

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
им. В.Г. ШУХОВА

**НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ**

**ВЕСТНИК**

**БГТУ им. В.Г. ШУХОВА**

**№ 5, 2016 год**

## **Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова**

**Главный редактор:** д-р техн. наук, проф. Е.И. Евтушенко

**Зам. главного редактора:** канд. техн. наук, доц. Н.И. Алфимова

### **Редакционная коллегия по основным направлениям работы журнала:**

академик РААСН, д-р техн. наук, проф. Баженов Ю.М.;

академик РААСН, д-р техн. наук, проф. Бондаренко В.М.;

д-р техн. наук, проф. Богданов В.С.; д-р техн. наук, проф. Борисов И.Н.;

д-р экон. наук, проф. Глаголев С.Н.; д-р техн. наук, проф. Гридчин А.М.;

д-р экон. наук, проф. Дорошенко Ю.А.;

член-корреспондент РААСН, д-р техн. наук, проф. Лесовик В.С.;

д-р техн. наук, проф. Мещерин В.С.; д-р техн. наук, проф. Павленко В.И.;

д-р техн. наук, проф. Патрик Э. И.; д-р техн. наук, проф. Пивинский Ю.Е.;

д-р техн. наук, проф. Рубанов В.Г.; Ph. D., доц. Соболев К.Г.;

д-р техн. наук, проф. Строкова В.В., н. с. Фишер Ханс-Бертрам;

д-р техн. наук, проф. Шаповалов Н.А.

Научно-теоретический журнал «Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова» включен в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора наук.

# СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

<b>Гайда Ю.В., Айзенштадт А.М., Строкова В.В., Нелюбова В.В.</b> ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОЛИМЕРИЗАЦИИ ГЛИОКСАЛЯ – КОМПОНЕНТА ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОЙ ДОБАВКИ ДЛЯ УКРЕПЛЕНИЯ ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ	6
<b>Онопrienко Н.Н., Калачук Т.Г.</b> ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ ДЛЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЖИЛИЩНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА	11
<b>Высоцкая М.А., Денисов В.П., Кузнецов Д.А.</b> ВЛИЯНИЕ ГЕОСЕТКИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ПРИ ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НА СЦЕПЛЕНИЕ СЛОЕВ АСФАЛЬТОБЕТОНА	16
<b>Аниканова Т.В., Рахимбаев Ш.М., Погромский А.С.</b> О КИНЕТИКЕ И МЕХАНИЗМЕ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ИЗВЕСТИ ИЗ СИЛИКАТОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ	20
<b>Зиятдинов З.З.</b> ВТОРОЕ ЖИЛИЩЕ В ТЕОРИИ ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА	26
<b>Выскребенцев В.С.</b> ЗАКОНОМЕРНОСТИ УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТОВ И ВЯЗКИЕ ИХ СВОЙСТВА	30
<b>Носиров Ф.Ж., Мансурова Н.Ш.</b> РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ КРУПНЫХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ	35
<b>Тарасенко В.Н., Дегтев И.А., Голиков Г.Г.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ШУМА В ЗАЛЕ МНОГОЦЕЛЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ СДК СТУДЕНТОВ ПРИ БГТУ ИМ. В.Г. ШУХОВА	39
<b>Кара К.А.</b> ИЗУЧЕНИЕ РАЗМОЛОСПОСОБНОСТИ КВАРЦСОДЕРЖАЩИХ ДОБАВОК КАК КОМПОНЕНТА КОМПОЗИЦИОННЫХ ВЯЖУЩИХ	45
<b>Абашин Е.Г.</b> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЕРЕМЫЧЕК ТИПА 2ПБ26-4 ВИБРАЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ	53
<b>Лопанов А.Н., Фанина Е.А., Гузеева О.Н.</b> КИСЛОТНО-ОСНОВНЫЕ ЦЕНТРЫ ПОВЕРХНОСТИ КВАРЦЕВОГО ПЕСКА В ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ	58
<b>Радоуцкий В.Ю., Шульженко В.Н.</b> ХАРАКТЕРИСТИКА ЗВУКОИЗОЛЯЦИОННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ	64
<b>Ковалев Д.С.</b> ДОХОДНЫЕ ДОМА ЦЕНТРАЛЬНЫХ РАЙОНОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА (1860–1917): ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫЕ И КОНСТРУКТИВНО-ПЛАНИРОВОЧНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	67
<b>Малыхина В.С., Фролов Н.В., Фам Суан Хуан</b> ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ ЗУБЧАТОГО ШИПА В БАЛОЧНЫХ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ	80
<b>Савич М.Л.</b> КОМПОЗИЦИОННОЕ ВЯЖУЩЕЕ ДЛЯ ФИБРОБЕТОНА НА СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСАХ СЕРБИИ	84
<b>Никулин А.И., Обернихин Д.В.</b> ДЕФОРМАТИВНОСТЬ ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТРАПЕЦИЕВИДНОГО СЕЧЕНИЯ С ТРЕЩИНАМИ В РАСТЯНУТОЙ ЗОНЕ	88
<b>Салямова К.Д., Руми Д.Ф.</b> ТРАНСФОРМАЦИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО ОСНОВАНИЯ СООРУЖЕНИЯ ПРИ НЕРАВНОМЕРНОМ УВЛАЖНЕНИИ ГРУНТА	94
<b>Сулейманова Л.А., Погорелова И.А., Сулейманов К.А.</b> ТОПОЛОГИЯ ПОР В ГАЗОБЕТОНЕ	100

## МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

<b>Федоренко М.А., Бондаренко Ю.А., Рыбак Л.А., Бестужева О.В.</b> РАЗРАБОТКА СТАНКА ДЛЯ СВЕРЛЕНИЯ И РАСТАЧИВАНИЯ ОТВЕРСТИЙ В КРУПНОГАБАРИТНЫХ ФЛАНЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЯХ	106
--	-----

# ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

<b>Гвоздевский И.Н.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОНТОЛОГИЙ ДЛЯ УНИФИКАЦИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОМПОНЕНТОВ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ДИСПЕТЧЕРСКОГО УПРАВЛЕНИЯ	110
<b>Брусенцев А.Г., Осипов О.В.</b> ЧИСЛЕННОЕ НАХОЖДЕНИЕ ОБМЕННОЙ МАТРИЦЫ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ ТЕПЛА	116
<b>Лукашенко В.В.</b> РАЗРАБОТКА МЕТОДА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ПОСТРОЕНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ КЛАСТЕРА НА НЕЙРОКОМПЬЮТЕРАХ	125
<b>Латкин М.А., Степанова М.Н., Васюткина Д.И.</b> ОЦЕНИВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО КОМПЕНСАЦИИ ПОТЕРЬ В СЛУЧАЕ АВАРИИ НА ПРЕДПРИЯТИИ	130
<b>Горлов А.С.</b> МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ УДАРНОГО РАЗРУШЕНИЯ ЧАСТИЦ	135

# ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

<b>Убаськина Ю.А., Фетюхина Е.Г., Коростелева Ю.А.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ АДСОРБЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ДИАТОМИТА	140
<b>Барбанягрэ В.Д., Матвеев А.Ф., Смаль Д.В., Москвичев Д.С.</b> МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЗАВОДСКИХ ШАРОВЫХ ТРУБНЫХ МЕЛЬНИЦ	144
<b>Крот О.П., Токаревский В.В., Ровенский А.И., Губаренко А.М., Старостина И.В.</b> ИНСИНЕРАЦИЯ РАДИОАКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ ЗОНЫ ОТЧУЖДЕНИЯ АТОМНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ	147
<b>Кудеярова Н.П., Бушуева Н.П.</b> АКТИВИЗАЦИЯ БЕЛИТОВЫХ ФАЗ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ШЛАКА В ПРИСУТСТВИИ ОКСИДА КАЛЬЦИЯ	151
<b>Бондаренко Н.И., Бессмертный В.С., Борисов И.Н., Тимошенко Т.И., Слабинская И.А., Бондаренко Д.О., Макаров А.В.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ДЕГИДРАТАЦИИ ГЛИНОЗЕМИСТОГО ЦЕМЕНТА В УСЛОВИЯХ НЕИЗОТЕРМИЧЕСКОГО НАГРЕВА	155
<b>Мишин Д.А., Ковалев С.В., Чекулаев В.Г.</b> ПРИЧИНА СНИЖЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЙСТВИЯ МИНЕРАЛИЗАТОРОВ ОБЖИГА ПОРТЛАНДЦЕМЕНТНОГО КЛИНКЕРА	161
<b>Федотова А. В., Шайхиев И. Г., Дряхлов В. О., Абдуллин И. Ш., Свергузова С. В.</b> ВЛИЯНИЕ ВЧЕ ПЛАЗМЫ ПОНИЖЕННОГО ДАВЛЕНИЯ НА СТРУКТУРУ ПОЛИСУЛЬФОНАМИДНЫХ МЕМБРАН И ИХ РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОТНОСИТЕЛЬНО ВОДОМАСЛЯНОЙ ЭМУЛЬСИИ	167

# ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

<b>Авилова И.П., Жариков И.С., Шарапова А.В., Желевский А.В.</b> КОМПЛЕКСНАЯ МОДЕЛЬ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОЕКТА	174
<b>Абакумов Р.Г., Наумов А.Е., Маликова Е.В.</b> МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЭКОНОМИЧЕСКОМУ ВОСПРОИЗВОДСТВУ ЖИЛОГО ФОНДА НА ОСНОВЕ РЕКОНСТРУКЦИИ ДОМОВ ПЕРВОГО ПЕРИОДА ИНДУСТРИАЛЬНОГО ДОМОСТРОЕНИЯ	179
<b>Гаевая М.М.</b> СИСТЕМА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЕЛОВОЙ АКТИВНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ И ИХ ВЗАИМОСВЯЗЬ	184

---

<b>Слабинская И.А., Атабиева Е.Л., Слабинский Д.В., Ковалева Т.Н.</b> ДОБАВОЧНЫЙ КАПИТАЛ: ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И УЧЕТА	190
<b>Романов Р.В.</b> ВЛИЯНИЕ ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА В РОССИИ	196
<b>Наумов А.Е., Щенятская М.А., Товстий В.П.</b> КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОБЪЕКТА НЕДВИЖИМОСТИ КАК ФАКТОР ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОЕКТА	202
<b>Старикова М.С.</b> ОЦЕНКА ОЖИДАЕМОЙ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ПАРТНЕРСКИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКИХ СТРУКТУР	207
<b>Авилова И.П., Наумов А.Е., Крутилова М.О.</b> ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ ЭКООРИЕНТИРОВАННОГО АУДИТА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ	212
<b>Глаголев С.Н., Моисеев В.В.</b> К ВОПРОСУ ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ЭКОНОМИКИ В УСЛОВИЯХ КРИЗИСА	217
<b>Азаренко Н.Ю., Лысенко А.Н.</b> РОЛЬ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА В ПРОЦЕССЕ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ	224
<b>Тараруев В.В.</b> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АЛГОРИТМА ИНТЕГРАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ТОВАРА	229
<b>Никулина О.М., Дружникова Е.П.</b> МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РЫНОЧНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА К РЕКОНСТРУКЦИИ ЖИЛОГО ФОНДА ПЕРВЫХ МАССОВЫХ СЕРИЙ	232
<b>Дадалова М.В.</b> МЕХАНИЗМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ МОЩНОСТЬЮ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ	239
<b>Доможирова О.В., Несмеянова М.Н.</b> МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОПТИМИЗАЦИИ МАТЕРИАЛЬНЫХ ЗАТРАТ НА ПРЕДПРИЯТИИ	244

# СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

*Гайда Ю.В., аспирант,  
Айзеништадт А.М., д-р хим. наук, проф.  
Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова  
Строкова В.В., д-р техн. наук, проф.,  
Нелюбова В.В., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОЛИМЕРИЗАЦИИ ГЛИОКСАЛЯ – КОМПОНЕНТА ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОЙ ДОБАВКИ ДЛЯ УКРЕПЛЕНИЯ ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ\*

309991@mail.ru

*Для укрепления песчаных оснований дорог и инженерных коммуникаций предлагается применение органоминеральной добавки на основе глиоксали и сапонит-содержащего материала. Введение данной добавки повышает удельное сцепление песчаного грунта в 50 раз. С целью оптимизации состава и технологии введения органоминерального стабилизатора в грунт изучена кинетика процесса полимеризации глиоксали в присутствии минеральных наполнителей. В качестве основного экспериментально определяемого информационного параметра использовалась величина поляризационной составляющей поверхностного натяжения опытных образцов модели песчаного грунта. Поверхностное натяжение рассчитывалось методом ОВПК (Оунса, Вендта, Рабеля и Кьельбле). Исследовано влияние на скорость и механизм процесса полимеризации глиоксали протолитических свойств растворителя, которые связаны с величиной рН среды. Методом инфракрасной спектроскопии доказано, что увеличение рН с 3,0 до 6,0 единиц приводит к изменению механизма процесса полимеризации глиоксали, связанного с образованием прочных углерод-углеродных связей.*

**Ключевые слова:** *песчаный грунт, органоминеральная добавка, глиоксаль, сапонит-содержащий материал, полимеризация, протолитические свойства.*

**Введение.** Актуальность развития транспортной инфраструктуры России подчеркивается федеральной целевой программой, направленной на создание единой системы городов, обеспечение экономического роста и повышения уровня жизни населения [1, 2]. Однако, на большей части территорий нашей страны сложные климатические и геологические условия являются сдерживающим фактором для решения данной задачи. Так, в ряде регионов Российской Федерации в верхних слоях земляного полотна преобладают водонасыщенные дисперсные грунты такие, как мелкие и пылеватые пески, глинистые грунты, ил и торф [3]. Данные системы характеризуются нестабильностью свойств при воздействии факторов внешней среды: влаги, температуры, нагрузок и др. Кроме того, развитие транспортной инфраструктуры предполагает рост интенсивности транспортного потока и нагрузок на земляное полотно. Приведенные факторы обуславливают необходимость стабилизации грунтов, залегающих в дорожном основании. Для инъекционного локального закрепления грунтов предполагается использовать органоминеральную добавку на основе глиоксали и сапонит-содержащего материала.

Глиоксаль (ГЛ) представляет собой диальдегид щавелевой кислоты, синтезированный парофазным окислением этиленгликоля [4–9]. Глиоксаль и соединения на его основе широко используются в промышленности [10–12], что обусловлено не только его химической активностью, но и высокой поверхностной активностью данного вещества.

В случае дорожных конструкций, возможность использования глиоксали обусловлена простотой и легкостью процессов его полимеризации. Однако, применение «чистого» раствора глиоксали в данном случае нецелесообразно ввиду низкой эффективности, что связано только с поверхностным омоноличиванием грунта за счет капиллярного испарения воды, движущейся в процессе вверх. Для обеспечения равномерной полимеризации глиоксали авторами предлагается введение в состав добавки минерального компонента – сапонит-содержащий отход (ССО), выступающий в качестве сорбента. Предварительные исследования показали [13, 14], что органоминеральная добавка на основе глиоксали и сапонит-содержащего отхода (ССО) позволяет увеличить удельное сцепление песчаного грунта в 50 раз. Данный эффект обусловлен

усилением межчастичного взаимодействия за счет процесса полимеризации диальдегида. Однако, органический полимер при использовании исходного раствора глиоксаля образуется за счет межмолекулярных связей через кислородный мостик и не обладает достаточной устойчивостью к действию влаги. Вместе с тем, известно [15], что изменение pH среды способно влиять на механизм реакции полимеризации альдегидов с образованием продукта, устойчивого к действию воды за счет новых углерод-углеродных связей. Этот факт объясняется значительной прочностью связи углерод-углерод по сравнению с группировкой атомов углерода, в состав которой входит кислородный мостик. Так, в работе [16] показано, что в случае образования С–О–С энергия связи С–О равна 360 кДж/моль, а энергия связи С–С составляет 598 кДж/моль.

Изменение механизма процесса полимеризации глиоксаля должно отражаться на кинетических характеристиках данной реакции. Поэтому целью исследований, представленных в данной работе, являлось определение кинетики полимеризации глиоксаля с учетом изменения протолитических свойств растворителя.

В качестве основного экспериментально определяемого информационного параметра использовалась величина поляризационной составляющей поверхностного натяжения ( $\sigma_s^p$ ) опытных образцов модели песчаного грунта, рассчитанная методом ОВРК. Эффективность применения данного экспериментального подхода показана в работах [17–19].

**Методика.** В качестве модели песчаного грунта был выбран речной полиминеральный песок месторождения «Краснофлотский-Запад». Песок смешивали с оптимальным количеством глиоксаля (ГЛ), составляющим 0,52 % от массы песка. Полученную смесь уплотняли гидравлическим прессом ПЛГ-20 с рабочим усилием 40 кН, исходя из технологии устройства песчаных оснований дорог. Изготовленные образцы выдерживали при естественных условиях до завершения реакции полимеризации глиоксаля при температуре  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ .

Краевой угол смачивания рабочими жидкостями определяли на установке Easy Drop через определенные интервалы времени, принятые на основе опытных наблюдений. В качестве рабочих жидкостей использовались вода, этанол, этиленгликоль и декан. После серии экспериментов рассчитывали величины поляризационной составляющей поверхностного натяжения.

Для изменения протолитических свойств растворителя в водный раствор ГЛ добавляли раствор гидроксида натрия, исходной концен-

трации 1 моль/л, доводя значение pH от 3,0 до 6,0 единиц. Величину pH контролировали с помощью pH-метра-иономера OYSTER-16.

Колебательные спектры поглощения продукта полимеризации глиоксаля при исследуемых значениях pH среды записывались на ИК-Фурье спектрометре VERTEX 70 в диапазоне от 500 до  $4000\text{ см}^{-1}$ .

#### Результаты исследований.

Зависимости  $\sigma_s^p$  материала от времени при pH=3,0 (исходный раствор) и pH=6,0 раствора ГЛ представлены на рисунке 1. Аппроксимация полученных зависимостей полиномами различной степени показала, что наилучшей коэффициент достоверности ( $R=0,98$ ) имеют полиномы третьей степени. Математические зависимости представлены уравнениями (1) и (2) для pH=3,0 и 6,0 соответственно:

$$\sigma_s^p = 0,00003\tau^3 - 0,0013\tau^2 + 0,0118\tau + 0,0252 \quad (1)$$

$$\sigma_s^p = 0,0029\tau^3 - 0,2037\tau^2 + 2,3002\tau + 47,735 \quad (2)$$

Дифференцирование уравнений (1) и (2) по времени позволило рассчитать скорость процесса полимеризации глиоксаля (рис. 2).

Представленные данные показывают, что величина pH является существенным фактором, определяющим интенсивность процесса полимеризации ГЛ. Так, при pH=3,0 максимальная скорость процесса в 3,5 раза выше, чем при pH=6,0, причем эти значения фиксируются при 15 и 25 часовой выдержки анализируемой системы (соответственно). Следует отметить, что независимо от величины pH наблюдается индукционный период процесса полимеризации (5 часов), связанный, на наш взгляд, с избытком растворителя (в данном случае воды) в реакционной системе. При pH=3,0 глиоксаль полностью полимеризуется через 25 часов. При pH=6,0 процесс протекает медленнее, завершаясь спустя 45 часов.

Изменение кинетических параметров процесса полимеризации может свидетельствовать об изменении его механизма. Записанные ИК-спектры полимерных продуктов при исследуемых уровнях pH полностью подтвердили данное предположение. Так, при pH=3,0 наблюдаются колебания для волнового числа  $1060\text{ см}^{-1}$ , которые характерны для связей С–О–С и отсутствуют в полимере, полученном при pH=6,0. Вместе с тем, колебания при волновых числах 800–930  $\text{см}^{-1}$ , характерные для углерод-углеродных связей С–С, присутствуют в полимерных продуктах, полученных при pH=3,0 и 6,0 [20, 21].

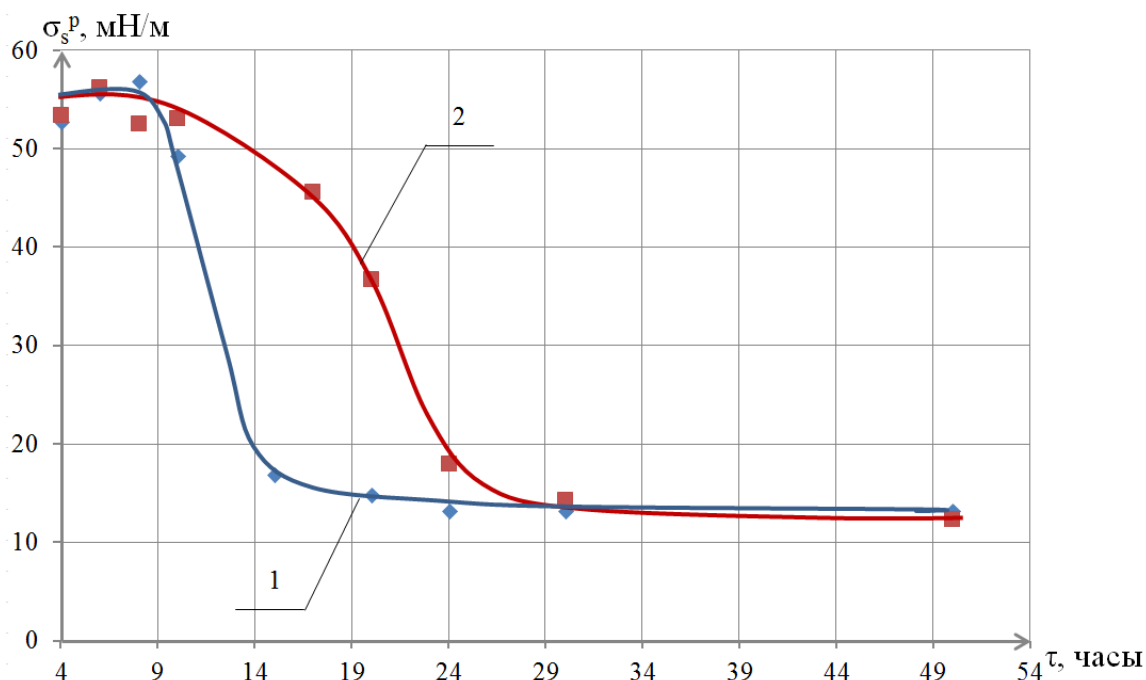


Рис. 1. Изменение  $\sigma_s^p$  во времени при разных значениях pH раствора ГЛ: 1 – pH=3,0; 2 – pH=6,0

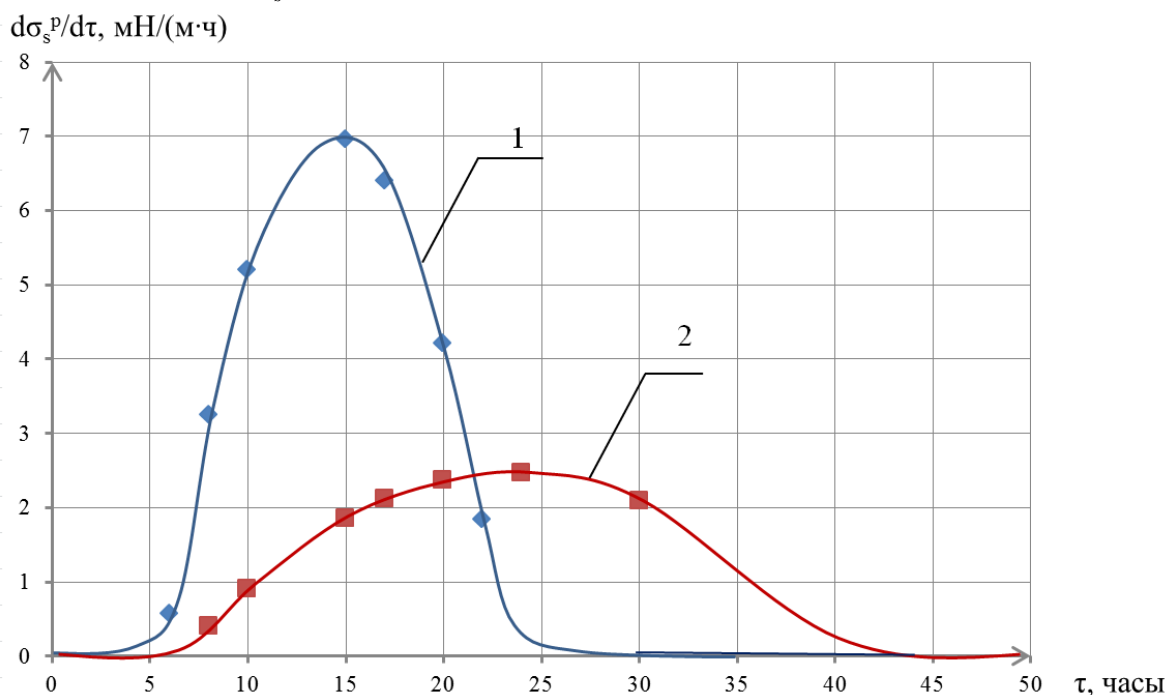


Рис. 2. Изменение скорости процесса полимеризации ГЛ во времени: 1 – pH=3,0; 2 – pH=6,0

**Выводы.** Протолитические свойства растворителя влияют на скорость и механизм процесса полимеризации глиоксала. Увеличение pH растворителя до 6,0, несмотря на увеличение продолжительности процесса, должно способствовать получению полимерного продукта, устойчивого по отношению к внешнему влажностно-температурному воздействию.

*\*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проекты №15-33-50914, 14-41-08024. Исследования выполнены с использованием аппаратной базы Центра высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова.*

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Концепция национальной программы модернизации и развития автомобильных дорог Российской Федерации до 2025 года. М.: Минво трансп., ГСДХ. 2003. 33 с.
2. Постановление Правительства Российской Федерации от 5 декабря 2001 года № 848. О федеральной целевой программе «Развитие транспортной системы России (2010–2020 годы)» (с изменениями на 28 апреля 2015 года) / Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL:



<http://docs.cntd.ru/document/901807416> (дата обращения: 12.05.2015).

3. Лукина В.А., Лукин А.Ю. Временное ограничение движения транспортных средств по автомобильным дорогам Архангельской области // Промышленное и гражданское строительство. 2012. № 10. С. 44–46.

4. Водянкина О.В., Курина Л.Н., Петров Л.А., Князев А.С. Глиоксаль: монография / Томский гос. ун-т. М.: Academia, 2007. 248 с.

5. Князев А.С., Хохлов С.Л., Шмотин В.С., Магаев О.В., Водянкина О.В., Петров Л.А., Курина Л.Н. Перспективы развития технологии синтеза глиоксаля каталитическим парофазным окислением этиленгликоля // Труды VIII Международной научно-практической конференции «Химия – XXI век: Новые технологии, новые продукты». 10–12 мая 2005. С. 257–259.

6. O.V. Vodyankina, G.V. Mamontov, A.S. Knyazev. Oxidation of ethylene glycol to glyoxal: from polycrystalline silver to nanostructured Ag/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/SiO<sub>2</sub> catalyst // 7th World Congress on Oxidation Catalysis. June 9–12 2013. St. Louis, MO USA. St. Louis. 2013. P. 44.

7. Salaev M.A., Kokova D.A., Novikov D.V., Krejker A.A., Knyazev A.S., Vodyankina O.V., Kurina L.N., Menshchikova T.V. On the Kinetics and Regularities of Ethylene glycol Oxidation into Glyoxal // XIX International Conference on Chemical Reactor «Chemreactor-19». Novosibirsk: Boreskov Institute of Catalysis, 2010. Pp. 309–310.

8. Пат. 2340395 Российская Федерация МПК6 В 01 J 23/50. Катализатор для синтеза глиоксаля и способ синтеза глиоксаля / Водянкина О.В., Князев А.С., Магаев О.В., Изаак Т.И.; заявитель и патентообладатель ТГУ и ООО «Глиоксаль-Т». №2007115848/04 заявл. 26.04.2007; опублик. 10.12.2008, Бюл. № 34. 12 с.

9. Vodyankina O., Knyazev A., Magaev O., Kreiker A., Salaev M., Malkov V., Stadnichenko A., Boronin A. New trends in design of catalysts for ethylene glycol oxidation into glyoxal // The 6-th world congress on oxidation catalysis. 2009. Pp. 130–131.

10. Новиков В.Т., Князев Ал.С., Князев Ан.С., Фитерер Е.П., Похарукова Ю.Е., Яркова А.В. Модификация поливинилацетатной дисперсии глиоксалем для получения защитных покрытий и клеёв // Лакокрасочные материалы и их применение. 2012. №10. С. 32–33.

11. Строкова В.В., Князев А.С., Нелюбова В.В., Бондаренко А.И., Лебедев М.С. Перспективы применения глиоксальсодержащих компонентов для производства высокоэффективных композитов строительного назначения // Инновационные материалы и технологии: сб. докл.

междунар. науч.-практ. конф. Белгород, 11–12 октября, 2011. Ч. 4. С. 232–234.

12. Строкова В.В., Князев А.С., Нелюбова В.В., Бондаренко А.И., Лебедев М.С. Химическое модифицирование строительных композитов глиоксальсодержащими компонентами // Катализ: от науки к промышленности: сб. науч. трудов Всерос. конф. / Томский государственный университет. Томск: изд-во Томского политехнического университета, 2011. С. 85–86.

13. Гайда Ю.В., Айзенштадт А.М., Мальков В.С., Фомченков М.А. Органоминеральная добавка для укрепления песчаных грунтов // Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 11. С. 17–21.

14. Гайда Ю.В., Бабаева В.А., Строкова В.В., Айзенштадт А.М. Модификация песчаного грунта органоминеральной добавкой // Теория и практика повышения эффективности строительных материалов: материалы X Междунар. конф. молодых ученых, Пенза: ПГУАС. 2015. С. 37–40.

15. Мальков В.С., Кокова Д.А., Князев А.С., Изаак Т.И., Непомнящих Д.В., Курина Л.Н. Очистка водных растворов глиоксаля от органических кислот методом ионного обмена // Журнал физической химии. 2011. Т. 85. № 4. С. 772–776.

16. Сайкс П. Механизмы реакций в органической химии. 4-е изд. перевод с английского Н. Г. Луценко. М.: «Химия», 1991. 448 с.

17. Строкова В.В., Айзенштадт А.М., Сивальнева М.Н., Кобзев В.А., Нелюбова В.В. Оценка активности наноструктурированных вяжущих термодинамическим методом // Строительные материалы. 2015. № 2. С. 3–9.

18. Яковец Н.В., Крутько Н.П., Опанасенко О.Н. Определение свободной поверхностной энергии порошкообразных смолисто-асфальтовых веществ методом Оуэнса-Вендта-Рабеля-Каелбле // Свиридовские чтения: сб. ст. Минск: Вып. 8. 2012. С. 253–260.

19. Фролова М.А., Тутьгин А.С., Айзенштадт А.М., Махова Т.А., Поспелова Т.А. Применение термодинамического подхода к оценке энергетического состояния поверхности дисперсных материалов // Нанотехнологии в строительстве: научный интернет журнал. 2011. № 6. С. 13–23. URL: <http://www.nano.build.ru>. (дата обращения: 20.06.2015).

20. Купцов А.Х., Жижин Г.Н. Фурье-КР и Фурье-ИК спектры полимеров. М.: Техносфера, 2013. 696 с.

21. Соколова Л.В., Емельянов С.В. (под редакцией И.А. Титорского) Инфракрасная спектроскопия: Учебное пособие. М.: ИПЦ МИТХТ, 2007. 71 с.

---

**Gayda Y.V., Ayzenshtadt A.M., Strokovva V.V., Nelubova V.V.****OPTIMIZATION OF THE POLYMERIZATION PROCESS OF GLYOXAL AS COMPONENT OF ORGANIC-MINERAL ADDITIVE TO FOR SANDY GROUNDS REINFORCING**

*Using of organic-mineral additive based on glyoxal and saponite-containing material is expected to reinforce the foundations of sandy roads and engineering communications. The additive increases specific cohesion of sandy ground up to 50 times. To optimize the composition and the technology of sandy strengthening, the kinetics of the glyoxal polymerization process in the presence of mineral fillers is investigated. As the main experimental information parameter the polarization component of the surface tension of samples of the sandy model ground is used. The surface tension is calculated by OWRK (Ounsa, Wendt, Rabel and Kelble) method. The effect on the rate and polymerization mechanism of glyoxal changing protolytic solvent properties related to medium pH is investigated. By IR-spectroscopy is determined the increase in pH-value from 3.0 to 6.0 units results in a change in the glyoxal polymerization mechanism is associated with the formation of stable carbon-carbon bonds.*

**Key words:** sandy ground, organic-mineral additive, glyoxal, saponite-containing material, polymerization, protolytic properties.

---

**Гайда Юлия Васильевна**, аспирант кафедры композиционных материалов и строительной экологии. Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова.  
Адрес: Россия, 163002, Архангельск, наб. Северной Двины, д. 22.  
E-mail: yu.gayda@narfu.ru

**Айзенштадт Аркадий Михайлович**, доктор химических наук, профессор кафедры композиционных материалов и строительной экологии.  
Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова  
Адрес: Россия, 163002, Архангельск, наб. Северной Двины, д. 22.  
E-mail: a.isenshtadt@narfu.ru

**Строкова Валерия Валерьевна**, доктор технических наук, профессор, директор Инновационного научно-образовательного и опытно-промышленного центра Наноструктурированных композиционных материалов Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.  
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.  
E-mail: s-nsm@mail.ru

**Нелубова Виктория Викторовна**, кандидат технических наук, доцент НИИ «Наносистемы в строительном материаловедении».  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова»,  
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.  
E-mail: nelubova@list.ru

*Оноприенко Н.Н., канд. техн. наук, доц.,**Калачук Т.Г., канд. техн. наук, доц.**Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ ДЛЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЖИЛИЩНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

**dstt\_80@mail.ru**

*Обоснована необходимость проведения комплекса инженерных изысканий для целей индивидуального жилищного строительства (ИЖС). На основании практических наблюдений и научно-технической информации представлены риски при отказе от инженерно-геологических изысканий, а также различные преимущества застройщикам при выполнении инженерных изысканий. Предложено создание специальных научно-проектных центров по инженерным изысканиям для ИЖС, в том числе на базе технических ВУЗов с привлечением перспективных студентов, магистрантов и молодых ученых.*

**Ключевые слова:** инженерные изыскания, индивидуальное жилищное строительство (ИЖС), опасные геологические условия и процессы, научно-проектно-изыскательские центры.

**Введение.** В настоящее время индивидуальное жилищное строительство (ИЖС) приобретает все более масштабный характер. Земельные участки привлекают как их будущих владельцев, так и продавцов, и этому можно найти объяснение. Однако в организации строительства частных домовладений существует ряд слабых мест, в частности, в проведении инженерных изысканий.

В процессе строительства промышленных и гражданских объектов организацией-застройщиком принимают участие множество сторон. Это, в первую очередь, архитекторы, проектировщики, производители строительных материалов, сами строители, изыскатели и прочие. Ответственность за строительство недвижимости в этом случае несет застройщик-компания, упоминаемая в проектной документации, от имени которой заключается сделка с покупателем, и строительство обязательно сопровождается результатами инженерных изысканий.

Индивидуальное строительство имеет свои особенности, в отличие от построек, выполняемых строительными компаниями, поэтому за качество частных строений отвечает владелец земельного участка.

Проведение инженерных изысканий при строительстве частного дома носит лишь рекомендательный характер, что отражается в документах купли-продажи земельного участка. Законодательно проведение инженерных изысканий при ИЖС необязательно, и для строительства достаточно получить разрешение на строительство жилого дома территориальным отделом архитектуры.

Строительство объектов недвижимости различного назначения проводится в разнообразных геологических условиях, что требует соответствующих знаний для правильной оценки геологической обстановки. Тем не менее, за-

стройщики ИЖС не всегда понимают необходимость в проведении инженерных изысканий и считают затраты на выполнение изыскательских работ пустой тратой денег.

Но как показывает практика, такая «экономия» себя не оправдывает: клиентами геологов-изыскателей все чаще становятся участники ИЖС. К сожалению, чаще всего обращения в помощи оказания изыскательских услуг поступают от частных лиц не на стадии подготовки строительства, а на стадии эксплуатации сооружения, когда обнаруживаются проблемы, возникающие от нежелания своевременного проведения инженерных изысканий. Исправить технические ошибки всегда сложнее, чем их избежать, обратившись своевременно к специалистам за квалифицированной помощью.

Не секрет, что стоимость приобретаемых участков довольно высока [1], и зачастую застройщик покупает «кота в мешке», если документы по инженерным изысканиям отсутствуют.

**Особенности инженерно-геологических изысканий.** Необходимость и должная заинтересованность частных застройщиков в проведении изысканий имеют непосредственное отношение как к вопросам безопасности объекта строительства, так и к экономическим аспектам. Рассмотрим эти вопросы подробнее на примере геологических изысканий.

В большинстве случаев на практике инженерно-геологические изыскания при ИЖС не проводятся вовсе по различным причинам, в том числе из-за непонимания важности такого рода исследований для зданий или сооружений.

Застройщики, отказываясь от проведения изысканий, рискуют подвергнуть сооружение разрушительным последствиям, для восстановления от которых потребуются огромные вложения материальных и трудовых затрат. В результате это может привести к сезонным или

постоянным трудно исправимым деформациям и разрушениям строений, перекашиванию полов, стен зданий, трещинам в оконных стеклах, разрушению конструктивных элементов.

Необходимость проведения инженерно-геологических изысканий возникает еще на стадии подготовки проекта. Существуют определенные риски при отказе от инженерно-геологических изысканий при проектировании и строительстве.

Это связано с различными неблагоприятными инженерно-геологическими условиями, которые следует учитывать для обеспечения качества и безопасности строительства [2, 3]:

1. Просадочные грунты. При возведении объекта на таких грунтах возможно использование неверных расчетов по конструкции оснований и фундаментов [3]. Деформация конструкции возникает после намокания основания практически сразу.

2. Слабые грунты. При возведении объекта на слабых грунтах конструкция с течением времени дает неравномерную осадку, что приводит в итоге к деформациям здания и его разрушению.

3. Набухающие грунты. При возведении объекта на набухающих грунтах недопустимы неточности в определении набухающих свойств грунтов. Необходимо разрабатывать рекомендации по предотвращению опасных воздействий вследствие набухания грунта на инженерные сооружения. На практике недооценка этого явления и ошибочно принятые решения приводят к деформации фундаментов и соответственно самих зданий спустя несколько лет после завершения строительства.

Увеличение влажности набухающих грунтов приводит к подъему расположенных в них фундаментов и развитию негативного трения в случае свайных фундаментов, а усадка грунта после высыхания вызывает осадку сооружений. В ряде случаев представляет опасность также и горизонтальное давление набухания на подземные элементы конструкций.

4. Карстовые основания. При строительстве объекта на закарстованных участках не обнаруженные заранее пустоты, просчеты в рекомендациях по конструкции фундаментов в итоге приведут к обрушению сводов пустот и самих возведенных над ними зданий.

К карстовым районам относятся территории, в геологическом разрезе которых присутствуют растворимые горные породы и возможные поверхностные и подземные проявления карста.

Основные типы карстовых деформаций земной поверхности: провалы (представляют главную опасность для сооружений в карстовых

районах) и оседание земной поверхности. В этом случае инженерно-геологические изыскания направлены на контроль процесса развития карстования, а также на регулирование естественного хода карстования путем снижения интенсивности растворения карстующихся пород, воздействием на механизм карстовых деформаций и т.д.

5. Линзы. Основная их опасность заключается в том, что они могут иметь резко отличающиеся характеристики от основной массы грунта. В том случае, когда строительный объект опирается частично на основной грунт и частично на линзу, могут произойти неравномерные осадки, провалы или выдавливание фундамента, аварийную ситуацию в здании.

6. «Плывуны». К «плывунам» относят не отдающие влагу пески. Эти грунты, как правило, имеют хорошую несущую способность, но только до тех пор, пока заперты другими слоями грунтов. При вскрытии таких грунтов они начинают выдавливаться на поверхность, после чего устранить последствия будет чрезвычайно тяжело. Практика показала, что при правильно организованных работах по закладке фундаментов плывуны, обладая малой несущей способностью, могут служить естественным основанием под сооружения, в исключительных случаях целесообразно перейти на свайные фундаменты.

7. Склоны. При возведении объекта на различных склонах неверные результаты определения параметров грунтов могут привести к возникновению нового оползня или же активизации уже существующих. Для Белгородской области, имеющей равнинную поверхность, расчлененную многочисленными речными долинами и густой овражно-балочной сетью, оползневые явления наблюдаются довольно часто.

В проектировании и последующем строительстве зданий на склонах существует много сложностей. Большое значение при этом имеют состав и особенности залегания грунтов, а также грунтовых вод. В некоторых случаях для устранения или ослабления разупрочняющего и разрушающего воздействия подземных вод на грунты, для снижения и ликвидации фильтрационного давления приходится делать искусственное водопонижение.

8. Грунтовые воды. При строительстве здания может происходить поднятие грунтовых вод. Грунтовые воды могут быть агрессивны по отношению к арматуре и бетону и вызывать разрушение фундамента, поэтому при инженерных изысканиях в обязательном порядке выполняется как прогноз подтопленности территории, так и анализ воды либо водной вытяжки.

Кроме этого, важно знать химический состав воды на площадке строительства. Ведь, ес-

ли вода окажется пригодной для питья, то можно полностью отказаться от централизованного водопровода и обеспечить себя водой из скважины.

9. Сейсмические районы. При возведении объектов в сейсмических районах необходимо владеть достоверной информацией о свойствах грунтов, прогнозе возможного подъема уровня грунтовых вод, о тектонических процессах на местности в целях исключения аварий построенных сооружений [4].

Немаловажным фактором, подтверждающим необходимость проведения инженерно-геологических изысканий, является стоимость строительных работ. Стоимость фундамента, построенного с неразумным превышением запаса прочности, в десятки раз может превышать рациональный уровень [5]. Это приводит к значительному перерасходу материалов, но, как видно из вышеизложенного, не защищает, например, от грунтовых вод, от возможных перекосов здания и т.д.

В практике строительства прогрессивными способами уплотнения индивидуальной застройки, позволяющими сэкономить территории РФ и получить дополнительные жилые площади, являются реконструкция зданий, надстройка сооружений, устройство мансард, наращивание ширины зданий, пристройка дополнительных секций. В таких случаях инженерно-геологические изыскания приобретают особое значение. Для качественного выполнения работ по усилению или восстановлению ранее возведенного фундамента, прежде всего, необходимо обследовать подземную и надземную части здания и прилегающие к нему территории [3, 5]. При таких обследованиях возможно выявление причин повреждения здания, таких как неправильная организация отвода поверхностных вод, близость засыпанных оврагов, бывших русл рек и т.п., которые могут нанести ущерб зданию.

В связи с этим местным проектным организациям необходимо накапливать фактический материал по грунтам различного генезиса и состава, что позволит разработать надежные рекомендации по выбору оснований и фундаментов для индивидуальных застройщиков, при этом накопленная база данных должна быть доступна для ИЖС [2].

Кроме этого, при ИЖС часто требуется оценка радиационной и экологической безопасности природных и искусственных строительных материалов, водных объектов. Индивидуальный застройщик не всегда в состоянии самостоятельно провести подобного рода изыскания по причине отсутствия навыков и умений либо необходимого оборудования. Этим вопросом

должны заниматься специализированные организации.

**Перспективы развития инженерных изысканий при ИЖС.** Анализ практических наблюдений и научно-технической информации в области геологических, геодезических, экологических изысканий показывает, что назрела необходимость исправления сложившейся ситуации в области организации проведения инженерных изысканий при ИЖС с целью обеспечения надежности возводимых и построенных зданий и сооружений, а также безопасности жизни и здоровья людей.

Очевидно, что заинтересованы в проведении изысканий обе стороны: и застройщик, и изыскатели.

Технологии строительства с каждым днем совершенствуются, но, несмотря на это, новейшие научные разработки довольно медленно и не в полном объеме внедряются в процесс индивидуального жилищного строительства. В основном застройщики ориентируются на традиционные технологии строительства, которые в некоторых случаях давно устарели, или нецелесообразны с точки зрения геологических условий участка строительства.

В последнее время в качестве рабочей силы при ИЖС привлекаются граждане ближнего зарубежья с относительно дешевой рабочей силой, что только отдалает процесс взаимодействия современных научных разработок с технологией строительства и их практическое внедрение.

Для совершенствования и рационализации ИЖС важно донести информацию до застройщика (например, предложить несколько вариантов устройства фундамента, устройства гидроизоляции, организации водоотвода, благоустройства участка строительства).

В связи с этим считаем перспективным направлением развития инженерных изысканий в РФ создание специализированных организаций – научно-проектно-изыскательских центров – Обществ изыскателей для целей ИЖС. Такие научно-изыскательские центры должны включать всех необходимых специалистов и материально-техническое оснащение по инженерным изысканиям и работать с застройщиками ИЖС в индивидуальном порядке. Как отмечают некоторые исследователи [6], также возможно дополнительно создание системы аттестации части этих специалистов как экспертов.

Совместно над созданием проекта должны работать геологи, экологи, геодезисты. Это позволит принимать наиболее рациональные решения и даст возможность застройщику выбирать себе проект дома и участка, исходя из экономических соображений, не лишенных технических новинок. В перспективе Общества изыскателей

для ИЖС могут работать как самостоятельные организации. Застройщик должен иметь возможность обращаться в такие организации для получения квалификационной помощи, причем стоимость по оказанию подобных услуг должна быть доступной.

Считаем целесообразным создавать Общества изыскателей при технических ВУЗах, осуществляющих подготовку по выпуску специалистов с требуемым набором знаний по инженерным изысканиям. В работе организаций изыскателей должен быть комплексный подход, обязательна взаимосвязь проектировщиков и изыскателей, возможно, с привлечением студентов технических ВУЗов старших курсов и магистрантов. Это позволит ускорить взаимодействие науки и практики и позволит молодым кадрам приобрести необходимый опыт при выполнении инженерных изысканий, работая под руководством квалифицированных специалистов.

#### Выводы.

Подводя итоги, отметим, что индивидуальное жилищное строительство требует в обязательном порядке проведения изысканий для предотвращения дальнейших ущербов от возможных неучтенных ошибок.

Поэтому необходимо включать инженерные изыскания в объемы выполняемых работ по проектированию с рекомендациями по застройке.

Считаем, данная статья может быть полезна изыскателям с точки зрения принятия технических решений и изменения законодательных положений, индивидуальным застройщикам и организациям, сомневающимся в необходимости проведения изыскательских работ, а также молодым ученым и специалистам в области инженерных изысканий.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Затолокина Н.М., Юшин В.А. Актуальные проблемы формирования кадастровой стоимости земель // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2011. Т. 15. № 9. С. 191-194.
2. Калачук Т.Г., Юрьев А.Г., Карякин В.Ф., Меркулов С.И. Повышение несущей способности опорных конструкций в дисперсных грунтах // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 11. С. 73-75.
3. Черныш А. С., Оноприенко Н. Н., Лютенко А. О. Механика грунтов: учебное пособие для студентов дневной и заочной форм обучения (с применением дистанционных технологий), обучающихся по направлениям 270100 - Строительство, 270200 - Транспортное строительство. Белгород: Изд-во БГТУ, 2010. 123 с.
4. Onoprienko N.N., Rahimbaev Sh. M., Degtev I. A., Baskakov P. S. On the issue of improving the quality of domestically produced building mortars // Research Journal of Applied Sciences. Vol. 9. Issue 12. P. 1202-1205. URL: <http://medwelljournals.com/abstract/?doi=rjasci.2014.1202.1205>
5. Черныш А.С., Долженков Д.Ю. Повышение несущей способности фундамента мелкого заложения на обводнённых глинисто-песчаных основаниях пойменных отложений / Научные чтения: сб. материалов конф. Юбилейная Междунар. науч.-практ. конф., посвященная 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова // Белгор. гос. технол. ун-т им. В.Г. Шухова (9-10 окт. 2014 г.), Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. С. 145–158.
6. Богданов М.И. Критический анализ состояния государственной и негосударственной экспертизы проектной документации и результатов инженерных изысканий // Промышленное и гражданское строительство. 2014. №11. С. 3–9.

**Onoprienko N.N., Kalachuk T.G.**

#### PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF ENGINEERING SURVEY FOR INDIVIDUAL HOUSING CONSTRUCTION

*The article substantiates the need for complex engineering surveys for the purpose of individual housing construction (IZHS). On the basis of practical observations and scientific and technical information presents risks of refusal of engineering-geological surveys, as well as a variety of benefits to developers in engineering surveys. The proposed establishment of special scientific project centres on engineering surveys for individual housing construction, including on the basis of technical Universities in attracting prospective students, undergraduates and young scientists.*

**Key words:** *engineering surveys, individual housing construction (IHC), hazardous geological conditions and processes, research and design and exploration centres.*

**Онопrienко Наталья Николаевна**, кандидат технических наук, доцент кафедры городского кадастра и инженерных изысканий

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46

E-mail: dstt@mail.ru

**Калачук Татьяна Григорьевна**, кандидат технических наук, доцент кафедры городского кадастра и инженерных изысканий

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46

E-mail: tatyana.calachuk@yandex.ru

Высоцкая М.А., канд. техн. наук, доц.,  
Денисов В.П., магистрант,  
Кузнецов Д.А., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ВЛИЯНИЕ ГЕОСЕТКИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ПРИ ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НА СЦЕПЛЕНИЕ СЛОЕВ АСФАЛЬТОБЕТОНА

wp@dorsoft.ru

В данной работе произведена оценка влияния различных технологических факторов, таких как температура асфальтобетонной смеси, расход эмульсии для подгрунтовки слоев из асфальтобетонной смеси и других, на качество сцепления слоев дорожной одежды при наличии георешетки. Изучены возможные причины нарушения сплошности покрытия между слоями.

**Ключевые слова:** геосетка, покрытие, асфальтобетон, сцепление между слоями

**Введение.** На протяжении длительного времени, одним из актуальных вопросов дорожной отрасли, является: «Как повысить срок службы асфальтобетонного покрытия?». К одному из направлений, способствующему решению данной проблемы, относится армирование покрытия геосетками. Считается, что при армировании асфальтобетонного покрытия увеличивается структурная прочность асфальтобетона, за счет работы узлов геосетки как анкеров, где звенья являются опорой для крупного заполнителя. При этом геосетка включается в работу на растяжение при изгибе, предотвращая превращение микротрещин в раскрытые трещины.

В соответствии с действующей классификацией работ по капитальному ремонту, ремонту и содержанию автомобильных дорог общего пользования и искусственных сооружений на них при капитальном ремонте и ремонте конструктивные слои из асфальтобетона, армированного геосинтетическими материалами, могут использоваться для усиления усовершенствованных покрытий [1].

При этом отраслевые документы [1, 2], рекомендуют обеспечивать и тщательно контролировать сцепление геосетки с нижним и верхним слоями покрытия, слоев между собой, для дальнейшей их совместной работы [1].

Однако в соответствии с [2], качество сцепления слоев асфальтобетонного покрытия, оценивается визуальным контролем монолитности керна, извлеченного керноотборником из покрытия. С помощью данного метода можно лишь визуально констатировать отсутствие сцепления, но при наличии сцепления оценить его качество и надежность нельзя.

В армированном асфальтобетоне определяющую роль играет сдвигоустойчивость покрытия [3, 4], поэтому одним из основных является испытание на срез асфальтобетонного керна по армирующему материалу. Более того, в паспортах качества ряда геосеток, например Hatelit XP-

50, указывается численное значение сопротивления на сдвиг керна диаметром 15 см по линии расположения сетки, которое должно составлять не менее 15 кН.

**Основная часть.** Как показала практика, в России отсутствует возможность оценки усилия на сдвиг по методике [5]. В связи с чем было принято решение оценить прочность сцепления слоев путем проведения испытания на растяжение при изгибе для образцов – балочек, состоящих из двух слоев асфальтобетона, между которыми уложена геосетка. Функция геосетки - перераспределить возникающие напряжения на нижележащие слои. Для этого она должна эффективно работать в конструктиве, особенно в момент его растяжения при изгибе. В соответствии с этим, путем изучения поведения образцов под действием растягивающих усилий было решено оценивать прочность сцепления между слоями и факторы, которые это сцепление могут обуславливать.

Для этого были изготовлены прямоугольные образцы-плиты асфальтобетона размером 26×32 см. Исследования поведения асфальтобетона при растяжении на изгиб проводились на образцах из асфальтобетонной смеси. При испытаниях использовался битум БНД 60/90 Московского НПЗ. Его содержание составило 5,5 %.

Температура приготавливаемой асфальтобетонной смеси была 160 °С, изготовление образцов-плит осуществлялось при температуре 140 °С в секторном (роликовом) компакторе Infratest 20-4030. Уплотнение горячей асфальтобетонной смеси производилось в специальной форме уплотняющим сектором, имитирующим валец дорожного катка. Методика уплотнения TP ASPHALT 33/2007.

