольствием присоединяются к местным жителям и рассматривают достопримечательности с седла велосипеда. В Берлине для велосипедного сообщения используется около 640 км велодорожек. В Германии, количество перевозок с использованием велотранспорта достигает 20% от всего объема пассажирских перевозок. В Нидерландах доля велосипедного сообщения в целом по стране составляет 27% [1].

Для сравнения в городе Москве общая протяженность велодорожек составляет всего лишь 146 км, а в Волгограде вообще отсутствуют специализированные велодорожки и велосипедистам приходится использовать тротуары или совершать движение по проезжей части, что не безопасно и повышает риск возникновения тяжелых дорожно-транспортных происшествий [2].

Необходимо так же отметить, что национальная сеть туристических маршрутов практически отсутствует. В то время как в наиболее развитых странах Европы уже давно сформированы туристические маршруты, протяженностью 300–350 км с соответствующими перегонами на долговременные стоянки.

В связи со сложившейся на данный момент ситуацией на территории Российской Федерации необходимо формирование сети национальных веломаршрутов с интеграцией в нее крупнейших городов с целью увеличения их туристической привлекательности. Для этого необходимо учитывать ряд требований и условий формирования велотранспортной сети:

- проектирования велодорожной сети для связи населенных пунктов Российской Федерации, всех социально-значимых объектов и зон в населенных пунктах и на территориях между населенными пунктами в единую транспортную систему, способствующую развитию пешеходных связей и расширению доступа инвалидов и маломобильных групп населения;

- размещения велосодорожной сети на территории населенных пунктов в виде непрерывной системы быстрой и безопасной связи объектов и предприятий по обслуживанию населения, приближающей жителей к местам обслуживания, предусматривая, как правило, формирование общественных центров, в увязке с сетью общественного пассажирского транспорта, с другими поселениями системы расселения, объектами, расположенными в пригородной зоне, объектами внешнего транспорта, велосипедными и автомобильными дорогами общей сети;

- создания условий, обеспечивающих безопасность движения велотранспорта при совмещении движения автомобильного и велосипедного транспорта для маневрирования, остановки и стоянки автомобильного транспорта;

- создания преимуществ первоочередного размещения велосодорог, наряду с дорогами для общественного транспорта, при распределении проезжей части дорог общего пользования при строительстве и реконструкции дорог в городах;

- размещения объектов технического обслуживания и проката велосипедов при организации велосодорожной сети;

- связи системой велосипедных дорог озелененных территорий между собой в пределах застройки городов;

- создания на бульварах, аллеях, велосипедных и велосипедных дорогах площадок для кратковременного отдыха, оборудованных велопарковками;

- связи жилых зон населенных пунктов велосипедными дорогами с зонами социальной активности населения и зонами массового отдыха в пределах населенных пунктов и за их пределами;

- развития велосодорожной инфраструктуры в жилых зонах, на озелененных территориях, зонах отдыха и зонах, недоступных для других видов транспорта.

- создания велосипедных бульваров и аллей, велосипедных и велосипедных дорог с твердым покрытием по направлениям массовых потоков пешеходного и велосипедного движения.

- требования по обеспечению безопасного велосодорожного движения;

- количественный рост велотранспортного парка, социальные и транспортные потребности населения с учетом преимуществ велотранспорта;

- специфику использования велотранспорта в населенных пунктах;

- современное техническое разнообразие велотранспортных средств и мопедов в части габаритов, наличия и типов двигателей, шумовых и скоростных характеристик, и т.п.;

- необходимость в закрытом хранении велотранспортных средств;

- возможности организации парковок для велосипедов в зонах жилой застройки, под детскими и спортивными площадками, в непосредственной близости к жилым домам и в жилых домах;

- возможности использования для велосодорожения существующих автомобильных дорог (выделение полос, снижение максимальной разрешенной скорости на восторосепенных дорогах и в населенных пунктах и др.);

- возможности использования зеленых зон;

- необходимость перевозки велотранспортных средств и мопедов средствами пассажирского транспорта.