В общем виде технология изготовления образцов плит заключалась в следующем: изготавливалась нижняя часть образца, которая выдерживалась в течении 24 часов при температуре 20 °С, затем на нее наносилась битумная эмуль-



сия, с концентрацией 55 % битума, в соответствии с проектом, из расчета  $0,8 \text{ л/м}^2$ ; после распада эмульсии распределялась геосетка, форма заполнялась смесью и уплотнялась компактором для создания верхнего слоя. Полученные образцы-плиты выдерживались в течение 24 часов, затем из них вырезали образцы-балочки размером  $8 \times 8 \times 32 \text{ см}$  и  $4 \times 8 \times 16 \text{ см}$ , для последующего испытания на растяжение при изгибе.

Для выявления причин отсутствия сцепления между слоями, повлекших за собой дефекты покрытия были изготовлены три серии плит, представляющих собой двухслойную конструкцию. Две из которых с отступлениями от решений, заложенных в проекте.

Серия №1 – полное соблюдение технологии в соответствии с проектом (с розливом битумной эмульсии и укладкой геосетки Hatelit XP-50); конструктив образца: асфальтобетон типа Б 1 марки / геосетка Hatelit / асфальтобетон типа Б 1 марки. Серия №2 – без розлива битумной эмульсии и с укладкой геосетки Hatelit XP-50; конструктив образца: асфальтобетон типа Б 1 марки / геосетка Hatelit / асфальтобетон типа Б 1 марки. Серия №3 – с розливом битумной эмульсии и без укладки геосетки; конструктив образца: асфальтобетон типа Б 1 марки / асфальтобетон типа Б 1 марки

Подготовленные балочки предварительно термостатировались в течении часа при температурах 20 и 50 °С. Для проведения одной серии

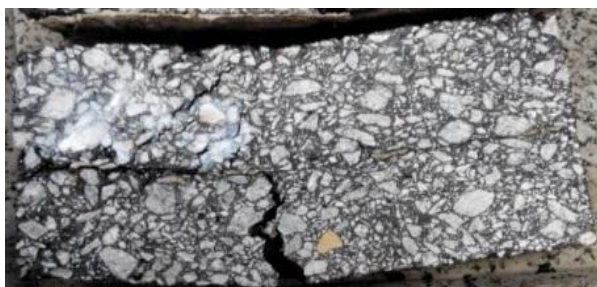


Рис. 1. Вид образца-балочки, выполненной в соответствии со всеми требованиями (серия № 1), в момент разрушения

Однако, в данном случае наблюдается ярко выраженное не только отслоение, но и отделение слоев по границе раздела, по геосетке. Т.е. конструктив не работает как монолит, а геосетка не только не выполняет свою функцию, а является причиной отделения слоев и нарушения сплошности конструкции.

Характер расслоения образцов, выполненных по способу №2, в процессе испытаний, и состояние геосетки, после ее отделения после испытаний, идентичен расслоению образцов кернов из покрытия исследуемого объекта, что, очевидно, было вызвано нарушением техноло-

гических испытаний использовали по 3 образца. Испытание производилось на испытательном электро-механическом прессе ДТС 06-50/100.

В процессе испытаний оценивались показатели разрушающей нагрузки, деформации, а также производилась визуальная оценка сцепления между слоями. При изучении образцов из серии №1, изготовленных в соответствии с полным соблюдением технологии, было зафиксировано, что при приложении растягивающей нагрузки, образец начинает разрушаться в нижней части.

В момент достижения максимальной разрушающей растягивающей нагрузки трещина в нижнем слое образца раскрывается максимально, однако геосетка не позволяет ей продолжить раскрытие в верхнем слое. Т.е. происходит перераспределение нагрузки, и по верхнему слою наблюдается сетка трещин, рис. 1. Расслоения между слоями по геосетке, а тем более отделение слоев не наблюдается.

При изучении образцов из серии №2, изготовленных в соответствии с отступлением от технологии заложенной в проекте (без розлива эмульсии), было зафиксировано, что при приложении растягивающей нагрузки, в нижней части образца наблюдается незначительная трещина. Интенсивность ее раскрытия выражена слабо, более того, ширина ее раскрытия уменьшается и сходит на нет при приближении к границе слоев, рис. 2.



Рис. 2. Вид образца-балочки, выполненной с нарушением требований (без эмульсии, серия № 2), в момент разрушения

гии при укладке геосинтетического материала Hatelit XP-50.

При изучении образцов из серии №3, изготовленных без геосетки и с розливом битумной эмульсии, было зафиксировано, что при приложении растягивающей нагрузки, образец начинает интенсивно разрушаться в нижней части. В момент достижения максимальной разрушающей растягивающей нагрузки, трещина в нижнем слое образца раскрывается максимально, наблюдается сквозная трещина как в нижнем, так и верхнем слое, рис. 3.

Расслоения между слоями, а тем более отделение слоев не наблюдается. Конструкция осталась монолитной после проведения испытания.

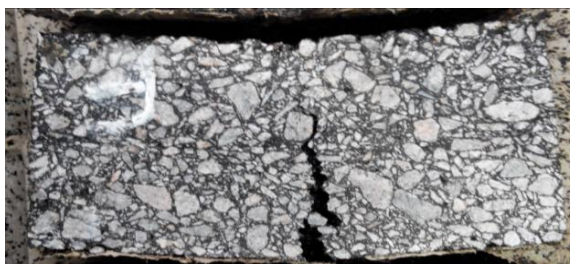


Рис. 3. Вид образца-балочки, выполненной без геосетки (серия № 3), в момент разрушения

Как было отмечено выше, в работе, для оценки усилия на сдвиг образцов, содержащих

геосетку было принято решение использовать метод испытания – «растяжение при изгибе».

В соответствии с планом эксперимента исследования проводились при температурах испытания 20 и 50 °С.

В ходе эксперимента было установлено, что при температуре испытания 50 °С, разрушающая нагрузка на растяжение при изгибе образцов, изготавливаемых без полимерно-битумного вяжущего, крайне мала. Прибор не смог зафиксировать разрушающей нагрузки. В связи с этим, представленные данные, были получены только при температуре испытания 20 °С. Нагружение происходило при скорости 3 мм/мин при расстоянии между опорами 140 мм. На рис. 4 представлены данные по усилию, прилагаемому для разрушения образца размером 40×80×160 мм.

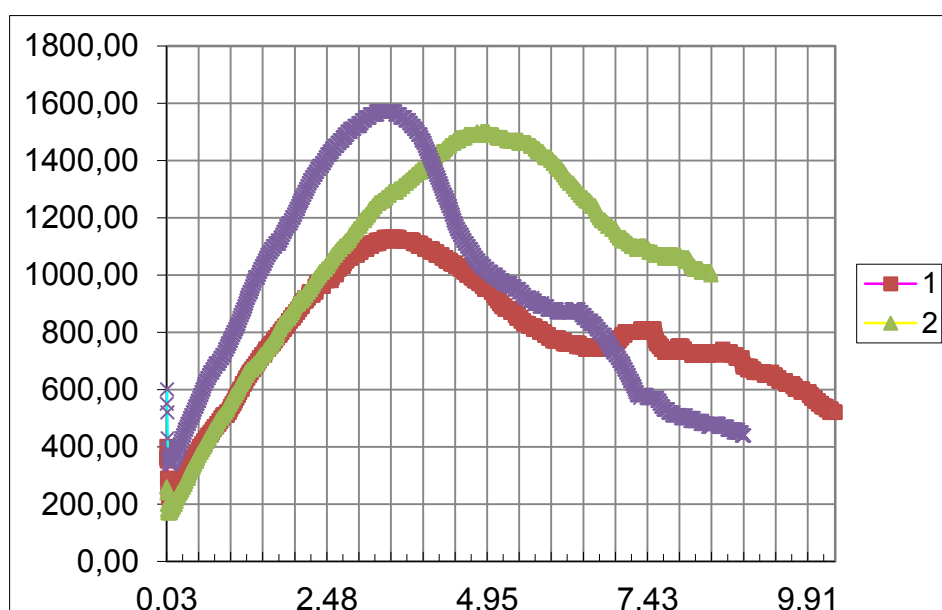


Рис. 4. График показателей усилия, прилагаемого для разрушения образца размером 40×80×160 мм при температуре 20 °С

Максимальной прочностью на растяжение при изгибе характеризуются образцы серии №3 без укладки геосетки, минимальной – из серии №1 выполненные в соответствии с проектными решениями. Однако, как видно из рис. 4, характер разрушения образцов-балочек крайне различается между собой. В связи с этим, наклон кривой, отражающий потерю усилия, выраженный в Н/мм при разрушении является важным показателем, характеризующим способность образцов сопротивляться разрушению. В исследуемых сериях образцов эти показатели потери усилий составили:

- для серии № 1 (полное соблюдение технологии в соответствии с проектом с розливом битумной эмульсии и укладкой геосетки Natelit XP-50) – 123 Н/мм;

- для серии № 2 (без розлива битумной эмульсии и с укладкой геосетки Natelit XP-50) – 150 Н/мм;

- для серии № 3 (без розлива битумной эмульсии и без укладки геосетки) – 230 Н/мм;

Аналогичные испытания были выполнены для образцов-балочек размером 80×80×320 мм при скорости нагружения 3 мм/мин при расстоянии между опорами 300 мм.

Образцы, с отклонением от проектной технологии, без эмульсии, занимают промежуточное значение по прочности. Это свидетельствует о том, что эти образцы способны более равномерно распределять нагрузку по своей площади и в результате этого более длительное время выдерживать максимальную нагрузку без разрушения за счет работы геосетки. Это подтверждает, что при соблюдении технологических

операций по укладке геосетки она выполняет возложенную на нее функцию в покрытии.

**Выводы.** При постановке эксперимента, последовательно поднималась температура, начало плавления сетки было зафиксировано при 165–170 °С. В связи с этим, смесь для верхнего слоя образцов-балочек при воспроизведении расширенного эксперимента была принята в обозначенном интервале. Было установлено, что повышение температуры асфальтобетонной смеси, укладываемой в верхний слой на геосетку, до 170 °С способствует образованию монолитной конструкции и высокому сцеплению между слоями. Это обеспечивается за счет плавления синтетической нетканной основы. Монолитность конструктива наблюдается даже при отсутствии розлива вяжущего.

Обобщая результаты выполнения исследования, можно заключить:

1. На прочность образцов-балочек из асфальтобетона на растяжение при изгибе значительное влияние оказывает температура испытания;

2. Размер образцов-балочек не оказывает влияние на закономерность получаемых результатов (динамику изменения показателей);

3. При соблюдении технологических операций по укладке геосетки она выполняет возложенную на нее функция – перераспределение усилий в покрытии;

4. Отделение верхнего слоя и отслоение геосетки наблюдается при отклонении от проектных решений.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ОДМ 218.5.001-2009. Методические рекомендации по применению геосеток и плоских георешеток для армирования асфальтобетонных слоев усовершенствованных видов покрытий при капитальном ремонте и ремонте автомобильных дорог. Рекомендованы к применению Распоряжением Росавтодора от 26 ноября 2009 г. № 502-р. 53 с.

2. СП 78.13330.2012. Свод правил. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 3.06.03-85. Утвержден Приказом Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) от 30 июня 2012 г. № 272 и введен в действие с 1 июля 2013 г. 53 с.

3. Лукаш Е. А., Кузнецов Д. А., Бабанин М. В. Эффективные асфальтобетонные смеси с использованием модифицированных наполнителей // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. №6. С. 57–60.

4. Высоцкая М. А., Фёдоров М. Ю. Разработка наномодифицированного наполнителя для асфальтобетонных смесей // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. №6. С. 61–65.

5. Geosynthetics in flexible and rigid pavement overlay systems to reduce reflection cracking. Report № FHWA/TX-02/1777-1.– College Station/ 2002 – 298 p.

---

**Vysotskaya M.A., Denisov V.P., Kuznetsov D.A.**

### INFLUENCE OF A GEOGRID AND TECHNOLOGY FACTORS AT ITS USE ON COUPLING OF LAYERS OF ASPHALT CONCRETE

*In this work, the assessment of influence of various technology factors, such as temperature of asphalt concrete mix, an emulsion expense is made for a subprimer of layers from asphalt concrete mix and others, on quality of coupling of layers of road clothes in the presence of a geolattice. Possible causes of infringement of a sploshnost of a covering between layers are studied.*

**Key words:** geogrid, coating, asphalt, adhesion between layers.

---

**Денисов Василий Петрович**, магистрант.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

E-mail: wp@dorsoft.ru

**Высоцкая Марина Алексеевна**, кандидат технических наук, доцент.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

E-mail: roruri@rambler.ru

**Кузнецов Дмитрий Алексеевич**, кандидат технических наук, доцент.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

E-mail: roads-bstu@yandex.ru

Аниканова Т.В., канд. техн. наук, доц.,  
Рахимбаев Ш.М., д-р техн. наук, проф.,  
Погромский А.С. ст. преп.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## О КИНЕТИКЕ И МЕХАНИЗМЕ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ИЗВЕСТИ ИЗ СИЛИКАТОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

anik.tv@yandex.ru

В работе произведена обработка экспериментальных данных по выщелачиванию извести из силикатобетонных образцов водопроводной водой с помощью уравнений, основанных на теории переноса. На основании проделанных расчетов показано, что процесс выщелачивания извести находится под внутренним или под внешним диффузионным контролем в зависимости от состава образцов. Установлено, что причиной низкой водостойкости силикатных материалов является их высокая пористость и большое содержание заполнителя.

**Ключевые слова:** силикатный бетон, выщелачивание извести, водостойкость силикатных бетонов, теория переноса.

**Введение.** Одним из немногих фундаментальных исследований, посвященных стойкости силикатных бетонов в различных агрессивных средах является монография [1]. В этой книге приведен обширный и содержательный фактический материал по долговечности силикатных бетонов в различных агрессивных средах, но отсутствуют достаточно подробные исследования химизма и механизма процессов выщелачивания, карбонизации и других агрессивных воздействий на силикатные бетоны.

Известно, что некоторые гидросиликаты кальция, такие как тоберморит и особенно ксонотлит, основность которых близка к единице, значительно устойчивее к коррозии выщелачивания, чем двухосновные группы CSH (II) по номенклатуре Тейлора. Именно первые являются

основным связующим в силикатном кирпиче и силикатном бетоне автоклавного твердения, тогда как вторые – носители прочности бетонов на основе портландцемента. Несмотря на это, силикатный кирпич и бетоны отличаются низкой водостойкостью, тогда как материалы на основе портландцемента нормального твердения – водостойки. Причина этого парадокса в технической литературе не обсуждается, хотя имеет большое теоретическое и практическое значение.

**Основная часть.** Экспериментальные данные по выщелачиванию извести водопроводной водой из образцов, содержащих в качестве кремнеземистого компонента только немолотый песок [1], представлено на рис. 1.

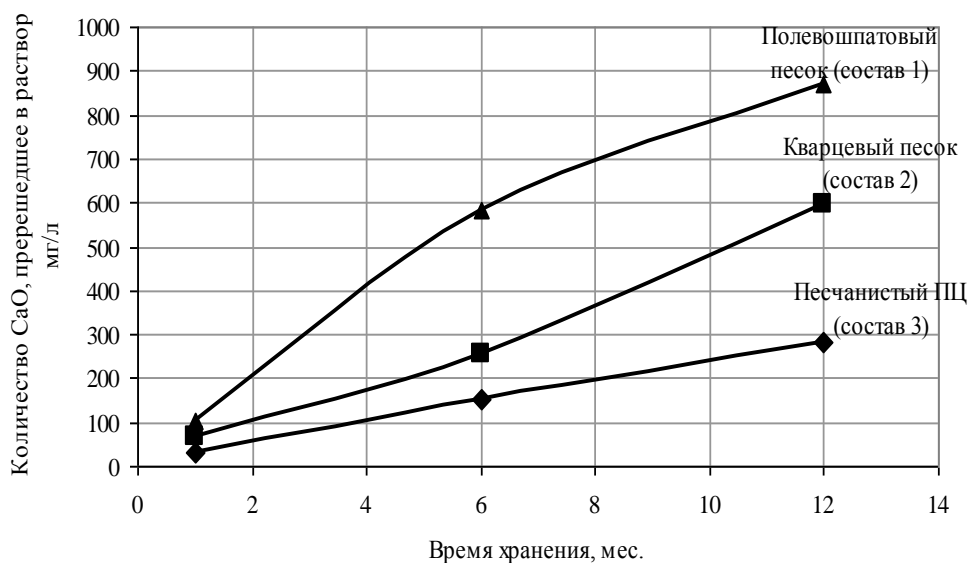


Рис. 1. Кинетика выщелачивание извести водопроводной водой из образцов, содержащих в качестве мелкого заполнителя кварцевый песок, в качестве известково-силикатного вяжущего различные молотые породы: полевошпатовый песок, кварцевый песок, песчанистый портландцемент

Из данных, представленных на рис. 1, видно, что при использовании в образцах силикатного бетона в качестве кислого компонента полевошпатового песка начальная скорость выщелачивания извести значительно выше, чем у образцов, в составе которых использовался кварцевый песок и песчаный портландцемент. Поэтому количество выщелачиваемой извести у состава 1 гораздо больше, чем у составов 2 и 3 после одного года наблюдений, однако с учетом

торможения процесса уже через следующие 1,5 – 2 года количество выщелачиваемой извести у составов 2 и 3 будет больше, чем у образцов состава 1.

Выщелачивание извести водопроводной водой из образцов, содержащих в качестве кремнеземистого немолотого компонента кварцевый песок, а в качестве молотых добавок – 10 % (состав 4), 25 % (состав 5) и 50 % (состав 6) кварцевого песка, представлено на рис. 2.

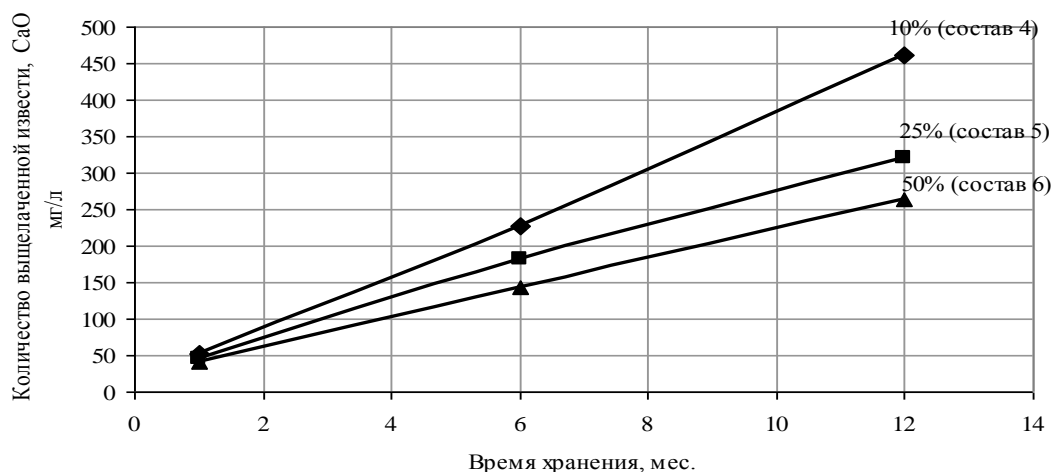


Рис. 2. Кинетика выщелачивание извести водопроводной водой из образцов, содержащих в качестве мелкого заполнителя – кварцевый песок, в качестве кремнеземистого компонента молотый кварцевый песок в количестве: 10 %, 25 %, 50 %

Выщелачивание извести из образцов всех составов происходит с постоянной скоростью. При этом с увеличением дозировки молотого песка уменьшается количество выщелачиваемой извести. У известково-песчаных образцов на основе кварцевого песка с 50 %-ной добавкой молотого песка (состав 6) количество выщелачиваемой извести в более поздние сроки, т.е.

через 6 и 12, месяцев, меньше, чем у составов 4 и 5.

Выщелачивание извести водопроводной водой из образцов, содержащих в качестве кремнеземистого немолотого компонента кварцевый песок, а в качестве молотых добавок – 10 % (состав 7), 25 % (состав 8) и 50 % (состав 9) полевошпатовой породы, представлено на рис. 3.

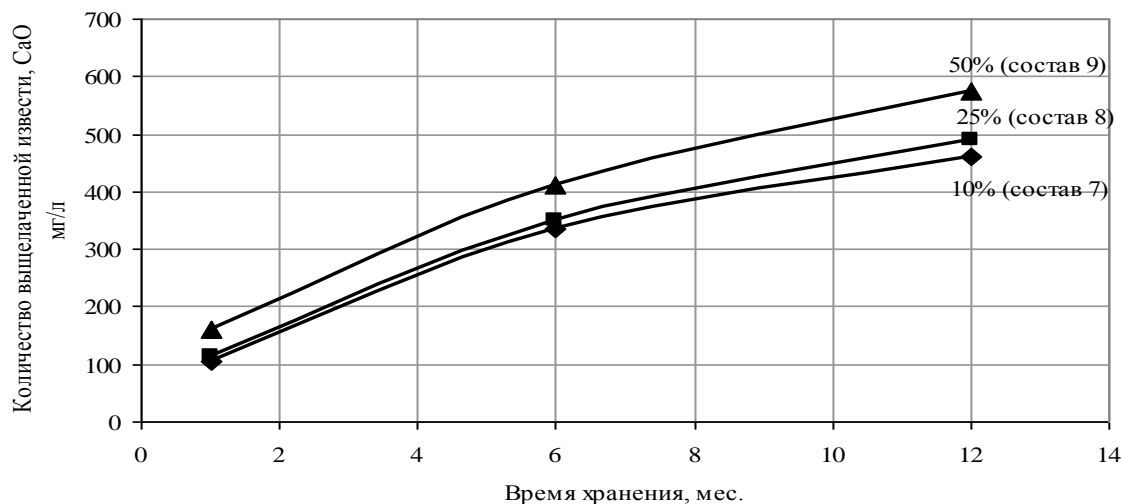


Рис. 3. Кинетика выщелачивание извести водопроводной водой из образцов, содержащих в качестве мелкого заполнителя – кварцевый песок, в качестве кремнеземистого компонента молотую полевошпатовую породу в количестве: 10 %, 25 %, 50 %

Из данных, приведенных на рис. 3 видно, что процесс выщелачивания у образцов, содержащих в качестве молотых кремнеземистых компонентов полевошпатовую породу, постепенно замедляется во времени.

Выщелачивание извести водопроводной водой из образцов, содержащих в качестве кремне-

земистого немолотого компонента кварцевый песок, а в качестве молотых добавок – 10 % (состав 10), 25 % (состав 11) и 50 % (состав 12) каолиновой глины, представлено на рис. 4.

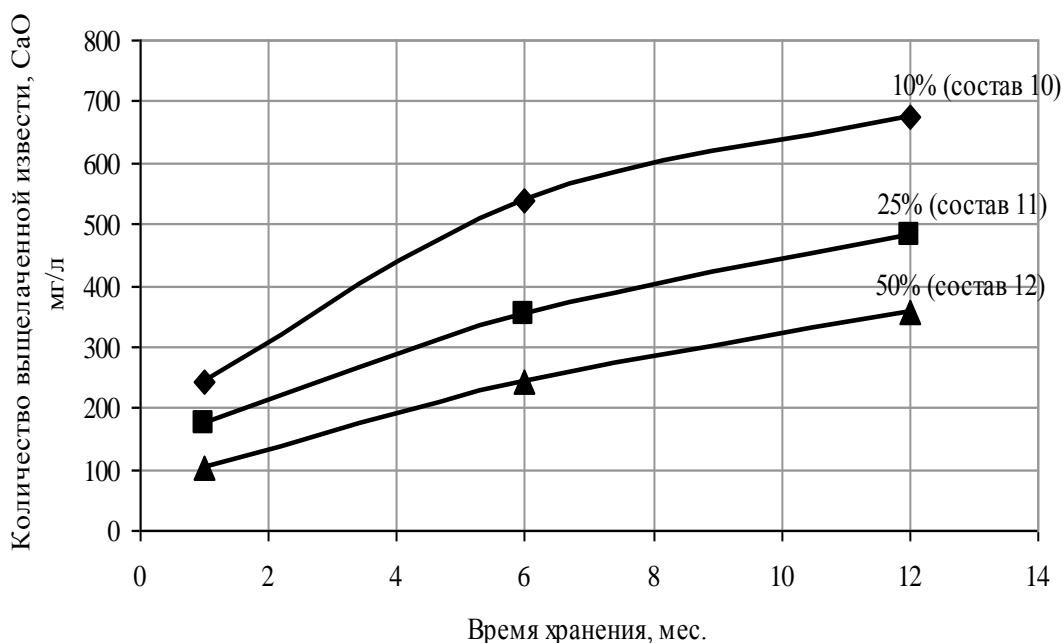


Рис. 4. Кинетика выщелачивание извести водопроводной водой из образцов, содержащих в качестве мелкого заполнителя – кварцевый песок, в качестве кремнеземистого компонента молотую каолиновую глину в количестве: а – 10 %, б – 25 %, в – 50 %

Выщелачивание извести у образцов всех составов замедляется во времени, при этом с увеличением дозировки каолиновой глины уменьшается количество выщелачиваемой извести. Анализ графиков, отражающих кинетику выщелачивания извести из силикатных бетонов различного состава, показал, что последний влияет на механизм выщелачивания извести из цементного камня.

Кинетика выщелачивания извести из известково-песчаных бетонов автоклавного твердения может быть описана уравнениями, основанными на теории переноса [2, 3].

$$\frac{\tau}{m} = \left( \frac{\tau}{m} \right)_0 + k \cdot \tau, \quad (1)$$

где  $\tau$  – время хранения образцов в водопроводной воде, сут;  $m$  – количество извести, перешедшей в раствор, мг/л;  $(\tau/m)_0$  – величина, обратная начальной скорости выщелачивания, сут/(мг/л);  $k$  – коэффициент торможения процесса выщелачивания. Уравнение 1 описывает процессы, происходящие с интенсивным торможением во времени.

Скорость физико-химических процессов зависит, по меньшей мере, от двух факторов: интенсивности поступления ионов кальция из внутренних слоев образца к поверхности, откуда они удаляются в окружающую среду, либо скоростью диффузии ионов кальция от поверхности материала во внешнюю среду. При этом скорость процесса определяется ее самой медленной стадией. Если удаление ионов кальция от поверхности изделия во внешнее пространство больше, чем диффузия этих ионов из внутренних слоев к поверхности, то процесс определяется интенсивностью именно последней стадией процесса. Такой процесс принято считать находящимся под внутренним диффузионным контролем. Если же самой медленной стадией процесса является диффузия ионов кальция во внешнюю среду, то такой процесс принято считать находящимся под внешним диффузионным контролем. Процессы, находящиеся под внутренним диффузионным контролем, могут быть описаны с помощью уравнения 1. Результаты расчетов представлены в табл. 1.

Таблица 1

## Влияние состава образцов на константы выщелачивания извести

Номер состава	Кремнеземистые компоненты		Значения кинетических констант		
	немолотый песок	молотые добавки	начальная скорость $U_0$ , (мг/л)/сут.	коэф. торможения $k_{\text{тор}}$ , (мг/л) <sup>-1</sup>	коэф. корреляции $k_{\text{кор}}$
1	полевошпатовый	-	3,8	0,0004	0,9462
2	кварцевый	-	1,99	0,0004	0,5644
3	песчанистый ПЩ	-	1,04	0,0009	0,9723
4	кварцевый	кварцевый 10 %	1,66	0,0006	0,8187
5	кварцевый	кварцевый 25 %	1,53	0,0014	0,9574
6	кварцевый	кварцевый 50 %	1,29	0,0018	0,9177
7	кварцевый	полевошпатовая порода 10 %	3,96	0,0015	0,9984
8	кварцевый	полевошпатовая порода 25 %	4,33	0,0014	0,9962
9	кварцевый	полевошпатовая порода 50 %	6,02	0,0013	0,9914
10	кварцевый	каолиновая глина 10 %	10,51	0,0012	0,9976
11	кварцевый	каолиновая глина 25 %	6,77	0,0017	0,9871
12	кварцевый	каолиновая глина 50 %	3,7	0,0022	0,9788

Как показали расчеты кинетических констант с использованием уравнения с интенсивным торможением, составы 2, 4, 5, 6 имеют очень низкий коэффициент корреляции (в пределах от 0,56 до 0,95) это говорит о том, что данное уравнение не позволяет достоверно отразить выщелачивание извести из силикатного камня. При этом функция  $\Delta m(\tau)$ , где  $\Delta m$  – количество выщелачиваемой извести,  $\tau$  – время выщелачивания, имеет вид практически прямой линии, что свидетельствует о том, что процесс выщелачивания у указанных составов происходит практически с постоянной скоростью. Причиной этого является то, что в данном случае скорость выщелачивания гидроксида кальция из силикатных материалов лимитируется не скоростью поступления последнего к поверхности, а отводом выщелачиваемых ионов кальция с поверхности образца в окружающую среду.

Для того, чтобы описать математически этот случай, необходимо взять уравнение 1 с интенсивным торможением. При этом коэффициент торможения равен нулю ( $k=0$ ), так как процесс выщелачивания не замедляется во времени. Тогда уравнение примет вид:

$$(\tau/m) = (\tau/m)_0 = \text{const} \quad (2)$$

В связи с этим скорость процесса выщелачивания рассчитывается не по уравнениям теории переноса для процессов, происходящих под внутренним диффузионным контролем, а по уравнению:

$$\Delta U(\tau) = \text{tg} \alpha \cdot M_y, \quad (3)$$

где  $M_y$  – масштабный множитель;  $\alpha$  – угол наклона прямой к оси абсцисс.

Результаты расчета  $\Delta U(\tau)$  для указанных составов представлены в табл. 2.

Таблица 2

## Влияние состава образцов на константы выщелачивания извести

Номер состава	Кремнеземистые компоненты		Результаты расчета		
	немолотый песок	молотый песок	$\text{tg} \alpha$	$M_y$	$\Delta U(\tau)$
2	кварцевый	-	1,1106	0,69	0,76
4	кварцевый	кварцевый 10 %	1,2349	1	1,23
5	кварцевый	кварцевый 25 %	0,9827	0,6	0,59
6	кварцевый	кварцевый 50 %	1,0355	0,75	0,78

Анализ приведенных в табл. 1 и 2 расчетных данных показывает, что внешний диффузионный контроль процесса выщелачивания извести наблюдается в тех случаях, когда в качестве «кислого» компонента используется кварцевый песок, который служит кремнеземистым компонентом и мелким заполнителем. Из-за низкой активности взаимодействия немолотого кварца с известью в системе при автоклавной обработке не образуется достаточного количества гидросиликатного связующего, что не обеспечивает должной плотности и непроницаемости силикатного камня. Если в качестве кремнеземистого компонента известково-силикатной смеси используется каолинистая глина или поле-

вошпатная порода, которые отличаются более высокой размалываемостью, чем кварц, то при автоклавировании образуется больше гидросиликатного связующего и камень обладает большей непроницаемостью, что позволяет перевести процесс из внешнего диффузионного контроля под внутренний.

Отсутствие торможения процесса выщелачивания извести говорит о том, что материал отличается сильной открытой пористостью, следовательно, не является водостойким.

На рис. 5 представлена зависимость начальной скорости и коэффициента торможения от количества молотой полевошпатовой породы.



Рис. 5. Изменение начальной скорости и коэффициента торможения в зависимости от дозировки молотой полевошпатовой породы

С увеличением количества молотой добавки – полевошпатовой породы – до 50 % начальная скорость выщелачивания увеличивается в полтора раза по сравнению с образцами с добавлением 10 % полевошпатовой породы и составляет 6,02 (мг/л)/сут. Снижение коэффициента торможения при этом составило 13 %.

Зависимость начальной скорости и коэффициента торможения от количества молотого кремнеземистого компонента – каолиновой глины представлена на рис. 6.

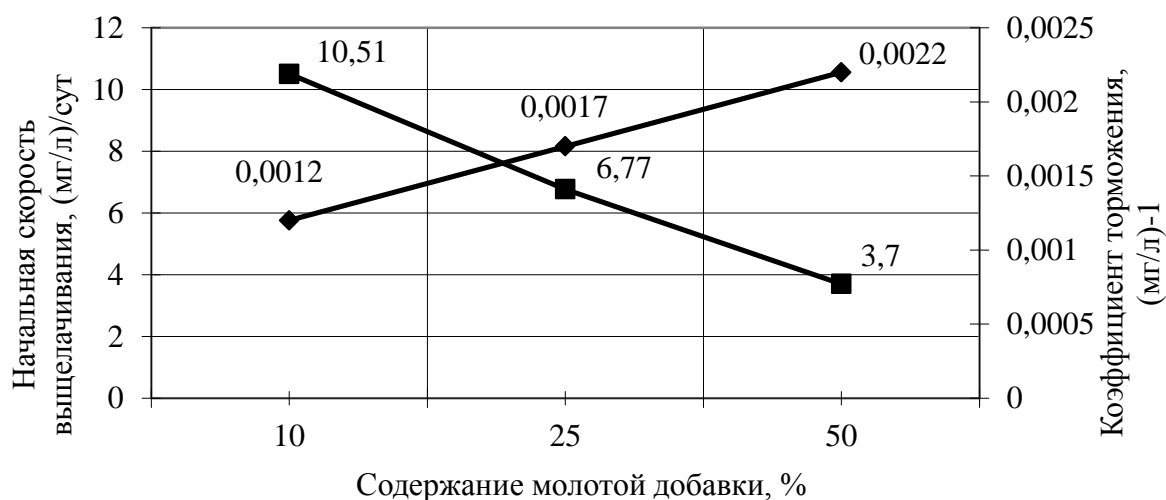


Рис. 6. Изменение начальной скорости и коэффициента торможения в зависимости от дозировки каолиновой глины



С увеличением количества молотой добавки – каолиновой глины – до 50 % начальная скорость выщелачивания снижается на 65 % по сравнению с образцами с добавлением 10 % каолиновой глины и составляет 3,7 (мг/л)/сут. Увеличение коэффициента торможения при этом составило 83 %.

При формировании силикатных бетонов к вяжущему добавляется от 7 до 9 частей немолотого кварцевого песка, который служит мелким заполнителем, поэтому вяжущего не хватает для обволакивания частиц заполнителя, следовательно, путем увеличения гидросиликатного связующего можно повысить атмосферостойкость и водостойкость силикатных материалов.

**Выводы.** На основе изложенного материала можно сделать следующий вывод: причиной низкой водостойкости силикатных материалов является не повышенная растворимость гидросиликатной связки, а высокая пористость материала и большое содержание заполнителя. В силикатных материалах объем связующего относится к заполнителю как 1:7 или 1:9, что значи-

тельно больше, чем в портландцементных системах, где это соотношение составляет 1:2 – 1:4.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бутт Ю.М., Куатбаев К.К. Долговечность автоклавных силикатных бетонов. М.: Стройиздат, 1966. 216 с.
2. Рахимбаев Ш.М. Расчет констант скорости некоторых процессов технологии искусственных строительных конгломератов // Проблемы материаловедения и совершенствование технологии производства строительных изделий. Белгород: Изд-во БТИСМ. МИСИ, 1990. С.184-187.
3. Рахимбаев Ш.М., Аниканова Т.В., Полонёва А.В. К вопросу о применении тепловой энергии для интенсификации процессов твердения поробетонов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 6. С. 66 – 69.

---

**Anikanova T.V, Rakhimbaev Sch. M., Pogromskiy A.S.**

#### **ABOUT THE KINETICS AND MECHANISM OF LEACHING OF LIME FROM SILICATE CONCRETE PRODUCTS**

*In this article was made processing the experimental data on leaching of lime from silicate concrete samples by tap water using equations based on the transfer theory. On the basis of the performed calculations it was shown that the leaching process lime is under internal or external diffusion control, depending on the composition of the samples. Established that the cause of low water resistance of the silicate materials is their high porosity and high content of filler.*

**Key words:** *silicate concrete, lime leaching, water resistance of silicate concrete, the transfer theory.*

---

**Аниканова Татьяна Викторовна**, кандидат технических наук, доцент кафедры архитектурных конструкций. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.  
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.  
E-mail: anik.tv@yandex.ru

**Рахимбаев Шарк Матрасулович**, доктор технических наук, профессор кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.  
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.  
E-mail: niro31@mail.ru

**Погромский Алексей Сергеевич**, старший преподаватель кафедры автомобильные и железные дороги. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.  
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.  
E-mail: pogrom7@yandex.ru

Зиятдинов З.З., канд. арх., доц.

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

**ВТОРОЕ ЖИЛИЩЕ В ТЕОРИИ ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА****z.uf@yandex.ru**

*Приведены статистические данные по развитию второго жилища в мире и в России. Определены основные направления исследований по тематике второго жилища и показаны основные теоретические и практические градостроительные проблемы строительства загородных домов для отдыха. Отсутствуют общепринятая однозначная терминология и классификация по второму жилищу. Необходимость сноса садовых домов ведет к нереализуемости генеральных планов городских и сельских поселений. Автомобилеполюки ко вторым жилищам влияют на формирование транспортных инфраструктур. Определение типов и этажности жилой застройки необходимо выполнять с учетом порождаемых многоэтажным жильём загородных садово-дачных домов. Не изучена тенденция нахождения во владении семьи нескольких садово-дачных участков и сельских односемейных домов. Не определены масштабы приобретения второго жилища нерезидентами. Не изучен тренд приобретения жителями сел второго жилища в виде квартиры в крупном городе. Не исследованы ареалы экспансии второго жилища в пространственно-временном континууме.*

**Ключевые слова:** второе жилище, дачи, садовые участки, летние дома, дачные поселки, садоводческие товарищества.

**Введение.** На сегодняшний день численность вторых жилищ в мире составляет 420 млн. единиц. Суммарная площадь занимаемой вторыми жилищами территории равна 42 млн. га или 420 тыс. кв. км, что составляет 0,282 % от территории суши земли и превышает площади территорий таких отдельно взятых государств, как Германия, Великобритания, Норвегия, Италия и т.д., – всего 134 страны [1]. Количество вторых жилищ постоянно увеличивается. Темпы увеличения числа вторых жилищ в развитых странах превышают темпы роста населения и темпы роста строительства первых жилищ [2].

В России более 70 % всех семей в стране имеют второе жилище: дачные и садовые дома, реконструированные или заново построенные односемейные дома в сельских поселениях, коттеджи в современных дачных поселках, вторые квартиры в курортных городах и поселках, загородные усадьбы, замки, дворцы, поместья и др. [2, 3]

Развитие второго жилища требует значительных капиталовложений и вызывает изменение структуры землепользования и перераспределение собственности на земельные ресурсы. Происходит трансформация застройки пригородных зон крупных и крупнейших городов, увеличивается плотность поселений и плотность дорожно-транспортной сети, появляются массовые маятниковые потоки горожан к загородным вторым жилищам и обратно, частично меняется образ жизни владельцев загородной недвижимости. Обостряются существующие и возникают новые градостроительные проблемы формирования городских и сельских поселений [3], которые до настоящего времени в достаточной мере не рассматривались и не изучены.

**Методика.** Для получения представляемых результатов применены следующие методы исследований:

1. изучение отечественных и зарубежных трудов по истории зарождения и распространения второго жилища и сведение и обобщение их результатов в табличной форме;

2. сопоставление и группировка статистических данных по развитию второго жилища в разные периоды времени,

3. графоаналитический метод рассмотрения проектных и картографических материалов: кадастровые планы, топографические съемки в М 1:500, 1:2000 и 1:5000, спутниковые карты;

4. интервьюирование по заранее подготовленным опросным листам экспертов-ученых и практиков в области градостроительства. Всего было опрошено 11 экспертов: кандидаты архитектуры и технических наук, работающие в ПГУАС; ГАПы проектных организаций г. Пензы; председатели садоводческих товариществ; руководители местных администраций; ученые-градостроители из ЦНИИП градостроительства РААСН.

**Основная часть.** Для определения градостроительной стратегии развития второго жилища во взаимосвязи с формированием градостроительных систем разных территориальных уровней необходимо решить ряд теоретических и практических проблем.

Прежде всего возникает теоретическая проблема определения причинно-следственных связей развития второго жилища и принципиальной градостроительной оценки данного явления как массового явления современной градостроительной практики, выявления его истоков и последствий для развития населенных мест. Нет

ответа на главный вопрос: что есть второе жилище с градостроительной точки зрения, как к нему относиться, когда, на каком историческом этапе оно появилось, каковы его функции.

К теоретическим проблемам можно отнести отсутствие общепринятого определения понятия «второе жилище», что обуславливает проблему создания единой международной методики статистического учета количества вторых жилищ: в различных странах подсчет их числа ведется по-разному, учитываются разные типы вторых жилищ. Не составлена градостроительная классификация второго жилища и поселков вторых жилищ с учетом мирового опыта их развития. За последние годы появились новые виды и формы второго жилища, которые не освещены в специальной литературе. Не изучены принадлежащие горожанину вторые жилища в виде квартиры в крупном городе, а также в виде односемейного дома в том же городе, в котором расположено и первое жилище. Не рассматривалась тенденция приобретения жителями сельских поселений и малых городов жилья в многоквартирных домах для использования его в качестве второго жилища. Не освещены примеры владения одной семьей двумя коттеджами, один из которых является вторым жилищем, при различных вариантах их размещения. Отсутствует классификация мобильного второго жилища.

Еще одной теоретической проблемой является необходимость инновационного подхода к изучению явления «второе жилище», заключающегося в рассмотрении вторых жилищ, характерных не только для нашей страны, в общемировом контексте их развития и выявлении на этой основе общемировых тенденций экспансии второго жилища.

Отсутствуют рекомендации по учету явления второго жилища при проектировании городских и сельских поселений различной величины: не определен механизм взаимосвязи развития второго жилища с формированием архитектурно-планировочной структуры города.

Не исследована проблема социально-экономической эффективности функционирования архитектурно-планировочных структур поселений во взаимосвязи с возникновением и ростом поселков вторых жилищ. Расположенные в границах территории города вторые жилища снижают компактность формы его плана, увеличиваются затраты времени на передвижения и протяженность инженерных коммуникаций в связи с необходимостью обхода садовых и дачных участков.

Развитие второго жилища вызывает обострение проблемы реализации генеральных планов городских и сельских поселений. Пока-

зательным примером в этом отношении является существующий с 1956 года дачный поселок «Речник» в структуре Москвы, снос которого предусмотрен генпланом города. Однако, несмотря на отсутствие у дачников правоустанавливающих документов на земельные участки и несмотря на неоднократные судебные решения о сносе строений, «Речник» продолжает функционировать в прежних территориальных границах [4].

Обостряются проблемы формирования транспортных инфраструктур: возникают новые маятниковые автомобилепотоки владельцев вторых жилищ от мест проживания к поселкам вторых жилищ. Интенсивность этих потоков достигает максимума в выходные дни в период дачного сезона, особенно на вылетных городских магистралях: в первой половине дня – по направлению из города в пригород, в вечернее время – в обратном направлении. Величина интенсивности потока может быть весьма значительной и достигать 3 – 4 тыс. транспортных единиц в час.

Возникает острая проблема определения объемов строительства вторых жилищ, которая не получила решения до настоящего времени: отсутствует методика расчета количества требуемых вторых жилищ населения сельских и городских поселений в различных градостроительных ситуациях. Отсутствуют прогнозы развития на ближайшую и отдаленную перспективу различных видов второго жилища.

Не решена проблема размещения поселков вторых жилищ – не разработаны рекомендации по расчету потребных для них территорий и по их размещению в планировочных структурах систем расселения [5, 6].

Становится актуальной проблема определения типов и этажности жилой застройки. Она обусловлена тем, что строительство жилых домов без приусадебных участков неизбежно вызывает развитие второго жилища и тем самым – новые значительные затраты на возведение загородных домов и обустройство их участков. В связи с этим возникает необходимость рассмотрения альтернативы: с одной стороны – малоэтажная жилая застройка с приусадебными участками, которая исключает развитие второго жилища; с другой стороны – многоэтажная жилая застройка и загородные вторые жилища ее жителей.

До настоящего времени по тематике, касающейся второго жилища, проводились исследования по следующим основным направлениям:

- рекреационные возможности второго жилища;

- историко-временные, пространственно-географические, юридическо-правовые, социально-экономические и природно-экологические аспекты развития второго жилища;

- организация архитектурно-планировочной структуры поселков вторых жилищ;

- объемно-планировочные, конструктивные и стоимостные характеристики второго жилища.

В зарубежных странах явление «второе жилище» изучается более широко, чем в России. За рубежом ежегодно проводятся посвященные второму жилищу научно-практические конгрессы и симпозиумы, семинары, конференции, по рассматриваемой тематике защищены десятки диссертаций, ежемесячно публикуются сотни научных статей, выпущены десятки монографий [7], в отличие от России, где за последние 35 лет опубликована одна монография «Второе жилище горожан или дом на природе», и защищена одна докторская диссертация по специальности 05.23.21 (Архитектура зданий и сооружений. Творческие концепции архитектурной деятельности) [8]. По градостроительной специальности (05.23.22) докторские диссертации по рассматриваемой тематике отсутствуют, а последняя кандидатская диссертация защищена в 1990 году.

Зарубежный опыт строительства загородного сезонного жилья в отечественной градостроительной теории не рассматривался и не изучен в достаточной мере. Градостроительные проблемы развития второго жилища рассматривались фрагментарно, без комплексного и системного изучения [9].

Не определена специфика развития второго жилища в зависимости от мест проживания их владельцев. Не изучена тенденция приобретения нерезидентами второго жилища вне страны основного проживания, отсутствует прогноз этой тенденции и ее градостроительные последствия. Не выявлена специфика развития второго жилища в зависимости от величины поселения основного места проживания владельцев второго жилища. Не рассматривались случаи принадлежности одной семье нескольких вторых жилищ.

Не исследовались ареалы его распространения во времени и пространстве. Не выявлено, изменяется ли с течением времени длительность пребывания во втором жилище. Не рассматривался вопрос распространения второго жилища на территории городов.

Не рассматривалось развитие второго жилища как одно из проявлений так называемого «бегства из городов» как отражение несовер-

шенства современных городских и сельских поселений [10].

#### **Выводы.**

1. Развитие второго жилища как массовое явление современной градостроительной практики не может не отражать экзистенциальных тенденций формирования градостроительных систем разных уровней и требует научно-теоретических и эмпирических исследований.

2. В связи с высокими темпами развития второго жилища и недостаточной его изученностью в нашей стране сложилось положение, когда практическая сторона проблемы опережает ее теоретическую разработку. Фактически отсутствует необходимая инструктивно-нормативная литература по градостроительным проблемам развития второго жилища. Отдельные рекомендации, выдвигаемые НИИ и некоторыми авторами, предложены до периода наиболее интенсивного развития второго жилища и не отражают современных его тенденций. Возникает ряд неизученных проблем взаимосвязанного развития населенных мест с поселками вторых жилищ в системах расселения. За счет включения территорий вторых жилищ в структуру городов снижается компактность формы городского плана. Появляются новые и усиливаются существующие транспортные потоки от мест проживания горожан к местам расположения вторых жилищ. Снижается степень реализуемости генеральных планов развития населенных мест в связи с необходимостью во многих случаях сноса поселков вторых жилищ для освобождения площадей под новое строительство.

#### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Conference of European Statisticians. Ownership of second homes in a globalized world. The World Tourism Organization. UN Economic and Social Council. Distr.: General. February 17, 2010.

2. Зиятдинов, З.З. Инновации в изучении второго жилища // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. №4. С. 11–15.

3. Зиятдинов, З.З. Градостроительные проблемы развития второго жилища // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2014. № 1. С. 25–27.

4. Разрушка, заброшка, заморозка // Русская планета. URL: [http://rusplt.ru/society/rechnik\\_now.html](http://rusplt.ru/society/rechnik_now.html) Дата обращения 11.02.2016.

5. Махрова А.Г. Особенности стадийного развития московской агломерации // Вестник московского университета. Серия 5. География. 2014. № 4. С. 10–16.

6. Нефедова Т.Г. Российские дачи как социальный феномен // SPERO / №15 Осень – Зима 2011. С. 161 – 172.

7. Marcouiller D. W., Gartner W. F., Chraca A. Recreational Homes and Planning in Gateway Communities: University of Wisconsin – Madison. Department of Urban and Regional Planning // Working Paper 13-2. March 8, 2013. 40 Pp.

8. Поморов С.Б. Второе жилище горожан компенсационного типа: Дис. на соиск. Степ. докт. Архитектуры: 05.23.21. М., 2005. 417 с.

9. Трейвиш А.И. «Дачеведение» как наука о втором доме на западе и в России // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2014. № 4. С. 22-32. DOI:10.15356/0373-2444-2014-4-22-32.

10. Карташова К.К. Жизнедеятельность населения в условиях урбанизации // Экология урбанизированных территорий. № 1. 2006.

---

**Ziyatdinov Z.Z.**

### **SECOND HOME IN THE URBAN PLANNING THEORY**

*The statistical data for the development of second homes in the world and in Russia. The main lines of research on the subject of the second home and shows the main theoretical and practical urban planning problems construction of country houses for rest. There are no generally accepted unambiguous terminology and classification of the second housing. The need of demolition of houses leads to serializenode master plans of urban and rural settlements. Automobilewoche second homes influence the formation of transport infrastructures. Determining the types and number of storeys of residential development must comply with the accounting generated by multi-storey housing suburban garden and Villa homes. Not studied the trend of being in possession of a multiple family garden-suburban areas and rural single-family houses. Not defined the scope of the acquisition of second homes by non-residents. Not studied the trend of acquiring second homes villagers in the form of an apartment in a major city. Unexplored areas of expansion of the second dwelling in the space-time continuum.*

**Key words:** *second housing, dachas, garden plots, summer houses, holiday villages, gardening companies.*

---

**Зиятдинов Зуфар Закиевич**, кандидат архитектуры, доцент кафедры основ архитектурного проектирования. Пензенский государственный университет архитектуры и строительства.  
Адрес: Россия, 308012, Пенза, ул. Беяева, д. 46.  
E-mail: z.uf@yandex.ru

Выскребенцев В.С., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ЗАКОНОМЕРНОСТИ УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТОВ И ВЯЗКИЕ ИХ СВОЙСТВА

vovagjan@mail.ru

В статье рассматривается сопротивление материалов, их уплотняемость и эффективность применения уплотнителей, а также влияние относительной плотности на вязкость и устойчивость структуры. Уделяется внимание циклам опытов, при различных влажностях для уплотнения суглинистого материала. Выявлено, что при оптимальных влажностях и толщинах слоев достигается плотность грунта 0,98...1,0 от плотности стандартного уплотнения. Получены значения максимальных вертикальных напряжений в нижней части уплотняемого слоя. Установлено, что наиболее интенсивно изменяются свойства глинистых, менее – песчаных. Для песчаных наиболее эффективным средством является увеличение уплотняющих нагрузок. Уплотнение грунта происходит под воздействием суммарного импульса, который возрастает от прохода к проходу, причем более интенсивно для супесей, чем для суглинков.

**Ключевые слова:** вязкие свойства, структура, дорожная одежда, суглинистый грунт, плотность грунта, уплотняющие нагрузки, импульс воздействия.

Для уточнения числа проходов грунтоуплотняющих машин по грунту, плотность грунта в сухом состоянии и оптимальной его влажности, времени уплотнения, минимального расстояния от уплотняющих механизированных средств до строительных конструкций, необходимо выполнять опытные уплотнения грунта непосредственно на строительной площадке [1, 2]. Основной технологической операцией при строительстве земляного полотна является послойное уплотнение грунтов [3, 4]. Сопротивление материалов определяет их уплотняемость и эффективность применения уплотнителей.

С увеличением относительной плотности коэффициент вязкости вначале возрастает, потом уменьшается. Это объясняется тем, что при больших плотностях в грунтах формируется неустойчивая структура, которая при загрузке разрушается с образованием новых контактов и вытеснением из них слоев менее вязкой воды.

При больших влажностях ( $S_r \approx 1,0$ ) в начале процесса изменения плотности сухого грунта процесс протекает также по линии увеличения числа контактов. При малых и больших влажностях увеличение плотности сухого грунта происходит за счет сближения частиц, лишь при  $\rho_d > 1,45$  и  $S_r \approx 0,7$  начинает происходить процесс разрушения агрегатов и начинает уменьшаться вязкость.

Основной цикл опытов производился при влажностях суглинистого грунта, больше оптимальной по стандартному уплотнению (0,25), оптимальной (0,22) и меньшей (0,18). Для суглинка оптимальная толщина, при которой обеспечивается максимальная плотность после последнего (7-го) прохода, является: при влажности 0,25 – 0,20 м; 0,22 – 0,12 м; 0,18 – 0,11 м. Таким образом, опыты производились при толщине большей, равной и меньшей оптимальных (табл.1).