Генеральные планы должны предусматривающие оснащение в обязательном порядке оборудованными местами для парковок велотранспортных средств и доступ к ним по сети велосодорог, к следующим объектам:

- жилые здания государственного, муниципального, ведомственного, частного жилищного фонда;



- детские учреждения дошкольного воспитания, образовательные учреждения всех видов уровней и специализации;
- административные здания и сооружения;
- объекты культуры и культурно-зрелищные сооружения (театры, библиотеки, музеи, места отправления религиозных обрядов и т.д.);
- объекты и учреждения образования и науки, здравоохранения и социальной защиты населения;
- объекты торговли, общественного питания и бытового обслуживания населения, финансово-банковские учреждения;
- гостиницы, отели, иные места временного проживания;
- физкультурно-оздоровительные, спортивные здания и сооружения, места отдыха, парки, сады, лесопарки, пляжи и находящиеся на их территории объекты и сооружения оздоровительного и рекреационного назначения, аллеи и бульвары;
- учреждения отдыха, курорты;
- медицинские учреждения;
- объекты и сооружения транспортного обслуживания населения, связи и информации: железнодорожные вокзалы, автовокзалы, аэровокзалы, аэропорты, другие объекты автомобильного, железнодорожного, водного и воздушного транспорта, обслуживающие население;
- станции и остановки всех видов городского и пригородного транспорта;
- почтово-телеграфные и другие здания и сооружения связи и информации;
- производственные объекты, объекты малого бизнеса и другие места приложения труда;
- прилегающие к вышеперечисленным зданиям и сооружениям территории и площади.

Что касается Волгограда, то территория города способствует развитию велосипедного движения, поскольку большинство улиц имеют широкую проезжую часть и большое расстояние в красных линиях, а также, зачастую, тротуары отделены от основной проезжей части полосой зеленых насаждений. На территории города расположено достаточно парков и зон отдыха, что способствует развитию прогулочного велосипедного движения.

Таким образом, доступность велотранспортных услуг в городе Волгограде позволит не только повысить подвижность и качество жизни населения, но и создаст условия для компенсации серьезных негативных последствий процесса автомобилизации общества.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Josh Lew. 10 bike-friendly cities around the globe [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.mnn.com/green-tech/transportation/photos/10-bike-friendly-cities-around-the-globe/where-bicycles-rule/>.

2. Департамент транспорта и развития дорожно-транспортной инфраструктуры города Москвы /Пресс-релизы/ Москва расширяет велосипедное пространство 12.12.2013 г.

*К.А. Селиванова<sup>(1)</sup>, Д.С. Пархоменко<sup>(1)</sup>,  
В.А. Луговая<sup>(1)</sup> (науч. рук.), В.В. Ярошик<sup>(1)</sup> (науч. рук.)*

## **ОСНОВЫ ЛЕГИРОВАНИЯ И ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ**

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет<sup>(1)</sup>

*Приведены результаты исследований, рассмотрены особенности и закономерности легирования и структурообразования композиционных карбоборидных покрытий.*

Современные промышленные наплавочные материалы ферросплавного происхождения могут обеспечивать следующее максимальное количество основных легирующих элементов в наплавленном слое:

- а) хрома 30÷40%,
- б) титана 4÷5%,
- в) вольфрама 18÷25%,
- г) марганца до 15%.

Для деталей, работающих в условиях интенсивного абразивного износа, в агрессивных средах, при повышенных температурах, наплавочные материалы с указанным соотношением легирующих элементов не дают должного эффекта. Поэтому возникает необходимость изыскания новых наплавочных материалов, придающих наплавленному материалу максимальную легированность. Анализ показывает, что этим требованиям в значительной мере отвечают соединения тугоплавких металлов, присадкой которых можно добиться самой высокой легированности наплавленного слоя и сообщить ему комплекс благоприятных физико-механических свойств [1–6].

При легировании наибольший эффект достигается в том случае, когда в сплав вводится не один, а несколько легирующих компонентов, различно влияющих на его свойства, но придающих структуре благоприятное строение [4–6].

В наплавленном слое все основные составляющие (железо, углерод, легирующие элементы) находятся в одновременном сложном взаимодействии, образуя следующие фазы: легированный аустенит, легированный феррит, карбиды, бориды, а также многокомпонентные карбобориды.

Легирующие элементы и их соединения растворяются в феррите, аустените или цементите связующей фазы. При этом тугоплавкие компоненты собираются преимущественно в карбидной или боридной фазах, а обычные элементы (никель, кремний и др.) располагаются в основном в феррите, повышая его вязкость и прочность. Поэтому состав, структура и свойства покрытий определяются физико-химической природой карбидо- или боридообразующих элементов и связующей фазы, их физическими и механическими характеристиками, а также взаимодействием друг с другом.

Образование многокомпонентных твердых растворов, гетерогенизация структуры и упрочнение сплава так называемыми дисперсионными включениями приводит к важным количественным и качественным изменениям свойств сплава [3–6].

Сведения о физико-химической природе, межатомной связи и особенностях кристаллического и электронного строения тугоплавких соединений [1–2] позволяют сформулировать научно обоснованное направление поиска новых более перспективных наплавков.

В его основе лежат следующие положения:

1. Покрытия должны обеспечивать получение высокой прочности, твердости, теплоизоносостойкости, а также стойкости в химических и агрессивных средах, т.е. комплекса таких физико-технических свойств, появление которых предвиделось. Для этого в покрытии должны преобладать структурные элементы (соединения, фазы) с прочными химическими связями и устойчивыми электронными конфигурациями. Такими соединениями, наиболее полно удовлетворяющими современным требованиям к покрытиям, являются карбиды и бориды тугоплавких металлов IV и VI групп периодической системы элементов, особенно бора, титана, хрома, вольфрама.

2. Уровень получаемых физико-механических свойств вещества-растворителя и твердых растворов на его основе определяется структурными факторами, энергией и силами межатомной связи. К структурным факторам относятся степень легированности и дисперсности твердого раствора, наличие вторичных фаз, в том числе самостоятельных карбидных или боридных включений, и искажение кристаллической решетки. Температуры плавления и кристаллизации, давление и константы диффузии определяются энергией и силами связей в кристаллической решетке.

Чем выше требования к износостойкости и прочности, тем больше следует усложнять фазовый и химический состав покрытий.

3. Особое внимание должно уделяться составу и структуре цементирующей фазы, которая имела бы твердый раствор легирующих компонентов с основным металлом детали. В составе твердого раствора обязательно присутствие тугоплавких элементов, которые способствовали бы образованию и выделению мелких дисперсионотверждающих фаз, препятствующих разупрочнению покрытий. Такая гетерогенизация системы обеспечивает упрочнение структуры и коренное изменение конечных свойств.

Эти теоретические положения были использованы при разработке и изучении новых наплавочных композиций, в состав которых входили тугоплавкие соединения: TiC, (Ti, Cr)B<sub>2</sub>, B<sub>4</sub>C, FeV, порошок ПН. Исследовалось 10 составов наплавочных смесей, в которых концентрация компонентов менялась:

$$C = 3,6 \div 6,8 \% ; Ti = 10 \div 33 \% ; B = 0 \div 8,3 \% ; Cr = 9,6 \div 44,7 \% ; Ni = 0 \div 25 \% .$$

Микроструктурные исследования показали, что структурообразование во всех исследуемых сплавах происходит иначе, чем в наплавках ферросплавного легирования. Тугоплавкие компоненты лишь частично растворяются в связующем расплаве, хорошо им смачиваются и образуют прочные матрично-армированные структуры с основой от троостито-мартенситной до аустенито-мартенситной в зависимости от соотношения карбидообразующих элементов. Максимальная износостойкость обеспечивается при следующих соотношениях: W/C = 0,5 ÷ 0,9 атомных процентов, V/C или Ti/C = 0,24 ÷ 0,45 атомных процентов. Для успешной работы в условиях ударно-абразивного износа содержание карбидной, боридной или карбоборидной фазы в наплавочном слое должно составлять 50 ÷ 60 % при 2,5 ÷ 3,5 % C и 30 ÷ 40 % аустенита в цементирующей фазе, образованного дополнительным введением 5 ÷ 6 % Ni.

Исходный состав влияет и на характер распределения легирующих элементов между твердым раствором и тугоплавкими частицами.