Таблица 1

Зависимость плотности сухого грунта от числа проходов катка

№ опытов	Тип грунта	Влажность $W$	Толщина слоя $H$ , м	Плотность сухого грунта $\rho_d$ , г/см <sup>3</sup> , после проходов катка				
				0	1	3	4	5
1	суглинок	0,216	0,28	0,94	1,33	1,43	1,48	1,52
2		0,214	0,22	0,91	1,41	1,44	1,51	1,55
3		0,217	0,11	0,95	1,46	1,48	1,50	1,49
4	суглинок пылеватый	0,187	0,10	0,88	1,33	1,51	1,53	1,55
5		0,179	0,20	0,84	1,35	1,44	1,49	1,49
6		0,172	0,30	0,91	1,29	1,39	1,43	1,42
7	супесь	0,127	0,35	1,25	1,53	1,55	1,56	1,58
8		0,119	0,25	1,13	1,47	1,52	1,54	1,55
9		0,114	0,15	1,15	1,43	1,49	1,51	1,53
10	песок	0,042	0,30	-	-	-	1,33	1,40
11		0,047	0,20	-	-	-	1,27	1,38
12		0,049	0,10	-	-	-	1,25	1,37

При оптимальных влажностях и толщинах слоев были достигнуты плотности грунта 0,98...1,0 от плотности стандартного уплотнения, в других случаях несколько меньшие значения. При влажностях 0,22...0,24 и толщине слоя 10 см была достигнута плотность

сухого грунта меньше, чем при большей толщине, что объясняется развитием сдвигов и уплотнений. Значение максимальных вертикальных составляющих напряжений в МПа в нижней части уплотняемого слоя, по проходам тяжелого катка представлены в (табл. 2).

Таблица 2

**Зависимость вертикальных напряжений от числа проходов катка**

№ опытов	Проходы колеса катка			
	1	2	5	7
1	1,07	2,17	2,55	2,27
2	1,01	2,06	2,19	2,09
3	2,03	2,01	2,55	2,88
4	3,63	3,79	3,88	3,99
5	2,13	2,72	2,93	3,13
6	0,99	2,03	2,13	2,27
7	3,77	2,89	3,14	2,91
8	2,13	2,81	3,03	2,87
9	2,59	2,77	2,77	2,71
10	1,49	1,22	1,71	1,99
11	1,69	2,31	2,19	2,67
12	2,87	3,33	3,52	3,53

При уплотнении грунтов катками одновременно протекает два процесса – уменьшение толщины слоя и увеличение плотности сухого (скелета) грунта.

Первый процесс должен приводить к увеличению напряжения в нижней части слоя, второй – к уменьшению, вследствие возрастания слоя и увеличения распределяющей способности.

При уплотнении наиболее интенсивно изменяются свойства глинистых грунтов, менее интенсивно – песчаных. Это объясняется тем, что при уплотнении глинистых грунтов происходит два процесса – увеличение числа контактов между частицами и агрегатами грунта и качественные изменения самих контактов вследствие выжимания пленой связанной воды. При уплотнении песков развивается лишь первый процесс – увеличение контактов. Поэтому для глинистых грунтов повышение интенсивности уплотнения может быть достигнуто как увеличением уплотняющей нагрузки, так и увеличением времени их воздействия (числа проходов, уменьшения скорости укатки, увеличение площади контакта). Для песчаных грунтов наиболее эффективным средством является увеличение уплотняющих нагрузок.

Уменьшение толщины уплотняющего слоя является действенным средством увеличения эффективности уплотнения. Эффективность его больше для связных грунтов, чем для несвязных. Уплотняемость материалов, которые обладают вязкими свойствами, зависит от особенности

изменения уплотняющих воздействий во времени, которое можно характеризовать импульсом напряжений.

Импульс напряжений в МПа (площадь эпюры  $\sigma$  по проходам для низа) представлен в (табл. 3).

Учитывая характер изменения напряжений, можно отметить, что для связных грунтов уплотнение происходит при концентрации напряжений, для малосвязанных – при деконцентрации.

Уплотнение материала происходит под воздействием суммарного импульса, который возрастает от прохода к проходу, причем более интенсивно для супесей, чем для суглинка. С увеличением толщины импульс возрастает, с увеличением влажности – уменьшается.

При первом проходе импульсы очень близки при разных влажностях и толщине слоев. Это объясняется тем, что для толстых слоев уменьшение напряжений компенсируется временем их действия. В то же время разница в плотности при первом проходе довольно значительна.

Однако суммарный импульс является весьма удобным параметром для регулирования уплотнения в производственных условиях. Если максимальные уплотняющие нагрузки при заданной толщине слоя можно регулировать только за счет изменения нагрузки на колеса, что в ряде случаев затруднительно, то суммарный импульс сравнительно легко регулировать либо за счет изменения скорости укатки, либо за счет изменения числа проходов.

Таблица 3

## Изменение импульса напряжений от числа проходов катка

№ опытов	Проходы колеса катка				
	1	2	5	7	9
1	0,0554	0,0377	0,0371	0,033	0,042
2	0,0443	0,0485	0,0413	0,039	0,038
3	0,0388	0,0501	0,0322	0,027	0,031
4	0,0407	0,0337	0,0311	0,031	0,033
5	0,0573	0,0517	0,0533	0,049	0,052
6	0,0541	0,0477	0,0391	0,041	0,044
7	0,0393	0,059	0,0413	0,049	0,051
8	0,0417	0,054	0,0440	0,045	0,044
9	0,0388	0,033	0,0321	0,033	0,038
10	0,0309	0,042	0,043	0,042	0,048
11	0,0373	0,049	0,049	0,048	0,052
12	0,0283	0,031	0,031	0,035	0,038

Вязкие свойства при уплотнении проявляются в том, что эпюры нормальных составляющих напряжений асимметричны. Отношение площади эпюры на участке нагрузки

к площади на участке разгрузки было названо коэффициентом асимметрии эпюры (табл. 4). Наибольшее влияние на этот коэффициент оказывает вязкость.

Таблица 4

## Зависимость коэффициента асимметрии эпюры от прохода колеса катка

№ опытов	Коэффициент асимметрии				
	Проходы колеса катка				
	1	2	5	7	9
1	1,39	1,27	0,96	1,09	1,13
2	1,37	0,99	0,87	1,08	1,09
3	1,35	0,93	0,83	0,97	1,03
4	1,03	0,97	0,97	0,88	0,97
5	1,37	0,81	0,83	0,87	0,89
6	0,93	0,79	0,78	0,93	0,99
7	1,013	0,89	0,88	0,93	0,95
8	1,053	0,73	0,77	0,81	0,88
9	1,051	0,81	0,95	0,90	0,93
10	1,37	0,72	0,88	0,97	0,99
11	1,13	0,93	0,68	0,74	0,81
12	1,10	0,88	0,75	0,97	0,72

Полученные результаты опыта показывают, что в подавляющем большинстве случаев при первом проходе этот коэффициент больше единицы, при последних – меньше. Этот вывод хорошо соответствует развиваемым представлениям о природе вязкого сопротивления. Оно проявляется вследствие нескольких причин: переноса количества движения, связанного с изменением плотности, переноса количества движения при зацеплении и сдвигах частиц и деформации пленок жидкой фазы при сближении частиц.

Анализ показывает, что эквивалентные модели деформации и упругости при качении пневматического колеса значительно больше, чем при статическом нагружении. Это

объясняется тем, что за время взаимодействия пневматического колеса с грунтом при качении деформации не успевают развиваться полностью. Это необходимо учитывать при расчете уплотнения.

Модули упругости на 20...50 % больше модуля деформации, если учесть, что модули упругости несколько завышены, т.к. время замера деформации они не успевают восстановиться полностью, то расхождение между ними окажется еще меньшим. Это свидетельствует о том, что уплотнение на этих проходах окончилось, и модули деформации и упругости близки друг к другу.

Для супеси значения коэффициента вязкости меньше, чем для связных грунтов. Это



объясняется меньшей дисперсностью грунта и меньшим влиянием водных пленок на его свойства.

С увеличением влажности значение коэффициента вязкости уменьшается. Это объясняется увеличением толщины водных пленок и тем, что деформируются менее прочные слои воды.

При организации уплотнения исследовалось влияние режимов уплотнения на его эффективность. Для проведения натурных испытаний, были отсыпаны площадки из

пылеватого суглинка с  $W_L = 0,325$  и пределом раскатывания  $W_p = 0,19$ . Толщина слоя рыхлого грунта составляла  $0,45$  м, начальная плотность сухого грунта  $1,11...1,16$  г/см<sup>3</sup>, влажность  $W = 0,17$ .

Первая площадка уплотнялась последовательными проходами катка ДУ-16 на I передаче; вторая – на II передаче. На третьей площадке первый проход был сделан на II передаче, последующие проходы – на III передаче. Результаты исследований представлены в (табл. 5).

Таблица 5

Зависимость числа проходов катка от плотности сухого грунта

№ проходов	I передача			II передача			III передача		
	$\rho_d, \text{г/см}^3$	$E_q, \text{МПа}$	$E_y, \text{МПа}$	$\rho_d, \text{г/см}^3$	$E_q, \text{МПа}$	$E_y, \text{МПа}$	$\rho_d, \text{г/см}^3$	$E_q, \text{МПа}$	$E_y, \text{МПа}$
0	1,13	-	-	1,14	-	-	1,12	-	-
1	1,47	3,6	4,0	1,44	4,3	4,0	1,45	3,6	3,9
3	1,66	4,0	17,5	1,71	3,9	21,5	1,67	4,2	11,5
5	1,71	3,9	39,0	1,70	4,4	31,0	1,71	4,3	19,5
7	1,75	5,0	41,0	1,72	4,5	39,0	1,73	4,1	21,0
9	1,74	4,9	40,0	1,75	4,6	37,0	1,75	4,5	23,0

При повышенных скоростях модули деформации и упругости меньше, чем при укатке на низших пределах. Это объясняется тем, что при пониженных скоростях уплотнения уменьшаются силы вязкости сопротивления, и деформируется более прочная структура грунта.

Этот эффект более сильно сказывается на изменении упругих свойств грунта, которые более чувствительны к особенностям развития структурообразования. Эффект увеличения прочности при уменьшении скорости укатки сказывается и при уплотнении малосвязанных грунтов.

Скорость изменения напряженно-деформированного состояния может изменяться также за счет снижения давления воздуха в шинах, т.к. увеличивается площадь контакта колеса с грунтом и время воздействия на материал. Однако, при этом снижаются и удельное давление, что уменьшает эффективность уплотнения.

Поэтому основным путем регулирования является уменьшение скорости укатки. С увеличением толщины слоя плотность грунта уменьшается, что становится особо ощутимым при давлении воздуха в шине  $0,6$  МПа, когда время воздействия на материал минимально. При давлении воздуха в шине  $0,2$  МПа разница является менее ощутимой, поскольку время воздействия максимально. Снижение давления воздуха в шинах уменьшает плотность грунта; чем меньше влажность грунта, тем меньше этот эффект. С уменьшением влажности

увеличивается вязкость системы. Поэтому можно ожидать, что снижение давления воздуха в шинах будет эффективно лишь для очень вязких материалов, у которых жидкая фаза представлена водой и битумом.

На основании полученных результатов исследований можно сделать следующие выводы:

- одним из основных путей повышения эффективности уплотнения грунтов является уменьшение скорости уплотнения на последних проходах. Если уплотнение грунтов производится при пониженных влажностях, то снижение давления воздуха в шинах может дать определенный положительный эффект.

- снижение давления воздуха в шинах позволяет уменьшить потребную силу тяги на первых проходах катка при укатке грунтов, влажность которых значительно больше оптимальной.

- увеличение числа проходов приводит к некоторому разуплотнению грунта вследствие разрушения верхних слоев под катком. Это заставляет строго ограничивать число проходов катка.

- для уплотнения слоев дорожных одежд из укрепленных грунтов, которые обладают повышенной вязкостью, требуется увеличивать время воздействия уплотнителей путем увеличения числа проходов, снижать давление воздуха в шине либо уменьшать скорость укатки на последних проходах.

- производительность и стоимость уплотнения зависят от числа проходов катков.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Калачук Т.Г. Особенности уплотнения грунтов с коагуляционным типом структуры // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 6. С. 51–53.

2. Калужный Я.А., Батраков О.Т. Уплотнение земляного полотна и дорожных одежд. М.: Транспорт, 1971. 157 с.

3. СП 78.13330. 2012. Автомобильные дороги. М.: Минрегион России, 2013. 67 с.

4. СП 34.13330. 2012. Автомобильные дороги. М.: Госстрой России, 2013. 107 с.

---

**Vyskrebentsev V.S.**

#### **THE REGULARITIES OF SOIL COMPACTION AND THEIR VISCOSITY PROPERTIES**

*The article deals with structural performance of materials, their compression rate and the effectiveness of compactors application as well as influence of density index on viscosity and structural stability. The attention is paid cycle experiments, at various humidity for the compaction of loamy stuff. It was found out under which optimum moisture content and coating thickness the soil density reaches 0,98...1,0 of density conventional compaction. The are received the definitions of supreme pedimental tensions at the bottom of compacted layer. It was ascertained that the most intensively alters the internals loam, less and the intensively soils – sandy. Under the for sandy soils the most effective remedy is the increase of compact burdens. Soil compaction takes place under the summary impulse, which grows up from passage to passage, more intensively in fine sandy loam, than in clay loam.*

**Key words:** viscous behavior, structure, road revetment, loamy soil, consistency of the soil, compact burdens, impulse influence.

---

**Выскребенцев Владимир Сергеевич**, аспирант кафедры городского кадастра и инженерных изысканий.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: vovagjan@mail.ru

*Носиров Ф.Ж., канд. техн. наук, доц.  
Ташкентский государственный технический университет  
Мансурова Н.Ш., асс.  
Наманганский инженерно-педагогический институт*

## РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ КРУПНЫХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

doni\_pol@mail.ru

*В ТашГТУ решаются некоторые энергосберегающие проблемы, методы оптимизации эксплуатации водоподводящих сооружений НС, в первую очередь аванкамер и водоприёмников. Разработаны научные основы энергосберегающих режимов, их региональных особенностей (особенно в условиях реконструкции и реновации крупных НС).*

**Ключевые слова:** *энергосберегающие мероприятия, крупные насосные станции, водоподводящие сооружения, система машинного подъема, гидротехнические сооружения.*

Ежегодно на насосных станциях (НС) ирригационных систем Республики расходуется до 8 млрд. кВт/ч, не считая дизельного топлива. В Минсельводхозе РУз принято решение уменьшить расход электроэнергии на НС до 7,5–7,6 млрд. кВт/ч, в основном, за счет энергосберегающих режимов и оптимизации управления системами машинного водоподъема (СМВ). Отсутствие приоритетных работ по указанной проблеме делает невозможным оптимизацию режимов НС на современном уровне эксплуатации. По данным Научно-исследовательского института ирригации и водных проблем (НИИИВП) эксплуатационный КПД НС ниже расчетных значений на 5–7 %, эксплуатационные требования выполняются на 25–30 % [1, 2, 3].

Основными причинами этого является [4]:

- высокое содержание абразивных частиц и плавника в перекачиваемой воде тяжелые климатические условия, связанные с высокой температурой воды и воздуха;
- значительные габариты и скорости течения воды в элементах проточного тракта, большие подачи воды и электрические мощности агрегатов, сложные переходные процессы, сопутствующие их эксплуатации;
- конструктивные недостатки гидравлических машин и гидротехнических сооружений, в том числе не эффективные системы технического водоснабжения;
- отсутствие научно-обоснованных методических, нормативных и других технических документов по управлению рабочим процессом насосных агрегатов (НА) и сооружений.

Согласно Графика разработки нормативных документов по мелиоративному улучшению орошаемых земель и рациональному использованию водных ресурсов по Постановлению Кабинета Министров Республики Узбекистан разработан и утвержден на научно-техническом

совете (НТС) Минсельводхоза РУз проект ВСН «Реконструкция насосных станций. Нормы проектирования».

Необходимость энергосберегающих мероприятий для НА обосновывается обычно технологическими и экономическими факторами. В настоящее время выявляются экологические аспекты проблемы. Крупные НА являются весьма энергоемкими объектами. Они ежегодно расходуют примерно 20 % вырабатываемой электроэнергии, что для СНГ составляет около 300 млрд. кВт час в год.

Производство электроэнергии оказывает вредное влияние на окружающую среду. Распространение энергосберегающих систем позволит сэкономить в СМВ Республики 70–80 млн. кВт/ч в год, то есть примерно 1 % необходимой электроэнергии. Это значит, что при ежегодном приросте выработки электроэнергии в 3–4 % ввод новых энергетических мощностей может быть снижен на 1/3. Вследствие этого будет предотвращено сжигание 1,8–2 млн. тонн условного топлива или 2–3 млн. тонн реального угля. Таким образом будет получен существенный эффект за счет уменьшения вредных выбросов в воздух и воду. Кроме того, эти системы снижают вероятность возникновения гидравлических ударов, предотвращают разрушение трубопроводов и, как следствие, излив воды на поверхность земли и в водоемы.

Важным следствием применения энергосберегающих мероприятий при реконструкции НС является повышение единичной мощности регулируемых НА и уменьшение их количества, что дает дополнительную экономию энергии и сокращает технологические объемы зданий НС на 15–20 %.

Авторы разрабатывают мероприятия энергосберегающих режимов подвода воды к каска-

дам крупных НС при уменьшении плавника, взвешенных и донных наносов.

Каршинской магистральный канал (КМК) с каскадом НС имеет водозабор бесплотинного типа, при котором уровни в реке определяют уровни в канале, подводящем воду к НС-1 и режимы ее эксплуатации [5].

Нормальная эксплуатация НС-1 требует соблюдения (по кавитационным условиям насосов) определенных уровней в нижнем бьефе (УВНБ), ниже которых работа насосов не допускается. При невысоких горизонтах в Амударье это условие определяет, в основном, величину максимального водозабора НС-1, а следовательно, и возможную наибольшую подачу всего каскада.

Получение натуральных соотношений Амударья - подводящий канал - НС-1, определяющих подачу каскада, имеет важное значение для эксплуатации КМК [6, 7].

Кавитационные качества насосов определяют максимально возможную подачу НС-1 для горизонта в Амударье в точке водозабора (мыс Пулизиндан) 95 % обеспеченности, т.е.  $\nabla 43,4$  м в условных отметках. Если отметка в р. Амударье или, что одно и то же, у нулевого пикета канала  $\nabla$  ПК0, то разность  $\nabla$  ПК0 -  $\nabla$  НБ<sub>min</sub> =  $\Delta h_{max}$  дает максимальную величину располагаемого напора на преодоление сил трения при течении на всем участке канала. Последние, как известно, при фиксированной

геометрии канала и шероховатости являются только функцией расхода, т.е.  $\nabla h = f(Q)$ , следовательно, для граничных условий – условий  $\nabla$  ПК0 - const, -  $\nabla$  УВНБ<sub>min</sub> - const – величина  $\Delta h_{max}$  однозначно определяет максимальную пропускную способность подводящего канала, выше которой НС-1 воду подавать не могут.

Основная трудность планирования энерго-сберегающих режимов заключается в построении адекватной математической модели действующей системы.

При рассмотрении того влияния, которое оказывают вредные процессы на параметры НА, следует учитывать, что “обратную связь”, существующую между состоянием НА и теми процессами, которые в ней протекают. Основными задачами комплексного анализа региональных условий работы сопрягающих сооружений НС с переходными процессами являются выявление изменений процессов при защите комплексов НС, установление факторов, определяющих риск опасности НС при неустановившемся движении воды в аванкамерах и водоприемниках, проверка экспериментальным путем соответствие математической модели для прогноза значений характеристик НС физической картине явлений.

Взаимодействие НА с протекающими в ней процессами можно представить в виде замкнутой системы (рис. 1).

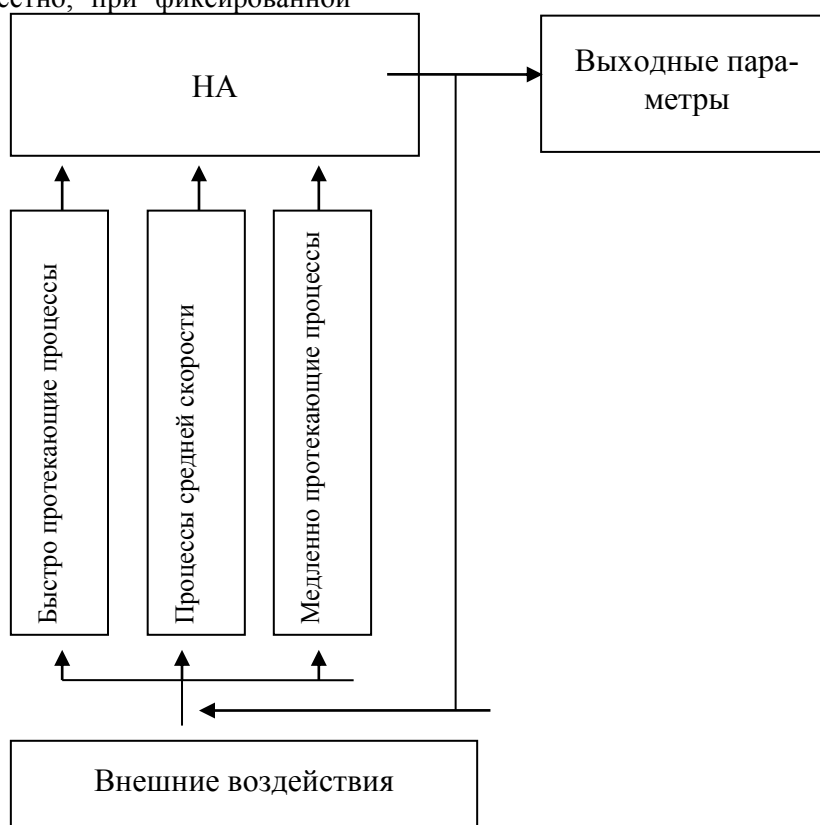


Рис. 1. Процессы, действующие на НА при эксплуатации

Статический напор ( $H_{cm}$ ), определяется исходя из уравнения неразрывности (имея ввиду процессы заполнения и опорожнения сооружений) как

$$\frac{dH_{cm}}{dt} = \frac{1}{F}(\theta_H - \theta_B) \quad (1)$$

где  $\theta_H$  – подача насоса;  $\theta_B$  – расход водовыпуска НС;  $F$  – площадь свободной поверхности воды.

И в частном случае, когда водовыпуск не включен в работу:

$$\frac{dH_{cm}}{dt} = \frac{1}{F}\theta_H \quad (2)$$

$$H_d = \frac{1}{g} \int_0^l \frac{\theta_H}{dt} \frac{dl}{F_T} \quad (3)$$

где  $H_d$  – длина проточного тракта;  $F_T$  – площадь проточного тракта.

Величинами потерь обычно пренебрегают в расчетах, в случае если они не превышают 5–10 % от  $H_{cm}$ .

Уравнение вращения ротора НА имеет вид:

$$\mathfrak{J} \frac{d\omega}{dt} = M_d - \sum M_c \quad (4)$$

или

$$T_a = \frac{d\beta}{dt} = m_d - \sum m_c \quad (5)$$

где  $\mathfrak{J}$  – момент инерции вращающихся масс;  $\omega$  – угловая скорость вращения;  $M_c$  – момент сопротивления;  $T_a = \frac{GD^2 n_0}{365}$  – постоянная инерция агрегата.

Для совместного решения уравнений (1)–(5), которые описывают переходный процесс, задаются начальными и краевыми условиями.

Начальные условия – определяются по параметрам НС до начала переходного процесса. Основными краевыми условиями являются в сечении насоса движение воды, которое определяется его расходной характеристикой и представлено зависимостью  $\theta_H = f(H, \omega)$ .

Гидравлические потери напора по длине и местные потери представляются в виде фиктивных диафрагм, расположенных в их действительном месте.

При этом краевые условия в сечении с диафрагмой:

$$Q = Q_1 = Q_2; H_1 - H_2 = kQ_2 \quad (6)$$

где  $k$  – коэффициент, учитывающий потери напора по длине или местные потери напора.

Идентификация модели осуществляется методом последовательных приближений с применением результатов натурных измерений расхо-

дов. Дальнейшие работы продолжаются по расширению и идентификации расчетной схемы узла НС, разработке вариантов управления СМВ с введением в схему новых средств регулирования и оптимизацией работы элементов НС.

Решение задач эффективного управления для таких масштабных сложных объектов как крупные НС невозможно без оперативного контроля, основанного на применении глобальной информационно – измерительной системы, организованной на современной компьютерной базе.

На первом этапе оперативная информационно-измерительная система используется для анализа режимов работы, в дальнейшем, по мере ввода в действие стационарных средств измерения и автоматизации процесса сбора и обработки информации, предполагается перевод системы режим «советчика» для использования ее в режиме оперативного управления с автоматизацией отдельных звеньев управления УВНБ.

Разработанное в настоящее время в ТашГТУ программное позволяют осуществлять расчеты сложных систем подачи воды в режиме реального времени с применением проектных стационарных приборов на пультах управления НС.

В техническом плане необходимо разработать научные основы энергосберегающих режимов, их региональных особенностей (особенно в условиях реконструкции и реновации крупных НС), установить обоснованные объемы водоподдачи НС, обеспеченные техническим состоянием оборудования с учетом оптимального уровня резервирования, устранение переподъемов воды на НС, допущенных в пусковые периоды и из-за отклонения фактических режимов от проектных, провести исследования по использованию нетрадиционных источников энергии.

Авторы предлагают для реализации указанных целей и задач использовать создаваемые ими оригинальные конструкции сооружений по всей длине гидротехнического узла НС.

Разработка методики определения потребности водоподъема для СМВ, ее математическое выражение и реализация энергосберегающей модели управления режимами работы на одной из реальных систем позволит получить не менее 6–7 млн. кВт·ч экономии на каждом крупном каскаде НС.

**Выводы.** Актуальность и новизна исследований определяются их ориентацией на мобилизацию резервов энергосбережения, не нашедших применения в силу ограниченных возможностей традиционных принципов, управления технологическими режимами СМВ. Необходимо определить целесообразность эксплуатации НС при

снижении рабочих параметров (в первую очередь КПД) ниже расчетных.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мамажанов М., Гловацкий О.Я. Оптимизация эксплуатационных режимов водоподводящих и водоотводящих сооружений крупных насосных станций / Проблемы науки и образования в современных условиях: сб. материалов конф. Междунар. науч.-практ. конф. (Труды VI), Шымкент, 2009. С. 280–283.

2. Исаков Х.Х., Носиров Ф.Ж., Гуфранов А.А. Некоторые аспекты энергосберегающих режимов крупных насосных станций // Журнал проблемы энерго и ресурсосбережения. Т., 2008. № 3-4. С. 62–67.

3. Внедрение в производство технических разработок по повышению технико-экономических показателей режимов работы насосных станций / М.М. Мухаммадиев, Х.К. Ташматов, Б.У. Уришев, Ф.Ж. Носиров // Сбор-

ник научных статей: Респ. науч.-практ. конф., Ташкент: ТашГТУ, 2008. С. 458.

4. Гловацкий О.Я. Совершенствование эксплуатации насосных станций // Журнал сельского хозяйства Узбекистана. Т., 1992. № 10. С. 27–29.

5. Гловацкий О.Я., Мухаммадиев М.М., Тошматов Х.К., Маматкулов Д.А. О работе каскада насосных станций Каршинского магистрального канала в условиях дефицита воды // Журнал проблемы энерго и ресурсосбережения. Т., 2012. № 3-4. С. 154–159.

6. Мухаммадиев М.М., Носиров Ф.Ж., Уришев Б.У. Повышение эффективности работы водоприемных устройств насосных станций // Журнал гидротехнического строительства. М., 2010. № 1. С. 11–13.

7. Носиров Ф.Ж. Улучшение эксплуатационных показателей водоприемных сооружений насосных станций // Agro ilm. Т., 2009. № 4(12). С. 35.

---

**Nosirov F.J., Mansurova N.Sh.**

### SAVING MEASURES DEVELOPMENT FOR LARGE PUMPING STATIONS

*The Tashkent State Technical University solved some problems saving methods to optimize operation of water-supply constructions pumping stations, primarily forebays and water intakes. The scientific bases of energy-saving modes, their regional features (especially in terms of reconstruction and renovation of large pumping station).*

**Key words:** *energy-conservative measure, large pumping stations, water-supply constructions, machine raising arrangement, hydraulic engineering constructions.*

---

**Носиров Фахриддин Жайлович**, кандидат технических наук, доцент, заместитель декана факультета энергетики.

Ташкентский государственный технический университет.

Адрес: Узбекистан, 100095, Ташкент, ул. Университетская, д. 2.

E-mail: doni\_pol@mail.ru

**Мансурова Нодирахон Шокиржоновна**, ассистент кафедры строительства инженерных коммуникаций.

Наманганский инженерно-педагогический институт.

Адрес: Узбекистан, 716003, Наманганская область, Наманган, проспект Дустлик, д. 13

Тарасенко В.Н., канд. техн. наук, доц.,

Дегтев И.А., канд. техн. наук, проф.,

Голиков Г.Г., проректор по административно-хозяйственной работе  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ИССЛЕДОВАНИЕ ШУМА В ЗАЛЕ МНОГОЦЕЛЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ СДК СТУДЕНТОВ ПРИ БГТУ ИМ. В.Г. ШУХОВА

vell.30@mail.ru

*В настоящее время музыка играет большую роль в жизни общества, особенно молодежи. Растет количество профессиональных и самодеятельных музыкальных ансамблей и групп, оснащенных современной мощной звукоусиливающей аппаратурой, что способствует созданию высоких уровней звука в концертных залах, дворцах и домах культуры, дискотеках, кафе, ресторанах и других помещениях, а также на открытых танцевальных площадках.*

**Ключевые слова:** комфортность пребывания, давление звука, интенсивность, мощность звучания, звуковое поле.

Измерения уровней звука, проведенные сотрудниками НИИ гигиены и врачами СЭС Москвы [1], показали, что в кафе и ресторанах эквивалентные уровни звука составляют 74...94 дБА, максимальные – 81...102 дБА. В концертных залах уровни звука в первых рядах партера при исполнении популярной музыки составили:  $L_{\text{экв.}} = 80...100$  дБА,  $L_{\text{макс.}} = 106$  дБА. Во время одного из фестивалей рок-музыки в первых рядах партера зарегистрированы уровни звука  $L_{\text{экв.}} = 106$  дБА,  $L_{\text{макс.}} = 118$  дБА. На дискотеках, проводимых в закрытых помещениях и на открытых площадках в садах и парках, эквивалентные уровни звука около электроакустических систем (динамиков) достигают 91...106 дБА, максимальные – 101...116 дБА. Таким образом, за 2 – 3 часа зрители эстрадных концертов и дискотек получают акустическую нагрузку в несколько раз больше, чем на производстве за 8-часовую рабочую смену.

Отличительной особенностью современной популярной музыки, воспроизводимой электроакустическими системами, является то, что диапазон колебаний уровней звука (разница между минимальным и максимальным уровнями) составляет от 6 до 26 дБА, в то время как для симфонической музыки он значительно больше (от 40 до 60 дБА). Поэтому звучание современной популярной музыки происходит на постоянно высоком уровне, что оказывает неблагоприятное влияние на органы слуха.

Исследования отечественных и зарубежных ученых также свидетельствуют о том, что уровни поп-музыки 90 дБА и выше оказывают неблагоприятное влияние на слух, центральную нервную и сердечно-сосудистую системы человека [2]. Приведенные выше данные указывают на актуальность проблемы неблагоприятного воздействия музыки высоких уровней на организм человека и необходимость усиления кон-

троля по ограничению уровней звука и продолжительности звучания музыки как в объектах культуры, так и на территории жилой застройки и в жилых помещениях.

Гигиеническую оценку уровней звука в концертных и зрелищных залах, в залах кафе, ресторанов следует проводить по двум нормативным документам. Шум, проникающий в концертные залы, необходимо оценивать по СНиП 23-02-2003 «Защита от шума» и «Санитарным правилам по устройству и содержанию театров, концертных залов, кинотеатров, клубов», согласно которым эквивалентный уровень звука в пустых зрительных залах не должен превышать 40 дБА [3, 4].

Гигиеническую оценку измеренных уровней звука при воспроизведении музыкальных произведений рекомендуется проводить по «Санитарным нормам допустимой громкости звучания звуковоспроизводящих и звукоусилительных устройств в закрытых помещениях и на открытых площадках» № 4396-87.

В концертных и зрелищных залах во время эстрадных концертов, в местах проведения дискотек (танцзалы, кафе, открытые танцверанды) на местах зрителей, ближайших к источникам звука (динамикам), эквивалентный уровень звука не должен превышать 85 дБА, максимальный – 90 дБА [5].

Для оценки уровней звука, создаваемых звуковоспроизводящей и звукоусилительной аппаратурой, измерения следует проводить согласно 2.2.4/2.1.8.562–96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и территории жилой застройки» [2]. При этом зал должен быть заполнен посетителями не менее чем на 2/3 зрительских мест.

Точки измерения в зале желательно размещать равномерно, при этом их основная концентрация находится в первых пяти рядах партера.

Измерительный микрофон устанавливается на высоте 1,2–1,5 м от пола и ориентируется в сторону источника звука. При измерении необходимо, чтобы между микрофоном и источником звука не было препятствий и других источников шума.

Для оценки уровней звука, воздействующих на зрителей, точки измерения следует выбирать в концертных и зрелищных залах около кресел зрителей, ближайших к электроакустическим системам (динамикам), напротив них, желательно в первых 5...7 рядах партера, так как зрители на этих местах испытывают наибольшую акустическую нагрузку.

Измерения  $L_{\text{экв}}$  и  $L_{\text{макс}}$  следует проводить непрерывно на протяжении одного отделения эстрадного концерта, дискотеки и т.п., но не менее 20 минут. На концертах популярной музыки, в программу которых входит выступление нескольких музыкальных групп, необходимо измерять уровни звука отдельно для каждой группы, но не менее 10 минут при непрерывной регистрации уровней звука.

Измерения особенностей звукового поля в зале многоцелевого назначения СДК студентов

БГТУ им. В.Г. Шухова проводились для мощности звуковоспроизводящего оборудования 75 % и 90 % согласно техническому заданию 08.02.2016 года.

Целью измерения являлась оценка уровня шума в помещении зала многоцелевого назначения СДК. Исследования проводили в 35 точках, расположенных равномерно в секторах Б и В, предполагая симметричность пространства зала и расстановки звукоусиливающего оборудования (рис. 1).

Для измерений использовался шумомер цифровой Viktor 824 А, предназначенный для контроля уровня громкости звука (шума) в целях безопасности здоровья, профилактики заболеваемости и любых видов экологического контроля; соответствует стандарту IEC651 тип 2 и ANSI тип 2 для шумомеров. Результаты лабораторных исследований представлены в табл. 1.

Определение уровня шума на участке работ выполнялись для выявления зон дискомфорта с превышением допустимого уровня вредного физического воздействия.

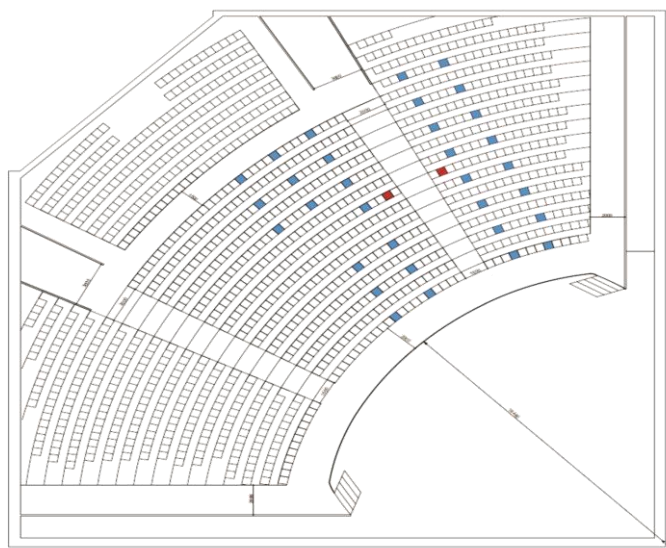


Рис. 1. Размещение точек замера шума в зале (количество посадочных мест в зале – 1118; точек выбрано – 35)

Нормируемыми параметрами непостоянного шума являются эквивалентные (по энергии) уровни звука  $LA_{\text{экв}}$ , дБА, и максимальные уровни звука  $LA_{\text{макс}}$ , дБА.

Оценка непостоянного шума на соответствие допустимым уровням должна проводиться одновременно по эквивалентному и максимальному уровням звука. Превышение одного из показателей должно рассматриваться как несоответствие санитарным нормам СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жи-

лых, общественных зданий и территории жилой застройки» [2].

На местах зрителей концертных и других залов на эстрадных концертах во время исполнения музыкальных произведений за 20 – 30 минутный период допустимые значения эквивалентных уровней звука  $LA_{\text{экв}}$  не должно превышать 85 дБА, максимальных уровней звука  $LA_{\text{макс}}$  не более 90 дБА.

В среднем секторе зала (сектор Б) (рис. 2) распределение звучания является достаточно неравномерным (изменяется от минимального в



77,7 дБ до максимального 100,7 дБ, что составляет аппроксимацию от среднего значения 93,54 дБ – 16,9 % и 6,9 % соответственно, итого суммарный перепад звукового давления составляет всего 23,8 %). Однако, с переходом к сере-

дине зала, интенсивность звукового перепада уменьшается, далее нарастание мощности звука осуществляется за счет звуковых волн от боковых колонок звуковоспроизводящего оборудования.

Таблица 1

### Результаты исследований уровня звука в зале СДК им. В.Г. Шухова

Номер ряда	Место	Минимальное значение, дБА	Максимальное значение, дБА	Среднее значение, дБА
1	2	3	4	5
<b>Замеры при мощности воспроизводящего оборудования 75 % (средняя мощность ретрансляции на мероприятиях в исследуемом зале)</b>				
<b>СЕКТОРА В и А</b>				
1	37	90,1	93,8	91,95
	41	91,1	107,0	99,05
3	40	88,7	95,1	91,90
	45	87,2	97,7	92,49
5	41	91,0	97,9	94,45
	46	86,6	96,1	91,35
7	46	92,2	102,0	97,10
	51	93,1	100,0	96,55
9	49	93,8	98,9	96,35
	54	93,7	102,9	98,30
11	53	94,6	101,4	98,00
	58	86,9	100,5	93,70
13	57	91,2	105,5	98,35
	62	77,1	99,0	88,05
15	51	87,2	97,4	92,30
	56	81,8	100,4	91,10
Центр прохода между секторами В и Б		88,7	97,6	93,15
<i>Среднее значение</i>		<b>89,12</b>	<b>99,60</b>	<b>94,36, что более 90 дБ на +4,84 %</b>
<b>СЕКТОР Б</b>				
14	51	92,1	95,3	93,70
	46	92,9	97,8	95,35
	41	93,3	99,9	96,60
12	47	89,9	95,9	92,90
	42	92,7	99,4	96,05
	37	77,7	100,6	89,15
10	44	95,1	100,7	97,90
	39	89,0	99,9	94,45
8	39	86,6	105,0	95,80
	34	80,2	98,8	89,50
5	28	89,9	96,1	93,00
	33	90,6	95,4	93,00
3	27	87,8	96,1	91,95
	32	86,4	94,2	90,30
1	24	83,2	97,3	90,25
	29	91,4	99,9	95,65
<i>Среднее значение</i>		<b>88,67</b>	<b>98,27</b>	<b>93,54 что более 90 дБ на +3,93 %</b>
<b>Замеры в точках с максимальной интенсивностью звукового поля при мощности воспроизводящего оборудования 90 %</b>				
8	42	97,8	101,5	99,65
	45	97,5	108,2	102,85
<i>Среднее значение</i>		<b>97,65</b>	<b>104,85</b>	<b>101,25 что более 90 дБ на +12,50 %</b>

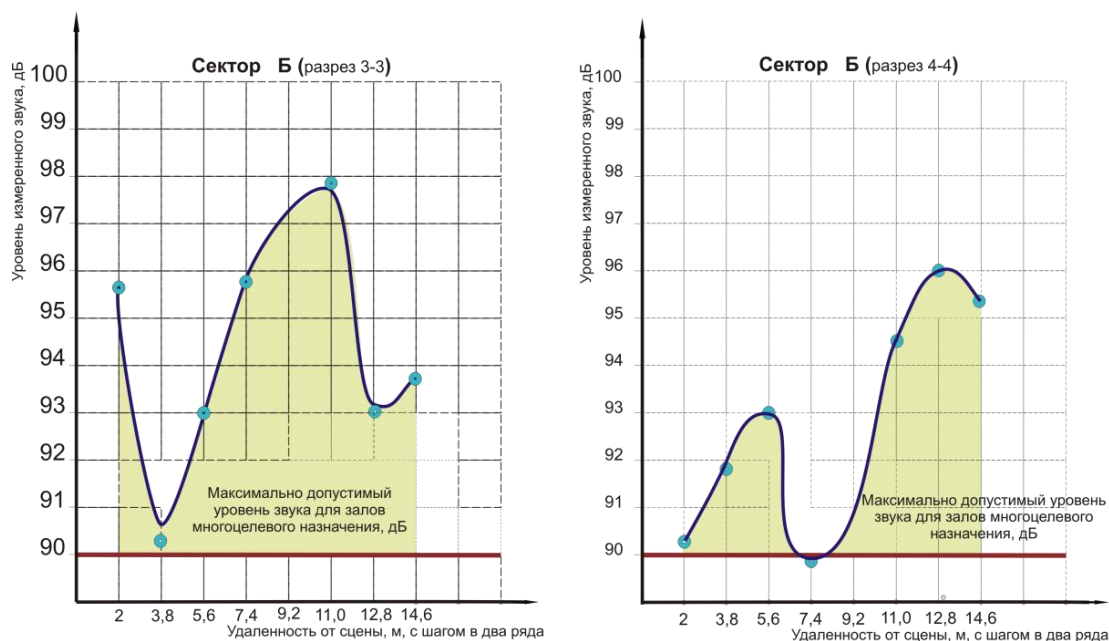


Рис. 2. Распределение уровня шума в среднем секторе (секторе Б) зала

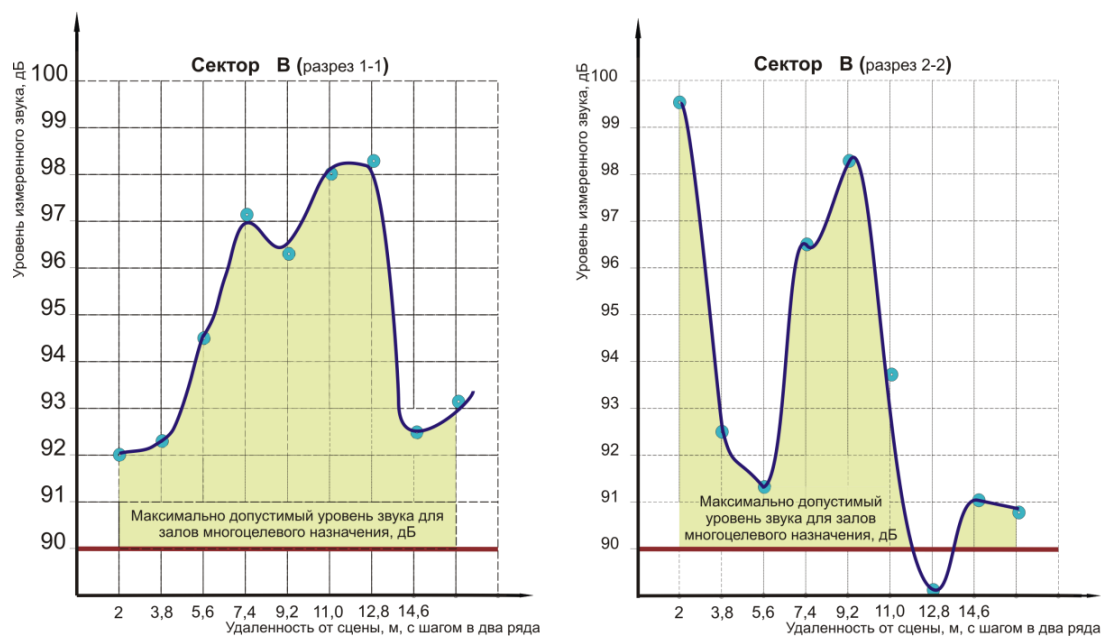


Рис. 3. Распределение уровня шума в боковом секторе (секторе В) зала

Оценивая перепад интенсивности звучания в боковых секторах А и В зала СДК им. В.Г. Шухова (рис. 3) следует отметить следующее: ряды, расположенные в сечении 1-1 (ближе к проходам) имеют более равномерное распределение звучания: так колебания уровня громкости находятся в пределах от 92 дБ до 98 дБ, что составляет в среднем 6 %. Следует отметить, что интенсивность распределения звука, начиная от восьмого посадочного места и для удаленных далее мест (рис. 3, б) распределение звука становится еще более неравномерным и достигает уже 12 % от общей мощности звукового поля.

При производстве работ по изучению распределения звукового поля в помещении кон-

цертного зала ДСК БГТУ им. В.Г. Шухова были получены следующие результаты.

Измеренные уровни шума показали:

по эквивалентному уровню звука: в секторах В и А среднее значение составило 94,36 дБА, что превышает нормируемое значение на 4,84 %; в секторе Б – 93,54 дБА, что превышает нормируемое значение на 3,93 %. В целом среднее превышение уровня звука составляет 3,95 дБА или 4,4 % при мощности воспроизводящего оборудования 75 %. Рекомендуется снизить мощности звуковоспроизводящего оборудования до 72 %;

по максимальному уровню звука шум, измеренный во всех расчетных точках, превышает

нормативные значения согласно СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

Рекомендуется снизить уровень мощности звуковоспроизводящего оборудования до 72 %, что позволит в свою очередь снизить вибрацию на кронштейнах подвесных потолочных систем.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. МУК 4.3.2194-07 «Контроль уровня шума на территории жилой застройки, в жилых и общественных зданиях и помещениях» (методические указания устанавливают порядок контроля уровня шума на территории жилой застройки, в жилых и общественных зданиях для оценки их соответствия требованиям гигиенических нормативов);
2. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и территории жилой застройки», 1996, 8 с.;
3. ГОСТ 12.1.036-81 (СТ СЭВ 2834-80) ССБТ «Шум. Допустимые уровни в жилых и общественных зданиях», Система стандартов безопасности труда: Сб. ГОСТов. М.: ИПК Издательство стандартов, 2001, 6 с.;
4. ГОСТ 31296.2-2006 (ISO 1996-2:2007) «Шум. Описание, измерение и оценка шума на местности», часть 2, Определение уровней звукового давления Сб. ГОСТов. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2008, 22 с.
5. Денисова Ю.В., Тарасенко В.Н. Звукоизоляция жилых и офисных помещений // Образование, наука, производство и управление. т. II. Белгород: Изд-во БГТУ, 2011. С. 15–17.
6. Тарасенко В.Н., Соловьева Л.Н. Проблемы звукоизоляции в жилищном строительстве // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 4. С. 48–52.
7. Lesovik R.V., Botsman L.N., Tarasenko V.N. Enhancement of sound insulation of lightweight concrete based on nanostructured granular aggregate // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. № 10. 2014. С. 1789 – 1793.
8. Тарасенко В.Н., Дегтев И.А. Звукоизоляция ограждающих конструкций // Приоритетные научные направления: от теории к практике: сб. научн. тр. XIV Междунар. научно-практич. конф. Новосибирск, 2014. С. 143–148.
9. Тарасенко В.Н. Проектирование шумозащитных сооружений // Научно-технические инновации: сб. науч. тр. Междунар. научно-практич. конф., посвященной 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова (XXI научные чтения). Белгор. гос. технол. ун-т. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. С. 115–117.
10. Васильев И.В. Обзор многоканальных систем коррекции акустики // Молодой ученый. 2016. №5.
11. Некипелова О.О., Некипелов М.И., Маслова Е.С., Урдаева Т.Н. Шум, как акустический стрессор, и меры борьбы с ним // Фундаментальные исследования. 2006. № 5. С. 55–57.
12. Наугольных К.А., Рыбак С.А. Распространение звука в неустойчивом атмосферном слое // Акустический журнал. 2007. № 5. С. 477–480.
13. Арабаджи В.И., Рудик К.И. О спектрах некоторых шумов естественного происхождения // Акустический журнал. 1962. № 8. С. 466–468.
14. Ланэ М.Ю., Сухов В.Н. Акустика зрительного зала московского академического музыкального театра имени К. С. Станиславского и В. И. Немировича-Данченко. Электронный журнал "Техническая акустика", <http://ejta.org>, 2008, 9.
15. Боганик А.Г. Новые материалы для акустического комфорта // Технологии строительства. 2010. № 4 (73) С. 64–67.
16. Боганик А.Г. Новые решения для звукоизоляции помещений // Технологии строительства. 2007. № 7 (55). С. 80–81.

---

**Tarasenko V. N., Degtev I. A., Golikov G. G.**  
**EXAMINATION OF NOISE IN THE HALL MULTI-PURPOSE KFOR**  
**STUDENTS OF BSTU NAMED AFTER. V. G. SHUKHOV**

*Currently, music plays a big role in society, especially the youth. A growing number of professional and Amateur musical ensembles and groups, equipped with modern powerful amplifying equipment that would generate high sound levels in concert halls, palaces and houses of culture, discotheques, cafes, restaurants and other premises, as well as the outdoor dance venues.*

*Non-permanent assessment of noise for compliance with the permissible levels were conducted at the same time for equivalent and maximum sound levels. Maximum sound level of the noise measured in all reference points exceeds the standard value; the average level of sound there are also minor exceedance intensity of sound. On the basis of the conducted research the recommendations for possible change in the adverse impacts of noise on listeners.*

**Key words:** *a comfortable stay, sound pressure, intensity, power of sound, sound field.*

---

**Тарасенко Виктория Николаевна**, кандидат технических наук, доцент кафедры архитектурных конструкций.  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.  
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.  
E-mail: vell.30@mail.ru

**Дегтев Илья Алексеевич**, кандидат технических наук, профессор кафедры архитектурных конструкций.  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.  
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.  
E-mail: konstarch@mail.ru

**Голиков Георгий Георгиевич**, проректор по административно-хозяйственной работе.  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.  
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.  
E-mail: golikov.tehnolog@mail.ru

*Кара К.А., канд. техн. наук, ст. препод.  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*

## ИЗУЧЕНИЕ РАЗМОЛОСПОСОБНОСТИ КВАРЦСОДЕРЖАЩИХ ДОБАВОК КАК КОМПОНЕНТА КОМПОЗИЦИОННЫХ ВЯЖУЩИХ

**karina200386@yandex.ru**

*Рассмотрена возможность применения техногенных кварцсодержащих песков с учетом их химического и минералогического составов, размолоспособностью и гранулометрии с возможностью композиционного вяжущего с принципиально новыми свойствами и заранее заданной структурой композита.*

**Ключевые слова:** композиционное вяжущее, кварцевые пески, отсеvy дробления кварцитопесчаника, кинетика помола, гранулометрический состав.

В настоящее время существует достаточно большое количество экономически эффективных и экологически чистых вяжущих веществ, разработанных и даже опробованных в заводских условиях, однако эти эффективные и заслуживающее скорейшего внедрения в отечественное производство вяжущие по ряду объективных и субъективных причин не нашли достойного применения. Разработка высокоэффективных вяжущих веществ нового поколения сегодня сопровождается применением сложных, с химической и минеральной точки зрения, составов компонентов с целью получения высококачественных бетонов разного функционального назначения с улучшенными, а иногда и с принципиально новыми свойствами и определенной заранее заданной структурой [1–15]. В основу создания таких вяжущих положен принцип целенаправленного управления технологией получения на всех ее этапах: использование активных компонентов, применение химических модификаторов, разработка оптимальных составов, использование механохимической активации компонентов и многих других приемов.

Структура и свойства многокомпонентных вяжущих определяются выбором необходимых исходных материалов, а также их соотношением, дисперсностью и активностью. Дисперсность частиц композиционного вяжущего может в определенных условиях сыграть и негативную роль, вот почему каждый раз необходимо учитывать тонкость помола компонентов вяжущего.

В связи с этим при разработке композиционных вяжущих для производства ячеистых бетонов целесообразно изучить размолоспособность кварцсодержащих добавок таких как природные кварцевые пески и техногенный песок – отсеvy дробления кварцитопесчаника [16, 17].

В качестве кварцсодержащих добавок использовали кварцевые пески Нижне-ольшанского месторождения (Белгородская обл.), Вяземского месторождения (Смоленская обл.), Курского месторождения (Курская обл.), Вольского месторождения (Саратовская обл.), Безлюдовского месторождения (Белгородская обл.) и отсеvy дробления кварцитопесчаника (КВП) Лебединского горно-обогатительного комбината, химический состав которых представлен в табл. 1.

*Таблица 1*

**Химический состав кварцсодержащих добавок, мас. %**

Добавка	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	Na <sub>2</sub> O	CaO	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	ZrO <sub>2</sub>	MnO
Песок ниже-ольшанский	94,9	3,46	0,284	0,064	0,107	0,282	–	0,28	0,159	0,046	0,017	0,0097
Песок вяземский	80,8	5,4	1,07	0,556	0,82	5,6	0,014	1,46	0,1	0,07	0,0013	0,038
Песок курский	95,7	2,98	0,256	0,079	0,195	0,276	–	0,382	0,095	–	–	–
Песок вольский	96,2	2,84	0,139	0,024	0,144	0,07	–	0,287	0,054	0,023	0,013	–
Песок безлюдовский	92,2	4,12	0,628	0,189	0,218	0,82	0,046	0,629	0,24	–	0,03	0,0076
Песок техногенный (отсеvy дробления КВП)	89,0	5,03	1,79	1,73	0,719	0,638	0,218	0,611	0,159	–	–	–

Результаты определения зернового состава кварцсодержащих добавок представлены в табл. 2 и на рис. 2, 3.

Таблица 2

## Результаты определения зернового состава (фракция менее 5 мм)

Наименование	Частные остатки на ситах, %					Менее 0,16	Модуль крупности
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16		
Песок ниже-ольшанский	0,5	0,5	7	36	45	11	1,43
Песок вяземский	6	12	25	37	17	3	2,44
Песок курский	0,514	3,5	13,2 3	58,93	22,3 2	1,5	1,96
Песок вольский	0	0,1	71,8	27,5	0,3	0,5	2,71
Песок безлюдовский	0	1,25	5	12,5	81,2 5	0	1,26
Песок техногенный (отсевы дробления КВП)	44,0	14,9 7	17,6 7	6,74	5,95	10,63	3,52

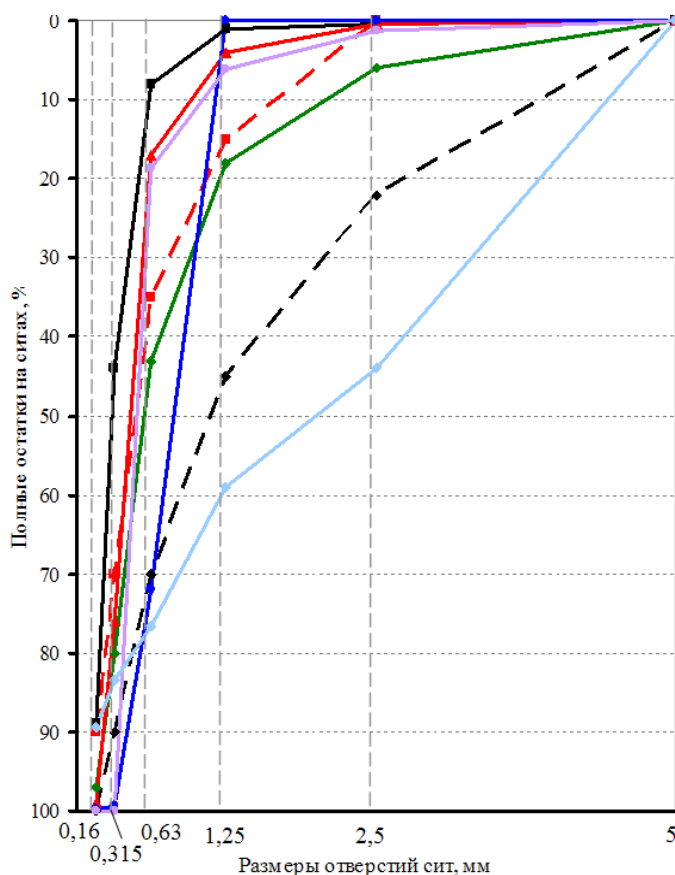


Рис. 1. Кривые просеивания кварцсодержащих добавок:

- ◆— нижняя граница крупности песка;
- ниже-ольшанский песок;
- ▲— курский песок;
- ◆— вяземский песок;
- вольский песок;
- ◆— безлюдовский песок;
- ◆— отсеvy дробления КВП
- верхняя граница крупности песка;

Минералогические составы кварцевых песков и отсеvов дробления КВП были исследованы методом рентгенофазового анализа (рис. 3).

Кварцитопесчаники представляют собой почти мономинеральные породы светло-серого цвета. Присутствие мусковита придает им желтоватый оттенок, тонкодисперсного гематита – розовый, фуксита – салатный. Основным порообразующим минералом

является кварц (75...95 %). Структура породы мелкозернистая (размер зерен 1...3 мм), гетерозернистая, гранобластовая, мозаичная. Текстура массивная. При выветривании кварцитопесчаники приобретают сахаровидный облик. В подошве полезной толщи встречаются линзы средних и крупнозернистых пород и фукситовых разновидностей. Практически по всем скважинам выявлены кварцитопесчаники, обогащенные слюдами (до 10...15 %).

Структура при этом становидная лепидогранобластовая, текстура от нечетко

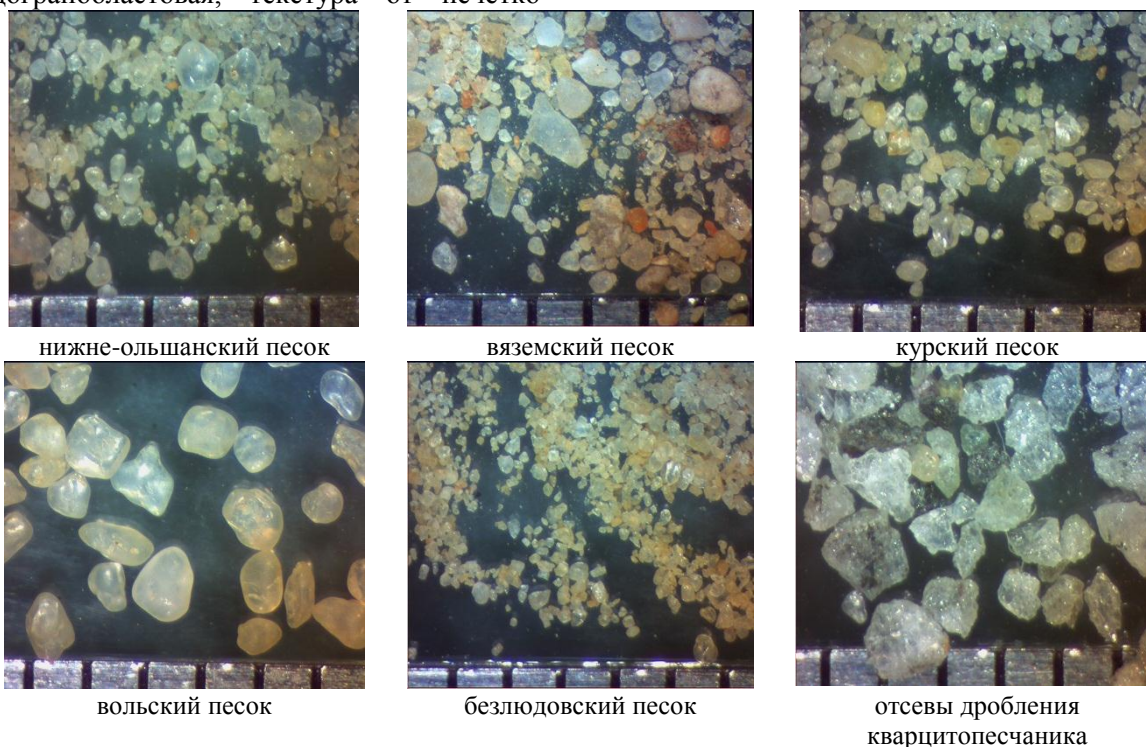


Рис. 2. Внешний вид кварцевых природных и техногенных песков

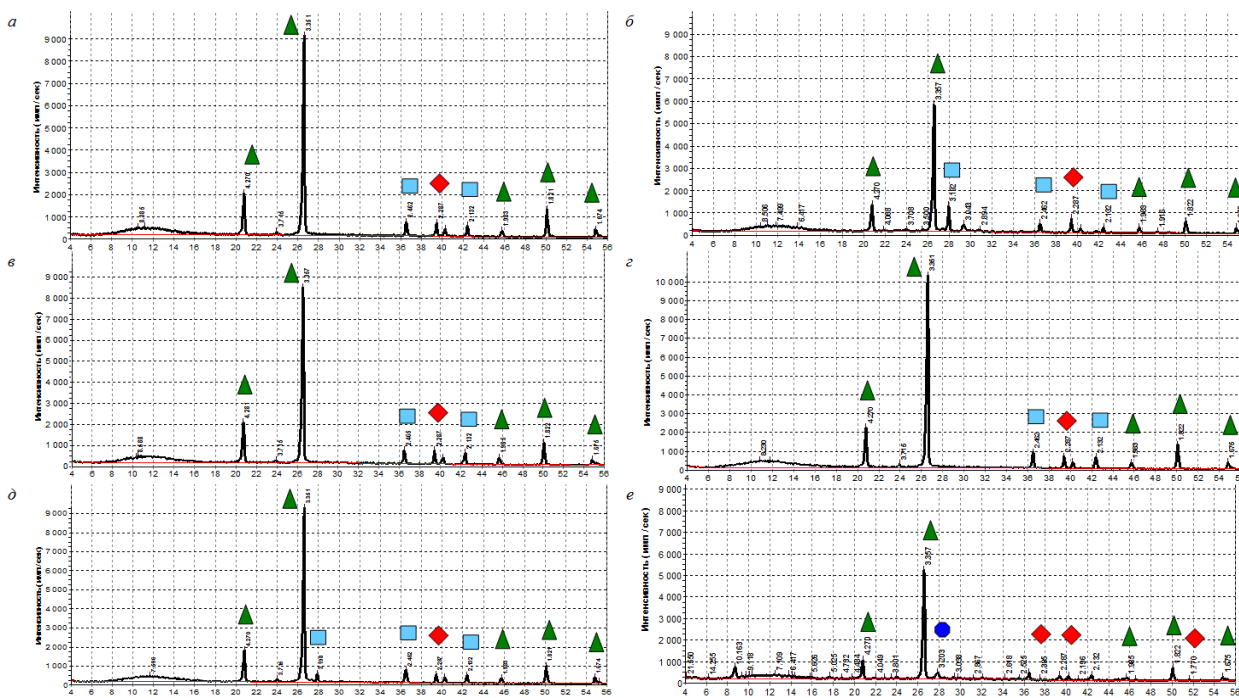


Рис. 3. Рентнограммы кварцсодержащих добавок: *а* – песок нижне-ольшанский; *б* – песок вяземский; *в* – песок курский; *г* – песок вольский; *д* – песок безлюдовский; *е* – отсеы дробления КВП  
 ▲ – β-кварц; ● – γ-тридимит; ◆ – α-тридимит; □ – β-кристобалит

При изучении кинетики помола кварцевых песков (нижне-ольшанского, вяземского, курского, вольского и безлюдовского) и отсеы дробления КВП без суперпластификатора Полипласт П-1 и с его использованием

применялись программы расчета параметров кинетики различных процессов (рис. 4) [18].

В первые 20 мин помола песков не происходит значительного изменения удельной поверхности. А эффективный процесс помола

начинается после 20 мин, что объясняется обнажением малоактивной поверхности частиц песка и твердого плохо размалываемого слоя, образовавшегося в результате выветривания и других процессов, происходящих при образовании осадочных горных пород. Далее помол происходит с приростом удельной поверхности материала. При этом наилучшей размолоспособностью обладают вяземский, вольский и безлюдовский пески, удельная поверхность которых превышает 600 м<sup>2</sup>/кг, в то время как удельные поверхности ниже-

ольшанского и курского песков, при прочих равных условиях, не превышали 500 м<sup>2</sup>/кг. Кривая кинетики помола отсева дробления КВП отличается от кривых кинетики помола кварцевых песков (рис. 4, а). Эффективный процесс помола отсева дробления КВП начинается сразу же, в отличие от кварцевых песков, у которых он начинается только после 20 мин, о чем свидетельствует размер частиц и морфология кварцсодержащих добавок по истечении указанного времени, представленные на рис. 5.

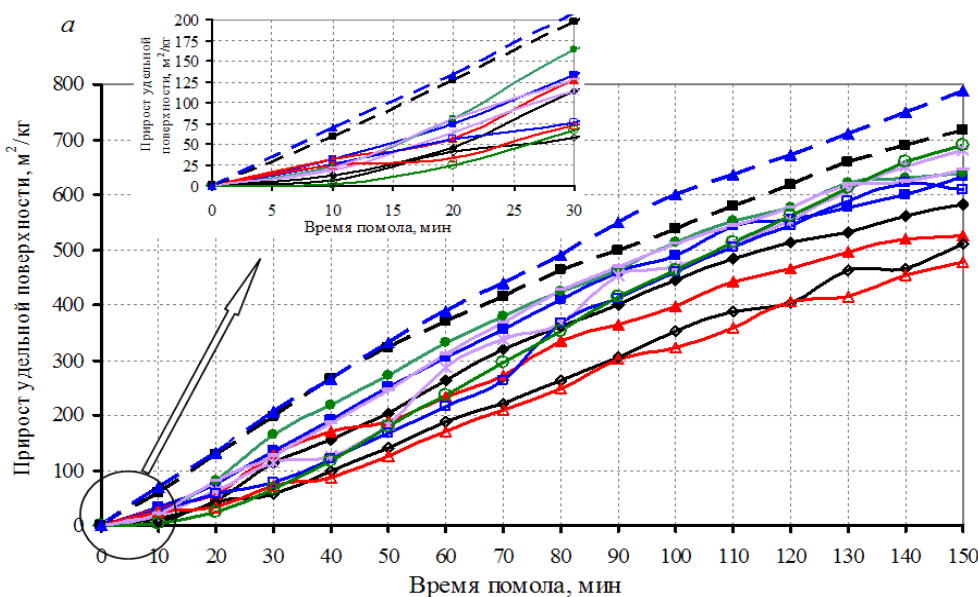


Рис. 4. Прирост удельной поверхности при помоле кварцевых песков и отсева дробления КВП:

- ◆— нижне-ольшанский песок + П-1;      —□— вяземский песок;
- вяземский песок + П-1;            —△— курский песок;
- ▲— курский песок + П-1;            —○— вольский песок;
- вольский песок + П-1;            —◇— безлюдовский песок;
- \*— безлюдовский песок + П-1;      —■— отсева дробления КВП;
- ◇— нижне-ольшанский песок;        —▲— отсева дробления КВП+ П-1

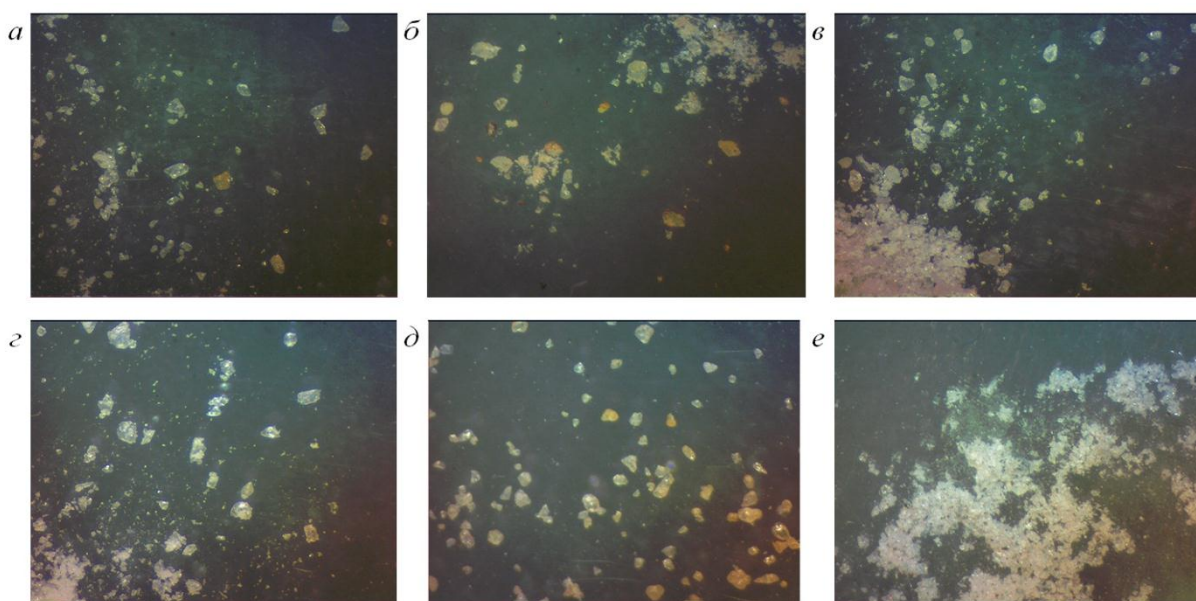


Рис. 5. Форма и размер кварцсодержащих добавок:  
 а – нижне-ольшанский песок; б – вяземский песок; в – курский песок; з – вольский песок;  
 д – безлюдовский песок; е – отсева дробления КВП



Введение суперпластификатора приводит к увеличению размолоспособности рассматриваемых кварцсодержащих добавок. Особенно эффективен помол курского и нижне-ольшанского песков с суперпластификатором. При помоле курского песка наблюдается прирост удельной поверхности до  $530 \text{ м}^2/\text{кг}$ . Это свидетельствует о том, что применяемый суперпластификатор адсорбируется на вновь образующихся при помоле положительно заряженных поверхностях, проникает в микротрещины, образованные дефектами кристаллической решетки и препятствует их самозалечиванию, увеличивая тем самым скорость помола.

Помол вяземского песка с суперпластификатором целесообразен только до 120 мин, а безлюдовского песка до 130 мин, так как при дальнейшем помоле наблюдается снижение удельной поверхности, что можно объяснить вторичным агрегированием частиц. Наилучшей размолоспособностью обладают

отсевы дробления КВП. При их помоле с суперпластификатором наблюдается ускорение процесса помола на всем промежутке времени, при этом не наблюдается снижение удельной поверхности вследствие вторичного агрегирования частиц.

Обработка экспериментальных данных по уравнениям теории переноса показала, что лучше они аппроксимируются уравнением, относящимся к процессам с интенсивным торможением.

Сравнение кинетических констант помола без суперпластификатора песков и отсевов дробления КВП (табл. 3, рис. 6) показало, что наибольшей начальной скоростью помола среди песков обладает безлюдовский песок ( $U_0 = 6,42 \text{ м}^2/(\text{кг}\cdot\text{мин})$ ), но при этом у него самый большой коэффициент торможения ( $k_t = 0,0005 \text{ кг}/\text{м}^2$ ), что снижает эффективность помола, что можно объяснить увеличением доли частиц, обладающих пониженной размолоспособностью [16, 17].

Таблица 3

Кинетические константы помола кварцсодержащих добавок

Состав	Начальная скорость $U_0$ , $\text{м}^2/(\text{кг}\cdot\text{мин})$	Коэффициент торможения $k_t$ , $\text{кг}/\text{м}^2$	Коэффициент корреляции, $k_{кор}$
Нижне-ольшанский песок	4,17	0,0004	0,9578
Вяземский песок	4,84	0,0001	0,8716
Курский песок	3,61	0,0003	0,9662
Вольский песок	4,96	0,0001	0,9415
Безлюдовский песок	6,42	0,0005	0,9201
Нижне-ольшанский песок + П-1	4,93	0,0003	0,8513
Вяземский песок + П-1	6,19	0,0005	0,9406
Курский песок + П-1	4,42	0,0003	0,8666
Вольский песок + П-1	6,22	0,0004	0,9476
Безлюдовский песок + П-1	5,16	0,0002	0,6417
Отсевы дробления КВП	6,89	0,0004	0,9159
Отсевы дробления КВП + П-1	7,3	0,0003	0,9787

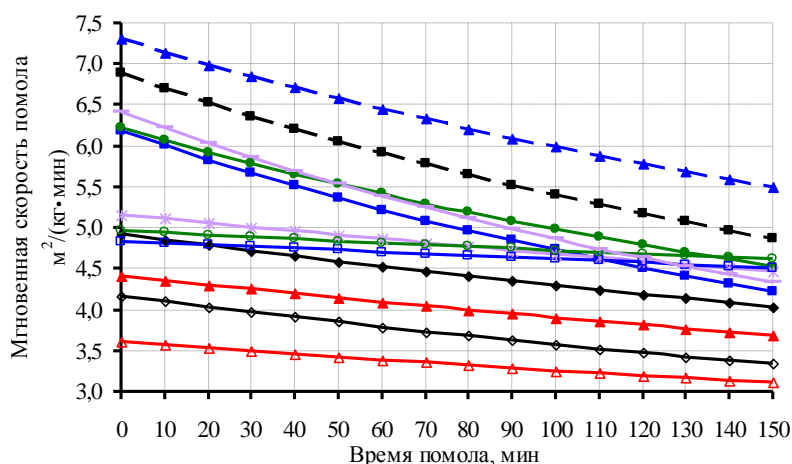


Рис. 6. Изменение мгновенной скорости помола песков и отсевов дробления КВП во времени:

- ◆— нижне-ольшанский песок + П-1; —□— вяземский песок;
- вяземский песок + П-1; —▲— курский песок;
- ▲— курский песок + П-1; —●— вольский песок;
- вольский песок + П-1; —◇— безлюдовский песок;
- ◇— безлюдовский песок + П-1; —■— отсевы дробления КВП;
- ◆— нижне-ольшанский песок; —▲— отсевы дробления КВП+ П-1

Начальные скорости помола вяземского и вольского песков примерно одинаковы, но меньше, чем у безлюдовского, и равны соответственно  $U_0 = 4,84 \text{ м}^2/(\text{кг}\cdot\text{мин})$  и  $U_0 = 4,96 \text{ м}^2/(\text{кг}\cdot\text{мин})$ . Но при этом их коэффициенты торможения в 5 раз меньше, чем у безлюдовского, и равны  $k_t = 0,0001 \text{ кг/м}^2$ . У нижне-ольшанского песка начальная скорость помола меньше, чем у вяземского и вольского песков ( $U_0 = 4,17 \text{ м}^2/(\text{кг}\cdot\text{мин})$ ), но при этом коэффициент торможения в 4 раза выше ( $k_t = 0,0004 \text{ кг/м}^2$ ).

Наименьшей начальной скоростью обладает курский песок ( $U_0 = 3,61 \text{ м}^2/(\text{кг}\cdot\text{мин})$ ) с достаточно большим коэффициентом торможения ( $k_t = 0,0003 \text{ кг/м}^2$ ), что можно объяснить содержанием частиц повышенной прочности, а, следовательно, пониженной размолоспособностью.

Изменения во времени мгновенной скорости помола кварцсодержащих добавок с добавлением суперпластификатора П-1 подтверждают расчет кинетических констант (табл. 3). Наиболее целесообразен помол нижне-ольшанского и курского песков.

Анализ кинетических констант отсевов дробления КВП показал, что начальные скорости помола как без суперпластификатора, так и с ним значительно отличаются от соответствующих показателей кварцевых песков.

У отсевов дробления КВП начальная скорость помола в 1,4...1,9 раза выше

начальных скоростей помола кварцевых песков ( $U_0 = 6,89 \text{ м}^2/(\text{кг}\cdot\text{мин})$ ) и малый коэффициент торможения ( $k_t = 0,0004 \text{ кг/м}^2$ ).

Введение суперпластификатора при помоле отсевов дробления КВП увеличивает начальную скорость помола ( $U_0 = 7,3 \text{ м}^2/(\text{кг}\cdot\text{мин})$ ) и снижает коэффициент торможения ( $k_t = 0,0003 \text{ кг/м}^2$ ) по сравнению с помолом без него.

Анализ кинетики и кинетических констант помола кварцевых песков и отсевов дробления КВП показал, что энергетически целесообразно использовать отсевы дробления КВП, частицы которых представлены агрегатами зерен с более развитой поверхностью, многочисленными сколами, заостренными и выщербленными местами в сравнении с кварцевыми песками, что и подтверждается наибольшей начальной скоростью помола  $U_0 = 6,89...7,3 \text{ м}^2/(\text{кг}\cdot\text{мин})$  и малыми коэффициентами торможения  $k_t = 0,0003...0,0004 \text{ кг/м}^2$ .

Для анализа распределения по размерам частиц кварцсодержащих добавок применялся метод гранулометрии, позволяющий определять размеры частиц и процент их содержания в анализируемом материале. Гранулометрические составы кварцевых песков и отсевов дробления КВП в начальный период помола, по окончании помола без суперпластификатора и с его добавлением имеют схожий характер и представлены на рис. 7.

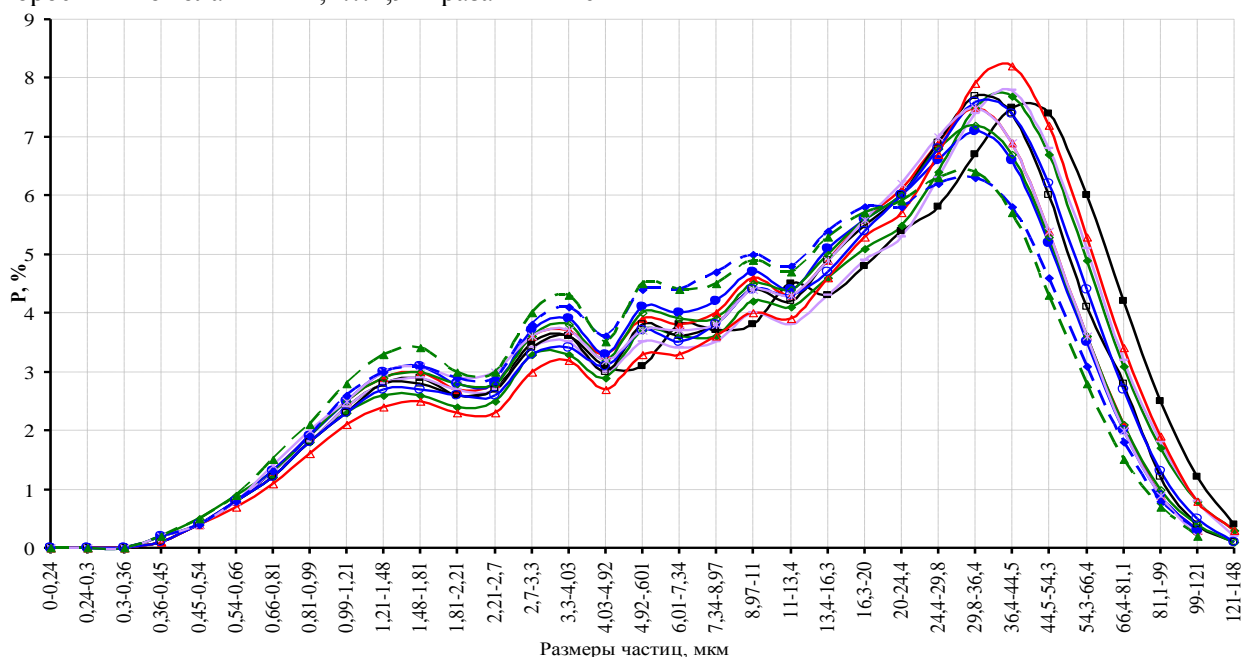


Рис. 7. Распределение частиц кварцевых песков и отсевов дробления КВП по размерам:

- нижне-ольшанский песок + П-1; —◇— вяземский песок;
- вяземский песок + П-1; —△— курский песок;
- ▲— курский песок + П-1; —○— вольский песок;
- вольский песок + П-1; —\*— безлюдовский песок;
- ◇— безлюдовский песок + П-1; —●— отсевы дробления КВП;
- нижне-ольшанский песок; —▲— отсевы дробления КВП + П-1

На рис. 7 основная часть частиц представлена в диапазоне 0,36...148 мкм. При этом наблюдается несколько ярко выраженных пиков в диапазонах 0,99...2,21, 2,7...4,92 и 24,4...99 мкм. Кривые гранулометрического состава всех рассматриваемых кварц-содержащих добавок имеют пик в области крупных частиц. При этом самым крупнодисперсным является курский песок (содержание крупных частиц в диапазоне 29,8...54,3 мкм – 8 %), а самым мелкодисперсным – вяземский песок (содержание крупных частиц в этом же диапазоне – 7 %).

Следует отметить, что гранулометрические составы всех рассматриваемых кварцсодержащих добавок не имеют значительных расхождений. Однако они по-разному ведут себя при помоле с П-1. Так, при помоле ниже-ольшанского, вяземского и безлюдовского песков с П-1 наблюдается смещение в область крупных частиц, а при помоле курского и вольского песков с П-1 происходит смещение в область мелких частиц.

Кривые гранулометрического состава отсевов дробления КВП по характеру не имеют значительных различий по сравнению с кривыми гранулометрического состава песков. Они лишь различаются в высоте пиков различных диапазонов частиц. Отсевы дробления КВП более мелкодисперсны по сравнению с молотыми кварцевыми песками с такой же удельной поверхностью: имеют меньшее содержание крупных частиц в диапазоне 29,8...54,3 мкм (6,3 %) и большее содержание частиц в диапазоне 0,54...24,4 мкм (5,8 %).

С учетом данных кинетики помола и гранулометрического анализа кварцевых песков и отсевов дробления КВП установлено, что энергетически целесообразно использовать отсевы дробления КВП, обладающих лучшей размолоспособностью, частицы которых представлены агрегатами зерен с более развитой поверхностью, многочисленными сколами, заостренными и выщербленными местами в сравнении с кварцевыми песками.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алфимова Н.И., Вишневская Я.Ю., Трунов П.В. Композиционные вяжущие и изделия с использованием техногенного сырья. Saarbrucken, 2013.
2. Агеева М.С., Алфимова Н.И. Эффективные композиционные вяжущие на основе техногенного сырья. Saarbrucken, 2015. 75 с.
3. Лесовик Р.В., Алфимова Н.И., Ковтун М.Н., Ластовецкий А.Н. О возможности использования техногенных песков в качестве сырья для производства строительных материалов // Региональная архитектура и строительство. 2008. № 2. С. 10–15.
4. Агеева М.С., Михайлова О.Н., Усенко Н.А., Ясер А.С. Свойства композиционных вяжущих на основе доменного гранулированного шлака // В сборнике: Современные строительные материалы, технологии и конструкции. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию ФГБОУ ВПО "ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова". (ФГБОУ ВПО «ГГНТУ»), г. Грозный. 2015. С. 431–435.
5. Агеева М.С., Михайлова О.Н., Усенко М.В. Оценка свойств композиционного вяжущего на шлаковом наполнителе // В сборнике: Современные строительные материалы, технологии и конструкции. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию ФГБОУ ВПО "ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова". (ФГБОУ ВПО «ГГНТУ»), г. Грозный. 2015. С. 436–439.
6. Агеева М.С., Помошников Д.Д., Тахиров С.З., Никулина А.С., Матюхина А.А. Активная минеральная добавка для цементов // В сборнике: Современное общество, образование и наука сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 16 частях. 2015. С. 7–8.
7. Агеева М.С., Погорелов А.В. Композиционное шлакоцементное вяжущее для строительных композитов различного назначения // В сборнике: Наука, образование, общество: проблемы и перспективы развития сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 10 частях. Тамбов, 2013. С. 10–12.
8. Лесовик В.С., Агеева М.С., Иванов А.В., Михайлова О.Н. Композиционные вяжущие на основе доменного гранулированного шлака // В сборнике: Инновационные материалы и технологии (XX научные чтения). Материалы Международной научно-практической конференции. 2013. С. 118–121.
9. Алфимова Н.И., Трунов П.В., Шадский Е.Е. Модифицированные вяжущие с использованием вулканического сырья. Saarbrucken, 2015.
10. Алфимова Н.И., Трунов П.В. Продукты вулканической деятельности как сырье для

производства композиционных вяжущих // Сухие строительные смеси. 2012. № 1. С. 37.

11. Алфимова Н.И., Калатоци В.В. Композиционные вяжущие с использованием отходов мокрой магнитной сепарации // В сборнике: Белгородская область: прошлое, настоящее, будущее. Материалы областной научно-практической конференции в 3-х частях. 2011. С. 110–115.

12. Алфимова Н.И. Керамзитовая пыль как компонент композиционных вяжущих // В сборнике: Белгородская область: прошлое, настоящее, будущее. Материалы областной научно-практической конференции в 3-х частях. 2011. С. 3–6.

13. Кара К.А., Альтам М.А.С. Сырьевые ресурсы Йемена // В сборнике: Современные строительные материалы, технологии и конструкции. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию ФГБОУ ВПО "ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова". (ФГБОУ ВПО «ГГНТУ»), г. Грозный. 2015. С. 328–334.

14. Кара К.А., Шаафаль В.Ф. Строительные материалы и технологии современного строительства Йемена // В сборнике: VII Международный молодежный форум "Образование, наука, производство" "Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Белгород, 2015. С. 613–619.

15. Кара К.А., Альтам М.А.С. К вопросу применения цементов Йемена для производства ячеистого бетона // В сборнике: Эффективные строительные композиты. Научно-практическая конференция к 85-летию заслуженного деятеля науки РФ, академика РААСН, доктора технических наук Баженова Юрия Михайловича. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Белгород, 2015. С. 226–231.

16. Сулейманова Л.А., Кара К.А., Кондрашев К.Р., Гонта А.В., Ковалев С.Э. Анализ кинетики помола кварцсодержащих добавок для производства композиционных вяжущих // В сборнике: Эффективные строительные композиты. Научно-практическая конференция к 85-летию заслуженного деятеля науки РФ, академика РААСН, доктора технических наук Баженова Юрия Михайловича. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Белгород, 2015. С. 615–624.

17. Сулейманова Л.А., Кара К.А. Газобетоны на композиционных вяжущих для монолитного строительства. Белгород: КОНСТАНТА, 2011. 150 с.

18. Рахимбаев Ш.М. Расчет констант скорости некоторых процессов технологии искусственных конгломератов // II Проблемы материаловедения и совершенствование технологии производства строительных изделий. Белгород: БТИСМ, 1990. С. 42–51.

---

#### **Kara K.A.**

#### **STUDY OF GRINDABILITY OF QUARTZ-BEARING ADDITIVES AS COMPONENT IN COMPOSITE BINDERS**

*The possibility of application of industrial quartz-bearing sands taking into account their chemical and mineral composition as well as grindability and granulometry to obtain the composite binder with ultimately new characteristics and pre-designed structure.*

**Key words:** composite binder, quartz sands, screenings of sandstone, grinding kinetics, grain-size distribution

---

**Кара Карина Александровна**, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры городского кадастра и инженерных изысканий.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: karina200386@yandex.ru.

Абашин Е.Г., канд. техн. наук  
Орловский государственный аграрный университет

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЕРЕМЫЧЕК ТИПА 2ПБ26-4 ВИБРАЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ

evabashin@yandex.ru

В статье рассматриваются результаты экспериментальных исследований по оценке площади поперечного сечения продольной рабочей арматуры и класса бетона в железобетонных балках с использованием вибрационного метода. По результатам динамических испытаний графически показано, что площадь поперечного сечения продольной рабочей арматуры в железобетонных балках функционально связана с их основной (или первой резонансной) частотой колебаний и построены соответствующие аппроксимирующие функции, позволяющие для балок конкретного типа получать оценку диаметра рабочей арматуры. По результатам теоретических и экспериментальных исследований также установлено, что класс бетона функционально связан с основной (или первой резонансной) частотой колебаний балок.

**Ключевые слова:** железобетонная балка, рабочая продольная арматура, класс бетона, основная частота колебаний, продольные колебания, поперечные колебания.

**Введение.** В настоящее время в нашей стране существует система выборочного контроля железобетонных конструкций балочного типа, регламентируемая ГОСТом 8829-94 [1], когда из конструкций определенной партии выбираются для контроля лишь несколько изделий, которые испытывают методом статического нагружения до разрушения, при этом полученные результаты распространяются на всю партию. Такой метод контроля экономически неэффективен и не обеспечивает достоверности результатов контроля [2, 3].

Более выгодны с экономической точки зрения и более достоверны вибрационные методы контроля, которые получили широкое распространение, например в машиностроении [4, 5]. Однако в нашей стране в строительной индустрии им уделено недостаточное внимание из-за отсутствия серьезного теоретического обоснования и методического обеспечения.

Многочисленные теоретические и экспериментальные исследования, проводимые научными коллективами под руководством и В.И. Коробко [6, 7], показали, что вибрационные методы позволяют определять интегральные характеристики железобетонных балок (прочность, жесткость и трещиностойкость) по результатам анализа динамических параметров контролируемых конструкций (основная или первая резонансная частота колебаний, логарифмический декремент затуханий колебаний). Это стало возможным благодаря установлению наличия функциональной связи между контролируемыми параметрами конструкций и их динамическими характеристиками. Большое значение в этом плане имеет фундаментальная закономерность, установленная в работах В. И. Коробко [8], согласно которой: «произведение максимального прогиба упругой однопролетной

балки постоянного сечения с произвольными граничными условиями, нагруженной равномерно распределенной нагрузкой  $q$ , на квадрат ее основной (или первой резонансной) частоты колебаний с точностью до размерного коэффициента  $q/m$  ( $q$  – интенсивность нагрузки,  $m$  – погонная масса балки) есть величина постоянная, равная  $\approx 4/\pi$ »:

$$w_0 \omega^2 \approx 4/\pi \cdot q/m. \quad (1)$$

Большинство изобретений разработанных с использованием указанной закономерности В.И. Коробко, относятся к железобетонным предварительно напряженным конструкциям, основной характеристикой, влияющей на прочность, жесткость и трещиностойкость которых является степень предварительного напряжения продольной арматуры. Для протяженных железобетонных конструкций без предварительного напряжения арматуры подобными характеристиками являются диаметр продольной рабочей арматуры  $d_s$  и класс бетона В [9].

**Методология.** Для подтверждения закономерности (1) и исследования зависимостей динамических и прочностных параметров конструкции от диаметра продольной рабочей арматуры  $d_s$  и класса бетона В был проведен эксперимент на базе Архитектурно-строительного института ПГУ научным коллективом под руководством Заслуженного строителя России профессора В.И. Коробко. Для эксперимента были изготовлены 20 железобетонных перемычек со следующими геометрическими характеристиками:  $l = 2590$  мм;  $b = 120$  мм;  $h = 140$  мм. Масса перемычек  $m \approx 109$  кг. Для большей наглядности влияния класса бетона и диаметра рабочей арматуры на динамические характеристики, 10 конструкций произведены с одинаковым арма-

турным каркасом, состоящим из: рабочей арматуры А400  $d_s = 12$  мм, проволочной арматуры В500  $A = 20$  мм<sup>2</sup> и поперечных связей В500  $A = 13$  мм<sup>2</sup>, но с разными классами бетона по прочности (В7,5, В15, В20, В22,5, В30), по 2 каждого

типа, другие 10 с одинаковым классом бетона В15, но с разными диаметрами рабочих арматур  $d_s$  (8, 10, 14, 16 и 18 мм), по 2 каждого типа.

Экспериментальный стенд и приборная база представлены на рисунке 1.

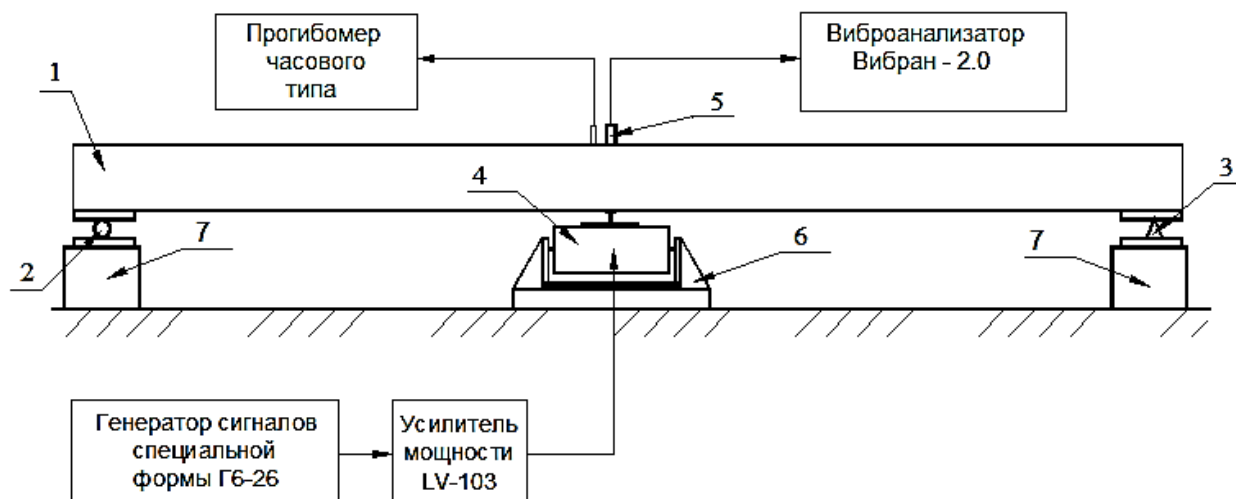


Рис. 1. Схема установки приборов контроля на балке: 1 – объект контроля;

2, 3 – подвижная и неподвижная шарнирные опоры; 4 – электродинамический вибровозбудитель 11076; 5 – измерительные вибрационные датчики; 6 – силовая установка вибровозбудителя; 7 – силовые опоры.

Для определения достоверности результатов экспериментов, применялись методы математической статистики по обработке результатов испытаний. Из общего объема строительных конструкций были выбраны некоторые, которые подверглись детальному статистическому исследованию, по результатам которого был описан весь объем результатов экспериментов.

Для испытаний была выбрана балка Б-1-1 серии 2ПБ26-4 с целью определения ее собственной частоты колебаний. Испытания проводились многократно при разных величинах интенсивности внешней нагрузки. Обработке были подвергнуты по 25 измерений при каждой ступени загрузки. Результаты приведены в табл. 1.

Таблица 1

### Результаты обработки данных испытаний

Величины нагружения, $P$ , кН	$\bar{x}$ , Гц	$D$	$\sigma$	$\sigma_0$	$\mu$	$x_0$ , Гц	%
0	20,508	0,0058	0,076	0,0152	0,0314	$20,508 \pm$	0,15
0,3823	17,784	0,0039	0,062	0,0127	0,0263	$17,784 \pm$ $0,0263$	0,15
0,7646	15,824	0,0061	0,078	0,0156	0,0322	$15,824 \pm$ $0,0322$	0,2
1,9265	12,88	0,0408	0,202	0,0404	0,0835	$12,88 \pm 0,0835$	0,65

Значение доверительной вероятности при нагрузке  $P = 1,9265$  кН относительно велико из-за появления упруго-пластических деформаций в испытываемой конструкции. По результатам статистической обработки было принято решение о дальнейшем однократном измерении величин в течение всего эксперимента.

Экспериментальные балки нагружались по следующей схеме: 0 %, 20 %, 40 %, 60 %, 80 %, 90 %, 100 % и далее через 10 % от расчетной

нагрузки трещинообразования до появления трещин. Затем 20 %, 40 %, 60 %, 80 %, 90 %, 100 % и далее через 10 % от расчетной разрушающей нагрузки до появления признаков разрушения. На каждой ступени загрузки и после снятия разрушающей нагрузки определялись следующие параметры: основная частота свободных поперечных колебаний  $f_{\text{поп}}$ ; резонансная частота продольных колебаний  $f_{\text{пр}}$ ; логарифмический декремент  $\delta$ ; логарифмический инкремент  $\delta$ ; логарифмический инкремент  $\delta$ ; логарифмический инкремент  $\delta$ .

рифмический декремент затухания поперечных колебаний  $\delta_{\text{поп}}$ ; прогиб  $w$  от равномерно распределенной нагрузки  $q$ ; также фиксировались нагрузки трещинообразования  $P_{\text{сгс}}$  и разрушения  $P_{\text{пр}}$ .

**Результаты исследования.** Одним из основных результатов экспериментальных исследований перемычек явилось получение опытных зависимостей динамических и прочностных характеристик от диаметра рабочей арматуры и модуля упругости бетона (рис. 3). Также были получены другие зависимости для каждой исследуемой балки (рис. 2).

Аналогичные экспериментальные графические зависимости были получены для всех ис-

следуемых балок, они подтверждают закономерность (1) и приведенные теоретические рассуждения [9, 10] с некоторыми поправками:

1 Очевидно, что частота продольных колебаний увеличивается с нарастанием нагрузки вплоть до момента трещинообразования (рис. 2б.). Это связано с увеличением продольных напряжений в конструкции, после появления первых трещин величина продольного напряжения резко падает и происходит интенсивное снижение частоты продольных колебаний. Этот результат позволяет контролировать стадию напряженно-деформированного состояния по частоте продольных колебаний конструкции.

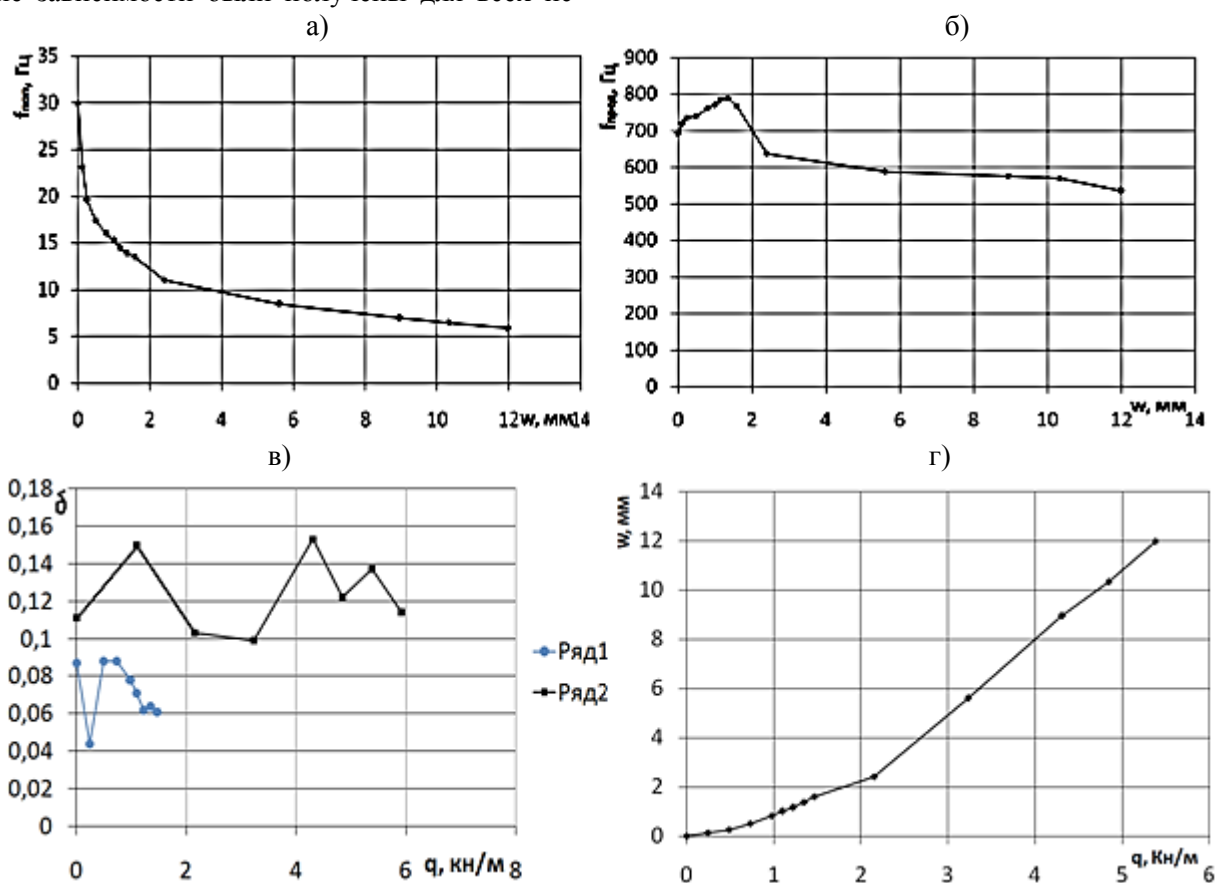


Рис. 2. Экспериментальные графические зависимости для железобетонной балки Б-8-1:

- а) частоты поперечных колебаний от прогиба; б) частоты продольных колебаний от прогиба; в) логарифмического декремента затухания колебаний от нагрузки (Ряд1 для упругой стадии, Ряд2 для упруго-пластической стадии); г) прогиба от нагрузки.

2 Четкой зависимости между логарифмическим декрементом колебаний и величиной нагрузки не выявлено, но определены и графически показаны интервалы данной величины для разных стадий напряженно-деформированного состояния данного типа конструкций, что имеет большое практическое значение при контроле качества строительной конструкции по логарифмическому декременту затухания колебаний (рис. 2в.).

3 Величина  $1/w$  – пропорциональна частоте колебаний, что убедительно подтверждают теоретические выводы, полученные в работе [2] при установлении функциональной зависимости  $f - w$  (рис 2а.).

4 Появление трещин в растянутой зоне бетона существенно не сказывается на изменении основной частоты поперечных колебаний, так же как и появление пластических деформаций в бетоне и арматуре. Закономерности  $f - q$  и  $f - w$

являются монотонно убывающими вплоть до разрушения конструкции (рис. 2а).

Анализ результатов экспериментального исследования железобетонных балок позволяет сделать следующие выводы (рис. 3):

1. Увеличение диаметра арматуры и класса бетона на сжатие ведет к росту частоты свобод-

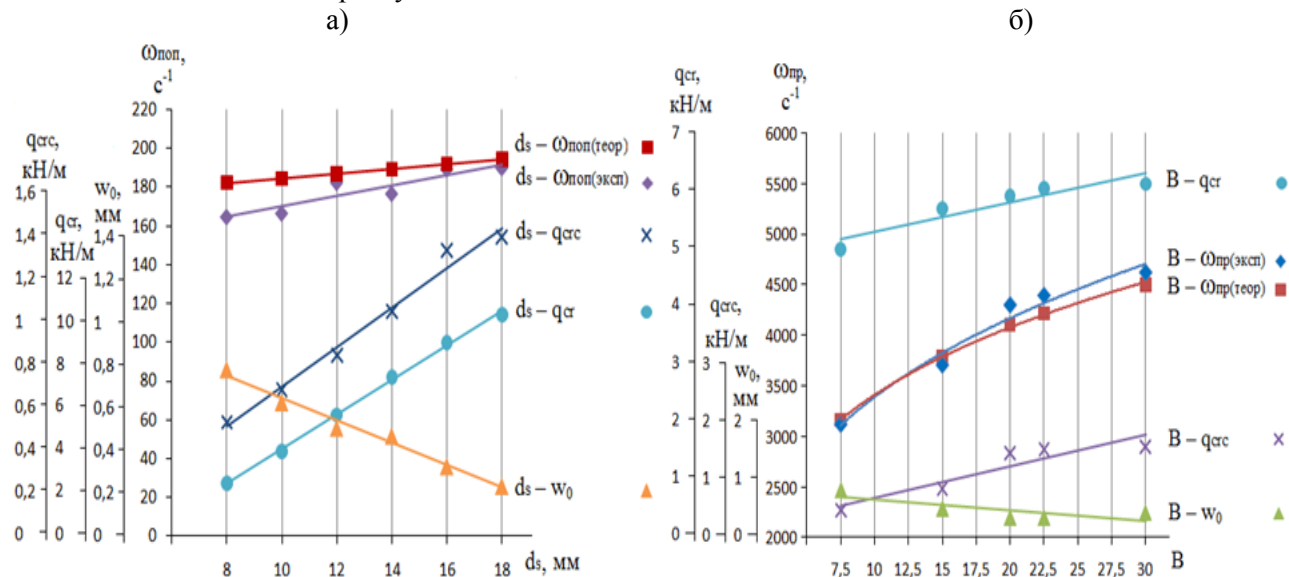


Рис. 3. Экспериментальные графические зависимости для перемычек типа 2ПБ26-4: а) зависимости динамических характеристик от диаметра рабочей продольной арматуры; б) зависимости динамических и прочностных характеристик от класса бетона по прочности.

3 Динамические испытания балок после снятия разрушающей нагрузки показали снижение частоты колебаний и увеличение логарифмического декремента затухания, что объясняется появлением остаточных деформаций.

4 Экспериментальные кривые  $\omega - B$  и  $\omega - d_s$  соответствуют теоретическим [3], что дает возможность разработать способ определения диаметра арматуры и класса бетона железобетонных балок без предварительного напряжения арматуры по результатам динамических испытаний.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- ГОСТ 8829-94. Конструкции и изделия железобетонные сборные. Методы испытания нагружением и оценка прочности, жесткости и трещиностойкости. М.: Изд-во стандартов, 1994. 24 с.
- Гунгер Ю.Р., Тарасов А.Г., Чернев В.Т. Ультразвуковой и вибрационный контроль состояния железобетонных стоек опор и фундаментов воздушных линий электропередачи // Электроинфо. 2005. № 11. С. 40–43.
- Байков В.Н., Сигалов Э. Е. Железобетонные конструкции : общий курс // Изд. 5-е дополн. М. : Стройиздат, 2013. 767 с.
- ГОСТ Р 13373-2 – 2009. Вибрационный

ных колебаний.

2. Основная частота является более стабильной, чем логарифмический декремент затухания колебаний характеристикой, которая меняется практически монотонно с ростом нагрузки.

контроль состояния машин. Обработка, анализ и представление результатов измерения вибрации – Введен впервые ; введ. 2009.12.15. М. : Изд-во Стандартиформ, 2009. 32 с.

5. Zhang W. Application of wide band AE sensor in model test of reinforced concrete structures // 17th World conference on nondestructive testing (25–28 oct. 2008 у., Shanghai, China). Shanghai, 2008. P. 362–369.