Так, при добавлении в наплавочную шихту порошка ПН 10 — 30 % или Ni до 5 % концентрация никеля в наплавочном слое возрастает от 2,1 до 6 %, что приводит к увеличению в структуре количества остаточного аустенита. При комплексном легировании Ni, B и Ti устойчивость переохлажденного аустенита возрастает настолько, что металлическая основа приобретает мартенситную структуру с наивысшей твердостью. На рис. 1 приведены микроструктуры наплавочных слоев с мартенситной (рис. 1, а) и мартенситно-аустенитной матрицей (рис. 1, б).

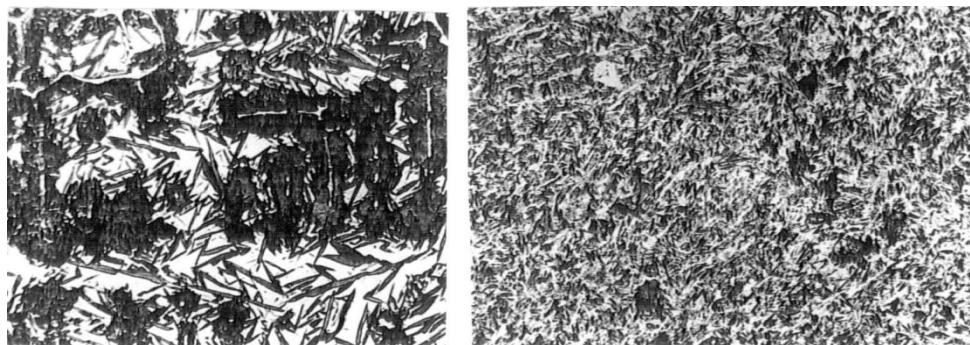
Лабораторные испытания показали высокую эффективность рассматриваемых наплавочных материалов. При всех видах абразивного изнашивания наиболее высоко-

кую стойкость имеют слои на основе следующей композиции: 25% TiC + 60% (Ti, Cr)B<sub>2</sub> + 5% FeV + 10% ПН (сплав ТХБ).

Химический состав наплавленного металла С = 3,6%; Ti = 14,3%; Cr = 44,7%; В = 8,3%; Ni = 6,1%.

Износостойкость сплава ТХБ при абразивном изнашивании в 2,5–3 раза выше по сравнению с промышленными наплавочными материалами Т-590, БХ.

Высокая износостойкость наплавки ТХБ объясняется высокой степенью легированности наплавленного металла, в котором преобладают структурные элементы с прочными химическими связями и устойчивыми электронными конфигурациями. Упрочняющая тугоплавкая фаза представляет собой сложный карбоборид (Ti, Cr, Fe)<sub>23</sub>(C,В)<sub>6</sub> с твердостью, приближающейся к усредненной твердости чистых карбидов и боридов титана и хрома. Основу наплавки образует аустенитно-мартенситная составляющая, которая прочно удерживает твердые карбобориды.



а)

б)

Рис. 1. Микроструктура наплавленного слоя состава (×500):

а — С = 3,6%; Ti = 14,3%; Cr = 44,7%; В = 8,3%; Ni = 6,1%;

б — С = 3,8%; Ti = 8,5%; Cr = 47%; В = 10,2%; Ni = 4,8%.

**Вывод:** тугоплавкие соединения в силу своих высоких и уникальных характеристик и качеств являются мощным источником создания новых высокоэффективных покрытий с важными физико-техническими свойствами.

#### БИБЛИГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Самсонов Г.В. Наплавочные сплавы на основе тугоплавких соединений. – Киев.: наукова думка, 1978. — 256 с.
2. Самсонов Г.В. Химическая связь, электронное строение и некоторые физические свойства тугоплавких соединений. ИЗВ АН СССР, серия «Неорганические материалы». Т1. №10. 1965.
3. Дудко Д.А., Зеленин В.И., Нетеса И.В. Новые износостойкие композиционные сплавы. Износостойкие наплавочные материалы на основе тугоплавких соединений. – Киев: наукова думка, 1977. — 187 с.
4. Орешкин В.Д., Луговая В.А. Исследование износостойкости карбоборидных покрытий. // Вестник ВолгГАСА. Серия: Технические науки. – ВолгГАСА, 2001.
5. Орешкин В.Д., Луговая В.А., Лобанова Е.Т., Лукина И.Г. Износостойкие покрытия на основе карбоборидов титана на рабочие органы чугунных деталей // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Строительство и архитектура. Волгоград: ВолгГАСУ, 2011. Вып. 21(40). — С. 110–114.
6. Орешкин В.Д., Луговая В.А. Общие закономерности структурообразования при многокомпонентном насыщении наплавленных слоев : сб. трудов юбилейном научно-технической конференции ВолгГАСУ, посвященный 70-летию строительного образования. – Волгоград, 2004. — С. 79–80.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Аброськин Алексей Андреевич** — асп. каф. «Экологическое строительство и городское хозяйство», Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Аброськина Наталья Владимировна** — начальник отдела социально-гигиенического мониторинга, Территориальное управление Роспотребнадзора по Волгоградской области

**Азаров Валерий Николаевич** — д.т.н., проф., зав. каф. «Безопасность жизнедеятельности в техносфере», Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Акчурин Талгат Кадимович** — к.т.н., проф., зав. каф. «Строительные материалы и специальные технологии», Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Алимова Л.А.** — асп. каф. «Строительные материалы и специальные технологии», Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Арапов Евгений Владимирович** — студ. гр. ПГС-2-10, Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Артюхович Юлия Васильевна** — д. филос.н., проф., проф. каф. «Философия», Волгоградский государственный технический университет

**Багиров Камил Алибала оглы** — зам. начальника управления Министерства Чрезвычайных Ситуаций Азербайджанской республики (г. Баку, Азербайджан)

**Базаров Бауржан Ануарханович** — д.т.н., проф., зав. каф. «Строительство и теплоэнергетика», Карагандинский государственный индустриальный университет (г. Темиртау, Казахстан)

**Барabanщикова Татьяна Константиновна** — к.т.н., доц., доц. каф. «Общетеchnические дисциплины», Волжский институт строительства и технологий (филиал

Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета)

**Бардыкова Татьяна Александровна** — студ., Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Бахтояров Владимир Георгиевич** — асс. каф. «Градостроительство», Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Баязитов Василий Дмитриевич** — студ., Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Баят Хусейн Рустам оглы** — преп. каф. «Строительные конструкции», Зенджанский технический университет (г. Зенджан, Иран)

**Белоножкина А.О.** — студ. гр. СМ-4-14, Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Бельщикова А.Н.** — студ. гр. ВиВ-1-10, Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Бережной Дмитрий Андреевич** — студ. гр. ПГС-1-10, Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Богомолов Александр Николаевич** — д.т.н., проф., зав. каф. «Гидротехнические и земляные сооружения», Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет, Пермский национальный исследовательский политехнический университет

**Богомолова Оксана Александровна** — к.т.н., доц., доц. каф. «Математика и информационные технологии», Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Бульчев Георгий Андрианович** — к.т.н., проф. каф. «Нефтегазовые сооружения», Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Бульчев Георгий Раисович** — студ., Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Бурлаченко Олег Васильевич** — д.т.н., проф., зав. каф. «Технология строительного производства», проректор по учебной и воспитательной работе, Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Буров Анатолий Михайлович** — к.т.н., доц., доц. каф. «Нефтегазовые сооружения», Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Вовко Владимир Владимирович** — к.т.н., доц., доц. каф. «Строительные материалы и специальные технологии», Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Габиров Фахраддин Гасан оглы** — к.т.н., с.н.с., зав. лаб. «Механика грунтов, основания и фундаменты», Азербайджанский научно-исследовательский институт строительства и архитектуры (г. Баку, Азербайджан)

**Габирова Лейли Фахраддин кызы** — инженер, нефтяная компания Бейкер-Хьюз (США)

**Габова Виктория Викторовна** — к.т.н., доц. каф. «Нефтегазовые сооружения», Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Голованова Анастасия Сергеевна** — асп. каф. «Строительные материалы и специальные технологии», Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Гончаров Семен Васильевич** — студ. гр. СУЗ-1-12, Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Григорьевский Вадим Васильевич** — к.т.н., доц., доц. каф. «Строительные материалы и специальные технологии», Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Григорьян Грант Артурович** — студ. гр. ПГС-1-10, Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Душко Олег Викторович** — к.т.н., доц., доц. каф. «Нефтегазовые сооружения», Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Зинченко Сергей Михайлович** — , Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина

**Иванов М.В.** — асп. каф. «Технология строительного производства», Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Игнатьев Александр Владимирович** — к.т.н., доц., доц. каф. «Строительная механика», Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Кадыров Жаннат Нургалиевич** — д.т.н., проф., Казахский университет путей сообщения

**Калашникова Евгения Владимировна** — ст. преп. каф. «Экологическое строительство и городское хозяйство», Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Канавец Ульяна Владимировна** — к.т.н., доц. каф. «Нефтегазовые сооружения», Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Карапузова Наталья Юрьевна** — к.т.н., доц. каф. «Энергоснабжение и теплотехника», Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Князев Дмитрий Константинович** — к.т.н., Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Волгоградской области

**Ковтунов Иван Александрович** — студ. гр. ПГС-1-10, Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Козлов Николай Алексеевич** — к.т.н., доц. каф. «Строительные материалы и технологии», Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина

**Козлов Юрий Дмитриевич** — д.т.н., проф., проф. каф. «Строительные материалы и специальные технологии», Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Козлова Инара Энверовна** — магистр, Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина

**Конакбаева Асель Ныгметоллаевна** — к.т.н., доц. каф. «Строительство и теплоэнергетика», Карагандинский государственный индустриальный университет (г. Темиртау, Казахстан)

**Коростелева Наталия Владимировна** — к.т.н., доц., доц. каф. «Экологическое строительство и городское хозяйство», Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Косицына Эльвира Сергеевна** — к.т.н., проф., проф. каф. «Экологическое строительство и городское хозяйство», Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Кочетков Андрей Викторович** — д.т.н., проф., академик, член президиума Российской академии транспорта, главный научный эксперт ФГУП «РОСДОРНИИ», проф. каф. «Автомобили и технологические машины» Пермского национального исследовательского политехнического университета, проф. каф. «Транспортное строительство» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

**Крамер Антон** — магистр каф. «Автомобили и технологические машины», Пермский национальный исследовательский политехнический университет

**Кузьмина Татьяна Алексеевна** — асп. каф. «Водоснабжение и водоотведение», Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Кулькова Юлия Дмитриевна** — студ., Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Лактюшин Вадим Анатольевич** — асп. каф. «Инженерная графика, стандартизация и метрология», Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Луговая Валентина Алексеевна** — к.т.н., доц., проф. каф. «Нефтегазовые сооружения», Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Лукьяница Сергей Валентинович** — к.т.н., доц., доц. каф. «Строительные материалы и специальные технологии», Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Майорова Любовь Сергеевна** — к.т.н., доц., доц. каф. «Строительные материалы и специальные технологии», Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Мамешев Раман Тайрович** — , Западно-Казахстанский аграрно-технический

университет им. Жангир-хана (г. Уральск, Казахстан)

**Мензелинцева Надежда Васильевна** — д.т.н., проф., зав. каф. «Инженерная графика, стандартизация и метрология», Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Москвичева Анастасия Владимировна** — к.т.н., доц. каф. «Водоснабжение и водоотведение», Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Москвичева Елена Викторовна** — д.т.н., проф., зав. каф. «Водоснабжение и водоотведение», Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Нестеренко Екатерина Владимировна** — студ. гр. ГСМ-1-13, Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Олейников Петр Петрович** — к.т.н., доц., проф. каф. «Архитектура», Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Пархоменко Дмитрий Сергеевич** — студ., Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Перфилов Владимир Александрович** — д.т.н., проф., зав. каф. «Нефтегазовые сооружения», Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Петров Всеволод Эдвинович** — асс. каф. «Урбанистика и теория архитектуры», Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Петров Эдвин Юрьевич** — зав. каф. «Архитектурно-проектная практика», Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Полосухин Владимир Александрович** — председатель Регионального отделения в Волгоградской области Общероссийской общественной организации «Российская экологическая независимая экспертиза»