6. Пат. 75035 Российская Федерация, МПК51 G 01 H 9/00. Устройство для измерения параметров вибрационных колебаний/ Плотников С. Н., Богданов Н. Г., Щекотихин С. Н. ; заявитель и патентообладатель Академия ФСО России. – № 2008108442/22 ; заявл. 04.03.08 ; опубл. 20.07.08, Бюл. № 20. 5 с.

7. Слюсарев Г.В. Развитие и применение неразрушающих методов и средств вибрационного контроля качества железобетонных конструкций : дис. на соиск. учен. степ. д-ра. техн. наук. Ставрополь; Орел, 2003 г. 370 с.

8. Коробко В.И., Коробко А.В. Контроль качества строительных конструкций: Виброакустические технологии. М.: Издательство АСВ, 2003. 288с.

9. Коробко В.И., Абашин Е.Г. Способы определения площади поперечного сечения продольной арматуры и модуля упругости бетона в железобетонных балках по результатам ста-



тических и динамических испытаний // Известия ОрелГТУ. Серия «Строительство и реконструкция». Орел ГТУ, 2010. №2/28. С. 23–25.

10. Абашин Е. Г. Определение площади по-

перечного сечения рабочей арматуры в железобетонных балках вибрационным методом // «Строительство и реконструкция». Орел: Государственный университет – УНПК, 2011. № 5. С. 3–7.

---

**Abashin E.G.**

**EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS REINFORCED CONCRETE BEAMS 2PB26-4 BY THE VIBRATION METHOD**

*The article examines the results of experimental investigations for evaluation of cross-section area of longitudinal reinforcement bar and concrete class in reinforced concrete beams at the application of vibration method. By the dynamic testing results is graphically proved that cross-section area of longitudinal reinforcement bar in reinforced concrete beam is functionally connected with the main frequency lateral and longitudinal oscillations of the beam and construct the corresponding approximating functions, allow to receive the cross-section area of longitudinal reinforcement bar for a particular type of beams. By the theoretical and experimental investigations results is proved that concrete class is connected with the main (or the first resonance) frequency of beam vibrations.*

**Key words:** reinforced concrete beams, longitudinal reinforcement bar, concrete class, the main frequency of vibrations, longitudinal oscillation, lateral oscillation.

---

**Абашин Евгений Геннадьевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры агропромышленное и гражданское строительство.

Орловский государственный аграрный университет.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: evabashin@yandex.ru

Лопанов А.Н., д-р техн. наук, проф.,  
Фанина Е.А., канд. техн. наук, доц.,  
Гузеева О.Н., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## КИСЛОТНО-ОСНОВНЫЕ ЦЕНТРЫ ПОВЕРХНОСТИ КВАРЦЕВОГО ПЕСКА В ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ

ox.guzeeva@yandex.ru

*Исследованы кислотно-основные свойства поверхности песка Разуменского месторождения. Изучено влияние механической активации на число и активность поверхностных центров методами ацидометрического титрования и калориметрии. Обнаружено, что механическое диспергирование песка не приводит к росту активных центров ( $\text{мкг-экв/м}^2$ ), но сопровождается изменением энергетического состояния твердого вещества. Построена модель поверхности песка, представлены экспериментальные показатели термодинамического состояния модифицированного заполнителя в кислотно-основных средах. Увеличение активности поверхностных функциональных групп методом механоактивации приводит к повышению количества выделяющейся теплоты смачивания песка раствором гидроксида натрия в 3...4 раза по сравнению с исходным энергетическим состоянием поверхностного слоя. Применение механоактивированного наполнителя в технологии электропроводящих строительных смесей приводит к увеличению прочностных характеристик электропроводящих композитов.*

**Ключевые слова:** механоактивация, кварцевый песок, модель поверхностных активных центров, калориметрия, теплота реакции, прочность изделий.

**Введение.** Композиционные материалы с новыми свойствами в технологии современных изделий и конструкций обеспечивают конкурентоспособность выпускаемой продукции. Большая роль принадлежит композитам с регулируемые электрическими свойствами. Так, использование композитов на основе силикатно-углеродных матриц в технологии полов и напольных покрытий снижает трудоемкость монтажных работ, энерго- и ресурсоемкость комплектованных изделий и систем. Указанные материалы характеризуются необходимыми показателями качества, надежности и безопасности сырьевых компонентов в конечной комплектации выпускаемой продукции [1, 2].

На современном этапе развития стройиндустрии широко используются различные способы модифицирования исходных компонентов, которые позволяют увеличить потенциальные возможности в области строительного материаловедения за счет регулирования структуры и свойств традиционных рецептур. Одним из распространенных методов управления сложными физико-химическими процессами, происходящими в зоне контакта при формировании структуры композиционных материалов, является механоактивация [3]. На базе фундаментальных научно-методологических основ механохимии построены современные исследовательские работы по изучению влияния механоактивации наполнителей на изменение химических и физико-химических свойств твердых материалов под влиянием механической энергии при измельчении. Установлено, что полифункциональность

поверхности частиц тонкомолотого песка заключается в наличии «активных центров» льюисовского и бренстедовского типа, которые усиливают реакционную способность вещества [4–6].

Одной из важных проблем, которую необходимо решить при использовании композитов на основе углеродных веществ и силикатов, является снижение прочностных параметров изделий и конструкций. Установлено, что применение графита в качестве электропроводящей фазы в композитах гидратационного твердения снижает прочностные свойства материалов, что приводит к ухудшению их эксплуатационных характеристик [7].

Целью работы является получение углеродсодержащих композитов и исследование влияния механоактивации кварцевого песка на физико-химические и прочностные характеристики полученных материалов.

**Методы исследований.** При проведении экспериментальной части работы использовали комплекс современных методов с применением высокоточного оборудования, что обуславливает достоверность полученных результатов. Измерение дисперсных параметров порошкообразных материалов проводили методом лазерной гранулометрии с помощью анализатора частиц ANALYSETTE 22 NanoTec plus, принцип действия которого основан на регистрации оптического излучения с длинами волн 532 и 940 нм, рассеянного частицами в проточной кювете. Составы сырьевых материалов определяли с использованием рентгенофазового анализа на ди-

фрактометре ДРОН-3 в интервале двойных углов 6-64° по методу Дебая-Шерера (метод порошков). Удельную поверхность образцов измеряли на компьютерном многофункциональном приборе ПСХ-12 SP с диапазоном измерения 50–200 см<sup>2</sup>/г. Помол дисперсных материалов производили в лабораторной планетарной шаровой мельнице. Измерения величины рН применяемых растворов и суспензий проводили с помощью рН-метра рН-150 МИ, погрешность прибора ±0,01. Тепловые эффекты химических реакций исследуемых веществ определяли калориметрическим методом с использованием установки «Эксперт-001К-2».

**Основная часть.** В работе использовали кварцевый песок Разуменского месторождения Белгородской области. Дифрактограмма тонко-

молотого заполнителя показывает, что кристаллографическая модификация песка представлена  $\alpha$ -кварцем (рис. 1). Его химический состав представлен оксидами различных металлов (табл. 1), которые могут образовать аутигенные поверхностные соединения.

Помол кварцевого наполнителя проводили в шаровой планетарной мельнице в течение определенных временных периодов (табл. 2). Выбор помольного агрегата обусловлен его наибольшей активирующей способностью. В качестве вяжущей системы использовали портландцемент СЕМ I 42,5Н. Для улучшения реологических свойств применяли пластификатор на основе поликарбоксилатов Melflux 2651 F в оптимальной дозировке.

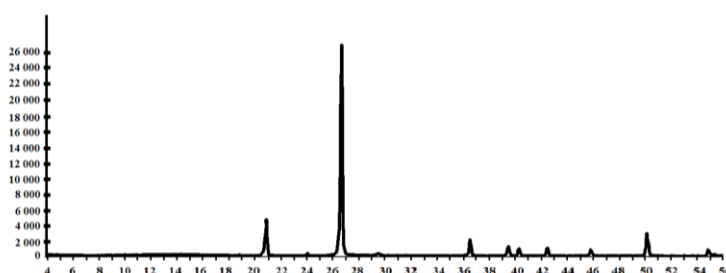


Рис. 1. Дифрактограмма песка Разуменского месторождения Белгородской области

Таблица 1

#### Химический состав песка Разуменского месторождения

Месторождение сырьевого материала	Химический состав кварцевого песка, %							
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SO <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O + Na <sub>2</sub> O	п.п.п.
Разуменское	93,02	0,92	0,02	0,98	0,62	0,08	0,46	0,86

Таблица 2

#### Изменение удельной поверхности песка $S_{уд}$ от времени помола $t$

№ пробы	Время помола $t$ , мин	$S_{уд}$ , м <sup>2</sup> /г	№ пробы	Время помола $t$ , мин	$S_{уд}$ , м <sup>2</sup> /г
1	0 (исх.)	0,14	4	10	0,26
2	2	0,15	5	15	0,30
3	5	0,19	6	20	0,39

Для определения концентрации активных центров используются различные методики [8, 9]. Нами установлено, что проблема расчетно-экспериментального определения количественной концентрации и распределения кислотно-основных центров на поверхности зерен кварцевого песка заключается в сложности протекания химических реакций между исходными веществами, которые используются для анализа. Наиболее распространены методы ионного обмена, титрования и спектрофотометрического анализа. Из недостатков спектрофотометрического метода, основанного на адсорбции одноосновных индикаторов с различными значениями  $pK_a$  на поверхности твердых частиц из водной среды, можно выделить следующие: недостаточная сорбционная активность индикаторов может привести к возникновению отрицатель-

ной адсорбции, когда вода сорбируется на полифункциональной поверхности зерен песка, а молекулы индикатора не сорбируются на центрах адсорбции. Поэтому для изучения кислотно-основной природы поверхности тонкомолотого кварцевого заполнителя в работе использовали метод определения обменной ёмкости по отношению к ионам кальция.

В ходе эксперимента первоначально был проведен «холостой» опыт посредством титриметрического анализа, который заключается в измерении объема реагента известной концентрации, затраченного на реакцию взаимодействия с анализируемым раствором для определения по изменению окраски индикатора точки эквивалентности, в которой достигается эквивалентное соотношение реагирующих веществ. Использовали прямое ацидометрическое титро-

вание – титрантом являлась соляная кислота: к раствору определяемого вещества  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  по-

степенно добавляли  $\text{HCl}$ . Кривая кислотно-основного титрования представлена на рис. 2 А.

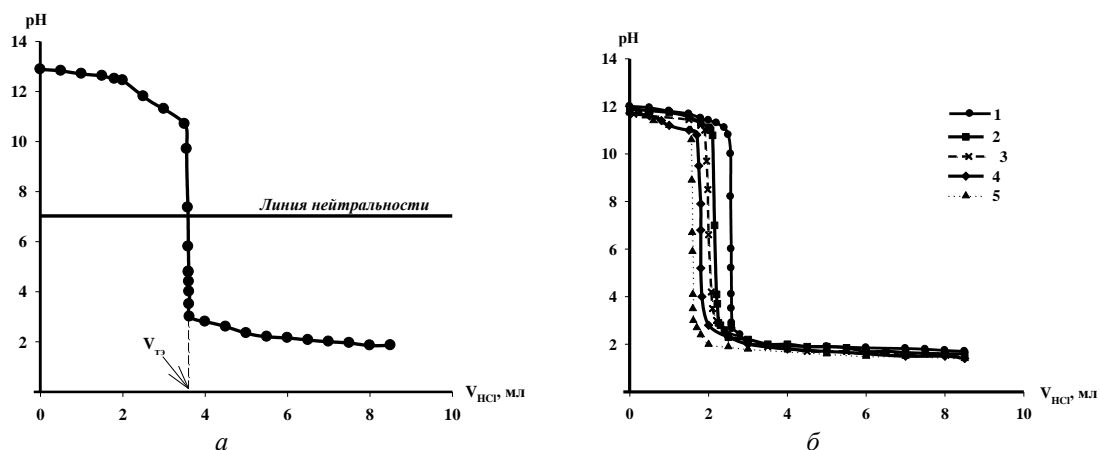


Рис. 2. Кривые кислотно-основного титрования:  
а – при «холостом» опыте; б – с добавлением песка, перемолотого по времени:  
1 – 2 мин; 2 – 5 мин; 3 – 10 мин; 4 – 15 мин; 5 – 20 мин

Готовили суспензию из насыщенного раствора гидроксида кальция, дистиллированной воды и песка при соотношении компонентов 1:4:1 соответственно. После процессов центрифугирования и декантирования проводили титрование 0,1 Н раствором  $\text{HCl}$  с использованием индикатора метилового оранжевого. Экспериментальные результаты титрования представлены на рис. 2 Б.

Обработку результатов проводили согласно методике [9], с учетом объемов кислоты, пошедшей на титрование исходного раствора  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  и после взаимодействия с песком. Полученные результаты зависимости количества активных центров  $q$ , (мкг-экв/г) от величины удельной поверхности  $S_{уд}$ , ( $\text{см}^2/\text{г}$ ), количество активных центров в расчете на единицу поверхности песка представлены на рис. 3.

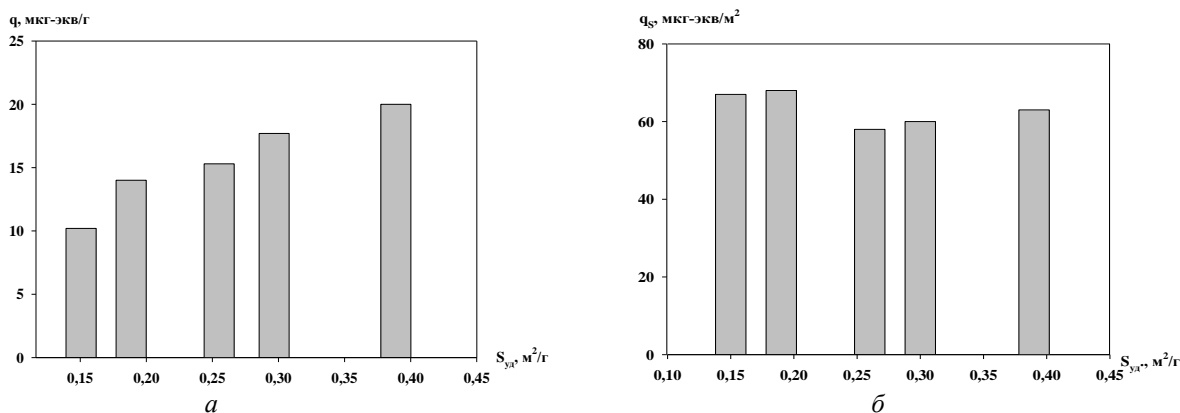


Рис. 3. Зависимость количества активных центров (а) и количества активных центров в расчете на единицу площади поверхности (б) от величины удельной поверхности песка при механической активации материалов

Несмотря на то, что с увеличением удельной поверхности тонкомолотого песка закономерно происходит увеличение общего количества активных центров, в расчете на единицу поверхности количество активных центров не меняется. Как известно, при диспергировании необходимо также учитывать изменение гранулометрического состава, формы и рельефа поверхности частиц, степень аморфизации [10].

Таким образом, механическая активация песка в процессе диспергирования не приводит к увеличению плотности активных центров, находящихся на поверхности песка, поэтому

необходимо выяснить относительную химическую активность поверхностных соединений. Это было выполнено методом калориметрии. В работе для определения химической активности поверхностных центров в песке использовали метод определения тепловых эффектов при взаимодействии исследуемого песка с раствором  $\text{NaOH}$  концентрации 50 % (мас.). Действительно, начальная стадия взаимодействия основного компонента песка – оксида кремния (IV) начинается с взаимодействия поверхностных центров с гидроксидом натрия и при смачивании песка раствором, начальная стадия выделения

теплоты происходит в течение 6-12 мин., рис 4. Далее кинетика процесса замедляется, так как на разрушение прочной кристаллической решетки

оксида кремния затрачивается большое количество энергии.

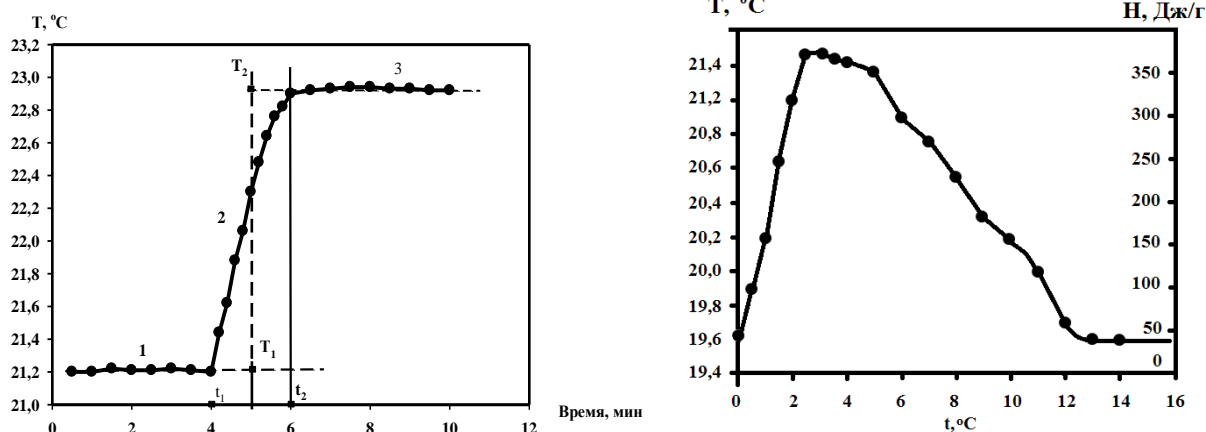


Рис. 4. Графическое определение изменения температуры в ходе экзотермической реакции.

Изменение температуры и теплоты при протекании реакции тонкомолотого песка с раствором NaOH

В ходе эксперимента была определена тепловая постоянная калориметра по известному значению энтальпии растворения хлорида калия  $\Delta H_{\text{KCl}}$  с учетом теплообмена согласно методике [11]. Исходя из графического определения истинное изменение температуры калориферной установки  $\Delta T = 1,17$  °C. Постоянная (теплоемкость) калориметра рассчитывали на основе уравнения теплового баланса по интегральной теплоте растворения хлорида калия.

Нами установлено, что несмотря на то, что поверхностная плотность функциональных групп при механической активации не меняется,

химическая активность поверхностных функциональных групп в реакции взаимодействия с щелочью существенно возрастает, табл. 2. На начальных стадиях механической активации удельная теплота взаимодействия поверхностных центров с гидроксидом натрия возрастает с 321 до 1321...1375 Дж/м<sup>2</sup>. Вероятно, на начальной стадии диспергирования дефекты кристаллической фазы вследствие разрыва связей внутри кристалла проявляются в наибольшей степени. Далее с увеличением степени дисперсности удельная теплота взаимодействия несколько снижается достигая 795 Дж/м<sup>2</sup>, табл. 2.

Таблица 2

#### Изменение температуры $\Delta T$ и теплового эффекта $\Delta H$ при взаимодействии тонкомолотого песка с раствором NaOH

№	$S_{\text{уд}}, \text{м}^2/\text{г}$	$\Delta T, \text{°C}$	$\Delta H, \text{Дж/г}$	$\Delta H, \text{Дж/м}^2$
1	0,14	0,24	44,88	321
2	0,15	1,06	198,21	1321
3	0,19	1,4	261,23	1375
4	0,26	1,52	284,23	1093
5	0,30	1,66	310,41	1033
6	0,39	1,66	310,41	795

Таким образом, количество активных функциональных групп на единицу площади поверхности остается постоянным  $\sim 65$  мкг-экв/м<sup>2</sup>, увеличивается количество теплоты исследуемого процесса вследствие повышенной энергии точечных дефектов кристаллов, разрыва внутримолекулярных связей, сдвиговых напряжений и разрушений в кристаллической фазе оксида кремния (IV).

Нами проведено моделирование поверхности кварцевого песка в соответствии с исследованиями, выполненными в работах [12-14]. На рис. 5 показан фрагмент изображения поверхно-

сти кварцевого песка на площадке  $10^{-11}$  м<sup>2</sup>. Выбран участок, на котором видны дефекты поверхности в виде круглых ямок диаметром в несколько десятков нанометров. Глубина их по данным работы [14] составляет около 40 нм. Края ямок не выступают над поверхностью. Сама поверхность имеет рельеф, средняя высота которого  $\sim 1$  нм. Можно предположить, что ямки могут образовываться в результате скопления естественных пустот, присущи кварцевому песку [12]. Следует отметить, что проблема плотности таких дефектов не исследовалась.

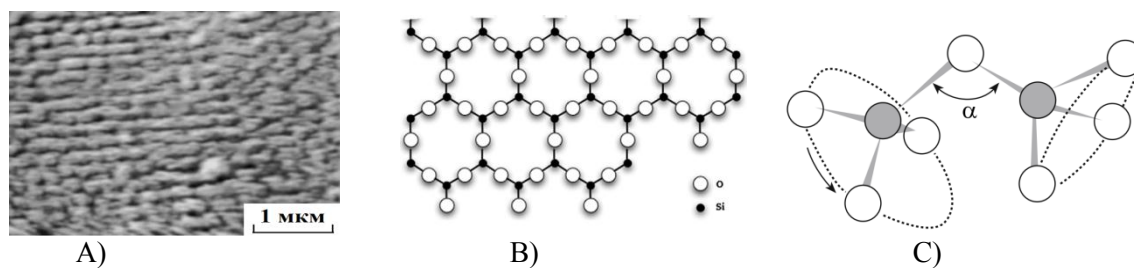


Рис. 5. Модель кварцевого песка с дефектами поверхности (А) и ее структурные элементы (В, С)

В соответствии с представленной моделью при механической активации песка плотность активных центров не меняется, но может меняться химическая активность центров. Вероятно, это происходит в результате химических реакций, протекающих на поверхности, например, под воздействием воды, присутствующей в воздухе. Происходит гидратация поверхностных групп и изменение их реакционной способности.

В работе разработаны составы электропроводящих сухих строительных смесей для наливных полов с использованием тонкомолотого песка Разуменского месторождения с различными технологическими и эксплуатационными показателями, которые соответствуют регламентируемым физико-механическим показателям качества строительной продукции. Прочностные показатели затвердевших композитов представлены на рис. 5.

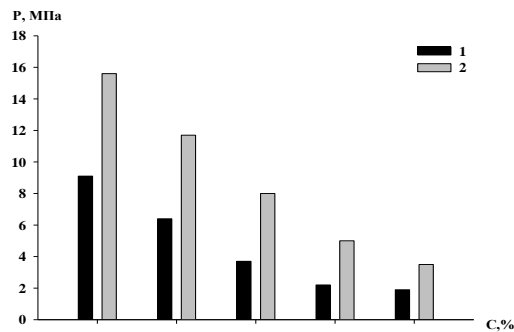


Рис. 5. Зависимость прочности композитов  $P$  от массовой концентрации углеродсодержащего компонента  $C$  при использовании песка: 1 – исходного; 2 – механически активированного при удельной поверхности  $0,2 \text{ м}^2/\text{г}$

Введение в состав смеси тонкомолотого песка с  $S_{уд} \geq 0,2 \text{ м}^2/\text{г}$  наблюдали увеличение прочности материала более чем в 2 раза.

### Выводы

1. Перспективными для промышленного производства являются функциональные цементные композиты на основе углеродсодержащих электропроводящих материалов, которые применяются в отопительных системах для основного и вспомогательного обогрева производственных и общественных зданий. Улучшение физико-механических, реологических и химиче-

ских характеристик композитов при использовании механоактивированных наполнителей является следствием увеличения их удельной поверхности, изменения granulometрии и морфологии частиц, аморфизации поверхности и увеличения активности функциональных групп.

2. Установлено, что использование тонкомолотых кварцевых наполнителей приводит к увеличению проектной прочности композиционных материалов в 2 раза. Доказано, что рост активности функциональных поверхностных групп зерен механоактивированного кварцевого песка наблюдается при увеличении величины удельной поверхности до  $0,2 \text{ м}^2/\text{г}$ , дальнейшее измельчение несколько замедляет данную тенденцию, поэтому увеличение времени помола песка нецелесообразно с точки зрения энергоэффективности.

3. При калориметрическом исследовании была выявлена следующая закономерность: увеличение активности функциональных групп поверхности при механической активации приводит к повышению количества выделяющейся теплоты начальной стадии взаимодействия песка с раствором гидроксида натрия в 3...4 раза по сравнению с исходным песком. Концентрация активных центров на единицу поверхности кварцевого наполнителя остается неизменной. Таким образом, активность функциональных групп позволяет охарактеризовать количество теплоты, выделяющейся с единицы поверхности зерен песка. Полученные результаты позволяют сделать вывод о перспективе применения метода определения тепловых характеристик электропроводящих композитов на основе силикатно-углеродных матриц в технологии механоактивированных кварцевых наполнителей для систем панельно-лучистого обогрева зданий и сооружений.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Горелов В.П. Низкотемпературные нагреватели из композиционных материалов в промышленности и быту. М.: Энергоатомиздат, 1995. 208 с.
2. Фанина Е.А., Лопанов А.Н. Электропроводящие конструкционные материалы строи-

тельного назначения // Вестник МГСУ. 2009. № 4. С. 258–261.

3. Баженов Ю.М., Демьянова В.С., Калашников В.И. Модифицированные высокопрочные бетоны. М.: Изд-во АСВ, 2007. 368 с.

4. Ядыкина В.В. Управление процессами формирования и качеством строительных композитов с учетом состояния поверхности дисперсного сырья. Изд-во АСВ, 2009. 374 с.

5. Брыков А.С. Ультрадисперсные кремнеземы в технологии бетонов. СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2009. 27 с.

6. Траутвайн А.И. Образование активных центров при помоле минеральных материалов в различных мельницах и их влияние на взаимодействие в контактной зоне // Международная научно-практическая конференция «Инновационные материалы и технологии». Белгород: изд-во БГТУ, 2011. Ч.2. С. 139–143.

7. Лопанова Е.А. Функциональные токопроводящие материалы на основе графита и силикатов: дис... канд. техн. наук. Белгород. 2005. 142 с.

8. Антошкина Е.Г., Смолко В.А. Определение кислотно-основных центров на поверхности зерен кварцевых песков некоторых месторожде-

ний России // Вестник ЮУрГУ. 2008. № 7. С. 65–68.

9. Ядыкина В.В. Влияние физико-химической обработки на реакционную способность кварцевого заполнителя при формировании цементно-песчаных бетонов / В.В. Ядыкина. Дис... канд. технич. наук. Белгород. 1987. 211 с.

10. Лесовик Р.В. Мелкозернистые бетоны на композиционных вяжущих и техногенных песках: Автореф. дис... докт. техн. наук. Белгород, 2009. 42 с.

11. Резницкий Л.А. Калориметрия твердого тела (структурные, магнитные, электронные превращения): монография. М.: Московский университет [МГУ] им. М.В. Ломоносова, 1981. 184 с.

12. Лeko В.К., Мазурин О.В. Свойства кварцевого стекла. Л.: Наука, 1985. 166 с.

13. Adalbert Feltz. Amorphe und Glasartige AnorganischFestkörper. Berlin: Akademie-Verlag, 1983. 560 с.

14. Агеев Л.А., Белошенко К.С., Маковецкий Е.Д., Милославский В.К. Имплантация в кварцевое стекло периодических структур, образованных частицами серебра // Оптика и спектроскопия. 2009. Т. 107. № 5. С. 838–845.

---

**Lopanolov A.N., Fanina E.A., Guzeeva O.N.**

#### **ACID-BASE SURFACE OF THE QUARTZ SAND IN THE TECHNOLOGY OF ELECTRICALLY CONDUCTIVE MIXES**

*Investigated acid-base properties of the surface of the sand Razumensky field. The influence of mechanical activation on the number and activity of the surface centers at sidometricheskogo titration methods, and colorimetric analysis. It has been found that the mechanical dispersion of the sand does not lead to an increase in the active centers ( $mk\text{-}eq/m^2$ ), but is accompanied by a change in the energy state of the solid. A model of the surface of the sand, the experimental performance of the thermodynamic state of the modified filler in acid-base environment. Increased activity of surface functional groups by mechanical activation leads to increased amounts of heat released wetting sand with sodium hydroxide solution in 3 ... 4 times as compared with the initial energy state of the surface layer. The use of mechanically electroconductive filler in building technology mixtures increases the strength characteristics of the electrically conductive composites.*

**Key words:** *mechanical activation, quartz sand, the surface model of active sites, calorimetry, heat of reaction, the strength of the products.*

---

**Лопанов Александр Николаевич**, доктор технических наук, профессор кафедры безопасности жизнедеятельности.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: alopanolov@yandex.ru

**Фанина Евгения Александровна**, кандидат технических наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: evgenia@mail.ru

**Гузеева Оксана Николаевна**, аспирант кафедры безопасности жизнедеятельности.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: ox.guzeeva@yandex.ru

---

Радоцкий В.Ю., канд. техн. наук, доц.,  
Шульженко В.Н., канд. техн. наук, проф.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ХАРАКТЕРИСТИКА ЗВУКОИЗОЛЯЦИОННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ\*

zchs@intbel.ru

Приведены результаты теоретических исследований акустических строительных материалов и дана характеристика звукоизоляционных материалов, применяемых в строительстве на основе: массивных конструкций с гладкой наружной поверхностью; многослойных конструкций; динамического модуля упругости звукоизоляционных материалов.

**Ключевые слова:** акустические материалы, звукоизоляция, звукопоглощение, отражение, шум, коэффициент отражения.

**Введение.** Акустические материалы по своему функциональному назначению подразделяются на следующие виды [1]:

- звукопоглощающие материалы, предназначенные для гашения воздушных шумов и регулирования акустических характеристик помещений;

- звукоизоляционные материалы, применяемые в качестве прокладок под плавающими полами и в многослойных ограждающих конструкциях для изоляции ограждений от ударных и воздушных звуков;

- вибропоглощающие материалы, предназначенные для изгибных колебаний, распространяющимся по жёстким (преимущественно тонким) конструкциям, для снижения излучаемого ими шума.

Начало широкого заводского производства акустических (особенно звукопоглощающих) материалов в нашей стране связано с развитием производства теплоизоляционных материалов и относится к 50-м годам XX столетия [2].

Особенно бурное развитие производств и применение акустических материалов получили в последнее время. При этом особое внимание уделялось и уделяется созданию наиболее эффективных материалов, сочетающих в себе акустические и декоративные свойства [3].

Создание новых видов акустических материалов, отличающихся более высокими функциональными и эксплуатационными свойствами, является и по сей день весьма важной задачей.

Советские учёные внесли большой вклад в теорию и практику развития производства акустических материалов и изделий. Используя основополагающие материалы, изложенные в трудах Б. Г. Скрамтаева, П. П. Будникова, Ю. И. Бута, А.В. Волженского, П. И. Боженова, Н. А. Попова, А. И. Августиника, В. В. Тимашева, И. И. Китайгородского, наиболее существенный вклад в развитие производства акустических материалов внесли К. Э. Горянов, Ю. П. Горлов, А. П. Меркин, В. А. Китайдев, А. И. Жилин, В. И. Соломатов, М. И. Хигерович, А. В. Жуков, А.

Т. Баранов, Ю. Л. Бобров, В. Н. Соков, Б. М. Румянцев и многие другие [4].

Ими сформулированы научные концепции, вскрыты закономерности получения высокопористых материалов с высоко организованной пористой структурой, обеспечивающей высокие функциональные свойства материалов, получаемых из различного вида сырья; разработаны эффективные способы порообразования, которые реализованы в производстве и продолжают совершенствоваться.

**Основная часть.** Процесс поиска новых принципов производства высокопористых материалов продолжается и в настоящее время.

Звукопоглощающие материалы характеризуются высокопористой структурой.

При этом эффективность звукопоглощения при прочих равных условиях зависит от параметров этой структуры, которые должны направленно регулироваться в зависимости от преобладающей частоты звуковых волн в данном помещении [5].

Сущность физического явления, происходящего при гашении звука пористым телом, заключается в следующем. Звуковые волны, падая на поверхность такого материала и проникая далее в его поры, возбуждают колебания воздуха, находящегося в узких порах. При этом значительная часть звуковой энергии расходуется. Высокая степень сжатия воздуха и его трение о стенки пор вызывают разогрев. За счет этого кинетическая энергия звуковых колебаний преобразуется в тепловую, которая рассеивается в среде [6].

Гашению звука способствует деформирование гибкого скелета звукопоглощающего материала, на что также тратится звуковая энергия; особенно этот вклад заметен в пористо-волоконистых материалах с открытой сообщающейся пористостью при ее общем объеме не менее 75 %.

Звукоизолирующие качества ограждений основаны на применении специальных конструкции, как правило, многослойных, оказы-



вающих повышенное сопротивление прохождению звуковых волн как ударного характера, так и распространяющихся в воздушной среде [7].

Придание звукоизолирующих свойств ограждению основывается на трех основных физических явлениях: отражении воздушных звуковых волн от поверхности ограждения, поглощении звуковых волн материалом ограждения, гашении ударного или воздушного шума за счет деформации элементов конструкции и материалов, из которых она изготовлена [8].

Способность отражать звуковые волны важна для наружных ограждений зданий. В этом случае для повышения отражения воздушных звуковых волн стремятся применять массивные конструкции с гладкой наружной поверхностью [9].

Для внутренних помещений, как правило, высокая отражающая способность ограждения (перегородок) недостаточна, так как отраженные звуковые волны будут усиливать шум в наиболее шумном помещении. В данном случае применяют многослойные конструкции, в состав которых входят элементы из звукоизоляционных материалов, эффективность которых оценивается динамически модулем упругости. В качестве звукоизоляционных прокладок применяют пористо-волокнистые материалы из минеральной и стеклянной ваты, древесных волокон (древесно-волокнистые плиты засыпки из пористых зерен (керамзита, шлака и т. п.) [10].

Снижению уровня ударных и звуковых шумов способствуют малый динамический модуль упругости звукоизоляционных материалов и наличие воздуха в порах. В данном случае снижение интенсивности звука происходит за счет деформации элементов структур звукоизоляционных материалов и частично за счет звукопоглощения [11].

Качество звукоизоляционных ограждений оценивают их звукопроводностью  $\tau$ :

$$\tau = \frac{E_{\text{ПРОШ}}}{E_{\text{ПАД}}} < 1 \quad (1)$$

где  $E_{\text{ПРОШ}}$  – прошедшая за преграду звуковая энергия.

К звукоизоляционным материалам относят прокладочные материалы, которые применяются в виде рулонов или плит в конструкциях междуэтажных перекрытий, во внутренних стенах и перегородках, а также как виброизоляционные прокладки под машины и оборудование. Данные материалы характеризуются малым значением динамического модуля упругости, как правило, не превышающим  $1,2 \text{ Мн/м}^2$  ( $12 \text{ кгс/см}^2$ ), при нагрузке  $20 \text{ Мн/м}^2$  ( $200 \text{ кгс/м}^2$ ). Упругие свойства скелета материала и наличие

воздуха, заключенного в его порах, обуславливают гашение энергии удара и вибрации, что способствует снижению структурного и ударного шума [12]. Различают звукоизоляционные прокладочные материалы, изготавливаемые из волокон органического или минерального происхождения (древесноволокнистые плиты, минераловатные и стекловолокнистые рулоны и плиты толщиной от 10 до 40 мм, объемная масса  $30\text{--}120 \text{ кг/м}^3$ ), а также из эластичных газонаполненных пластмасс (пенополиуретан, пенополивинилхлорид, латексы синтетических каучуков), выпускаемых в виде плит толщиной от 5 до 30 мм; объемная масса эластичного пенополиуретана  $40\text{--}70 \text{ кг/м}^3$ , пенополивинилхлорида  $70\text{--}270 \text{ кг/м}^3$  [13]. В ряде случаев для целей звукоизоляции применяются штучные прокладки из литой или губчатой резины.

Звукоизоляционные материалы подразделяют на штучные (ленточные, полосовые и штучные прокладки, маты, плиты) и сыпучие (керамзит, доменный шлак, песок) [14].

По структуре звукоизоляционные изделия (материалы) подразделяют на пористо-волокнистые, изготавливаемые из минеральной и стеклянной ваты в виде мягких, полужестких и жестких прокладочных изделий со средней плотностью от  $75$  до  $175 \text{ кг/м}^3$  и динамическим модулем упругости  $E_d$  не более  $0,5 \text{ МПа}$  при нагрузке  $0,002 \text{ МПа}$ ; пористо-губчатые, изготавливаемые из пенопластов и пористой резины и характеризующиеся  $E_d$  от  $1,0$  до  $5,0 \text{ МПа}$  [15]. Динамический модуль упругости зернистых засыпок не должен превышать  $15 \text{ МПа}$ .

**Выводы:** Существующие способы борьбы с шумом не всегда обеспечивают его снижение до нормативных значений.

Поэтому проблему обеспечения безопасных условий проживания населения в жилых зданиях, а также работы в условиях шумных производств нельзя считать решенной и необходимо дополнительные разработки и исследования при изготовлении звукоизоляционных строительных материалов.

*\*Работа выполнена в рамках Программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова на 2012–2016 годы.*

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Горлов Ю.П. Технология теплоизоляционных и акустических материалов и изделий Учебник для вузов по спец. «Производство строительных изделий и конструкций». М.: Высшая школа, 1989. 259 с.

2. Заборов В.И., Лалаев Э.М., Никольский В.Н. Звукоизоляция в жилых и общественных зданиях. М.: Стройиздат, 1979. 254 с..
3. Акустика. Справочник. Под ред. М.А. Сапожкова. М.: Радио и связь, 1989. 157 с.
4. Радоуцкий В.Ю. Улучшение условий труда работников шумных производств агропромышленного комплекса на примере ОАО «Белагромаш-Сервис»: дис. канд. техн. наук. Орел, 2004. 154с.
5. Матвеева И.В., В.И. Леденев Комбинированный метод расчета шумовых полей производственных помещений при направленно – рассеянном отражении звука // Труды ТГТУ. Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2003. Вып. 14. С. 3–7.
6. Горяйнов К.Э., Коровникова В.В. Технология производства полимерных и теплоизоляционных изделий. Учебник для вузов. М.: Высшая школа, 1975. 217с.
7. Заборов В.И. Теория звукоизоляции ограждающих конструкций М.: Стройиздат, 1969. 180 с.
8. Борисов Л.П. Звукоизоляция тонких ограждений при диффузном падении звука // Исследования по строительной акустике: Сб. тр. ин-та. М.: НИИСФ, ГОССТРОЙ СССР, 1981. С. 58–62.
9. Радоуцкий В.Ю. Сравнительный анализ оптимальных параметров акустических материалов различного состава // «Образование, наука, производство и управление в XXI веке» Материалы международной научной конференции. Старый Оскол. 2004.
10. Юдин Е.Я. Борьба с шумом М.: Стройиздат, 1964. 704 с.
11. Заборов В.И. Теория звукоизоляции ограждающих конструкций М.: Стройиздат, 1969. 180 с.
12. Крейтан В.Г. Обеспечение звукоизоляции при конструировании жилых зданий М.: Стройиздат, 1980. 171 с.
13. Ковригин С.Д. Архитектурно-строительная акустика М.: Высшая школа, 1980. 184 с.
14. Горлов Ю.П. Технология теплоизоляционных и акустических материалов и изделий. Учебник для вузов по спец. «Производство строительных изделий и конструкций». М.: Высшая школа, 1989. С. 3–5, 168–176.
15. Горяйнов К.Э. Коровникова В.В. Технология производства полимерных и теплоизоляционных изделий. Учебник для вузов; М.: Высшая школа, 1975. С. 163–168.

---

**Radoutsky V.Y., Shulzhenko V.N.**  
**CHARACTERISTICS OF SOUNDPROOFING BUILDING MATERIALS**

*There are presented the findings of theoretical research of acoustic building materials and the characteristics of soundproofing materials, used in building industry and based on: solid structures with smooth outer surface; multilayer structures; dynamic elasticity modulus of soundproof materials.*

**Key words:** *acoustic materials, sound-proofing, sound absorption, reflection, noise, reflection coefficient.*

---

**Радоуцкий Владимир Юрьевич**, кандидат технических наук, профессор кафедры защиты в чрезвычайных ситуациях.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: zchs@intbel.ru

**Шульженко Владимир Николаевич**, кандидат технических наук, профессор кафедры защиты в чрезвычайных ситуациях.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: zchs@intbel.ru

Ковалев Д.С., аспирант

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

## ДОХОДНЫЕ ДОМА ЦЕНТРАЛЬНЫХ РАЙОНОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА (1860-1917): ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫЕ И КОНСТРУКТИВНО-ПЛАНИРОВОЧНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

krofts@yandex.ru

*В статье проанализированы отдельные градостроительные и конструктивно-планировочные характеристики старых жилых домов в районах исторического центра Санкт-Петербурга. Результаты исследования позволили дополнить существующую градостроительную типологию доходных домов. Предложена классификация конструктивно-планировочных решений старых зданий. Полученные данные могут служить научной основой при разработке проектов капитального ремонта или реконструкции доходных домов. Приведенные данные, учитывающие характер расположения лестничных клеток могут найти применение при разработке научно-обоснованных рекомендаций по приспособлению дореволюционных жилых домов для современного использования.*

**Ключевые слова:** градостроительные характеристики, конструктивно-планировочные характеристики, доходные дома, застройка исторически сложившихся центральных районов, капитальный ремонт и реконструкция, приспособление для современного использования.

**Введение.** Цель статьи – зафиксировать градостроительные и конструктивно-планировочные характеристики старых зданий, учет которых может повлиять на формирование квартир при капитальном ремонте или реконструкции.

В настоящее время в Санкт-Петербурге существует социально острая проблема ветхого и аварийного жилья центральных районов, а также коммунального заселения квартир в старом жилом фонде [1]. Несмотря на то, что значительная часть старых зданий обладает хорошим потенциалом для создания востребованных рынком типов жилища, [2, 3] вопрос предпосылок их формирования остается недостаточно изученным.

Наибольшее количество работ, затрагивающих характеристики доходных домов, относится к дореволюционному и советскому периодам: градостроительные параметры рассматривались Э. Ю. Купффером [4], к. арх. А. В. Махровой [5]; конструктивно-планировочные – А. И. Тилинским [6], к. арх. К. А. Шарлыгиной [7]. Среди современных исследований следует отметить работы к. арх., д. э. н. К. В. Малининой [8], к. арх. С. Г. Головиной [9].

**Методология.** В процессе написания статьи автором были проведены собственные исследования характеристик зданий старой жилой застройки. При изучении градостроительных параметров было рассмотрено 111 кварталов центральных районов, зафиксированы типы застройки и характеристики 529 старых зданий. Регулярная планировочная структура исторического центра позволила сделать порайонную выборку кварталов с характерной для каждого ориентацией зданий по сторонам света. Отбор

доходных домов производился на основании сведений об их постройке (реконструкции) в рассматриваемый период.

Характеристики зданий принимались на основании материалов топографических съемок ГУП «ТРЕСТ ГРИИ» и аэрофотосъемок, представленных в открытом доступе на сайте «Яндекс».

Анализ конструктивно-планировочных особенностей выполнялся с изучением поэтажных планов 118 доходных домов, а также натурных обследований 154 зданий (с выполнением отдельных необходимых замеров). Отбор поэтажных планов проводился по данным публикаций, материалам технических заключений о состоянии строительных конструкций, планов ГУ ГУ-ИОН ПИБ, материалов из открытых источников сети интернет [9].

Приведенные в статье данные могут стать основой при подборе рациональных вариантов формирования квартирографии старых зданий при их реконструкции и приспособления для современного использования.

### **Основная часть.**

**Градостроительные характеристики доходных домов.**

**Природно-климатический фактор.** С момента своего основания Петербург создавался как город с регулярной планировкой. Улично-дорожная сеть, разбивка городской ткани на кварталы, подчиненная им ориентация зданий по сторонам света, несомненно, будут влиять на квартирографию при реконструкции. Авторы работ по типологии жилых зданий сходятся во мнении, что ориентация спальных помещений является основой для благоприятных в гигиеническом отношении условий проживания. Так,

известный учебник М.В. Лисициана рекомендует ориентировать спальные и детские помещения на Ю или Ю-В [10]. Его конкретизирует В.М. Молчанов, выявляя неблагоприятный для спальных помещений диапазон от 320 до 40 град.[11]. Действующие нормы ставят под за-

прет квартиры с односторонней северной ориентацией.

В процессе анализа кварталов старой жилой застройки автором были получены данные о характерной ориентации зданий по сторонам света в центральных районах города (табл. 1)

Таблица 1

### Характерная ориентация кварталов по сторонам света в центральных районах Санкт-Петербурга

Административный район	Граница группы кварталов	Количество кварталов в группе	Характерная ориентация уличных корпусов	Характерная ориентация дворовых корпусов
Центральный район	Литейный пр.; Невский пр.; Восстания ул.; Кирочная ул.	19	3 град. (С)	93 град.(В)
			183 град. (Ю)	273 град.(З)
	Суворовский пр.; 2-я советская ул.; Мытнинская ул.; 8-я Советская ул.	17	31 град (С-В)	121 град.(Ю-В)
			211 град. (С-В)	301 град. (С-З)
	Загородный пр.; Разъезжая ул.; Звенигородская ул.; Константина Заслонов аул.	7	331 град. (С-З)	61 град. (С-В)
			151 град. (Ю-В)	241 град. (Ю-З)
Адмиралтейский район	Фонтанки наб. р.; Английский пр.; Декабристов ул.; Крюков кан.	17	336 град. (С-З)	66 град. (С-В)
			156 град. (Ю-В)	246 град. (Ю-З)
	Московский пр.; 1-я Красноармейская; Лермонтовский пр.; 12-я Красноармейская ул.	18	358 град. (С)	88 град. (В)
			178 град. (Ю)	268 град. (З)
	Мойки наб. р.; Герцена ул.; Конногвардейский пр.; Якубовича ул.; Исаакиевская пл.	5	330 град. (С-З)	60 град. (С-В)
			150 град. (Ю-В)	240 град. (Ю-З)
Василеостровский район	Большой пр. В.О.; 16-17 линии В.О.; Малый пр. В.О.; 14-14 линия В.О.	12	59 град. (С-В)	149 град. (Ю-В)
			239 град. (Ю-З)	329 град. (С-З)
Петроградский район	Чкаловский пр.; Гатчинская ул.; Б. Пушкарская ул.; Бармалеева ул.	14	36 град. (С-В)	216 град. (Ю-З)
			126 град. (Ю-В)	306 град. (С-З)
	Б. Монетная ул.; Котовского ул.; Мира ул.; Каменноостровский пр.	2	336 град. (С-З)	66 град. (С-В)
			156 град. (Ю-В)	246 град. (Ю-З)
	Карповки наб.р.; Каменноостровский пр.; Проф. Попова ул.; Аптекарский пр.	3	22 град (С)	112 град. (В)
			202 град. (Ю)	292 град. (З)

Таким образом, можно заключить, что формирование квартир при капитальном ремонте (реконструкции) будет происходить дифференцированно, в зависимости от района располо-

жения здания. Так, для Центрального, Адмиралтейского и Петроградского районов характерны лицевые и параллельные им дворовые корпуса с широтным расположением. В Василе-

островском районе распространена северная ориентация части однопролетных дворовых корпусов, расположенных вдоль боковых границ владельческого участка. В описанных случаях возможности для решения квартирографии будут ограничены гигиеническими соображениями.

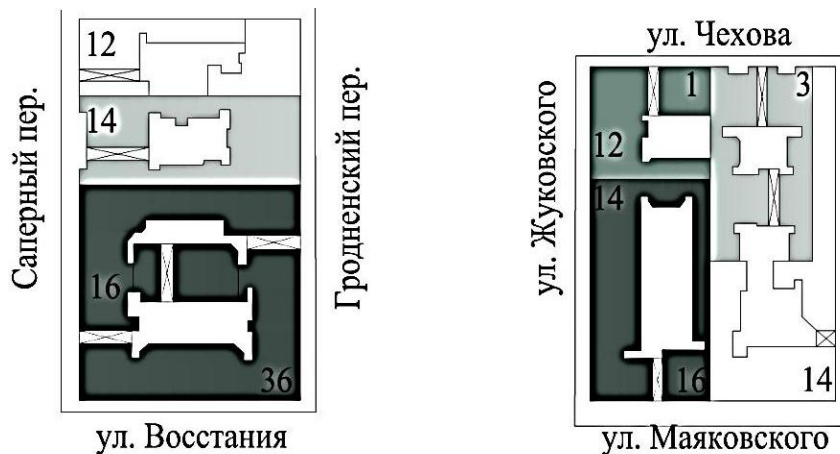
**Характерные типы застройки и их размещение в квартале.**

Изучение жилой застройки позволило зафиксировать следующие виды размещения зданий в квартале (рис. 1):

А) замыкающий (торцевой или угловой) тип расположения здания

Б) рядовой (в том числе, сквозной) тип расположения здания.

Характерные типы застройки для каждого из них приведены в табл. 2.



Условные обозначения для Рис. 1 а:

- Замыкающий торцевой тип расположения;
- Рядовой сквозной тип расположения;

Условные обозначения для Рис. 1 б:

- Замыкающий угловой тип расположения;
- Рядовой тип расположения;

Рис. 1. Виды размещения зданий в квартале

Таблица 2

**Повторяемость характерных типов застройки с различными видами расположения зданий в квартале**

Тип застройки участка в плане	Повторяемость, %	Тип застройки участка в плане	Повторяемость, %
<b>ЗАМЫКАЮЩИЙ ВИД РАСПОЛОЖЕНИЯ ЗДАНИЙ</b>			
О-образный	40	Г-образный	16
С-образный	12	Ф – образный	7
<b>РЯДОВОЙ ВИД РАСПОЛОЖЕНИЯ ЗДАНИЙ</b>			
О-образный	28	Г-образный	13
С-образный	12	И-образный	12
П-образный	11	2О-образный	5

Только около 13 % проанализированных кварталов (с шириной 42-64 м) включают в себя замыкающий торцевой и сквозной рядовой типы расположения зданий. Такая же, в среднем, процентная составляющая от общего числа зданий в кварталах и замыкающих типов застройки.

Таким образом, установлено, что основная доля старой жилой застройки относится к рядо-

вому виду расположения зданий в квартале и представлена I-, Г-, С-, П-, О-, 2О-образными типами застройки участков в плане.

**Геометрические размеры характерных типов рядовой застройки.**

В процессе исследования фиксировались габаритные размеры зданий вдоль уличного фронта и в глубину квартала (табл. 3).

Таблица 3

**Повторяемость геометрических размеров зданий, относящихся к характерным типам рядовой застройки участков в плане**

Характерный диапазон ширины лицевого фронта здания, м.	Повторяемость для типов, %	Характерный диапазон развития здания в глубину квартала, м.	Повторяемость для типов (подтипов), %	
			Подтипы	
			O\1;C\1; 2O\1	O\2;C\2; 2O\2
<b>I-образный тип застройки</b>				
21...23	28	-	-	
25...29	30	-	-	
32...34	15	-	-	
<b>II-образный тип застройки</b>				
21...27	40	21...24	9	
29...34	42	27...44	66	
		45...55	12	
<b>O-образный тип застройки *</b>				
21...22	16	32...35	18	-
26...30	30	42...48	40	43
32...40	35	50...52	ед	9
42...43	7	54...56	16	9
		60...63	8	13
<b>2O-образный тип застройки *</b>				
23...29	35	59...66	60	-
32...37	41	69...76	20	14
43...44	12	79...96	-	71
<b>Г-образный тип застройки</b>				
21...25	49	30...34	31	
27...30	12	37...38	8	
32	8	42...44	14	
		70...71	8	
<b>С-образный тип застройки *</b>				
20...22	50	29...33	14	-
23...25	13	42...44	36	31
29...31	11	46...48	27	12
		54...59	-	15

\* O-, 2O- и C-образные типы застройки решались с использованием флигелей, параллельных лицевому корпусу :

- в однопролетном решении (48% для подтипов O\1 и C\1 и 59% для подтипа 2O\1);
- в двухпролетном решении (52% для подтипов O\2, C\2 и 41% для подтипа 2O\2).

В процессе анализа повторяемости габаритных размеров зданий была изучена и парность размеров в каждом из них: отношение ширины уличного фронта к развитию в глубину квартала. Здания при этом разделялись как по типу застройки в плане, так и по характеру застройки-симметричному и асимметричному. Полученные результаты представлены в табл. 4.

Таким образом, очевидно, что выбор характера и типа застройки определялся двумя переменными: протяженностью уличного фронта и производным от него коэффициентом отношения развития здания в глубину квартала.

**Конструктивно-планировочные характеристики доходных домов.**

**Конструктивно-планировочная основа старых зданий** образуется, как правило, комбинацией одно- и двухпролетных корпусов. Ее основными элементами являются несущие (ограждающие) конструкции стен, а также объем лестничных клеток. Важнейшие характеристики: ширина пролетов между продольными несущими стенами «в свету», толщина стен, расположение лестничных клеток.

Ширина пролетов между продольными несущими стенами «в свету». Характерный диапазон пролетов в 4.5- 7.5 м. приводит К.А. Шарлыгина [7]. По данным С.В. Головиной, ширина помещений в рассматриваемый период составляет для лицевых корпусов 8-9 метров, двух-

пролетных дворовых корпусов – 5–9 метров, однопролетных дворовых – 4–6 метров [9]. Некоторое расхождение в данных потребовало уточнения, в результате которого автором были получены следующие результаты: характерный диапазон пролетов составляет 4.4–8.0, что близ-

ко к результатам К.А. Шарлыгиной. В лицевом корпусе зафиксированы пролеты 5.3–8.0 м (80 %); в дворовых двухпролетных – 4.4–6.4 м (80 %), в дворовых однопролетных – 4.3–7.0 м (86 %).

Таблица 4

**Отношение ширины лицевого фронта зданий к развитию в глубину квартала для характерных типов рядовой застройки**

Коэффициент развития здания в глубину квартала *	Повторяемость для типов (подтипов), %		Характерный диапазон развития здания в глубину квартала здания, м.	Повторяемость для типов (подтипов), %	
	Подтипы			Подтипы	
	-	-		O\1;C\1; 2O\1	O\2;C\2; 2O\2
<b>Симметричный характер застройки</b>					
<b>П-образный тип</b>			<b>О-образный тип</b>		
0.53...0.58	16		0.48...0.51	12	26
0.63...0.67	9		0.57...0.71	35	38
0.78...0.83	11		0.76...0.79	10	9
0.87...0.92	18		1.0...1.2	12	4
1.0...1.2	33		-	-	-
<b>20-образный тип</b>			-		
-	24		0.26...0.33	29	20
-	18		0.36...0.39	14	20
-	41		0.44...0.52	43	50
<b>Асимметричные характер застройки</b>					
<b>Г-образный тип</b>			<b>С-образный тип</b>		
0.39...0.42	19		0.28...0.33	13	-
0.45...0.52	11		0.37...0.45	30	32
0.55...0.58	13		0.5...0.55	30	28
0.62...0.72	19		0.56...0.71	Ед.	28
0.77...0.95	17		1.0...1.2	13	-

\*определяется как отношение ширины лицевого фронта здания к глубине развития во внутриквартальную территорию.

Проследить зависимость между пропорциями владельческого участка и типом застройки можно на примерах наиболее часто повторяющихся решений.

Симметричный характер застройки.

П-образный тип: ширина уличного фронта 24-34 м., габариты здания близки к квадрату\*\* в плане в трех четвертях случаев. Значительно реже развитость в глубину квартала достигает пропорций полутора и даже двух квадратов\*\*;

О-образный тип: ширина уличного фронта 26-40 м.. Отношение развитости здания в глубину квартала варьируется в пределах 1.5-2 от значения ширины уличного фронта;

20-образный тип: ширина лицевого корпуса 23- 37 м. Глубина внутриквартального развития – от двух до трех квадратов\*\*.

Асимметричный характер застройки.

Г-образный тип: ширина уличного фронта 21-25 м. Отношение развития здания в глубину квартала к длине лицевого корпуса составляет 1:1...1:2 (достигает и 1:3);

С-образный тип: характерна незначительная ширина уличного фронта (20-22 м.), развитие здания в глубину квартала варьируется в пропорциях от полутора до двух с половиной значений ширины уличного фронта.

\*\*линейные размеры квадрата задаются шириной уличного фронта, являющейся одной из его сторон.

Следует отметить, что если для дворовых двухпролетных корпусов характерно решение с равными пролетами (68 % имеют разницу менее 0.5 м), то для лицевых уличных корпусов данное решение фиксируется лишь в чуть менее

четверти случаев. Характерная разница пролетов составляет 0.5–2.0 м и отмечена в 68 % случаев, что связано с размещением коридоров и увеличенными пролетами парадных помещений (рис.2).

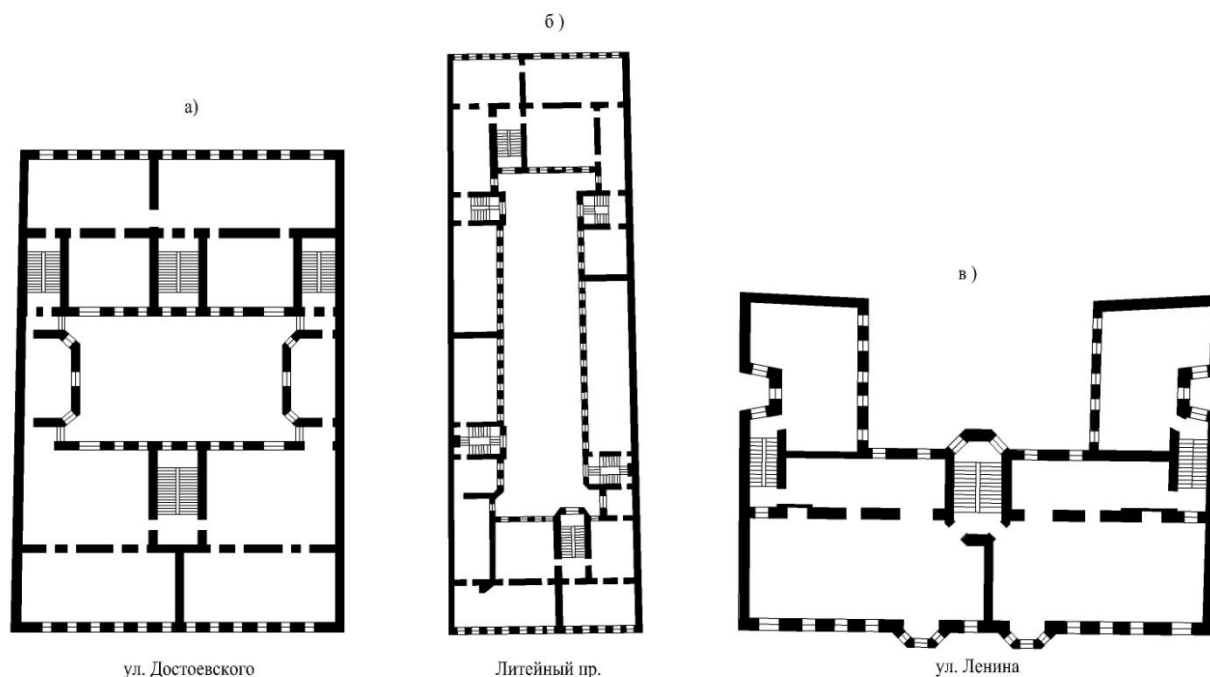


Рис. 2. Примеры конструктивно-планировочных решений доходных домов

**Толщина несущих стен.** Автором не проводилось отдельного исследования их типоразмеров. По данным К.А. Шарлыгиной, она колеблется от 2 до 4 кирпичей [7]. «Минимальная толщина кирпичных стен составляла 2 кирпича», – подтверждает исследователь С.Г. Головина [9]. Широко известна формула определения толщины стен по методу французского инженера Ронделе:  $A = (2L + H) \sqrt{48}$ , где  $L$  – расстояние между несущими стенами, а  $H$  – высота стен от цоколя до верха стены. [4]. Впрочем, учебное пособие «Курс гражданской архитектуры, читанный ординарным профессором Д.Д. Соколовым в институте гражданских инженеров» уточняет, что вышеописанной формулой следует руководствоваться при расчете стен однопролетных корпусов. Для двухпролетных рекомендовано применять  $A = (L + H) \sqrt{48}$ , где  $L$  – сумма пролетов между несущими стенами, а  $H$  – высота стен от цоколя до верха стены [12]. Принимая для расчета среднее арифметическое зафиксированных ранее размеров пролетов применительно к зданию с отметкой карниза в 23.5 м, получаем толщину стен лицевого корпуса – 760 мм, а дво-

ровых – 550 мм. С учетом того, что с 40-х гг. 19 века стандартный кирпич составлял  $267 \times 133 \times 66$  мм. [13] можно принять ближайшие кратные значения. Принимаем толщину стен лицевого корпуса в три кирпича (821 мм), а дворовых – в два (544 мм).

Таким образом, диапазон ширины корпуса можно обозначить для двухпролетных лицевых корпусов 13.1–18.5 м; для двухпролетных дворовых корпусов – 11.5 – 15.3 м, для однопролетных дворовых корпусов – 5.4 – 8.4 м

#### **Типы лестничных клеток**

Известный исследователь конца 19-начала 20-го в. А.И. Тилинский приводит следующую градацию качества лестничных клеток, связывающих жилые этажи: парадная, чистая и черная [6]. Такая же система использовалась в советское время, например, К.А Шарлыгиной [7]. Автор обобщил данные этих двух исследователей с целью показать, что в абсолютном большинстве случаев лестницы старых зданий соответствуют современным требованиям к путям эвакуации, а также проиллюстрировать их качественные различия.

Таблица 5

#### **Характеристики лестничных клеток в старых жилых зданиях**

Характеристика	Градация качества лестничных клеток		
	Парадная	Чистая	Черная
Ширина марша *	2 – 4.25	1.25 – 1.9	1.0 – 1.4
Размер проступи ,см.**	34 – 36.8	27 – 30.6	23.9 – 26.7
Размер подступенка, см.**	10.5 – 12.8	13.6 – 15.4	17.8 – 19.2
Угол наклона, град. **	16 – 21.8	24 – 29.6	33.7 – 38.7

\*по данным Шарлыгиной К.А.; \*\*по данным Тилинского А.И.



Для дальнейшего анализа предлагается взять минимальные значения пролетов лестничных клеток. Это обусловлено тем, что увеличенный размер лестниц приводил к потере арендной площади.

Считая толщину стен лестниц равной толщине прочих несущих стен корпуса, получаем округленную габаритную ширину парадных лестничных клеток – 5.5 м; чистых – 3.5 м; черных – 3.0 м.

По характеру расположения лестниц в здании их можно разделить на типы:

а) нерассекающий (Пример: парадная лестница рис 2а);

в) рассекающий (Пример: лестницы боковых корпусов рис 2б);

б) рассекающий с разницей отметок входных площадок (Пример: черные лестницы в торцах лицевого корпуса рис 2в).

Рассекающий тип, как правило, занимает собой всю ширину однопролетного корпуса, становясь естественной границей для расширения квартиры (за исключением варианта демонтажа существующей лестницы с устройством перекрытия). Рассекающий тип с разницей отметок входных площадок формировался как сопрягающий элемент двухпролетных и однопролетных корпусов, делая при этом объединение квартир в них совершенно невозможным без значительной перестройки всего дома.

*Таким образом, лестничные клетки являются одним из важнейших структурообразующих элементов доходных домов, во многом определяющим возможности планировочных решений при капитальном ремонте (реконструкции). Гипотеза автора о том, что характерным типам застройки могут соответствовать повторяющиеся «сетки» лестничных клеток обусловила направление дальнейшего исследования.*

#### **Расположение лестничных клеток**

В процессе исследования фиксировалось характерное сочетание размещения лестничных клеток для зданий различных типов (рис. 3).

#### **Лицевой корпус (первый ряд застройки).**

Сопоставительный анализ зданий различных типов позволил установить, что основную структурообразующую роль в формировании сетки лестничных клеток играло решение лицевого корпуса. Было зафиксировано четыре основных группы:

**Группа 0:** без входа в лестничные клетки с улицы. Такой прием фиксируется как в районах

со скромной арендной ставкой, где квартиры даже наиболее престижной части здания не обслуживались черными лестницами, так и на респектабельных улицах, где формирование торговых помещений в первом этаже – весьма выгодное предприятие;

**Группа 1:** вход в парадную лестницу оборуется с улицы в композиционном центре здания. Черные лестничные клетки размещаются с торцов лицевого корпуса или в прилегающих дворовых однопролетных корпусах;

**Группа 2:** парадная и черная лестничные клетки размещаются около торцов лицевого корпуса. Это характерно для зданий с асимметричным характером застройки при незначительной ширине уличного фронта (до 23 м включительно);

**Группа 3:** парадные лестничные клетки формируются около торцов здания, обеспечивая вход с улицы как в квартиры лицевого корпуса, так и дворовых флигелей (при наличии). Черная лестница – в центре дворового фасада. Такой прием характерен для домов с шириной уличного фронта от 30 м, характер застройки – симметричный.

#### **Дворовой боковой однопролетный корпус (к первому ряду застройки)**

**Подгруппа 1-1)** Характерна в сочетании с Группой 0. В этом случае дворовой корпус обслуживается отдельной чистой лестницей;




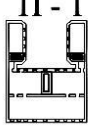
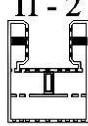
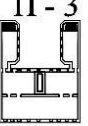
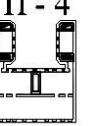
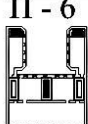
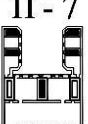
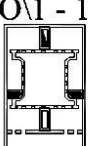
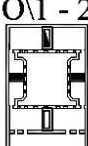
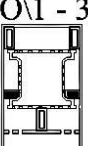
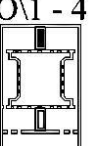
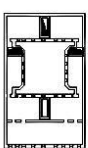
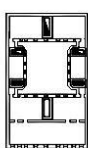
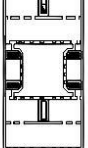
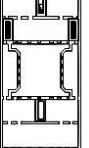
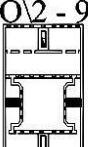
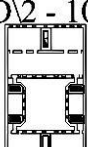
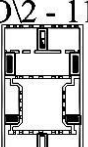
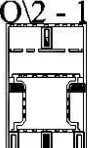
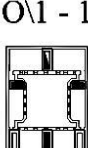
**Подгруппа 1-2)** Отмечена следующая градация подгруппы:

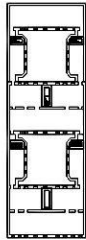
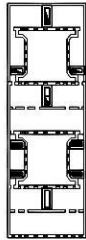
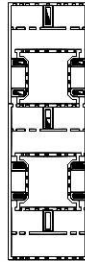
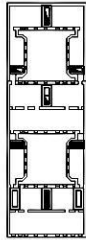
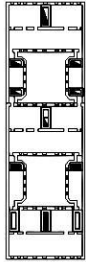
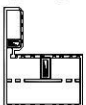
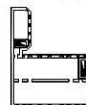
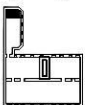
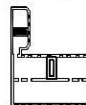
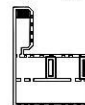
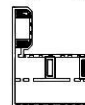

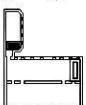
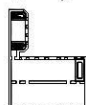
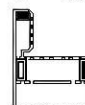
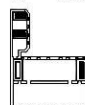

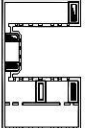
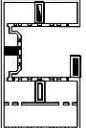
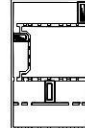
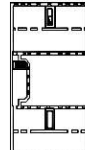
1-2-1) без лестничных клеток (характерно для О- и 2О - образных типов, при незначительной протяженности боковых однопролетных корпусов);

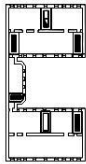
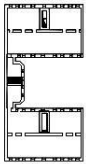
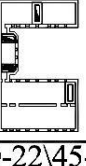
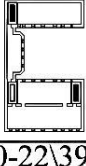
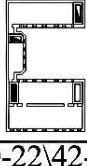
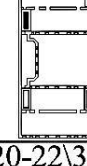
1-2-2) с одной лестничной клеткой, расположенной:

1-2-2 а: в непосредственной близости от лицевого корпуса (как правило, это черная лестница на удалении 2–5 метров от плоскости стены лицевого корпуса. Такое решение позволяло разместить в дворовом флигеле рабочие помещения прислуги);

1-2-2 б: в системе лицевого корпуса (черная лестница, как правило, удалена на 8–12 метров от стены лицевого корпуса). Она могла располагаться как в торце, так и в середине дворового корпуса (последнее характерно для О- и 2О-образных типов застройки). При данном решении в дворовом флигеле размещается не только прислуга, но и хозяйские помещения.

СИММЕТРИЧНЫЙ ХАРАКТЕР ЗАСТРОЙКИ						
Тип застройки		Эскиз конструктивно- планировочных схем характерных типов застройки (с указанием подтипа, при наличии)				
I - образный	Группа 0 20%		-	-	-	
a*b (м.)		21-23	-	-	-	
I - образный	Группа 1 71%	-		-	-	
a*b (м.)		-	26-34	-	-	
I - образный	Группа 2 9 %	-	-		-	
a*b (м.)		-	-	21-23	-	
П - образный	Группа 1 74 %					
a*b (м.)		27-34\24-38	23-33\32-45	21-27\21-39	27-34\40-54	
П - образный			-	-	-	
a*b (м.)		30-34\23-32	-	-	-	
П - образный	Группа 3 7 %			-	-	
a*b (м.)		30-34\26-37	30-34\50-55	-	-	
О - образный	Группа 1 64 %					
a*b (м.)		28-43\32-39	21-35\41-62	23-43\45-60	23-26\32-45	
О - образный						
a*b (м.)		21-35\32-45	28-43\45-60	28-43\51-63	21-28\32-46	
О - образный						-
a*b (м.)		21-35\47-63	28-43\51-63	28-43\35-46	-	
О - образный	Группа 3 20 %			-	-	
a*b (м.)		30-43\35-55	30-43\32-48	-	-	

20 - образный	Группа 1 59 %	20\1 - 1	20\1 - 2	20\2 - 3	-
					
a*b (м.)		23-29\59-74	27-44\62-76	27-44\68-96	-
20 - образный	Группа 3 41 %	20\1 - 4	20\2 - 5	-	-
					
a*b (м.)		30-44\61-76	30-44\70-96	-	-
<b>АСИММЕТРИЧНЫЙ ХАРАКТЕР ЗАСТРОЙКИ</b>					
Г - образный	Группа 0 10 %	Г - 1	Г - 2	-	-
					
a*b (м.)		21-25\30-35	21-22\30-35	-	-
Г - образный	Группа 1 48 %	Г - 3	Г - 4	Г - 5	Г - 6
					
a*b (м.)		21-22\30-35	21-24\30-39	27-32\30-35	27-32\35-48
Г - образный		Г - 7	-	-	-
					
a*b (м.)		21-25\64-71	-	-	-
Г - образный	Группа 2 27 %	Г - 8	Г - 9	Г - 10	Г - 11
					
a*b (м.)		21-25\30-35	27-32\40-51	21-23\26-39	21-23\50-65
Г - образный		Г - 12	-	-	-
					
a*b (м.)		30-32\64-71	-	-	-
С - образный	Группа 1 51 %	О\1 - 1	О\1 - 2	О\1 - 3	О\2 - 4
					
a*b (м.)		29-31\45-48	23-25\29-44	20-22\29-44	20-22\35-52

С - образный				-	-
	a*b (м.)	29-31\48-59	20-25\35-53	-	-
С - образный	Группа 2 28 %				
		a*b (м.)	20-22\45-48	20-22\39-42	20-22\42-45

## УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:

▣ - парадная лестница;

▣ - чистая лестница;

▣ - дворовая парадная лестница;

▣ - черная лестница;

a\*b (м.) - ширина уличного фронта и глубина внутриквартального развития.

## ПРИМЕЧАНИЕ:

1. Указанные значения минимальных и максимальных размеров типов застройки в плане ограничены характерным для них диапазоном, с учетом данных Таблицы 3.;
2. Значения а и b округлены до целых чисел.

Рис. 3. Характерные размещение лестниц в зданиях различных типов

Вышеописанные типы находили свое применение в сочетании с Группами 1 и 2.

1-2-2 в: автономно от лицевого корпуса (как правило, это черная лестница для квартир дворовых корпусов, престижность которых повышалась за счет устройства входа с улицы). Применялась в системе с Группой 3.

1-2-3 ) с двумя и более лестничными клетками:

1-2-3 а: с двумя лестницами, каждая из которых расположена в непосредственной близости от лицевого и параллельного ему дворового корпусов. Как правило, они предназначались для obsługi квартир двухпролетных корпусов. Решение фиксируется в С-, О- и 2О-образных типах застройки в сочетании с Группой 1;

1-2-3 б: с двумя (и более) лестничными клетками, размещение первой из которых, как правило, было аналогично применяемому в вариантах 1-2-2 а и 1-2-2 б, а вторая располагается на значительном от нее удалении (16–20 м.). Такое размещение объясняется необходимостью устройства между ними не менее двух квартир, одна из которых обслуживалась черной лестницей лицевого корпуса, вторая же - чистой. Каждая последующая лестничная клетка размещалась аналогично второй. Такое решение характерно для Г- и П-образных типов застройки в сочетании с Группами 1 и 2.

**Дворовой корпус, параллельный лицевому (второй ряд застройки):**

Однопролетный вариант корпуса:

**Подгруппа 2-1)** с размещением чистой лестницы в центре корпуса. Характерно для С- и О - образных типов застройки ;

**Подгруппа 2-2)** с размещением черных лестниц в торцах корпуса. Фактически, это вариант на тему ранее рассмотренного случая 1-2-2 в. Фиксируется в О - образном типе зданий;

**Подгруппа 2-3 )** в одном из торцов. Это решение типично для С-образной застройки.

Двухпролетный вариант корпуса:

Характерно для С-, О-, 2О –образных типов зданий;

**Подгруппа 2-4)** Размещение лестниц аналогично решению для Группы 1 лицевого корпуса.

**Подгруппа 2-5)** Лестницы сформированы аналогично Группе 2. Решение применялось в С - образном типе застройки;

**Подгруппа 2-6 )** Геометрически расположение лестниц повторяет применявшуюся в Группе 3. Однако в данном случае для жильцов предназначалась центральная лестница, торцевым отводилась роль черных.

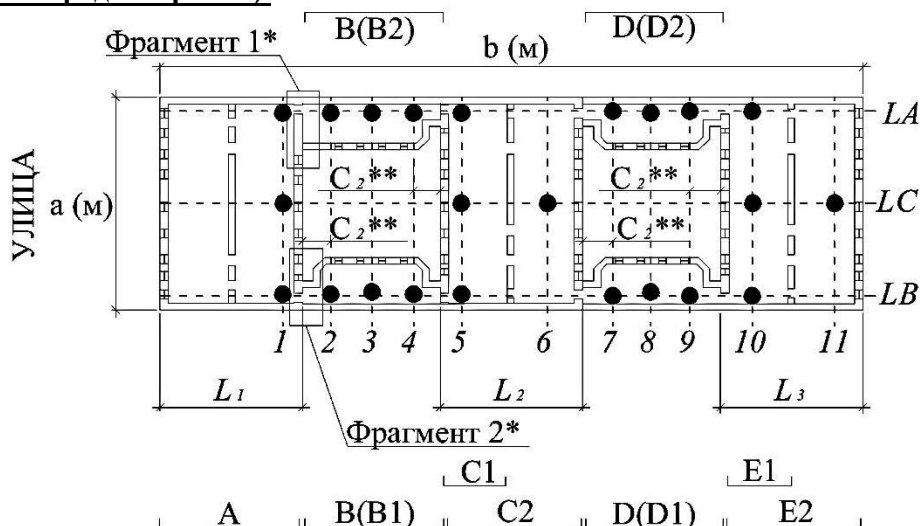
**Дворовой боковой однопролетный корпус (ко второму ряду застройки)**

**Подгруппа 3-1)** Аналогична решению, рассмотренному в случае 1-2-2 а;

**Подгруппа 3-2)** Аналогична решению, рассмотренному в случае 1-2-2 б.

Особенностью рассматриваемого типа застройки является то, что для подтипа 20\2 с тремя рядами двухпролетных корпусов расстояние между ними, как правило, было практически равным (разница не превышала 2 метров). В случае же подтипа 20\1, где третий ряд был образован однопролетным корпусом, расстояние между ним и двухпролетным корпусом второго ряда застройки составляет, как правило, лишь половину от расстояния между первыми двумя рядами застройки.

**Дворовой корпус, параллельный лицевому (третий ряд застройки).**



**УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:**

--- -оси сетки лестничных клеток;

● -лестничная клетка ;

A....E -корпуса здания

(C1 и E1 - однопролетное решение второго и третьего рядов застройки;

V1 \ V 2 и D1 \ D2 - однопролетные корпуса по осям "a" и "с" соответственно в случае асимметричного расположения в них лестниц и В и D - при симметричном).

**ПРИМЕЧАНИЕ:**

\* - Г-образное (Фрагмент 1) и S - образное (Фрагмент 2) сопряжения корпусов;

\*\* - участки размещения отступов лестничных клеток, (C<sub>2</sub>)

Рис. 4. Универсальная схема разделения здания лестничными клетками

Таким образом, изложенные данные иллюстрируют закономерность и взаимосвязанность размещения лестничных клеток в старых зданиях. Предложенная типология конструктивно-планировочных решений открывает возможность для аналитического расчета диапазона

**Подгруппа 4-1)** Для одно- и двухпролетных корпусов наиболее характерен вариант расположения лестницы в центре здания.

Автор предлагает универсальную схему разделения здания лестничными клетками (рис.4), которая позволит в сжатой форме шифра изложить информацию о конструктивно – планировочной схеме практически любого типа рядовой застройки. В сравнении с объемом вышеизложенной описательной части это представляется рациональным.

площади (условно) типовых этажей доходных домов.

**Площади корпусов старых зданий.**

Максимальную и минимальную площадь каждого из корпусов первого, второго и третьего ряда застройки (Группы 0-4; Подгруппы 2.1-2.6 и 4-1) автор предлагает привести к виду:

$$S \text{ л.к. (max)} = (a - 2t) * 2l \text{ max} - \sum S \text{Л.КЛ. 1..n.};$$

$$S \text{ л.к. (min)} = 0.7 S \text{ л.к. (max)}.$$

Однопролетные боковые корпуса (за исключением Подтипов 1-2-2 а, 1-2-2 б, 1-3-3 а и 1-3-3 б, где присутствует дополнительный фрагмент бокового флигеля при лицевом корпу-

$$S \text{ д.к. (max)} = (b - \sum L1..3 - 0.55 c1 - \sum L \text{Л.КЛ.1..n}) * l \text{ max} - 1.5 l \text{ max} * s - c2k \setminus N, *$$

$$S \text{ д.к. (min)} = 0.7 S \text{ д.к. (max)}$$

где  $a$  – длина лицевого корпуса здания;  $t$  – толщина стен, характерная для каждого из рядов застройки;  $S \text{Л.КЛ.}$  – площадь лестничных клеток (с учетом толщины стен) для каждого из рассматриваемых корпусов;  $b$  – длина развития здания в глубину квартала;  $L1..3$  – ширина корпусов 1-3 рядов застройки;  $c1$  – коэффициент, равный единице для П- и Г-образных типах застройки (кроме случая торцевого расположения лестницы  $L_a \setminus 4$  и  $L_b \setminus 4$ ) и равный нулю для прочих;  $L \text{Л.КЛ.}$  – ширина лестничной клетки (включая толщину стен);  $l \text{ max}$  – максимальный пролет корпуса «в свету»;  $s$  – коэффициент, равный количеству S-образных сопряжений дворового корпуса и учитывающий потерю площади от их устройства;  $c2$  – значение длины отступа лестницы от стены лицевого корпуса (для Подтипов 1-2-2 а и б; 1-2-3 а и б);  $k$  – количество отступов (для Подтипов 1-2-2 а и 1-2-2 б);  $N$  – количество фрагментов, расположенных между разрезающими лестничными клетками дворового корпуса.

Примечание:

\*- для 20\1 образного подтипа застройки значение  $N$  для бокового корпуса первого ряда – 0.66, а второго 0.33.

Площадь дополнительного фрагмента (Подтипы 1-2-2 а, 1-2-2 б, 1-3-3 а и 1-3-3 б) может быть определена как  $S \text{ д.к. (max)} = (c2 - 3) * l \text{ max} + 1.5 l \text{ max}$ . Минимальная площадь составляет 0.7 от значения максимальной

### Заключение.

В статье:

- обоснован дифференцированный подход к формированию квартир при капитальном ремонте (реконструкции) старых зданий в зависимости от района их расположения в Центре СПб;

- выявлены наиболее распространенные типы и габаритные размеры доходных домов в плане, зафиксирована характерная зависимость между размерами (пропорциями) владельческого участка и типом его застройки;

- предложена типология конструктивно-планировочной структуры старых зданий;

- на основе анализа закономерностей конструктивно-планировочных характеристик старых зданий были предложены формулы расчета

площади корпусов (частей корпусов при необходимости).

Представленная в статье информация может стать основой для разработки научно-обоснованных рекомендаций по капитальному ремонту (реконструкции) старых зданий.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ковалев Д.С. Повышение качества проживания в Центре Санкт-Петербурга при реконструкции доходных домов // Государственная служба. 2015. № 5 (97). С. 49–51.
2. Ковалев Д.С.: Квартиры высокого и среднего потребительских уровней в центральных районах Санкт-Петербурга // Вестник гражданских инженеров. 2015. № 4 (51). С. 49–51.
3. Ковалев Д.С. Оценка комфортабельности жилища высокого и среднего потребительских уровней в центре современного мегаполиса специалистами квартирного рынка // Научное обозрение. 2015. № 15. С. 301–304.
4. Купффер Э.Ю. Жилой дом. Руководство по проектированию и возведению современных жилищ. Издательство товарищества М.О. Вольф, 1914. 445 с.
5. Махровская А.В. Реконструкция старых жилых районов крупных городов: на примере Ленинграда, Л. Стройиздат., 1986. 352 с.
6. Тилинский А.И. Практическая строительная памятная книжка. Пособие для строителей, домовладельцев и лиц, причастных строительному делу, Санкт-Петербург., 1911. 304 с.
7. Шарлыгина К.А., Лысова А.И. Реконструкция зданий, Л. Стройиздат. Ленинградское отделение, 1979. 304 с.
8. Малинина К. В. Реконструкция жилых домов Центра Санкт-Петербурга (середины 19-начала 20 вв. ) в условиях квартирного рынка. автореф. дис...к.арх., СПб.1995. 29 с.
9. Головина С.Г. Конструкция и архитектурная форма объектов жилой исторической застройки (с учетом реконструкции Санкт-Петербурга). дис...к.арх., Спб.2008. 99 с.
10. Лисициан М.В. Архитектурное проектирование жилых зданий, М., Архитектура-С, 2006. 486 с.
11. Молчанов В.М. Теоретические основы проектирования жилых зданий, Ростов -на До-

ну., Феникс, 2003. 220 с.

12. Соколов Д.Д.. Курс гражданской архитектуры, читанный ординарным профессором Соколовым Д.Д. в Институте Гражданских Инженеров . СПб, Типография Деклерона и Евдо-

кимова , 1883. 296 с.

13. Юхнева Е. Д. Петербургские доходные дома, М.. ЗАО «Центрполиграф», 2008. 362 с.

---

**Kovalev D.S.**

**TENEMENT HOUSES OF CENTRAL DISTRICTS OF SAINT-PETERSBURG (1860-1917) :  
URBAN PLANNING AND CONSTRUCTIVELY PLANNING FEATURES**

*The article analyzes the separate urban planning and construction and planning characteristics of tenement houses of the historic centre of St. Petersburg. The research results allowed to complement the existing urban typology of apartment buildings. Classification of structurally-planning decisions of old buildings. The obtained data can serve as the scientific basis for the development of projects of capital repairs or reconstruction of apartment houses. The data, based on the nature of the location of stairwells can use Naito in the development of evidence-based recommendations for the adjustment of the pre-revolutionary residential buildings for modern use.*

**Key words:** *urban planning characteristics, structural characteristics, constructively planning characteristics, tenement houses, buildings of historical central areas of Sant-Petersburg, major repair and reconstruction.*

---

**Ковалев Дмитрий Сергеевич**, аспирант кафедры архитектурного проектирования.  
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет им.  
Адрес: Россия, 190005, Санкт-Петербург, ул. 2-я Красноармейская, д. 4.  
E-mail: krofts@yandex.ru

Малыхина В.С., канд. техн. наук, доц.,  
Фролов Н.В., аспирант,  
Фам Суан Хуан, магистрант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ ЗУБЧАТОГО ШИПА В БАЛОЧНЫХ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

malihina\_val@yandex.ru

*В статье затрагивается вопрос о соединении элементов деревянных конструкций по длине. Приводится классификация соединений по характеру работы, где отмечаются соединения на клею. Целью работы ставится оценить прочность зубчатого шипа в балочных деревянных конструкциях при различном положении места его устройства. Для этого были проведены испытания на изгиб образцов балок с зубчатым шипом посередине пролета и на опорах. Установлено, что зубчатый шип обладает достаточной прочностью, но осталось непонятным, как положение места его устройства повлияло на несущую способность балок. В связи с этим, авторами было решено продолжить соответствующие экспериментальные исследования на большем количестве образцов балок.*

**Ключевые слова:** балка, элемент деревянной конструкции, клеевое соединение, зубчатый шип, напряжение.

**Введение.** Максимальная длина деревянных элементов – до 6,5 м для бревен и пиломатериалов, применяемых в строительстве – определена из условий заготовки и перевозки материала, а также из условий обеспечения гарантированной прочности древесины на всей длине деревянного элемента [1]. Для изготовления деревянных конструкций, имеющих большую длину, применяются такие методы соединения их элементов как сращивание и узловое сопряжение.

По характеру работы все соединения можно разделить на группы, преимущественно работающие на: смятие и скалывание (врубki и шпонки); изгиб (все виды нагелей); выдергивание (шурупы, гвозди); растяжение (тяги, накладки, хомуты, болты); сдвиг (клеевые соединения); на предотвращение случайных смещений из плоскости соединяемых элементов (аварийные связи: болты, скобы, хомуты и др.) [2, 3].

Особый научный интерес представляют клеевые соединения. Они позволяют не только устранить ограниченность сортамента пиломатериалов, но и полнее использовать древесину в качестве строительного материала для несущих конструкций [4]. Отличительной чертой клеевых соединений является то, что значение предельных деформаций таких соединений вплоть до полного использования их расчетной несущей способности должно быть равно нулю [5, 6]. В связи с этим клеевые соединения принято рассматривать как жесткие.

В данной статье речь пойдет о таком виде клеевых соединений как зубчатый шип. Цель работы – экспериментально оценить прочность зубчатого шипа в балочных деревянных конструкциях при различном положении места его устройства (в середине пролета или на опорах).

**Методология.** Общая классификация соединений элементов деревянных конструкций и, в частности, основные особенности устройства зубчатого шипа приведены на основании анализа накопившегося тематического научно-методического материала.

Испытание малых образцов деревянных балок с зубчатыми шипами на изгиб выполнено при помощи универсальной электромеханической разрывной машины Р-5.

**Основная часть.** Зубчатый шип представляет собой клеевое соединение концов досок по зубчатой поверхности в виде ряда острых клиньев: вертикальных, выходящих на пласти (рис. 1, а) или горизонтальных, выходящих на кромки (рис. 1, б) досок. Такая форма концам досок придается наборной зубчатой фрезой на специальном станке. Зубчатый шип по ГОСТ 19414 характеризуется следующими параметрами: длиной шипа  $l$ ; шагом шипов в соединении  $t$ ; шириной шипа у вершины – затуплением  $b$ ; зазором в стыках  $s$  (рис. 1, в). Длина шипа обычно не превышает толщины досок, а другие параметры обеспечивают необходимый уклон зубчатого шипа по отношению к оси досок не более 1:8 и затупление не более 1 мм. Только такие параметры обеспечивают необходимую прочность стыка элементов деревянных конструкций.

Зубчатый шип применяется для сращивания досок по длине в «плеть» и для сопряжения дощатых элементов в узлах. Для склеивания применяют синтетические клеи на основе термореактивных смол – резорцина, меламин, карбомида и их смесей. Клеи должны отвечать следующим требованиям: водостойкостью, биостойкостью, теплостойкостью, монолитностью,



устойчивостью адгезионных связей (сцеплением со склеиваемыми материалами), а также равно-

прочностью с древесиной.

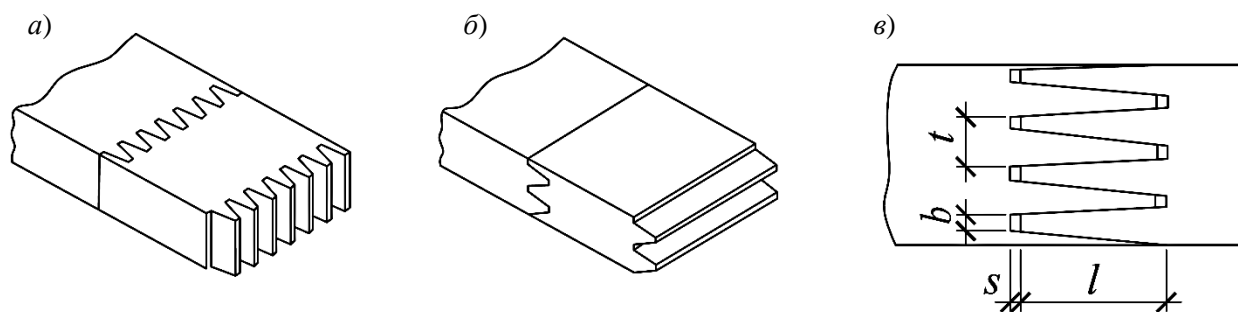


Рис. 1. Зубчатое клеевое соединение с вертикальными (а) и горизонтальными шипами (б), выходящими соответственно на пласти и кромки досок; Обозначение параметров зубчатого шипа (в)

Зубчатый шип экономически эффективен, поскольку имеет малую длину и его изготовление легко автоматизируется [7, 8].

Зубчатый шип хорошо работает на растяжение, изгиб, кручение и сжатие. От возникающих растягивающих усилий  $N$  в зубчатой поверхности стыка возникают основные скалывающие напряжения  $\tau$ , действующие под небольшими углами к направлению волокон древесины, и дополнительные растягивающие напряжения  $\sigma$ , действующие поперек волокон древесины. Эти напряжения не превышают напряжений, возникающих при расчетной несущей способности стыка, поскольку площадь зубчатой его поверхности достаточно велика [9].

Разрушение зубчатого шипа происходит мгновенно от главных растягивающих напряжений  $\sigma_{гд}$ . Эти напряжения имеют максимальную величину у концов зубьев, где остаются небольшие прямоугольные отверстия (шириной  $s$ ) после изготовления шипа и поверхность разрыва всегда происходит через эти отверстия. Однако ослабление сечения такими отверстиями значи-

тельно меньше, чем ослабление сечения досок первого сорта пороками, которые вообще не допускаются в зоне шипа. Поэтому ослабление сечений этими отверстиями может не учитываться.

При действии продольных сжимающих сил зубчатый шип имеет большую прочность, так как при этом в нем не возникают поперечные растягивающие напряжения.

Для оценки прочности зубчатого шипа в балочных деревянных конструкциях были проведены испытания на изгиб образцов балок, соединенных зубчатым шипом в первом случае посередине пролета (сечение с наибольшими нормальными напряжениями) и во втором случае ближе к краям – над опорами (сечение с наибольшими касательными напряжениями). Зубчатые шипы в обоих случаях выходят на кромку. Образцы выполнены из древесины сосны первого сорта (ГОСТ 8486-86). Размеры образцов балок и расчетная схема при испытании показаны на рис. 2.

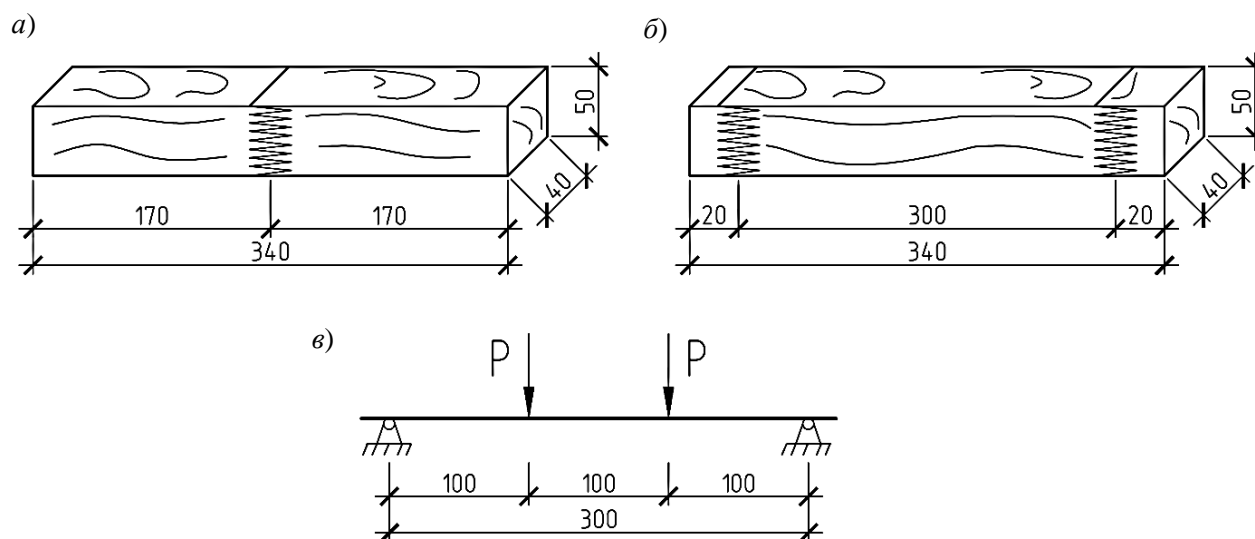


Рис. 2. Размеры образцов балок с зубчатым шипом посередине (а) и ближе к краям (б); Расчетная схема при испытании балок на изгиб (в)

Нормальные напряжения в сечениях балок при изгибе определяются согласно выражению:

$$\sigma = \frac{M}{W} \quad (1)$$

где  $M$  – изгибающий момент в сечении;  $W$  – момент сопротивления этого же сечения.

Касательные напряжения в сечениях рассматриваемых балок определяются согласно выражению:

$$\tau = \frac{1,5Q}{bh} \quad (2)$$

где  $Q$  – поперечное усилие в сечении;  $b$  и  $h$  в данном случае соответственно ширина и высота сечения балок.

Балка с зубчатым шипом посередине пролета разрушилась при нагрузке  $P = 18,2$  кН. Отсюда значение нормального напряжения в сечении посередине пролета составляет  $\sigma = 5,46$  кН/см<sup>2</sup>, а величина касательного напряжения в опорных сечениях составляет  $\tau = 1,37$  кН/см<sup>2</sup>.

Балка с зубчатым шипом на опорах разрушилась при нагрузке  $P = 11,8$  кН. Отсюда значение нормального напряжения в сечении посередине пролета для такой балки составляет  $\sigma = 3,54$  кН/см<sup>2</sup>, а величина касательного напряжения в опорных сечениях составляет  $\tau = 0,89$  кН/см<sup>2</sup>.

Характер разрушения образцов деревянных балок показан на рис. 3, где видно, что разрушение произошло в нижней растянутой зоне.

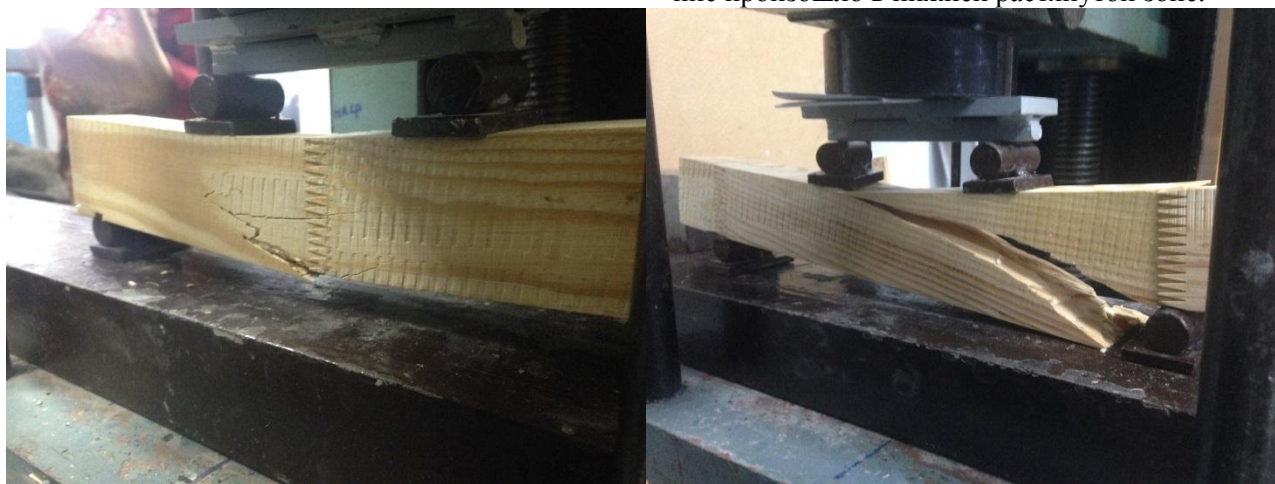


Рис. 3. Характер разрушения образцов деревянных балок:  
а – с зубчатым шипом посередине пролета; б – с зубчатым шипом на опорах

Согласно СНиП II-25-80 «Деревянные конструкции» временное сопротивление древесины первого сорта изгибу при нагружении пласти составляет  $R_{и}^{вп} = 4,2$  кН/см<sup>2</sup>, а временное сопротивление скалыванию составляет  $R_{ск}^{вп} = 0,6$  кН/см<sup>2</sup>. Таким образом, у балки с зубчатым шипом посередине пролета значения нормальных и касательных напряжений в сечениях при разрушающей нагрузке превышают соответствующие временные характеристики древесины регламентируемые нормами в 1,3 и 2,3 раза, что свидетельствует о работе образца в запас прочности. У балки, имеющей зубчатый шип на опорах, касательное напряжение в опорных сечениях при разрушающей нагрузке превышает временное сопротивление скалыванию в 1,5 раза; при этой же нагрузке нормальное напряжение в сечении посередине пролета меньше временного сопротивления древесины изгибу в 0,8 раза, что свидетельствует о не целесообразности устройства зубчатого шипа на опоре – не реализуются прочностные свойства древесины.

**Выводы.** На основании испытаний образцов балок с различным положением места

устройства зубчатого шипа можно отметить, что балка с зубчатым шипом посередине пролета способна воспринимать в 1,5 раза большую нагрузку по сравнению с балкой, имеющей зубчатый шип на опорах. В связи с тем, что зубчатый шип в обеих балках сохранился, т.е. разрушение произошло от разрыва волокон древесины, можно говорить о достаточной прочности такого клевого соединения. Тогда, остается непонятным, как повлияло положение места устройства зубчатого шипа на несущую способность образцов балок. Для решения этого вопроса, авторами будут продолжены экспериментальные исследования на большем количестве образцов таких деревянных балок.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Линьков В.И. К вопросу оценки прочности древесины длинномерных элементов // Научно-технический вестник Поволжья. 2014. № 5. С. 250–253.
2. Калугин А.В. Деревянные конструкции. Учеб. пособие (конспект лекций). М.: Издательство АСВ, 2003. 224 с.

3. Пуртов В.В., Павлик А.В. Деревянные конструкции с соединениями на металлических пластинах и дюбелях // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2007. № 4. С. 13–20.

4. Антюшеня О.А., Есипов С.М., Малыхина В.С. Оценка эффективности работы узлов лин-зообразных клеодеревянных ферм // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 2. С. 66–71.

5. Колчунов В.И., Пятикрестовский К.П. Особенности расчета деревянных конструкций на прочность по деформациям // Строительство и реконструкция. 2013. № 2 (46). С. 25–32.

6. Рощина С.И., Римшин В.И. Расчёт деформаций изгибаемых армированных деревянных элементов с учётом ползучести // Известия

Юго-Западного государственного университета. 2011. № 1 (34). С. 121–124.

7. Ведяков И.И., Погорельцев А.А., Пятикрестовский К.П. Перспективы совершенствования норм проектирования деревянных конструкций // Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 4. С. 28–32.

8. Ушаков А.Ю., Долганов А.И. Автоматизация проектирования деревянных конструкций в малоэтажном строительстве // Научное обозрение. 2014. № 7–1. С. 140–143.

9. Чебыкин А.А., Фрицлер Ю.А., Кудрявцев С.В. К расчету зубчато-шипового клеевого соединения карнизных узлов рам // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2015. № 2. С. 86–89.

---

**Malykhina V.S., Frolov N.V., Huan F.S.**

### **STRENGTH OF FINGER JOINTS IN TIMBER BEAMS**

*The problem of joining of timber structure elements along its length is considered in the article. The classification of joints, where glued joints are mentioned, is described. The purpose of study is the definition of strength of the finger joints in different positions along the timber beam. Bending tests of beams with finger joints, placed at the middle and at the end of span, were carried out. It was established, that the finger joints have acceptable strength, but influence of its displacement on beam's loadbearing capacity is undefined. Because of that, the authors of the article made a decision to continue the research work using bigger amount of samples.*

**Key words:** beam, timber structure element, glued joint, finger joint, stresses.

---

**Малыхина Валентина Степановна**, кандидат технических наук, доцент кафедры строительства и городского хозяйства.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: malihina\_val@yandex.ru

**Фролов Николай Викторович**, аспирант кафедры строительства и городского хозяйства.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: frolov\_pgs@mail.ru

**Фам Суан Хуан**, магистрант кафедры строительства и городского хозяйства.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: pxhuan@gmail.com

Савич М.Л., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## КОМПОЗИЦИОННОЕ ВЯЖУЩЕЕ ДЛЯ ФИБРОБЕТОНА НА СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСАХ СЕРБИИ

Msl.msl@rambler.ru

Центрально европейский регион является одним из перспективных в отношении стройиндустрии. Учитывая климатические и геологические условия, особенности сырьевой базы и геоморфологию территории, производство материалов и строительство в государствах этого региона имеют свои особенности. В Сербии в настоящее время существенно возросли объемы строительства, значительное количество зданий и сооружений нуждается в ремонте и восстановлении.

Поэтому, разработка эффективных составов фибробетонов на композиционных вяжущих, управление процессами структурообразования, гранулометрией заполнителей и синтезом гидросиликатов и гидроалюминатов кальция позволит решить проблемы строительства в Сербии.

Важное значение имеет применение органоминеральных модификаторов, получаемых на основе обычного цемента, местных сырьевых материалов, структурированных нанодисперсными частицами минеральных веществ. Их применение приводит к значительному повышению реологических характеристик формочной смеси и строительно-технических свойств полученного фибробетона, существенно увеличивает сроки службы конструкций и их долговечность.

**Ключевые слова:** мелкозернистый фибробетон, композиционные вяжущие, наноструктурированный модификатор.

**Введение.** Композиционные вяжущие (КВ) – это продукт механохимической активации в определенных условиях портландцемента или вяжущего другого вида совместно с добавками-модификаторами, имеющими в своем составе компонент или компоненты, обеспечивающие водоредуцирующий эффект. Их получают добавлением к главному вяжущему компоненту (цементу) специальных веществ, в определенных соотношениях повышающих активность, улучшающих реологические свойства цементного теста, значительно увеличивающих прочностные показатели и другие свойства вяжущего и бетона на его основе. Приготовленное на его основе цементное тесто дает возможность получить плотнейшую структуру бетона при повышенной прочности. Снижение нормальной плотности цементного теста достигается введением в его состав пластифицирующих добавок. В результате взаимодействия добавленных компонентов с минералов цементного клинкера в процессе механохимического воздействия и измельчения материал приобретает, специфические свойства, отличающие его от обычного портландцемента [1–20 и др.]

Одним из способов повышения эксплуатационных свойств фибробетона является оптимизация его структуры и разработка методов управления структурообразованием при твердении. В работах отечественных ученых, выполненных ранее, недостаточно уделено внимание созданию в Сербии высокоэффективных добавок-модификаторов, которые на микро- и нано уровне создают высокую упорядоченность элементов структуры композиционного материала.

Мало внимания также уделяется адгезионным процессам цементного камня с фиброволокном в бетонах, и их влиянию на твердение композиционных вяжущих с применением местных материалов государства Сербия.

Разработка составов фибробетона нового поколения невозможна без получения сложных составов вяжущих веществ [21–27 и др.].

Теоретический анализ и практическая апробация позволили перейти к углубленному изучению способов оптимизации структуры и свойств цементного камня и фибробетона на сырьевых материалах Сербии, а также разработке композиционного вяжущего на их основе.

Специфика их генезиса, техногенная обработка дают эффект активизации горной породы, как потенциального сырья для производства строительных материалов. Процесс активизации приводит к увеличению степени дефектности кристаллической решетки породообразующих минералов, а также к некоторой аморфизации породы и ее структурных зерен с частичной или полной деструкцией и увеличением удельной поверхности.

Реакционная способность частиц цеолита при их деструкции значительно повышается вследствие возрастания неупорядоченности (энтропии) пространственных решеток. Аналогичное явление характерно и тонкодисперсного кварца с коррозированной поверхностью. Между тем и то, и другое явления обусловлены соответствующим генезисом пород, а производственный эффект выражается сокращением в 2–3 раза продолжительности твердения смеси при получении бетона.

С целью получения таких вяжущих был проведен ряд испытаний по следующей методике: сначала разрабатывали вяжущие композиции, состоящие из оптимального соотношения гидравлического вяжущего (цемента) и наноструктурированного модификатора (НСМ), который получали на основе сырьевых материалов месторождений Сербии.