**Поникаровских Р.М.** — асп. каф. «Строительные материалы и специальные технологии», Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Потапова Ольга Кирилловна** — к.т.н., доц., доц. каф. «Строительные материалы и специальные технологии», Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Прокопенко Вячеслав Валентинович** — ст. преп. каф. «Строительство», Волжский институт строительства и технологий (филиал Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета)

**Пушкарская Ольга Юрьевна** — к.т.н., доц., доц. каф. «Технология обработки и производства материалов», Волжский институт строительства и технологий (филиал Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета)

**Пшеничкина Валерия Александровна** — д.т.н., проф., зав. каф. «Строительные конструкции, основания и надежность сооружений», Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Растяпина Оксана Анатольевна** — к.т.н., доц., доц. каф. «Экологическое строительство и городское хозяйство», Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Редван Авадх Мохаммед** — асп. каф. «Безопасность жизнедеятельности в техносфере», Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Роменская Анастасия Сергеевна** — асп. каф. «Строительные материалы и специальные технологии», Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Селиванова Кристина Алексеевна** — студ., Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Сидельникова Ольга Петровна** — д.т.н., проф., проф. каф. «Безопасность жизнедеятельности в техносфере», Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Сидоренко Владимир Федорович** — д.т.н., проф., зав. каф. «Экологическое строительство и городское хозяйство», Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Соколов Петр Эдуардович** — к.т.н., доц., доц. каф. «Строительные материалы и специальные технологии», Волгоград-

ский государственный архитектурно-строительный университет

**Соловьева Т.А.** — асп. каф. «Строительные материалы и специальные технологии», Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Старкова Татьяна Александровна** — магистр, Волгоградский государственный технический университет

**Стефаненко Игорь Владимирович** — д.т.н., первый заместитель председателя правительства Волгоградской области

**Стефаненко Инна Владимировна** — асп. каф. «Инженерная графика, стандартизация и метрология», Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Стеценко Светлана Евгеньевна** — к.т.н., доц. каф. «Экологическое строительство и городское хозяйство», Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Струков Андрей Алексеевич** — генеральный директор ООО «ДорТеХИнвест»

**Томарева Инесса Александровна** — к.т.н., доц. каф. «Нефтегазовые сооружения», Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Тухарели Анастасия Викторовна** — асп. каф. «Строительные материалы и специальные технологии», Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Тухарели Владислав Димитриевич** — к.т.н., доц. каф. «Технология строительного производства», Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Ушаков Андрей Николаевич** — к.т.н., доц., проф. каф. «Математика и информационные технологии», Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Федянина Анастасия Владимировна** — специалист II категории, ООО «ЛУКОЙЛ-Волгоградэнерго»

**Фомина Екатерина Олеговна** — асп. каф. «Безопасность жизнедеятельности в техносфере», Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Халап Наталья Наумовна** — ст. преп. каф. «Строительные конструкции, основа-



ния и надёжность сооружений», Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Цебоева Тамара Кирилловна** — к.т.н., доц., доц. каф. «Строительные материалы и специальные технологии», Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Чердниченко Татьяна Федотовна** — к.т.н., доц., доц. каф. «Технология строительного производства», Волгоград-

ский государственный архитектурно-строительный университет

**Черкесов Анатолий Константинович** — асп. каф. «Водоснабжение и водоотведение», Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

**Ярошик Владимир Викторович** — доц. каф. «Нефтегазовые сооружения», Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

Научное издание

ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ  
СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА РЕГИОНА

Материалы Международной научно-технической конференции,  
3—4 июля 2014 г., Волгоград

Материалы публикуются в авторской редакции

Ответственный за выпуск *А.В. Жиделёв*

Компьютерная правка и верстка *А.В. Жиделёва*

Компьютерный дизайн обложки *А.В. Жиделёва*

Подписано в печать 19.01.2015.

Формат 70x108/16. Бумага офсетная. Печать трафаретная.

Уч.-изд. л. 22,2. Усл. печ. л. 20,0. Тираж 100 экз. Заказ № \_\_\_\_

---

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет»  
Отпечатано в Отделе оперативной полиграфии ВолГАСУ в полном соответствии  
с макетом, предоставленным Отделом научно-информационного обеспечения,  
интеллектуальной и инновационной деятельности ВолГАСУ  
400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1