**Методология.** Наноструктурированный модификатор был получен путем помола цеолита, отсева дробления известняка, кварцевого песка, цемента и суперпластификатора в количествах, определенных расчетом. Повышенные строительно-технические свойства мелкозернистого бетона на макроуровне обеспечивали

плотнейшей упаковкой частиц заполнителя и композиционного вяжущего. Предложенные принципы совершенствования структуры мелкозернистого бетона позволили увеличить прочность при сжатии на 35–40 %.

Характеристики цемента Type ЦЕМ I 42,5 R фирмы Хольсим в с. Поповци (Сербия) имеют близкие по значению показатели химического и минерального состава продукции ЗАО «Белгородский цемент». Поэтому для изготовления опытных образцов применяли товарный цемент ЗАО «Белгородский цемент» марки ЦЕМ I 42,5Н. Химический состав и основные строительно-технические показатели цемента с их пределами варьирования приведены в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав цемента

Марка цемента	Химический состав, % по массе								
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	R <sub>2</sub> O	CaO <sub>св</sub>	ппп
ЦЕМ I 42,5Н	22,49	4,77	4,40	67,22	0,43	2,04	0,20	0,20	1,5

**Основная часть.** В качестве мелкого заполнителя фибробетона и компонента НСМ использовали цеолит месторождения Златокоп, расположенного в Сербии.

Цеолиты – большая группа близких по составу и свойствам минералов, водные алюмосиликаты кальция и натрия из подкласса каркасных силикатов, со стеклянными или перламутровым блеском, известных своей способностью отдавать и вновь поглощать воду в зависимости от температуры и влажности. Другим важным свойством цеолитов является способность к ионному обмену – они способны селективно выделять и вновь впитывать различные вещества, а также обменивать катионы.

Кристаллическая структура цеолитов природных и искусственных образована тетраэдри-

ческими группами SiO<sub>2/4</sub> и AlO<sub>2/4</sub>, объединенными общими вершинами в трехмерный каркас, пронизанный полостями и каналами (окнами) размером 2–15 Å.

В качестве второго компонента НСМ использовали известняк месторождения Елен До, образовавшийся в результате химической реакции, в которой выделяется нерастворимый в воде карбонат кальция:



Третьим компонентом НСМ является песок кварцевый месторождения ОкоLINE Уба. Песок крупнозернистый кварцевый (фракция 0,1-4,0 мм). Химический состав песка представлены в таблице 2.

Таблица 2

Химический состав кварцевого песка

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	TiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O
97,5–99,0	0,25–1,00	0,10–0,50	<0,15	<0,06	0,05–0,10	0,25	0,04

Результаты проведенных испытаний образцов композиционного вяжущего с НСМ показали соответствие теоретическим представлениям (табл. 3). Заполнителем служил кварцевый песок месторождения ОкоLINE Уба (Сербия). В качестве полимера использовали «Полипласт СП-1», состоящий из смеси натриевых солей продуктов конденсации нафталинсульфокислот с формальдегидом, лигносульфонатом и сульфатом натрия, удовлетворяющий требованиям ТУ 6-36-0204229-625, по своим свойствам аналогичного суперпластификатору ASTM C494 – Type A, применяемому в Сербии. Соотношение компонентов НСМ цеолит:песок:известняк – 2:1:1.

Существенное увеличение прочностных показателей объясняется высокой свободной внутренней энергией компонентов НСМ, а также более интенсивным образованием новых гидратных минералов в присутствии добавки модификатора.

Образцы данного состава с общим содержанием добавки НСМ 5 % показали наибольший прирост прочности при сжатии в 28-суточном возрасте – 34,3 %. Дальнейшее увеличение содержания НСМ не целесообразно, т.к. не приводит к значительному приросту прочности.

Состав разработанного композиционного вяжущего является предметом НОУ-НАУ.

Таким образом, определено оптимальное содержание НСМ в комплексном вяжущем и получен оптимальный состав КВ.

Таблица 3

### Прочность КВ с различным процентным содержанием НСМ

№ п/п	Состав вяжущего	Предел прочности при сжатии, МПа	Прирост прочности, %
1	Потрландцемент (Ц)	42,3	–
2	Ц+0,3 % полимера	45,1	6,6
3	Ц+0,3 % полимера +1 % НСМ	49,8	17,7
4	Ц+0,3 % полимера +3 % НСМ	56,5	33,6
5	Ц+0,3 % полимера +5 % НСМ	56,8	34,3
6	Ц+0,3 % полимера +7 % НСМ	56,9	34,5

**Выводы.** В статье рассмотрены аспекты проектирования состава и технологии изготовления композиционного вяжущего с наноструктурированным модификатором на основе исходных материалов из минерального сырья Сербии. Изложены результаты определения строительно-технических характеристик цементного камня и бетона на композиционном вяжущем с комплексной тонкодисперсной добавкой. Установлена возможность применения сырьевых материалов Сербии для изготовления строительных изделий и конструкций.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Толстой А.Д., Лесовик В.С., Алфимова Н.И., Агеева М.С., Ковалева И.А., Баженова О.Г., Новиков К.Ю. К вопросу использования техногенного сырья в производстве порошковых бетонов на композиционных вяжущих // Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды: III Междунар. науч.-тех. конф., Белгород, 24-25 ноября 2015 г. Белгород, 2015. Ч.3. 384–390

2. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Чулкова И.Л., Толстой А.Д., Володченко А.А. Сродство структур как теоретическая основа проектирования композитов будущего // Строительные материалы. 2015. № 9. С.18–22.

3. Толстой А.Д., Лесовик В.С., Ковалева И.А. Композиционные вяжущие для порошковых бетонов с промышленными отходами // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 1. С. 6–9.

4. Толстой А.Д., Лесовик В.С., Ковалева И.А. Органогенные высокопрочные композиции // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. № 5. С. 67–69.

5. Толстой А.Д., Лесовик В.С., Ковалева И.А., Якимович И.В., Лукутцова Н.П. Высокопрочные материалы для декоративных целей // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 8. С 51–53.

6. Tolstoi A.D., Lesovik V.S., Kovaleva I.A. High-Strength Decorative Complexes with Organo-

Mineral Additives Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – September-October 2014 RJPBCS 5(5) Page No 1607.

7. Tolstoj A.D., Lessowik W.S., Kowaljowa I.A. Pulverbetone auf Kompositbindemitteln mit der Verwendung von Industrieabfällen // 19 Internationale Baustofftagung. 16-18 September. 2015. Weimar. Band 2. P 997-1000.

8. Лесовик В.С., Савин А.В., Алфимова Н.И., Шадский Е.Е. Перспективы применения композиционных вяжущих при производстве железобетонных изделий // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2014. №5 (88) С. 95–99

9. Lesovik V.S., Alfimova N.I., Savin A.V., Ginzburg A.V., Shapovalov N.N. Assessment of passivating properties of composite binder relative to reinforcing steel // World Applied Sciences Journal. 2013. 24 (12). 1691–1695

10. Лесовик В.С., Савин А.В., Алфимова Н.И., Гинзбург А.В. Оценка защитных свойств бетонов на композиционных вяжущих по отношению к стальной арматуре // Строительные материалы. 2013. №7 С. 56–58.

11. Lesovik V.S., Ageeva M.S., Mahmoud Ibrahim Husni Shakarna, Allaham Yasser Seyfiddinovich, Belikov D. A. Efficient binding using composite tuffs of the Middle East // World Applied Sciences Journal. 2013. №24 (10). Pp. 1286–1290.

12. Lesovik R.V., Ageeva M.S., Shakarna M. Efficient binding using composite tuffs of the middle east // World Applied Sciences Journal. 2013. Т. 24. № 10. С. 1286–1290.

13. Алфимова Н.И., Вишневецкая Я.Ю., Трунов П.В. Композиционные вяжущие и изделия с использованием техногенного сырья: монография. Saarbrücken. Изд-во LAP LAMBERT. 2013. 129 с.

14. Алфимова Н.И., Трунов П.В., Шадский Е.Е. Модифицированные вяжущие с использованием вулканического сырья: монография. Saarbrücken: Изд-во LAP LAMBERT Academic Publishing. 2015. 133 с.

15. Lesovik V. S., Alfimova N.I., Trunov P.V. Reduction of energy consumption in manufacturing

the fine ground cement // Research Journal of Applied Sciences. 2014. V. 9. (11). P. 745–748.

16. Alfimova N.I., Sheychenko M.S., Karatsura S.V., Yakovlev E.A., Kolomatskiy A.S., Shapovalov N.N. Features of application of high-technogenic raw materials as a component of composite binders // Research Journal of Applied Sciences. 2014. V. 9 (11). P. 779–783.

17. Алфимова Н.И., Трунов П.В. Продукты вулканической деятельности как сырье для производства композиционных вяжущих // Сухие строительные смеси. 2012. №1. С 37–38.

18. Лесовик Р.В., Алфимова Н.И., Ковтун М.Н., Ластовецкий А.Н. О возможности использования техногенных песков в качестве сырья для производства строительных материалов\* // Региональная архитектура и строительство. 2008. № 2. С. 10–15.

19. Лесовик Р.В., Алфимова Н.И., Ковтун М.Н. Стеновые камни из мелкозернистого бетона на основе техногенного сырья // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2007. № 11. С. 46–49.

20. Вешнякова Л.А., Айзенштадт А.М., Елистраткин М.Ю. Поверхностная активность высокодисперсных кремнеземсодержащих компонентов композиционного вяжущего // В сборнике: Научные технологии и инновации Юбилейная Международная научно-практическая конференция, посвященная 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова (XXI научные чтения). 2014. С. 69–72.

21. Ключев С.В., Лесовик Р.В., Ключев А.В. Фибробетон на техногенном песке КМА и ком-

позиционные вяжущие для промышленного и гражданского строительства: монография. Белгород. Изд-во БГТУ. 124 с.

22. Лесовик Р.В., Ключев А.В., Ключев С.В. Мелкозернистый сталефибробетон на основе техногенного песка для получения сборных элементов конструкций // Технологии бетонов. 2014. № 2 (91). С. 44–45.

23. Ключев С.В., Лесовик Р.В. Дисперсно армированный мелкозернистый бетон с использованием полипропиленового волокна Бетон и железобетон. 2011. № 3. С. 7–9.

24. Лесовик Р.В., Ключев С.В. Фибробетон на композиционных вяжущих и техногенных песках курской магнитной аномалии для изгибаемых конструкций // Инженерно-строительный журнал. 2012. Т. 29. № 3. С. 41–47.

25. Лесовик Р.В., Ключев С.В. Мелкозернистый сталефибробетон на техногенных песках // Бетон и железобетон. 2013. № 5. С. 27–30.

26. Лесовик Р.В., Ключев С.В., Ключев А.В., Нетребенко А.В. К проблеме использования техногенных песков курской магнитной аномалии для производства мелкозернистого фибробетона и изделий на его основе // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 12. С. 45–48.

27. Ключев С.В., Лесовик Р.В. Стеклофибробетон на техногенных песках кмаи композиционных вяжущих // Технологии бетонов. 2012. № 11-12 (76-77). С. 68–69.

---

**Savic M.L.**

## **COMPOSITE BINDER FOR FIBER-REINFORCED CONCRETE WITH RAW MATERIALS OF SERBIA**

*Central European region is one of the most promising in relation to the construction industry. Given the climatic and geological conditions, especially the raw material base and geomorphology of the territory, the production of materials and construction in the States of the region has its own characteristics. In Serbia, currently have significantly increased the volume of construction, a large number of buildings in need of repair and restoration.*

*Thus, the development of effective formulations of fiber-reinforced concrete with composite binders, process management of structure formation, particle size of the aggregates and the synthesis of calcium silicate and hydro aluminate will solve the problems of building in Serbia.*

*Important is the use of organic-mineral modifier obtained on the basis of ordinary cement, local raw materials and minerals structured with the monodisperse particles. Their use leads to a significant increase in rheology of the moldable mixture, construction and technical properties of the resulting fiber-reinforced concrete, significantly increases the life of the structure and their durability.*

**Key words:** *fine grained fibrous concrete, composite binder, nano-modifier.*

---

**Савич Милош Любичевич**, аспирант кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.  
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.  
E-mail: shapovalov@mail.ru

Никулин А.И., канд. техн. наук, доц.,

Обернихин Д.В., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ДЕФОРМАТИВНОСТЬ ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТРАПЕЦИЕВИДНОГО СЕЧЕНИЯ С ТРЕЩИНАМИ В РАСТЯНУТОЙ ЗОНЕ

nikulin137@yandex.ru

На основе модифицированного варианта нелинейной деформационной модели силового сопротивления железобетона разработана методика для определения прогибов изгибаемых элементов трапециевидного сечения. Приведены аналитические зависимости, используемые для вычисления кривизн сечений в зависимости от действующих на них изгибающих моментов. Для удобства практического применения предлагаемой методики расчета приведены алгебраические выражения, обеспечивающие определение интегральных геометрических характеристик эпюр напряжений в сжатой и растянутой зонах бетона рассматриваемого трапециевидного сечения. Учитывая, что частным случаем трапециевидного сечения является прямоугольник, то методика расчета может использоваться для теоретического определения прогибов изгибаемых железобетонных элементов как прямоугольной, так и трапециевидной формы. Для сопоставления расчётных величин прогибов железобетонных элементов составлен алгоритм, реализованный в программе расчёта для персонального компьютера. С её помощью были выполнены численные исследования, некоторые результаты которых представлены в статье.

**Ключевые слова:** прогиб балки, кривизна сечения, трещиностойкость, деформационная расчетная модель, диаграммы состояния бетона и арматуры, изгибаемый элемент, трапециевидное сечение, зависимость момент-кривизна, численный эксперимент.

Проведенные в последние годы исследования железобетонных конструкций позволили включить в новые нормы (СП 63.13330.2012 «СНиП 52-01-2003 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения») и, соответственно, в практику проектирования деформационную расчетную модель нормальных сечений, которая хорошо отражает фактический характер работы железобетона на всех этапах вплоть до его разрушения [1, 3, 4, 5, 6, 14, 15]. Это позволяет с единых позиций выполнять расчеты железобетонных конструкций по прочности, трещиностойкости и по деформациям.

Ранее авторами [12, 13] на основе деформационной расчетной модели были разработаны соответствующие методики и алгоритмы расчета прочности и трещиностойкости применительно к железобетонным балочным конструкциям трапециевидного сечения.

Ниже приведены особенности построения методики расчета прогибов изгибаемых элементов рассматриваемого вида.

Прогиб железобетонных балочных конструкций можно определять, например, по формуле [4]:

$$f_m = \int_0^L \bar{M}_x (1/r)_x dx, \quad (1)$$

где  $\bar{M}_x$  – изгибающий момент в сечении  $x$  от действия единичной силы, приложенной по направлению искомого перемещения элемента в сечении по длине пролета  $L$ , для которого опре-

деляют прогиб;  $(1/r)_x$  – кривизна балки в сечении  $x$  от нагрузки, при которой определяется прогиб.

В общем случае вычисление прогиба производят путем разбиения пролёта балки на ряд участков, определения кривизны на границах этих участков (с учетом отсутствия или наличия трещин и знака кривизны) и перемножения эпюр моментов  $\bar{M}_x$  и кривизны  $(1/r)_x$  по длине балки при линейном распределении кривизны в пределах каждого участка. Таким образом, для характерных сечений изгибаемой конструкции необходимо получить зависимости “момент-кривизна” [9].

Для определения кривизны на участках железобетонной балки с трещинами в растянутой зоне используется гипотеза плоских сечений в варианте В.И. Мурашева – Я.М. Немировского [7, 8] для некоторого расчётного сечения, в котором деформации бетона и арматуры соответствуют усреднённому состоянию блока между нормальными трещинами. Тогда вычисление кривизны для участка с трещинами производится с помощью известной зависимости [5]

$$\frac{1}{r} = \frac{\psi_b \varepsilon_b + \psi_s \varepsilon_s}{h_0}, \quad (2)$$

где  $\psi_b$  – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения деформаций сжатого бетона между трещинами и принимаемый равным 0,9;  $\psi_s$  – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения деформаций рас-



тянутой арматуры между трещинами;  $\varepsilon_b$  и  $\varepsilon_s$  – относительные деформации сжатого бетона и крайнего растянутого стержня в сечении элемента с трещиной;  $h_0$  – расстояние между крайним сжатым волокном бетона и растянутым арматурным стержнем.

Значение коэффициента  $\psi_s$  вычисляется по формуле [2]

$$\psi_s = 1 - \frac{\varepsilon_{s,cr}}{\varepsilon_s} \beta, \tag{3}$$

где  $\varepsilon_{s,cr}$  – относительная деформация растянутой арматуры в железобетонном элементе рассматриваемого сечения сразу после образования трещины;  $\beta$  – коэффициент, обеспечивающий неразрывность графика «момент-кривизна» в точке, соответствующей моменту трещинообразования сечения элемента (по рекомендациям [2]  $\beta = 0,8$ ).

Однако практическое применение формулы (3) с постоянным значением  $\beta$  для нахождения кривизн железобетонных элементов с трещинами в растянутой зоне во многих случаях не обеспечивает неразрывности графика «момент – кривизна». В работе [9] предложена методика для вычисления фактических значений коэффициента  $\beta$  применительно к балочным элементам прямоугольного поперечного сечения. Исходя из назначения этого параметра в формуле (3), для его нахождения в работе [9] было предложено следующее выражение

$$\beta = 1 - \frac{h_0/r_{cr} - \psi_b \varepsilon_{b,cr}}{\varepsilon_{s,cr}} \geq 0, \tag{4}$$

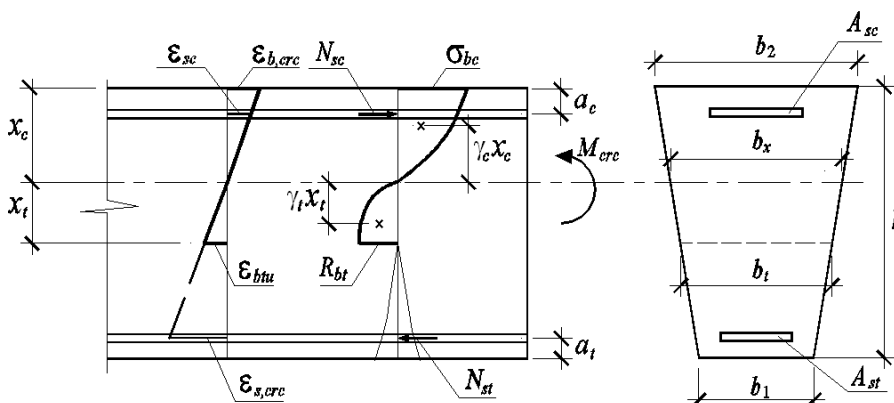


Рис. 1. Схема распределения деформаций, напряжений и усилий в сечении железобетонного элемента трапециевидной формы сразу после образования в нём первой трещины

Аналитическое отображение схемы распределения деформаций, напряжений и усилий в сечении железобетонного элемента рассматри-

где  $r_{cr}$  – радиус кривизны элемента в рассматриваемом сечении непосредственно перед образованием в нём трещины;  $\varepsilon_{b,cr}$  – относительная деформация сжатого бетона сразу после образования трещины.

Чтобы найти количественные значения коэффициента  $\beta$  для трапециевидного сечения, необходимо предварительно определить напряженно-деформированное состояние (НДС) изгибаемого железобетонного элемента указанного вида непосредственно перед образованием в нём первой трещины и сразу после её появления.

Методика определения НДС рассматриваемых балочных конструкций на этапе, непосредственно предшествующем началу их трещинообразования, была подробно представлена в работе [12]. В дополнение к искомой величине момента трещинообразования ( $M_{cr}$ ) необходимо также найти радиус кривизны сечения ( $r_{cr}$ ) непосредственно перед образованием в нём первой трещины с помощью следующей зависимости:

$$\frac{1}{r_{cr}} = \frac{\varepsilon_{bc} + \varepsilon_{st}}{h_0}, \tag{5}$$

где  $\varepsilon_{bc}$  и  $\varepsilon_{st}$  – относительные деформации фибрового волокна сжатого бетона и крайнего растянутого арматурного стержня в сечении изгибаемого элемента непосредственно перед образованием в нём первой трещины.

Для решения второй задачи рассмотрим тот же железобетонный элемент сразу после образования в нём первой трещины (рис. 1).

ваемой формы приводит к следующим группам уравнений.

Уравнения равновесия в традиционной форме их записи имеют вид:

$$0,5(b_2 + b_x)x_c \omega_c \sigma_{bc} + \sigma_{sc} A_{sc} - 0,5(b_1 + b_x)x_t \omega_t R_{bt} - \sigma_{st} A_{st} = 0, \tag{6}$$

$$M_{cr} = 0,5(b_2 + b_x)x_c^2 \omega_c \gamma_c \sigma_{bc} + \sigma_{sc} A_{sc} (x_c - a_c) + 0,5(b_1 + b_x)x_t^2 \omega_t \gamma_t R_{bt} + \sigma_{st} A_{st} (h - x_c - a_t), \tag{7}$$

где  $M_{crc}$  – изгибающий момент, соответствующий началу этапа трещинообразования сечения железобетонного элемента;  $\sigma_{bc}$  – величина фибрового напряжения бетона в сжатой зоне сечения;  $\omega_c, \omega_t, \gamma_c, \gamma_t$  – интегральные геометрические характеристики эпюр напряжений в сжатой и растянутой зонах бетона;  $x_c, x_t$  – высоты сжатой и растянутой зон бетона;  $\sigma_{sc}, \sigma_{st}$  – напряжения в сжатой и растянутой арматуре;  $b_1, b_2$  – ширина, соответственно, нижней и верхней грани трапециевидного сечения элемента;  $h$  – высота сечения элемента;  $A_{sc}, A_{st}$  – площади сжатой и растянутой арматуры;  $a_c, a_t$  – расстояния от верхней и нижней граней сечения до центров тяжести сжатой и растянутой арматуры;  $b_x$  – ширина сечения на уровне нейтральной оси;  $b_t$  – ширина сечения на границе распространения первой трещины в растянутой зоне бетона.

Для определения ширины ( $b_x$ ) трапециевидного сечения элемента на уровне его нейтральной оси используется выражение:

$$b_x = b_1 + (b_2 - b_1) \cdot \left(1 - \frac{x_c}{h}\right). \quad (8)$$

Ширина сечения на границе распространения первой трещины в растянутой зоне бетона ( $b_t$ ) находится по аналогичному выражению:

$$b_t = b_1 + (b_2 - b_1) \cdot \left(1 - \frac{x_c + x_t}{h}\right). \quad (9)$$

Коэффициенты полноты эпюр напряжений в сжатой и растянутой зонах бетона ( $\omega_c, \omega_t$ ) и относительные расстояния от нейтральной оси до центров тяжести соответствующих эпюр ( $\gamma_c, \gamma_t$ ) определяются с помощью следующих зависимостей, полученных применительно к трапециевидному поперечному сечению изгибаемого железобетонного элемента с верхней широкой гранью (см. рис. 1):

$$\omega_c = \frac{E_{b2}}{\sigma_{bc} C_{b2} \left(\frac{b_2 h}{x_c} - \frac{b_2 - b_1}{2}\right)} \left\{ \frac{D_{b2} \varepsilon_{b,crc}}{2} \left(\frac{b_2 h}{x_c} - \frac{b_2 - b_1}{3}\right) + \left(1 - \frac{D_{b2}}{C_{b2}}\right) \times \right. \\ \left. \times \left[ \frac{b_2 - b_1}{2} + \left(1 - \frac{\text{Ln}(1 + C_{b2} \varepsilon_{b,crc})}{C_{b2} \varepsilon_{b,crc}}\right) \times \left(\frac{b_2 h}{x_c} - (b_2 - b_1) \cdot \left(1 + \frac{1}{C_{b2} \varepsilon_{b,crc}}\right)\right) \right] \right\}, \quad (10)$$

$$\gamma_c = \left\{ \frac{D_{b2} \varepsilon_{b,crc}}{3} \left(\frac{b_2 h}{x_c} - \frac{b_2 - b_1}{4}\right) + \left(1 - \frac{D_{b2}}{C_{b2}}\right) \times \left[ \frac{b_2 h}{2x_c} - \frac{b_2 - b_1}{2} \left(\frac{1}{3} - \frac{1}{C_{b2} \varepsilon_{b,crc}}\right) - \frac{1}{C_{b2} \varepsilon_{b,crc}} \times \right. \right. \\ \left. \left. \times \left(1 - \frac{\text{Ln}(1 + C_{b2} \varepsilon_{b,crc})}{C_{b2} \varepsilon_{b,crc}}\right) \times \left(\frac{b_2 h}{x_c} - (b_2 - b_1) \times \left(1 + \frac{1}{C_{b2} \varepsilon_{b,crc}}\right)\right) \right] \right\} / \left\{ \frac{D_{b2} \varepsilon_{b,crc}}{2} \left(\frac{b_2 h}{x_c} - \frac{b_2 - b_1}{3}\right) + \right. \\ \left. + \left(1 - \frac{D_{b2}}{C_{b2}}\right) \times \left[ \frac{b_2 - b_1}{2} + \left(1 - \frac{\text{Ln}(1 + C_{b2} \varepsilon_{b,crc})}{C_{b2} \varepsilon_{b,crc}}\right) \times \left(\frac{b_2 h}{x_c} - (b_2 - b_1) \times \left(1 + \frac{1}{C_{b2} \varepsilon_{b,crc}}\right)\right) \right] \right\}, \quad (11)$$

$$\omega_t = \frac{E_{b2}}{R_{bt} C_{bt2} \left(\frac{b_t h_{crc}}{x_t} + \frac{b_2 - b_t}{2}\right)} \left\{ \frac{D_{bt2} \varepsilon_{btu}}{2} \left(\frac{b_t h_{crc}}{x_t} + \frac{b_2 - b_t}{3}\right) + \left(1 - \frac{D_{bt2}}{C_{bt2}}\right) \times \right. \\ \left. \times \left[ \left(1 - \frac{\text{Ln}(1 + C_{bt2} \varepsilon_{btu})}{C_{bt2} \varepsilon_{btu}}\right) \times \left(\frac{b_t h_{crc}}{x_t} + (b_2 - b_t) \cdot \left(1 + \frac{1}{C_{bt2} \varepsilon_{btu}}\right)\right) - \frac{b_2 - b_t}{2} \right] \right\}, \quad (12)$$

$$\gamma_t = \left\{ \frac{D_{bt2} \varepsilon_{btu}}{3} \left(\frac{b_t h_{crc}}{x_t} + \frac{b_2 - b_t}{4}\right) + \left(1 - \frac{D_{bt2}}{C_{bt2}}\right) \times \left[ \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{C_{bt2} \varepsilon_{btu}} \left(1 - \frac{\text{Ln}(1 + C_{bt2} \varepsilon_{btu})}{C_{bt2} \varepsilon_{btu}}\right)\right) \times \right. \right. \\ \left. \left. \times \left(\frac{b_t h_{crc}}{x_t} + (b_2 - b_t) \cdot \left(1 + \frac{1}{C_{bt2} \varepsilon_{btu}}\right)\right) - \frac{b_2 - b_t}{3} \right] \right\} / \left\{ \frac{D_{bt2} \varepsilon_{btu}}{2} \left(\frac{b_t h_{crc}}{x_t} + \frac{b_2 - b_t}{3}\right) + \right. \\ \left. + \left(1 - \frac{D_{bt2}}{C_{bt2}}\right) \times \left[ \left(1 - \frac{\text{Ln}(1 + C_{bt2} \varepsilon_{btu})}{C_{bt2} \varepsilon_{btu}}\right) \times \left(\frac{b_t h_{crc}}{x_t} + (b_2 - b_t) \cdot \left(1 + \frac{1}{C_{bt2} \varepsilon_{btu}}\right)\right) \right] \right\}, \quad (13)$$

где  $\varepsilon_{b,crc}, \varepsilon_{btu}$  – относительные фибровые деформации, соответственно, в сжатой и растянутой зонах сечения изгибаемого железобетонного

элемента сразу после образования в нем первой трещины;  $h_{crc}$  – высота нетреснувшей части сече-

ния элемента, которая определяется с помощью выражения:

$$h_{crc} = x_c + x_t. \quad (14)$$

С учетом гипотезы плоских сечений для рассматриваемого железобетонного элемента записываются следующие условия деформаций:

$$\frac{\varepsilon_{btu}}{x_t} = \frac{\varepsilon_{b,crc}}{x_c}, \quad (15)$$

$$\frac{\varepsilon_{sc}}{\varepsilon_{bc}} = 1 - \frac{a_c}{x_c}, \quad (16)$$

$$\frac{\varepsilon_{s,crc}}{\varepsilon_{bu}} = \frac{h - a_t}{x_c} - 1, \quad (17)$$

где  $\varepsilon_{sc}$ ,  $\varepsilon_{s,crc}$  – относительные деформации сжатой и растянутой арматуры сразу после образования в нём первой трещины.

Величину фибрового напряжения бетона  $\sigma_{b,crc}$  получаем с использованием зависимости [11], описывающей диаграмму деформирования бетона при неоднородном сжатии:

$$\sigma_{bc} = \frac{E_{b2} \varepsilon_{b,crc} (1 + D_{b2} \varepsilon_{b,crc})}{1 + C_{b2} \varepsilon_{b,crc}}, \quad (18)$$

где  $E_{b2}$ ,  $D_{b2}$ ,  $C_{b2}$  – начальный модуль упругости и параметры нелинейности деформирования бетона при неоднородном сжатии [11].

Неизвестные напряжения в сжатой и растянутой арматуре  $\sigma_{sc}$ ,  $\sigma_{s,crc}$  находятся с помощью универсальной кусочной функции, представленной в работе [10] для описания диаграмм деформирования любых арматурных сталей. Здесь же обозначим искомые два выражения следующими функциональными зависимостями:

$$\sigma_{sc} = f_1(\varepsilon_{sc}), \quad (19)$$

$$\sigma_{st} = f_2(\varepsilon_{s,crc}). \quad (20)$$

Таким образом, получена замкнутая система разрешающих уравнений, в результате решения которой находятся все необходимые параметры НДС изгибаемого железобетонного элемента трапециевидного сечения сразу после образования в нём первой трещины, в том числе искомые величины относительных деформаций  $\varepsilon_{b,crc}$ ,  $\varepsilon_{s,crc}$ .

Теперь с помощью зависимости (4) может быть вычислено фактическое значение коэффициента  $\beta$ , обеспечивающего неразрывность графика “момент-кривизна” в точке, соответствующей моменту трещинообразования трапециевидного сечения изгибаемого железобетонного элемента. Далее этот коэффициент используется

для расчета кривизн от действующих в сечениях железобетонных элементов изгибающих моментов с помощью системы уравнений, практически совпадающей с рассмотренной выше второй задачей. В некоторых уравнениях производится только замена отдельных переменных: вместо  $M_{crc}$  подставляется задаваемая в расчете величина изгибающего момента  $M_i$ , а напряжения и относительные деформации в бетоне и арматуре рассчитываются в качестве текущих параметров ( $\sigma_{bc}$ ,  $\sigma_{st}$ ,  $\varepsilon_{bc}$ ,  $\varepsilon_{st}$ ). При этом расчетные значения кривизн должны определяться по зависимости (2) с учетом вычисления коэффициента  $\psi_s$  по формуле (3).

Для проведения качественной и количественной оценки результатов, получаемых в рамках предлагаемой методики расчета прогибов рассматриваемых элементов, был составлен соответствующий алгоритм и разработана программа «Balka\_1T» для персонального компьютера, с помощью которой проведены численные исследования.

В качестве исследуемого эталонного образца был принят изгибаемый железобетонный элемент с размерами поперечного сечения прямоугольной формы  $b \times h = 300 \times 450$  мм. Сравнимый железобетонный элемент трапециевидного сечения имеет такую же высоту ( $h = 450$  мм) и ширину верхней грани ( $b_2 = 300$  мм). При этом ширина нижней грани ( $b_1$ ) принята 150 мм. В таких образцах экономия бетона по сравнению с эталонным прямоугольным элементом составляет 25 %. В ходе численного эксперимента варьировали следующими исходными данными: классами бетона (В15, В30, В50, В70); процентным содержанием растянутой арматуры класса А400 (0,5 %, 1,0 %, 3,0 %, 5,0 %). В сжатой зоне для всех образцов принята арматура класса А240 с постоянной площадью (0,5 %). В расчетах использовались нормативные характеристики бетона и арматуры с учетом кратковременного нагружения железобетонных элементов статической нагрузкой. В итоге общий объем рассчитываемых образцов составил 32.

Выполненные расчеты подтвердили предположение о том, что коэффициент  $\beta$  не является константой не только для трапециевидных, но даже для прямоугольных сечений изгибаемых железобетонных элементов, и выявили влияние отдельных факторов на его величину:

- для всех исследуемых классов бетонов и процентов армирования выявлена однозначная тенденция по существенному уменьшению коэффициентов  $\beta$  для трапециевидных сечений по сравнению с прямоугольными;

- увеличение класса бетона от В15 до В70 при одном и том же армировании ( $\mu = 1$  %) при-

водит для прямоугольного сечения к росту коэффициента  $\beta$  от 0,583 до 0,824, а для трапециевидного сечения – от 0 до 0,447;

– повышение количества продольной арматуры в растянутой зоне элемента прямоугольного сечения с 0,5 % до 5 % для одного и того же класса бетона (В30) понижает значение коэффициента  $\beta$  от 0,897 до 0, а для трапециевидного сечения – от 0,677 до 0;

– для обеих рассматриваемых форм сечений изгибаемых железобетонных элементов коэффициенты  $\psi_s$ , учитывающие неравномерность распределения деформаций растянутой арматуры между трещинами, повышаются с увеличением действующих изгибающих моментов. Исключением являются переармированные сечения, для которых указанные коэффициенты равны 1,0 и, соответственно, остаются неизменными при деформировании вплоть до этапа разрушения;

– применительно к прямоугольным сечениям нижние пределы соответствующих диапазонов изменения коэффициентов  $\psi_s$  уменьшаются с ростом прочности бетонов при неизменном армировании. Так, для случая содержания растянутой арматуры 1 % значения коэффициентов  $\psi_s$  уменьшаются от 0,417 до 0,176. При этом верхние пределы рассматриваемых диапазонов очень близки между собой (0,978...0,984);

– аналогичная тенденция прослеживается для изгибаемых железобетонных элементов трапециевидного сечения. Только нижние пределы диапазонов изменения коэффициентов  $\psi_s$  уменьшаются с ростом прочности бетонов от 1,0 до 0,553, а их верхние пределы достигают своих максимально возможных значений (1,0).

В заключение уместно отметить, что поскольку предлагаемая методика построена без привлечения эмпирических зависимостей, то можно говорить о возможности её применения для определения коэффициентов  $\beta$  и  $\psi_s$  при любых формах сечений железобетонных элементов, для различных классов бетона и арматуры. В свою очередь это позволит расчетным путем найти уточненные параметры зависимости “момент – кривизна” и затем с помощью выражения (1) определить прогиб изгибаемого железобетонного элемента с учетом образования трещин в растянутой зоне бетона.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бондаренко В.М., Колчунов В.И. Расчетные модели силового сопротивления железобетона. М.: Изд-во АСВ, 2004. 472 с.
2. Залесов А.С., Мухамедиев Т.А., Чистяков Е.А. Расчет трещиностойкости железобе-

тонных конструкций по новым нормативным документам // Бетон и железобетон. 2002. № 5. С. 15–19.

3. Карпенко Н.И. Общие модели механики железобетона. М.: Стройиздат, 1996. 416 с.

4. Кодыш Э.Н., Никитин И.К., Трекин Н.Н. Расчет железобетонных конструкций из тяжёлого бетона по прочности, трещиностойкости и по деформациям. М.: Изд-во АСВ, 2011. 352 с.

5. Колмогоров А.Г., Плевков В.С. Расчёт железобетонных конструкций по российским и зарубежным нормам. М.: Изд-во АСВ, 2011. 496 с.

6. Митасов В.М., Адищев В.В. Основные положения энергетической теории сопротивления железобетона // Известия вузов. Строительство. 2010. № 6. С. 3–7.

7. Мурашев В.И. Трещиностойкость, жёсткость и прочность железобетона.- М.: Машстройиздат, 1950. 268 с.

8. Немировский Я.М. Исследование напряженного деформированного состояния железобетонных элементов с учетом работы растянутого бетона над трещинами и пересмотр на этой основе теории расчета деформаций и раскрытия трещин // В кн.: Прочность и жесткость железобетонных конструкций / Под ред. А.А. Гвоздева. М.: Стройиздат, 1968. С. 152–173.

9. Никулин А.И. Совершенствование методики расчета кривизн для участков изгибаемых железобетонных элементов с трещинами в растянутой зоне // Известия Орловского государственного технического университета. Серия: Строительство и транспорт. 2005. № 1–2. С. 37–42.

10. Никулин А.И. Универсальная зависимость для аналитического описания диаграмм растяжения арматурной стали // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2015. № 3. С. 157–162.

11. Никулин А.И. Энергетический подход к трансформированию эталонных диаграмм сжатия бетона // Бетон и железобетон. 2013. № 5. С. 12–14.

12. Никулин А.И., Обернихин Д.В., Рубанов В.Г., Свентиков А.А. Трещиностойкость изгибаемых железобетонных элементов трапециевидного сечения на основе применения нелинейной деформационной модели // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 2. С. 58–63.

13. Обернихин Д.В., Никулина Ю.А. Численные исследования прочности изгибаемых железобетонных элементов трапециевидного и прямоугольного сечений // Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения: материалы международных академических чтений. Курск: Изд-во Курск. гос. ун-та, 2015.

С. 175–183.

14. Смоляго Г.А., Корсунов Н.И., Крючков А.А., Луценко А.Н. Деформативность стержневых железобетонных изгибаемых элементов // Промышленное и гражданское строительство.

2007. № 8. С. 38–39.

15. Тамразян А.Г. Особенности расчета изгибаемых железобетонных элементов прямоугольного сечения согласно EC2 // Бетон и железобетон. 2012. № 1. С. 19–23.

---

**Nikulin A.I., Obernihin D.V.**

**THE DEFORMABILITY OF BENDING REINFORCED CONCRETE TRAPEZOIDAL ELEMENTS WITH CRACKS IN THE TENSION ZONE**

*Based on a modified version of the nonlinear deformation model of the power of reinforced concrete resistance a method for determining the deflection bent trapezoidal elements was developed. Analytical dependences, used to calculate the curvature of sections depending on acting on them bending moments, are shown. For the convenience of the practical application of the proposed method of calculation the algebraic expressions, ensuring the definition of integrated geometric characteristics diagrams of stresses in the compressed and stretched zones of the considered trapezoidal concrete, are given. Given that the special case of trapezoidal cross-section is a rectangle, the method of calculation may be used to determine the theoretical deflections of flexural reinforced concrete elements such as rectangular and trapezoidal form. For comparison the calculated values of the deflections of reinforced concrete elements an algorithm, implemented in the calculation program for PC, was compiled. With its help the numerical studies, some results of which are presented in the article, were performed.*

**Key words:** deflection of the beam, sectional curvature, crack resistance, deformation calculation model, the state diagram of concrete and reinforcement, bent element, a trapezoidal cross-section, the dependence of the moment-curvature, numerical experiment.

---

**Никulin Александр Иванович**, кандидат технических наук, доцент кафедры строительства и городского хозяйства.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: nikulin137@yandex.ru

**Обернихин Дмитрий Вячеславович**, аспирант кафедры строительства и городского хозяйства.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: obernikhindmitriy@gmail.com

Салямова К.Д., д-р техн. наук, в.н.с.,

Руми Д.Ф., канд. техн. наук, с.н.с.

Институт сейсмостойкости сооружений АН РУз, г. Ташкент, Узбекистан

## ТРАНСФОРМАЦИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ОСНОВАНИЯ СООРУЖЕНИЯ ПРИ НЕРАВНОМЕРНОМ УВЛАЖНЕНИИ ГРУНТА

Klara\_51@mail.ru

Решена краевая задача статической теории упругости о напряженно-деформированном состоянии (НДС) основания массивного сооружения. Расчетная модель системы представляется штампом на грунтовом основании. Последовательно решена задача влагопереноса и по полученному неравномерному полю увлажнения определяется НДС грунтового основания и просадка самого сооружения. Рассматриваются различные расположения источников увлажнения, включая подъем грунтовых вод, паводок и локальное увлажнение, вызванное повреждением систем водоснабжения.

**Ключевые слова:** основание, увлажнение грунта, просадочность, деформация, численные методы, метод конечных элементов.

**Введение.** Безопасность зданий и сооружений, находящихся в условиях повышенной сейсмичности региона [1–6], обычно связана с деформированием приконтактных слоев, вызванных просадкой в результате увлажнения лессового основания, занимающие большую территорию Узбекистана. В нормах проектирования сооружений в сейсмических районах [7–8] традиционно основное внимание уделяется оценке напряженно-деформированного состояния самого сооружения. При этом практически без внимания остаются проблемы деформации основания в результате равномерного или неравномерного увлажнения. Хотя именно посредством контакта с подстилающим основанием на сооружение передаются сейсмические нагрузки и именно деформация основания в результате неравномерного увлажнения инициирует его неравномерную осадку и разрушение самого сооружения.

Лессовые грунты, реагируют на климатические факторы: увлажнение, засуху, повышение уровня подземных вод, накопление дополнительной влаги под сооружением при повреждении системы водоснабжения и пр. Указанные факторы приводят к подъему или просадке расположенных на них фундаментов, влияя на прочность основания и устойчивость сооружения.

Поэтому учет увлажнения грунта основания, изменяющего физико-механические характеристики приконтактного слоя в системе «со-

оружение – грунт» представляется актуальным особенно для подпорных сооружений. Решению задачи о трансформации НДС грунта под фундаментом сооружения при различном характере увлажнения посвящена предлагаемая работа.

Для решения задач о распространении влаги и влиянии увлажнения грунта на просадку фундамента выбран численный метод конечных элементов [9]. Разработаны программы, реализующие метод Ньюмарка [10] для решения системы дифференциальных уравнений в задачах о влагопереносе и метод Гаусса для решения системы алгебраических уравнений в задаче о напряженно-деформированном состоянии неравномерно увлажненного основания под сооружением. В дальнейшем разработанная методика будет использована при расчете динамического поведения конкретных плотин, находящихся на постоянно увлажняющемся грунте [11].

**Постановка задачи.** Для решения поставленной задачи выбрана плоская модель системы «основание – сооружение» (рис.1), при этом сооружение представлено жестким штампом, а подстилающее основание предполагается неравномерно увлажненным. Плотность грунта в той или иной области основания меняется в зависимости от степени увлажнения, выражаемой коэффициентом  $w$  ( $0 < w < 0,38$ )

$$\rho = 0,00176 + 0,001w \quad (1)$$

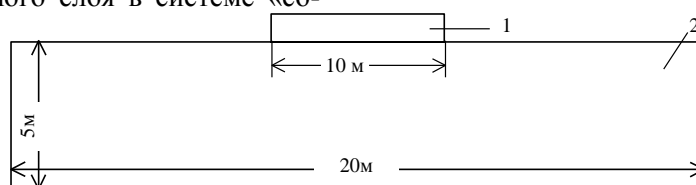


Рис.1. Плоская модель системы «основание – сооружение»:

1 – жесткий штамп; 2 – грунтовое основание

Увлажнение грунта приводит к трансформации напряженно-деформированного состоя-

ния основания, вызывая с течением времени деформацию фундамента и разрушение сооружения.

Для исследования процесса трансформации НДС основания необходимо, в первую очередь, исследовать процесс распространения влаги. И уже затем, по полученному полю увлажнения определить напряженно-деформированное состояние основания с находящимся на нем сооружением.

Значительное различие в скоростях распространения влаги в грунте (1÷2 м/сутки) и скорости распространения поверхностных волн в лесовом грунте (~100м/сек) позволяют рассматривать эти два процесса раздельно, т.е. сначала определить поле распределения влаги в грунте (задача фильтрации) и затем исследовать НДС увлажненного грунтового массива (задача упругости) в любой (от начала увлажнения) момент времени. Обе задачи решаются методом конечных элементов (МКЭ) [9,10]. При этом в задаче упругости с каждой точкой пространства связано 2 неизвестных узловых перемещения, в задаче фильтрации участвует только одна неизвестная скалярная величина ( $w$ ), определяющая степень увлажненности точки среды.

Процесс фильтрации влаги сквозь грунтовую среду описывается квазигармоническим уравнением [9]

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( k_x \frac{\partial w}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( k_y \frac{\partial w}{\partial y} \right) - \mu \frac{\partial w}{\partial t} = 0 \quad (2)$$

где  $w(t, x, y)$  – подлежащая определению функция увлажнения;  $k_x, k_y$  – заданные коэффициенты фильтрации: изотропного ( $k_x=k_y$ ) или анизо-

тропного ( $k_x \neq k_y$ ) грунтового массива. В наших расчетах коэффициенты фильтрации по осям приняты равными –  $k_x=k_y=2$  м/сутки.

Граничные условия на поверхности  $S_0$ , где происходит постоянное замачивание, задаются максимальным значением функции увлажненности  $w$ :

$$w_{S_0} = w_{\max} = 0.38 \quad (3)$$

Остальные части границы области предполагаются проницаемыми, т.е. влага распространяется не только внутри, но и за пределами выбранной области основания.

Уравнение (1) вместе с граничными (2) и начальными  $w_0 = w_{t=0}$  условиями однозначно определяет решение задачи на определенном интервале времени.

Конечно-элементная дискретизация рассматриваемой задачи получается в результате разбиения рассматриваемой области на конечные элементы треугольной формы с линейной аппроксимацией функции увлажнения внутри элемента

$$w = (a + bx + cy) / 2s \quad (4)$$

и тогда нестационарная задача о распределении влаги по всей области при максимальном увлажнении части поверхности приводится к системе дифференциальных уравнений

$$[C] \frac{\partial}{\partial t} \{w\} + [H] \{w\} = 0 \quad (5)$$

где  $[H]$  – матрица проводимости – результат объединения элементарных матриц  $[h]^e$  вида [11–14]:

$$[h]^e = \frac{k_x}{4s} \begin{bmatrix} b_i b_i & b_i b_j & b_i b_m \\ & b_j b_j & b_j b_m \\ & & b_m b_m \end{bmatrix} + \frac{k_y}{4s} \begin{bmatrix} c_i c_i & c_i c_j & c_i c_m \\ & c_j c_j & c_j c_m \\ & & c_m c_m \end{bmatrix}, \quad (6)$$

а матрица  $[C]$  – объединение матриц  $[c]^e$ :

$$[c]^e = \frac{\mu s}{12} \begin{bmatrix} 2 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 2 \end{bmatrix} \quad (7)$$

Решение системы (5) осуществляется пошаговым методом Ньюмарка [10] и представляет поле увлажнения области в зависимости от времени.

Определив увлажнение в каждом элементе рассматриваемой области под фундаментом, далее решается задача упругости для грунтового

основания с учетом измененной плотности увлажненного грунта (1).

*Постановка и решение задачи о напряженно-деформированном состоянии основания под фундаментом жесткого сооружения.*

При решении плоской задачи о напряженно-деформированном состоянии при различном характере увлажнения основания учитывается собственный вес элементов системы. Поставленная статическая задача решается методом конечных элементов, в основе которого – вариационный принцип возможных перемещений:

$$\delta A = - \int_V \sigma_{ij} \delta \epsilon_{ij} dV + \int_S \sigma_{ij} \nu_j \delta u_i dS + \int_V \rho g \delta v dV = 0 \tag{8}$$

Здесь каждое из слагаемых представляет работу: сил упругости (первый интеграл), внешних поверхностных сил на горизонтальных перемещениях  $\delta u_i$  (второй); массовых сил ( $\rho g$ ) на вертикальных перемещениях  $\delta v$  (третий);  $\nu$  - вектор нормали к участку поверхности.

Граничные условия на боковых гранях основания (скользящая заделка) выражают равенство нулю работ сил, перпендикулярных поверхности -

$$\sigma_{ij} \nu_j \delta u_i = 0 \tag{9}$$

Горизонтальные участки границы по условию задачи - свободны от нагрузки:

$$\sigma_{ij} \nu_j = 0 \tag{10}$$

С учетом (9) и (10) второй интеграл в (8) получается нулевым.

В ходе конечно-элементной процедуры получаем алгебраическую систему уравнений

$$[K]\{q\}=\{R\}, \tag{11}$$

где  $\{q\}$  – искомые перемещения узловых точек,  $[K]$  – общая матрица жесткости, учитывающая неоднородность физико-механических параметров массива, приобретенную при неоднородном увлажнении области;  $\{R\}$  – вектор узловой нагрузки от собственного веса.

Алгебраическая система (11) решается методом Гаусса.

На рис.2 представлены линии вертикальных перемещений и вертикальных напряжений в изотропном приконтактном слое под массивным сооружением. Здесь основание не увлажнено, плотность при сухом грунте ( $w=0$ )  $\rho=0,00176$ . Размеры приконтактной зоны приняты  $L=20$ м;  $h=5$ м. Сооружение представлено нагрузкой, интенсивность которой составляет  $\gamma=0,02$  МН/м. Значения полученных параметров указаны на соответствующих изолиниях.

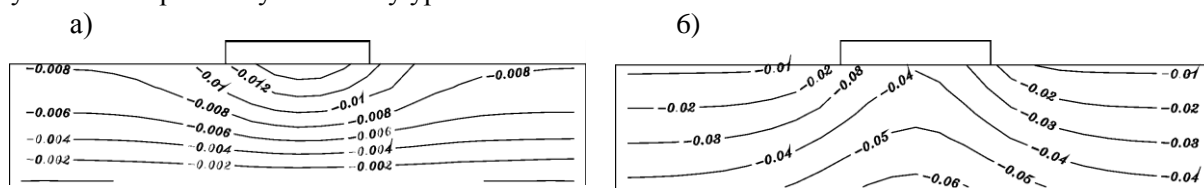


Рис. 2. Изолинии вертикальных перемещений, [м] – (а) и напряжений, [МПа] – (б) в изотропном неувлажненном основании

Эти результаты являются исходными для сравнения с результатами последующих расчетов, выполненных при увлажненном основании.

Изолинии значительно искривлены, особенно, в приконтактной области в непосредственной близости к фундаменту сооружения. На удалении от фундамента их кривизна уменьшается. Наибольшие вертикальные напряжения в нижней центральной части области равны  $\sigma_y = 0,07$  МПа и соответствуют напряжениям, определенным по формуле механике грунтов:

$$\sigma_y = \rho g H + \gamma = 0,00176 \times 9,8 + 0,02 \approx 0,07 \text{ МПа},$$

что свидетельствует о достоверности получаемых результатов [14–15].

Следующие результаты получены уже с учетом неравномерного увлажнения основания, меняющего характер деформированного состояния области под штампом.

*Исследование деформированного состояния увлажненных оснований под жестким фунда-*

*ментом здания.*

Решение поставленной задачи осуществляется поэтапно. Сначала определяются увлажненность основания по вышеуказанному алгоритму. Результаты решения задачи о влагопереносе подтверждены сравнением решения тестовой задачи. Затем по полученной увлажненности  $w$  определяется плотность грунта (1) и формируется система алгебраических уравнений (11) для решения статической задачи о напряженно-деформированном состоянии системы.

Было рассмотрено несколько вариантов увлажнения: 1 – увлажнение центральной части фундамента, 2 – локальное увлажнение левой части фундамента; 3 – увлажнение поверхности основания (паводок); 4 – увлажнение нижней части основания (подъем грунтовых вод). Варианты расчетов построчно представлены на рис.3, где в левом столбце дано распределение увлажненности, в правом – вертикальные смещения, [м].



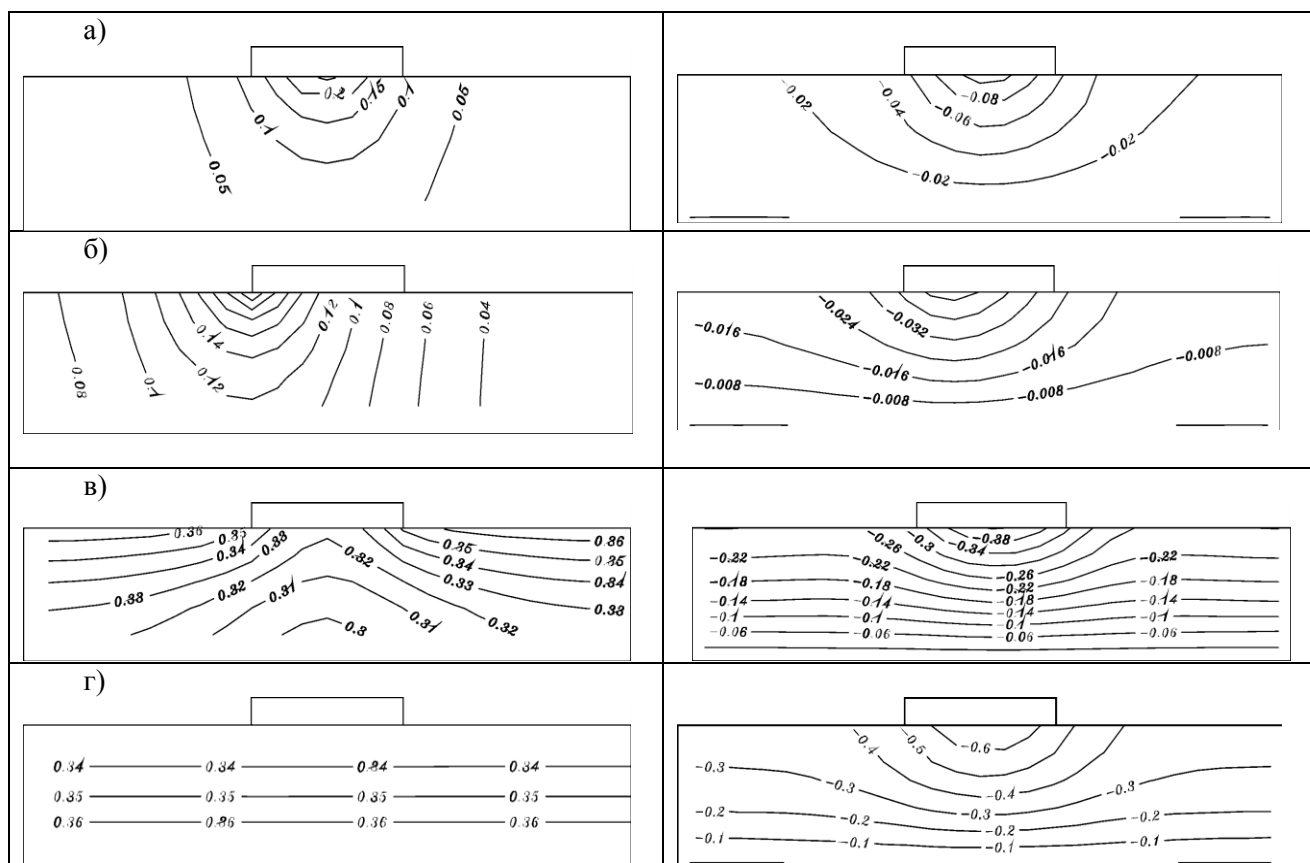


Рис. 3. Изолинии увлажнения (слева) и вертикальных перемещений (справа) в основании: а – источник в центре фундамента; б – в левом конце фундамента; в – при паводке; г – при подъеме грунтовых вод

Сравнивая полученные результаты (рис. 3) с решением при неувлажненном грунте (рис. 2), можно увидеть значительное увеличение смещений увлажненного основания непосредственно под сооружением (до 0,1м рис. 3 а). Указанные изменения касаются только той части основания, которая расположена под фундаментом, остальная часть основания остается практически без изменения. Это объясняется локальным увлажнением только центральной части грунтового массива.

При несимметричном относительно фундамента увлажнении основания (рис. 3 б) увлажняемая левая часть смещается на глубину 0,05м. Таким образом, несимметричное относительно фундамента увлажнение приводит к наклону сооружения.

В случае паводка (рис. 3 в), когда увлажня-

ется вся свободная поверхность, возможна значительная осадка сооружения.

При продолжительном подъеме грунтовых вод (рис. 3 г) увлажнение равномерно распределяется по основанию и значительно – до 0,6 м – увеличивается осадка сооружения (рис. 3 г).

Таким образом, при постоянной массе сооружения величина его просадки зависит от характера увлажненности грунтового основания.

Увлажненность основания связана с продолжительностью замачивания. Приведенные выше результаты были получены через сутки после начала увлажнения, на рис. 4 приведены результаты распределения поля увлажненности (а) и просадки основания (б) через 30 дней увлажнения с центрально расположенным под фундаментом источником.

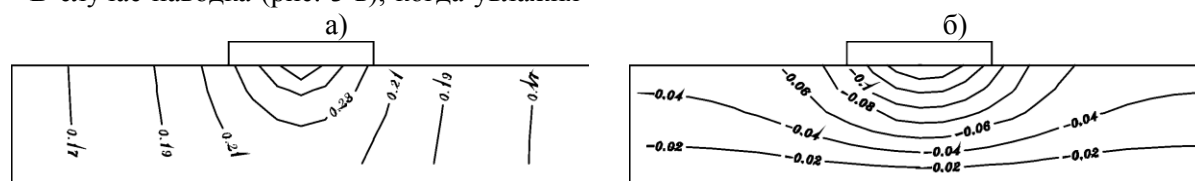


Рис. 4. Изолинии увлажнения (а) и вертикальных перемещений (б) основания при 30-дневном увлажнении центральной части фундамента

Анализ результатов показывает, что продолжительное увлажнение основания увеличи-

вает просадку фундамента. На это указывают линии с одинаковым индексом в правой колонке

рис. 3. Например, изолиния с индексом 0.1, означающая область основания с вертикальным смещением 10 см на рис. 3 а (справа), при увлажнении продолжительностью 1 день, находится непосредственно в центре под фундаментом. С течением времени эта изолиния, расширяясь, достигает границ фундамента.

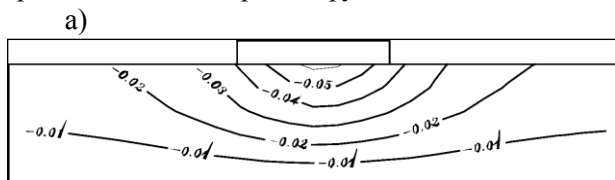


Рис. 5. Изолинии вертикальных перемещений (а) и напряжений (б) в приконтактной области при увлажнении центральной части фундамента. Масса сооружения –  $M=0,25M_0$

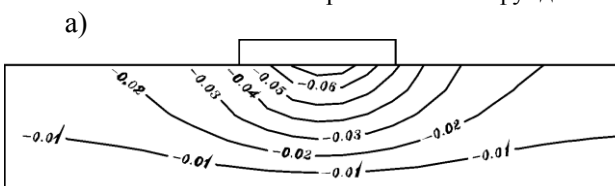


Рис. 6. Изолинии вертикальных перемещений (а) и напряжений (б) в приконтактной области при увлажнении центральной части фундамента. Масса сооружения –  $M=0,5M_0$

Вертикальные напряжения в основании под сооружением определяются с глубиной  $h$  по формуле:

$$\sigma_y = \rho gh + \gamma, \quad (12)$$

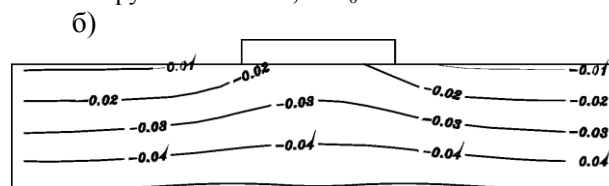
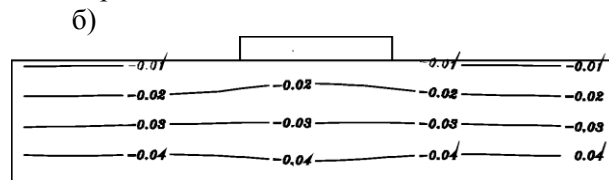
где  $\rho$  – плотность грунта;  $\gamma$  – интенсивность распределенной нагрузки от сооружения.

Характер распределения напряжений зависит от соотношения слагаемых в формуле (12). При малом значении  $\gamma$ , характер расчетных напряжений определяется изменением плотности грунта при увлажнении. Такой случай представлен на рис. 4 б, где величина вертикальных напряжений линейно увеличивается почти сразу под сооружением. С увеличением массы сооружения (рис. 5 б) линейное изменение напряжений наблюдается только на большей глубине, вблизи же основания характер напряжений нелинейный, а это значит, что происходит неравномерное проседание сооружения. Таким образом, толщина приконтактной зоны зависит от увлажненности основания и массы находящегося на ней сооружения. И тот и другой фактор увеличивают толщину приконтактной зоны.

Таким образом, полученные результаты демонстрируют картину напряженно-деформированного состояния, формирующуюся в течение времени в грунтовом массиве, находящемся под действием гравитационных сил и увлажнения. При этом расположение источника увлажнения относительно фундамента наземного сооружения может быть выбрано произвольно.

На основании исследований напряженно-

Изменение деформированного состояния связано также и с массой сооружения. На следующих рисунках показаны изолинии вертикальных напряжений в зависимости от массы сооружения:  $M=0,25M_0$  (рис. 5) и  $M=0,5M_0$  (рис.6), где  $M_0$  – масса сооружения в предыдущих расчетах.



деформированного состояния приконтактной зоны системы «основание – сооружение» при статическом нагружении с учетом неравномерного увлажнения грунтового массива можно сделать следующие **ВЫВОДЫ**:

1. Разработана методика и решены задачи о распространении влаги от локального и распределенного по поверхности источника увлажнения в грунтовом основании и определено напряженно – деформированное состояние оснований при различном характере увлажнения.

2. При определении толщины приконтактной области используется критерий, учитывающий характер распределения изолиний вертикальных напряжений в основании под сооружением, полученных при решении статических и квазистатических задач о НДС и увлажнении грунтового массива. Согласно предлагаемому критерию, толщина приконтактной зоны с нелинейным характером изолиний перемещений зависит от времени увлажнения и массы находящегося на ней сооружения. И тот и другой фактор увеличивает толщину приконтактной зоны.

3. Разработанный подход к анализу напряженно-деформированного состояния системы «сооружение – основание» может быть использован для анализа и прогнозирования надежности и устойчивости массивных наземных сооружений и подстилающего грунта при увлажнении, вызванным паводком, подъемом грунтовых вод или повреждением дренажной системы и системы водоснабжения.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Саямова К.Д. Основные аспекты по без-

опасной и надежной эксплуатации гидротехнических сооружений в сейсмических районах Республики // Узбекский журнал «Проблемы механики». 2015. № 1. С.84–86.

2. 14 th word conference on earthquake engineering: мат-лы XIV Всемирной конф. по сейсмостойкому строительству, касающихся описания повреждений и разрушений плотин в различных регионах мира. Пекин, 2008.

3. Rashidov T.R., Kondratiev V.A., Akmedov M.A., Turhin A.I., Strategy of reduction of seismic risk for hydro-technical structures // Proceeding of the international conference on performance-based design in earthquake geotechnical engineering. Tokyo. 2009. h.975-981.

4. Саямова К.Д., Руми Д.Ф. Влияние трещиноватого участка грунта основания на деформацию грунтовой плотины // Анализ, прогноз и управление природными рисками в современном мире: мат-лы 9-ой Междунар. научно-практ. конф. «Геориск-2015». 2015. Т.1. С.359-363.

5. Саямова К.Д., Руми Д.Ф. Динамика грунтовых плотин: монография. LAMBERT Academic publication GmbH & Co. KG, Germany. 2015. 150 p.

6. Ахмедов М.А., Саямова К.Д. Анализ и оценка повреждений гидротехнических сооружений: монография. Ташкент: Фан ва Таракиети. 2016. 156 с.

7. ШНК 2.06.11-04 Строительство в сейсмических районах. Гидротехнические соору-

жения // Госсархитекстрой республики Узбекистан. 2004. 50с.

8. СНиП Плотины из грунтовых материалов. (СНиП 2.06.05-84\*) Госстрой СССР. М. 1991. 64с.

9. Зенкевич О.К. Метод конечных элементов в технике. М.: Мир, 1975. 542с.

10. Образцов И.Ф., Савельев Л.М., Хазанов Х.С. Метод конечных элементов в задачах строительной механики летательных аппаратов. М.: Высшая школа, 1985. 392с.

11. Хусанов Б.Э. Релаксационные модели сдвигового деформирования структурно-неустойчивой грунтовой среды // Узбекский журнал «Проблемы механики». 2002. № 6. С.13–18.

12. Султанов К.С., Хусанов Б.Э. Уравнения состояния просадочных грунтов с учетом увлаженности // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2001. №3. С. 7–11.

13. Тер-Мартirosян З.Г., Ядгаров З.Х., Мирзаев А.Г. Прогноз оседания поверхности массива лессового грунта при увлажнении методом влагуупругости // В кн.: Однофазное и многофазное течение жидких сред. Ташкент. 1982. С.28-33.

14. Далматов Б.И. Механика грунтов, основания и фундаменты. М.: Стройиздат. 1991. 119 с.

15. Вабищев П.Н., Данияров А.О., Пулатов А.А. Численное моделирование увлажнения грунта // Математическое моделирование. 1991. Т.3. С.3–9.

**Salyamova K.D., Rumi D.F.**

### **TRANSFORMATION OF STRESS-STRAIN STATE OF STRUCTURE FOUNDATION UNDER NON-UNIFORM MOISTURING OF SOIL**

*A boundary problem of static theory of elasticity on stress-strain state (SSS) of a massive structure foundation is solved. Design model of the system is presented as a stamp on earth basement. The problem of moisture transfer is successively solved, and on the basis of obtained non-uniform field of moistening, the SSS of earth basement and the settlement of the structure itself are determined. Various locations of the moisture sources, including the rise of groundwater, flooding and local wetting caused by the damage of water supply systems are considered.*

**Key words:** *foundations, soil moisture content, settlement, strain, numeric methods, Finite Element Method.*

**Саямова Клара Джаббаровна**, доктор технических наук, ведущий научный сотрудник.

Институт сейсмостойкости сооружений АН РУз.

Адрес: Узбекистан, Ташкент 100125 ул. Дурмон йули 31 институт сейсмостойкости сооружений.

E-mail: Klara\_51@mail.ru

**Руми Динара Фуадовна**, кандидат технических наук, старший научный сотрудник.

Институт сейсмостойкости сооружений АН РУз.

Адрес: Узбекистан, Ташкент 100125 ул. Дурмон йули 31 институт сейсмостойкости сооружений.

Сулейманова Л.А., д-р техн. наук, проф.,  
Погорелова И.А., канд. техн. наук, доц.,  
Сулейманов К.А., студент

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ТОПОЛОГИЯ ПОР В ГАЗОБЕТОНЕ

ludmilasuleimanova@yandex.ru

С позиции структурной топологии распределения полидисперсной пористости ячеистого бетона установлено, что топологическое соответствие выполняется при определенных равновесных радиусах пор. Взаимное отталкивание крупных пор в цементной системе приводит к однородному их распределению, а большая подвижность мелких пор – к вытеснению их в межузловые элементы Плато. А при высокой концентрации крупных пор в высокопористых системах с полидисперсной пористостью – в межпоровые перегородки газобетона.

**Ключевые слова:** топология, пора, пористость, ячеистый бетон, газобетон, распределение, упаковка

С позиции структурной топологии распределения полидисперсной пористости ячеистого бетона установлено, что топологическое соответствие выполняется при определенных равновесных радиусах пор. Взаимное отталкивание крупных пор в цементной системе приводит к однородному их распределению, а большая подвижность мелких пор – к вытеснению их в межузловые элементы Плато. А при высокой концентрации крупных пор в высокопористых системах с полидисперсной пористостью – в межпоровые перегородки газобетона [1–11].

Естественное распределение частиц вяжущего с газовыми порами происходит в результате снижения внутренней энергии и самоорганизации системы газобетонной смеси [6].

Рассмотрены две объемные фазы: жидкая (Ж) и газообразная (Г), разделенные сферической поверхностью, находящиеся в состоянии равновесия при  $T = \text{const}$ , например, пузырек газа (Г) в жидкой среде (Ж) или капля жидкости (Ж) в фазе пара (Г).

В состоянии равновесия возможны вариации изменения поверхности  $dS$  и объема  $dV$  поры без переноса вещества из одной фазы в другую, т.е. мольный состав фаз не меняется,  $dn_i = 0$ . Пусть объем воздушной поры  $V$  увеличится на  $dV$ , а поверхность ее оболочки  $S$  – на  $dS$ . В этих условиях общее выражение для изменения свободной энергии Гельмгольца во всей системе имеет вид [12]:

$$dF = -P_{\text{ж}} \cdot dV_{\text{ж}} - P_{\text{г}} \cdot dV_{\text{г}} + \sigma \cdot dS \quad (1)$$

При постоянстве общего объема системы, всех  $n_i$  и  $T$ ,  $dF = 0$ , при этом из уравнения (1) с учетом, что  $dV_{\text{ж}} = -dV_{\text{г}}$ , находим

$$P_{\text{ж}} - P_{\text{г}} = \sigma \cdot d \cdot S / dV_{\text{ж}} \quad (2)$$

Таким образом:  $P_{\text{ж}} > P_{\text{г}}$ .

Учитывая, что  $V_{\text{ж}} = 4/3(\pi R^3)$  и  $S = 4\pi R^2$ , где  $R$  – радиус кривизны поверхности натяжения поры, получим:

$$dS/dV_{\text{ж}} = 2/R \quad (3)$$

Так как  $R = r/\cos\theta$ , где  $r$  – радиус поры,  $\theta = 0^\circ$  – краевой угол кривизны поверхности натяжения поры, то  $R = r$ .

Подстановка соотношений (2) и (3) в выражение (1) дает уравнение Лапласа – Юнга [13]:

$$P_{\text{ж}} - P_{\text{г}} = 2 \cdot \sigma / r. \quad (4)$$

Уравнение (4) показывает, что разность давлений в объемных фазах пор возрастает с увеличением  $\sigma$  и с уменьшением  $r$ .

Независимо от агрегатного состояния фаз, состояние равновесия давления с вогнутой стороны поверхности всегда больше, чем с выпуклой стороны [12].

Рассмотрено, как изменяется давление насыщенного пара в газовой поре, находящейся в жидкой фазе, либо ее давление над малой каплей в газовой фазе. Поскольку давление в объемных фазах при искривленной поверхности изменяется, то следует ожидать также изменение химического потенциала  $\mu$  и, следовательно, давления насыщенного пара  $p$ , так как  $d\mu/dp \neq 0$ .

В процессе образования кривизны поверхности поры в однокомпонентной ( $i = 1$ ) двухфазной (Ж, Г) системе при  $T$ ,  $S$  и  $n_i = \text{const}$ :

$$d\mu_i = v_i \cdot dp = v_i \cdot d(2 \cdot \sigma / r) \quad (5)$$

Примем молекулярную массу парогазовой смеси  $v_i$  в первом приближении постоянной. Так, для воды при  $r = 10^{-7}$  м и  $\sigma = 73 \cdot 10^{-3}$  Н/м ( $73$  эрг/см<sup>2</sup>) по уравнению (3) находим:  $p = 1,5$  МПа ( $\approx 15$  атм.).

Эта величина мала по сравнению с внутренним давлением воды ( $\approx 10^3$  МПа).

В этом случае при интегрировании от плоской поверхности ( $r = \infty$ ) до искривленной ( $r$ ) можно вынести  $v_i$  за знак интеграла

$$\int_{\mu_i^0}^{\mu_i^r} d\mu_i = v_i \cdot \int_{r=\infty}^r d(2 \cdot \sigma / r),$$

отсюда

$$\mu_i^r - \mu_i^0 = 2 \cdot v_i \cdot \sigma / r \quad (6)$$

где  $\mu^0$  – значение  $\mu$  вещества у плоской поверхности.

Из выражения (6) следует, что  $\mu$  в поре выше, чем у плоской поверхности, но в состоянии равновесия  $\mu_{ж} = \mu_{п}$ . Тогда, относя в уравнении (6) левую часть к пару, а правую – к жидкости, можно записать для идеальной системы:

$$\mu_i^{r_{жс}} = \mu_i^{r_{п}} = \mu_i(T) + R \cdot T \cdot \ln P^r;$$

$$\mu_i^0 = \mu_i(T) + R \cdot T \cdot \ln P^0.$$

Подстановка  $\mu_i^r$  и  $\mu_i^0$  в выражение (6) дает искомое соотношение:

$$R \cdot T \cdot \ln (P^r / P^0) = 2v_i \cdot \sigma / r. \quad (7)$$

Над вогнутым мениском жидкости  $P^r < P^0$  в этом случае радиус кривизны меняет знак и для сферического мениска получается аналогичное выражение:

$$R \cdot T \cdot \ln (P^0 / P^r) = 2v_i \cdot \sigma / r \quad (8)$$

Уравнение (7), называемое уравнением Томсона, показывает, что давление насыщенного пара над каплей (или внутри парогазовой поры) будет тем больше, чем больше  $\sigma$  и чем меньше радиус капли (поры)  $r$ . Например, для капли воды с радиусом  $r = 10^{-6}$  см ( $\sigma = 73$ ,  $v_i = 18$ ) расчет дает величину  $P^0 / P^r = 1,11$ . Это следствие, вытекающее из уравнения Томсона – Кельвина.

Увеличение однородности, уменьшение дисперсности и установление классов равновесных размеров пор определяется масштабным (размерным) фактором [14].

Уравнение состояния равновесия системы с учетом внешнего давления будет иметь вид

$$P + \rho \cdot g \cdot h + 2 \cdot \sigma / r = p_{п} + p_{вг} + \frac{4}{3} \pi \rho g \frac{r^3}{s}, \quad (9)$$

где  $P$  – давление воздуха на свободную поверхность цементной суспензии, кгс/м<sup>2</sup>;  $\rho$  – плотность суспензии,  $\rho \geq 1$  кгс·с<sup>2</sup>/м<sup>4</sup>;  $g$  – ускорение свободного падения тел,  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>;  $h$  – глубина погружения поры, м;  $\sigma$  – поверхностное натяжение раствора, для воды  $\sigma = 0,073$  Н/м при  $T = 293$  К;  $p_{п}$  – парциальное

давление насыщенного водяного пара внутри поры,  $p_{п} = 2,34$  кПа,  $T = 293$  К;  $p_{в}$  – парциальное давление газа или воздуха внутри поры.

Пренебрегая давлением воздуха внутри поры и полагая, что  $h = 0$  (сила  $F = \rho \cdot g \cdot h \cdot s$  меньше или равна выталкивающей силе Архимеда  $F = \frac{4}{3} \pi \rho g r^3$ ), из выражения (9) получим:

$$P + 2 \cdot \sigma / r = p_{п} \quad (10)$$

Выражение (10) позволяет определить радиус поры в зависимости от внешнего давления

$$r = 2 \cdot \sigma / (p_{п} - P) \quad (11)$$

Так как  $p_{п} < P$ , то формула (11) дает отрицательное значение  $r$ , не имеющее физического смысла, но тем самым показывающее необходимость существования начальных центров зарождения, например, гелевых или контракционных пор, из которых начинается рост пор в жидкой фазе.

С учетом давления газа или воздуха в поре из уравнения (9) получим:

$$r = 2 \cdot \sigma / (p_{п} + p_{вг} - P) \quad (12)$$

При этом возникает задача определения начального значения  $p_{в0}$  (при  $P = p_{в0} = = 760$  мм рт. ст. = 101,3 кПа [13] и определения зависимости  $p_{вг}$  ( $P$ ) или  $p_{вг}$  ( $r$ ). Один из возможных вариантов решения этой задач является использование закона Бойля – Мариотта:  $p_{в0} V_{в0} = p_{в} V_{в}$ , где  $p_{в0} = p_0$  – начальные условия,  $V_{в0}$ ,  $V_{в}$  – объем поры в начальный момент (при нормальных условиях  $P = p_0$ ) и при изменении  $P$  соответственно.

Тогда, поскольку  $V_{в} \approx r^3$ , получим  $p_{в} = = p_{в0} r_0^3 / r^3$ .

Выражение (12) имеет следующий вид:

$$r = 2 \cdot \sigma / (p_{п} + p_{в0} \cdot r_0^3 / r^3 - P) \quad (13)$$

После подстановки в это выражение  $\alpha = r / r_0$  – относительный радиус поры и его преобразования, получим

$$(P - p_{п}) \cdot \alpha^3 - p_{п} / \alpha^2 - p_0 = 0.$$

Дальнейшие преобразования этого выражения путем деления на  $p_0$ , вводимых обозначений  $\beta = p_{п} / p_0$ ,  $\gamma = P / p_0$  и анализ получаемого уравнения

$$(\beta - \gamma) \cdot \alpha^3 + \gamma \cdot \alpha^2 - 1 = 0$$

могут понадобиться для случая изменения внешнего давления, например, путем вакуумирования ячеистой смеси. Результат этого анализа приводит к тому, что для водяного пара при температуре 20°C в этом случае  $r = (6,58 \dots 11) \cdot r_0$  – соответственно при равенстве

внешнего давления (разрежения) давлению насыщенного пара в поре и при предельном (критическом) ее радиусе.

Учитывая, что для относительно крупных пор в начальный период ( $T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) их образования  $p_{\text{вг}} \approx P$ , из выражения (12) получим:

$$r_0 \leq 2 \cdot \sigma / p_{\text{п}} \quad (14)$$

Из выражения (14) с принятым допущением при  $\sigma = 0,073\text{ Н/м}$  (для воды при температуре  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) и  $p_{\text{п}} = 2,34\text{ кПа}$  (для водяного пара при температуре  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), получим:

$$r_{02} = (2 \cdot 0,073\text{ Н/м}) / 2,34 \cdot 10^3\text{ Н/м}^2 = \\ = 0,0624 \cdot 10^{-3}\text{ м} = 6 \cdot 10^{-5}\text{ м}.$$

По порядку величины ( $r_{02} = 0,06\text{ мм}$ ) это соответствует реально наблюдаемым размерам мелких по величине пор в ячеистых бетонах.

Согласно одному из положений структурной топологии о размерном (масштабном) факторе устойчивости образований [14], размер крупного и среднего класса пор получим из закономерности распределения пустот в случайной плотной  $\eta_1 \leq 0,65$  и в регулярной  $\eta_1 = 0,7405$  их упаковки соответственно:

$$d_n / d_1 = 1 / \left( \frac{2,549}{10\eta_1} \right)^{m(n-1)/3}, \quad (15)$$

где  $\eta_1 \leq 0,65$  – теоретическая плотность упаковки сферических пор.

Так для каждого класса  $m = 3; 6; 9; 12$  систем распределения полный набор размеров наибольших пор ( $n = 2$ ) в упаковках будет равен:

$$r_1 = 3,92 \cdot \eta_1 \cdot r_{02} = 3,92(0,65 \dots 0,74)0,06\text{ мм} = \\ = 0,15 \dots 0,17\text{ мм} \quad (16)$$

$$r_1 = 15,39 \cdot \eta_1^2 \cdot r_{02} = 15,39(0,65 \dots 0,74)^2 \cdot 0,06\text{ мм} = \\ = 0,38 \dots 0,50\text{ мм} \quad (17)$$

$$r_1 = 60,38 \cdot \eta_1^3 \cdot r_{02} = 60,38(0,65 \dots 0,74)^3 \cdot 0,06\text{ мм} = \\ = 0,95 \dots 1,5\text{ мм} \quad (18)$$

В реальных условиях наблюдаемый радиус крупных пор в ячеистых бетонах составляет  $0,5 \dots 1,5\text{ мм}$ , что хорошо согласуется с расчетом. Тогда как размер мелких пор по условию (18), принимая для дисперсных (дискретных) систем  $\eta_1 \leq 0,64$ , будет равен;

$$r_3 = r_{02} / 60,38 (0,64 \dots 0,74)^3 = 0,06\text{ мм} / 60,38 \\ (0,64 \dots 0,74)^3 = 0,004 \dots 0,0025\text{ мм} (4 \dots 3\text{ мкм}).$$

$$r_4 = r_3 / 60,38 (0,64 \dots 0,74)^3 = (0,004 \dots 0,0025) / \\ 60,38 (0,64 \dots 0,74)^3 = 0,25 \dots 0,1\text{ мкм}.$$

Этими размерами характеризуется ячеистый бетон.

Для стандартной плотности рыхлой случайной упаковки сферических тел ( $\eta_1 = 0,60$ ) получим:

$$r_1 = 60,38 \cdot \eta_1^3 \cdot d_2 = 60,38 \cdot 0,60^3 \cdot 0,06\text{ мм} = 0,65\text{ мм}.$$

$$r_3 = r_{02} / 60,38 \cdot 0,60^3 = 0,06\text{ мм} / 60,38 \cdot 0,60^3 = \\ = 0,0046\text{ мм} (4,6\text{ мкм}).$$

$$r_4 = r_3 / (60,38 \cdot 0,60^3) = 0,0046 / 60,38 \cdot 0,60^3 = \\ = 0,35\text{ мкм}.$$

Эти классы размеров только лишь образуют пределы предыдущих.

Объемное содержание пор каждого размера в цементном ячеистом бетоне средней плотностью 300 и 450  $\text{кг/м}^3$  определяет его пористость.

$$\Pi(D300) = 1 - \gamma/\rho = 1 - 300/2100 = \\ = 0,857143,$$

$$\Pi(D450) = 1 - \gamma/\rho = 1 - 450/2100 = \\ = 0,785714,$$

где величина  $2100\text{ кг/м}^3$  есть среднее значение плотности цементного камня, согласно Пауэрсу [15],  $\rho = (2000 \dots 2200)\text{ кг/м}^3$ .

Распределение полидисперсной пористости ячеистого бетона по плотности упаковки невзаимодействующих пор в водоцементной системе определяется рекуррентным уравнением топологических переходов [8, 14]:

$$\eta = \eta_1 \cdot \left[ 1 - \frac{1}{3 \cdot \ln(120,754\eta_1^5)} \right] \quad (19)$$

$$0,857143 \rightarrow 0,7861 \rightarrow 0,7131 \rightarrow 0,63654 \rightarrow \\ \rightarrow 0,55285 \rightarrow 0,45217 \rightarrow 0,26954,$$

$$0,785714 \rightarrow 0,7127 \rightarrow 0,63609 \rightarrow 0,55234 \rightarrow \\ \rightarrow 0,45150 \rightarrow 0,267489.$$

Третий и последующие величины в этих рядах относятся к квазитвердому  $\rightarrow$  квазижидкому и  $\rightarrow$  критическому состоянию дисперсных (дискретных) систем.

Если в этих рядах взять сумму последних четырех величин плотности случайной упаковки пор четырех размеров, то получим коэффициент внедрения последующей фракции пор в цементную суспензию, заключенную между порами предыдущей фракции:

$$K_6 = \sum \eta_i = 0,63654 + 0,55285 + 0,45217 + \\ + 0,26954 = 1,9111,$$

$$K_6 = \sum \eta_i = 0,63609 + 0,55234 + 0,45150 + \\ + 0,267489 = 1,9074.$$

При этом объемную долю каждой фракции пор в цементном тесте рассчитывают по формуле:

$$\varphi_i = \left( \Pi / \sum \eta_i \right) \eta_i, \quad (20)$$

где  $\eta_i$  – плотность случайной упаковки монодисперсных пор, соответствующая данной псевдофазе; для высокопористых систем с полидисперсной пористостью:

$$\sum \eta_i = \Pi = 0,8571 \text{ (0,7131) и}$$

$$\sum \eta_i = \Pi = 0,7857 \text{ (0,7127).}$$

Результаты расчета по формуле (20) для произвольного (случайного) наиболее вероятного распределения пор в

ячеистобетонных суспензиях с полидисперсной пористостью  $\Pi (D300) = 0,85714$  и  $\Pi (D450) = 0,7857$  приведены ниже в табл.

Из данных табл. следует, что на кривых распределения пористости в ячеистых бетонах можно обнаружить от одного до трех максимумов. При критическом состоянии системы максимумы сглаживаются до пологого участка кривой зависимости от размера поры, стремящейся к нулю в результате уменьшения количества и размера мелких пор. Аналогичный характер зависимости имеют также кривые зависимости гранулометрического состава продуктов тонкого измельчения минерального сырья.

Таблица

**Распределение паровоздушных пор в водоцементной массе газобетона и пенобетона**

Диаметр пор в ячеистом бетоне	1,3...1,9 мм	0,06...0,062мм	8...9,2 мкм	0,5...0,7 мкм
Объемная доля пор в ячеистом бетоне D300	0,28549	0,24796	0,20280	0,12089
Объемная доля пор в ячеистом бетоне D450	0,26202	0,22752	0,18600	0,11018
Объемная доля пор в ячеистом бетоне D300	0,40170	–	0,28535	0,1700
Объемная доля пор в ячеистом бетоне D300	0,37400	0,32480		0,15836
Объемная доля пор в ячеистом бетоне D300	–	0,37179	0,30408	0,18127
Объемная доля пор в ячеистом бетоне D300	0,60216	–	–	0,25498
Объемная доля пор в ячеистом бетоне D300		0,57621		0,28093
Объемная доля пор в ячеистом бетоне D300			0,53702	0,32012

Уравнения равновесного состояния мелких (м) и крупных (к) пор в системе имеет вид:

$$P + \rho \cdot g \cdot h + 2 \cdot \sigma_m / r_m = p_{пм} + p_{вм} \quad (21)$$

$$P + \rho \cdot g \cdot h + 2 \cdot \sigma_k / r_k = p_{пк} + p_{вк} \quad (22)$$

При вычитании уравнения (22) из (21), получим:

$$2 \cdot \sigma_m / r_m - 2 \cdot \sigma_k / r_k = (p_{пм} + p_{вм}) - (p_{пк} + p_{вк}) \quad (23)$$

Разность давлений газа или воздуха и насыщенного пара в мелких и крупных порах будет больше нуля. Это дает возможность левую часть равенства (4.23) приравнять выражению для закона Стокса:

$$2 \cdot \sigma_m / r_m - 2 \cdot \sigma_k / r_k = 6 \cdot \pi \cdot \eta \cdot r_m \cdot v, \quad (24)$$

где  $\eta$  – вязкость цементного раствора (цементной системы);  $v$  – скорость перемещения

и диффузии мелких пор при механическом перемешивании цементного раствора (массы),  $r_m, r_k$  – радиус мелких и крупных пор;  $\sigma_m, \sigma_k$  – поверхностное натяжение межфазной пленки мелких и крупных пор соответственно.

Так как  $\sigma_m / r_m > \sigma_k / r_k$ , то равенство (24) выполняется.

Из выражения (24) находим:

$$v = \frac{2 \cdot \sigma_m \left( 1 - \frac{\sigma_k \cdot r_m}{\sigma_m \cdot r_k} \right)}{6 \cdot \pi \cdot \eta \cdot r_m^2} \quad (25)$$

Анализируя полученные выше результаты и данное выражение, можно сделать следующие выводы:

– превышение выталкивающей силы Архимеда  $4/3(\rho \cdot g \cdot \pi \cdot r^3)$  над силой

гидростатического давления  $\rho \cdot g \cdot h \cdot s$  приводит к подъему пор, к открытой поверхности цементной суспензии, а сохранность пор и их форму обеспечивает поверхностное натяжение;

– скорость перемещения (диффузии) мелких пор в цементной массе (растворе) при ее механическом перемешивании больше, чем крупных, она прямо пропорциональна поверхностному натяжению и обратно пропорциональна квадрату их радиуса;

– интенсивность перемешивания цементной массы до определенного предела приводит к плотному заполнению площади поверхности межфазной пленки посадочными площадками катиона в газобетоне или полярной части молекул ПАВ в пенобетоне в результате перетекания жидкой фазы и диффузии молекул насыщенного пара внутрь пор для установления термодинамического и топологического равновесия;

– снижение поверхностного натяжения и рост мелких пор до определенного размера, повышение поверхностного натяжения и уменьшение радиуса крупных до выполнения геометрического (топологического) соответствия плотного размещения в межфазном слое катиона или полярной части молекул ПАВ приводит к фракционированию их по размерам.

Топологическое соответствие выполняется при определенных равновесных радиусах пор в цементной суспензии. Так как  $\sigma_k / \sigma_m < 1$  и  $r_m / r_k < 1$ , то взаимное отталкивание крупных пор в цементной системе должно приводить к однородному их распределению, а большая подвижность мелких пор – к вытеснению их в межузловые элементы Плато, расположенные в объемах между крупными порами, а при высокой концентрации крупных пор в высокопористых системах с полидисперсной пористостью – в межпоровые перегородки водоцементной массы газобетона.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сулейманова Л.А., Ерохина И.А., Сулейманов А.Г. Ресурсосберегающие материалы в строительстве // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2007. № 7. С. 113-116.

2. Сулейманова Л.А., Погорелова И.А., Строкова В.В. Сухие строительные смеси для неавтоклавных ячеистых бетонов. Белгород: КОНСТАНТА, 2009. 144 с.

3. Сулейманова Л.А., Лесовик В.С., Сулейманов А.Г. Неавтоклавные газобетоны на

композиционных вяжущих. Белгород: Изд-во БГТУ 2010. 152 с.

4. Сулейманова Л.А., Кара К.А. Газобетоны на композиционных вяжущих для монолитного строительства. Белгород: КОНСТАНТА, 2011. 150 с.

5. Suleymanova L.A. Non-autoclaved aerated concrete at composite binding / Ibausil: 18. Internatinal Baustofftagung // Weimar, 2012. В.2. P. 2-0830–2-0835.

6. Kharkhardin A.N., Suleimanova L.A., Kara K.A., Malyukova M.V., Kozhukhova N.I. The determination of topological properties in polydispersed mixtures of the results of sieve laser and particle size analysis. World Applied Sciences Journal. 2013. Т. 25. № 2. С. 347-353.

7. Suleymanova L.A., Kara K.A., Suleymanov K.A., Pyrvu A.V., Netsvet D.D., Lukuttsova N.P. The topology of the dispersed phase in gas concrete // Middle East Journal of Scientific Research. 2013. Т. 18. № 10. С. 1492-1498.

8. Сулейманова Л.А. Газобетон неавтоклавного твердения на композиционных вяжущих: дис...докт. техн. наук. Белгород, 2013. 390 с.

9. Сулейманова Л.А. Динамика расширяющейся газовой полости // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 4. С. 56–58.

10. Сулейманова Л.А., Коломацкая С.А., Кара К.А. Энергоэффективный газобетон // В сборнике: Научные и инженерные проблемы строительной-технологической утилизации техногенных отходов Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Белгород, 2014. С. 218–220.

11. Сулейманова Л.А., Коломацкая С.А., Кондрашев К.Р., Шорстов Р.А. Энергоэффективные пористые композиты для зеленого строительства // В сборнике: Научные технологии и инновации Белгород, 2014. С. 354–359.

12. Фридрихсберг, Д.А. Курс коллоидной химии. 2-е изд. Л.: Химия, 1984. 384 с

13. Базаров, И.П. Термодинамика. М.: Высшая школа, 1997. С. 223–225.

14. Хархардин, А.Н. Структурная топология дисперсных материалов. Белгород: Изд-во БГТУ, 2009. Ч.1. 196 с.

15. Пауэрс, Т.К. Физические свойства цементного теста и камня // Материалы четвертого Международного конгресса по химии цемента. М.: Стройиздат, 1964. С. 402–438.



---

**Suleymanova L.A., Pogorelova I.A., Suleymanov K.A.****THE TOPOLOGY OF THE PORES IN AERATED CONCRETE**

*From the standpoint of structural typology of distribution of polydisperse porosity aerated concrete, it's founded that topological accordance is performed under certain equilibrium pore radius. The mutual repulsion of large pores in the cement system leads to a homogeneous distribution, and great mobility of small pores - to their displacement in internodal elements Plato. And at a high concentration of large pores in highly porous systems with a polydispersed porosity – in interpore partition.*

**Key words:** topology, pore, porosity, aerated concrete, foamed concrete, distribution, packing.

---

**Сулейманова Людмила Александровна**, доктор технических наук, профессор кафедры строительства и городского хозяйства.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: ludmilasuleimanova@yandex.ru.

**Погорелова Инна Александровна**, кандидат технических наук, доцент кафедры строительства и городского хозяйства.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: innapogorelova@yandex.ru.

**Сулейманов Карим Абдуллаевич**, студент кафедры строительства и городского хозяйства.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: karimsuleymanov@mail.ru.

# МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

Федоренко М.А., д-р техн. наук, проф.,  
Бондаренко Ю.А., д-р техн. наук, проф.,  
Рыбак Л.А., д-р техн. наук, проф.,  
Бестужева О.В., соискатель

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## РАЗРАБОТКА СТАНКА ДЛЯ СВЕРЛЕНИЯ И РАСТАЧИВАНИЯ ОТВЕРСТИЙ В КРУПНОГАБАРИТНЫХ ФЛАНЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЯХ

bestuzheva.o@yandex.ru

При производстве цемента применяются вращающиеся сушильные и обжиговые печи, шаровые трубные мельницы и различное крупногабаритное вращающееся оборудование. Одним из главных факторов повышения производительности работы такого оборудования является его надежность, зависящая от качества монтажных работ, своевременного ремонта и технического обслуживания, которые являются наиболее трудоемкими, но слабо оснащенными. Необходимо применение специального ремонтного оборудования, которое позволит восстанавливать работоспособность агрегатов в условиях эксплуатации. Разработанный станок для сверления и растачивания отверстий в крупногабаритных фланцевых соединениях позволит производить ремонт крупногабаритного цилиндрического оборудования без его демонтажа. При этом обеспечивается высокая точность взаиморасположения отверстий и их форма, облегчается работа по сверлению отверстий. Станок позволит проводить работы в условиях эксплуатации оборудования, что сократит время проведения восстановительных работ, снизит расходы и вследствие чего увеличится объем выпуска цемента.

**Ключевые слова:** крупногабаритное вращающееся оборудование, фланцевое соединение, мобильный станок, восстановление работоспособности, сокращение простоя оборудования.

**Введение.** Важнейшим фактором повышения работоспособности и надежности крупногабаритного оборудования являются точности его монтажа, профилактические своевременные ремонты, замены изношенных узлов и агрегатов. Работы эти необходимо проводить в процессе эксплуатации оборудования, так как простой его влечет за собой большие материальные потери. Остановка одного из агрегатов может прервать технологическую цепь производства, что чревато остановкой всего оборудования.

Однако, предприятия, имеющие крупногабаритное оборудование практически не имеют ремонтных баз и технических средств для быстрого и точного восстановления узлов и агрегатов. Это сложилось в силу развития экономики прошлых лет, когда новые узлы и агрегаты стоили дешево и предприятия имели большие запасы на складах.

В новых условиях развития промышленности запасы на складах практически отсутствуют, и возникла необходимость ремонта деталей агрегатов и т.д. без их демонтажа, а, следовательно, без прерывания технологической цепочки предприятия.

Повышение эффективности ремонта и точности монтажа оборудования в условиях экс-

плуатации испытывают предприятия различных отраслей промышленности, т.к. это исключает демонтаж оборудования, отправку его на восстановление на промышленные предприятия, ожидания возврата, новый монтаж с обеспечением необходимого качества и точности ремонта. Например: замены днища на помольных мельницах можно производить только на эксплуатирующем предприятии, т.к. днища имеют диаметр до 6 метров, большую массу и оказываются нетранспортабельны.

Однако, развитие эффективных технологий ремонта приставными станочными модулями сдерживается отсутствием технологических основ целенаправленного, систематического проектирования технологических процессов восстановления и монтажа крупногабаритного оборудования на месте его эксплуатации, а также нет единой технологической концепции создания приставных станочных модулей.

В некоторой литературе такое направление в ремонте крупногабаритного оборудования носит название как переносные станки в некоторой – как мобильные или методы безрамной технологии [1, 2].

В данном случае решение этого нового научного направления существенно отличается

от традиционных подходов при решении задач по обеспечении точности и качества стационарными станками, а в рассматриваемом случае решается задача обеспечения требуемой точности и качества крупногабаритного оборудования, имеющего форму вращения без его демонтирования в условиях эксплуатации при помощи приставных малогабаритных станочных модулей.

Однако, необходимо как старому так новому оборудованию, путем продления срока эксплуатации увеличивать срок сохранения работоспособности, особенно это актуально для крупногабаритного вращающегося оборудования, т.к. оно подвержено различным формам воздействия переменных нагрузок, вибрации, температурным и климатическим воздействиям окружающей среды, связи с тем, что работает под «открытым» небом, наличия большого количества пыли и т.д.

**Методология.** В процессе эксплуатации в результате нарушения технологии изготовления деталей и узлов, неточности монтажа, нарушения инструкций по эксплуатации, климатических условий и т.д. крупногабаритное оборудование теряет работоспособность из-за нарушения геометрической формы входящих деталей.

Для дальнейшей эксплуатации оборудования необходимо производить своевременное восстановление рабочих поверхностей, но для осуществления этой задачи промышленное предприятие должно иметь механизированный парк станков, которые обеспечивали бы ремонт деталей крупногабаритного оборудования в условиях эксплуатации без остановки технологического процесса производства продукции.

Наличие станков, которые можно устанавливать на, под и рядом с восстанавливаемой деталью или узлом, позволяет сократить время ремонта, увеличить срок эксплуатации оборудования, получить дополнительный выпуск продукции и механизировать ремонтные работы с обеспечением их качества.

Следовательно, возникла потребность в прогрессивной технологии ремонта с использованием специального доступного приставного оборудования (приставных станочных модулей), обеспечивающего быстрое, качественное и точное восстановление изношенных узлов, агрегатов и деталей крупногабаритного оборудования.

Важнейшим фактором повышения работоспособности и надежности крупногабаритного оборудования являются точности его монтажа, профилактические своевременные ремонты, замены изношенных узлов и агрегатов. Работы эти необходимо проводить в процессе эксплуатации оборудования, так как простой его влечет за собой большие материальные потери. Остановка

одного из агрегатов может прервать технологическую цепь производства, что чревато остановкой всего оборудования.

При производстве цемента используется оборудование [3], в котором производится помол клинкера, получаемый путем обжига в цементных печах. Клинкер имеет высокую твердость и для его помола применяют трубные мельницы с большой массой мелющих стальных шаров [4], падающих с высоты (в зависимости от размеров мельницы) до 4 метров.

Внутри мельницы, при работе, возникают большие динамические нагрузки, которые воздействуют на корпус мельницы и частично передаются на все детали.

Причинами выхода из строя мельниц являются:

- перегрев цапфовых подшипников из-за засорения системы смазки и охлаждения подшипников, применение некачественного масла, неисправность уплотнений защитных средств [5];

- несвоевременная смена изношенных бронеплит с величиной износа выше допустимого (более 70 %), а также работа с незакрепленными бронеплитами, что приводит к быстрому износу корпуса мельницы;

- усиленная вибрация отдельных узлов вследствие их несоосности и неуравновешенности, особенно вибрация подшипников, редуктора и центрального вала.

**Основная часть.** Во всех отраслях промышленности при установке новой детали имеющей фланцевое соединение с другой, возникает необходимость просверлить отверстия в ее фланце, которые должны совпадать с отверстиями в ответной детали, для соединения деталей болтами, обычно сверление производят ручными пневмо или электродрелями, используя при этом разметку фланца детали или отверстия ответной детали [6].

Такой способ сверления не обеспечивает точности соосности отверстий и приходится дополнительно различными способами дорабатывать форму отверстий для обеспечения соединения фланцев деталей болтами, особенно если необходимо болты устанавливать по посадке.

При сверлении отверстий в крышках и промсоединениях помольных мельниц, эксплуатирующихся в различных видах промышленных установок, имеющих толщину фланцев до 100 мм и диаметр отверстий до 65 мм, соосность отверстий для соединения фланцев призонными болтами, в двух соединяемых фланцах, обеспечить невозможно.

Для проведения ремонта нужно снять боковые крышки торцевых днищ, это проводится

очень осторожно, чтобы не повредить цапфы подшипников скольжения, на которых располагается мельница. На крышках днищ делают пометки (контрольные риски), а также и на корпусе.

Половина болтов, крепящих крышку к корпусу мельницы, выполнены призонными, то есть по посадке и при установке крышки обратно отверстия могут частично не совпадать из-за

деформации корпуса [7]. Поэтому появляется проблема с установкой болтов [8]. А при установке нового днища возникает проблема с сверлением отверстий, т.к. отверстия на днище и корпусе должны совпадать. Длина болтов достигает 200 мм, а диаметр – 65 мм.

Совпадение отверстий обеспечивает легкий приставной станок (рис. 1).

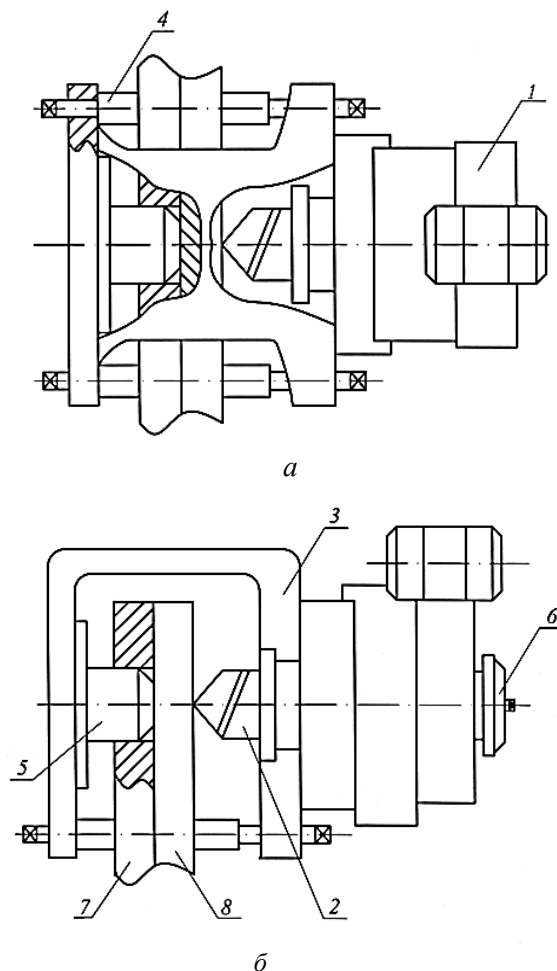


Рис. 1. Станок для сверления и растачивания отверстий в крупногабаритных фланцевых соединениях: а – вид сбоку; б – вид сверху:

1 – станок; 2 – сверло; 3 – кронштейн подвески станка; 4 – установочные упоры; 5 – фиксатор; 6 – механизм продольной подачи

На рис. 1. показана установка приставного сверлильного станка на фланцы: а) вид сверху, б) вид сбоку. Приставной сверлильный станок для сверления и растачивания отверстий в крупногабаритных фланцевых соединениях мельницы содержит сверлильную головку 1 с механизмом продольной подачи 6, в котором устанавливается обрабатываемый элемент 2 – сверло или расточной резец. Сверлильная головка закреплена на кронштейне 3 с винтовыми упорами 4 для закрепления на фланцах мельницы. Кронштейн имеет установочный фиксатор 5, который входит в ответное отверстие старого фланца корпуса мельницы 7 и обеспечивает фиксацию станка так, что ось вращения обрабатываемого

элемента совпадает с осью отверстия фланца корпуса. Этим обеспечивается высокая точность сверления нового отверстия во фланце нового днища 8.

**Выводы.** Такой станок позволяет обрабатывать отверстия в крупногабаритных фланцевых соединениях, в условиях эксплуатации, без демонтажа оборудования [9], обеспечивая точность взаиморасположения отверстий и их форму, что позволяет в дальнейшем соединять фланцы днища и корпуса мельницы при помощи призонных болтов, обеспечивать передачу больших крутящих моментов и плотность соединений, при этом существенно облегчается выполняемая работа по сверлению отверстий,

высокая точность при незначительной трудоемкости и сокращаются простои оборудования в ремонте.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Промысловский В.Д., Задиракова В.Ф. Переносное обрабатывающее устройство для ремонта основания пресса на месте его установки // Кузнечно штамповое производство. 1987 г. №3. С.28-30.

2. Задирака, В.Ф. Переносной станок для обработки направляющих станин металлорежущего оборудования // Прогрессивная технология механосборочного производства: сб. научных трудов. Краматорск. 1982. 59 с.

3. Банит Ф.Г. Механическое оборудование цементных заводов: учебник для техникумов промышленности строительных материалов. М.: Машиностроение, 1975. 318 С.

4. Малышева А.А., Санина Т.М. К вопросу ремонта шаровых мельниц / Юность и знания - гарантия успеха: сборник научных трудов

Международной научно-технической конференции. Курск, 2014. С. 219–222.

5. Бабаев Н.Х. Моделирование теплотехнологических процессов, протекающих в высокотемпературной части цементных вращающихся печей // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2003. № 5. С. 17–22.

6. Технология ремонта деталей гусеничных тракторов. Справочник. Под ред. д.т.н., профессора В.В. Ефремова. МАШГИЗ. 1956. 576 с.

7. Горский В.Г. Планирование промышленных экспериментов (модели динамики). М.: Металлургия. 1978. 112 с.

8. Лаврентьев М.А., Мабат Б.В. Проблемы вибродинамики и их математические проблемы. М.: Наука. 1973. 106 с.

9. Федоренко М.А., Санина Т.М., Бондаренко Ю.А., Погонин А.А., Схиртладзе А.Г. Бездемонтажное восстановление крупногабаритных агрегатов // Ремонт, восстановление, модернизация. 2009 г. № 11. С. 11–14.

---

### Fedorenko M. A., Bondarenko Y. A., Rybak, L. A., O. V. Bestuzhev DEVELOPMENT OF MACHINE TOOL FOR DRILLING AND BORING HOLES IN THE LARGE FLANGE CONNECTIONS

*In the production of cement used rotary dryer and kiln, ball tube mills and various large rotating equipment. A major factor in the productivity of this equipment is its reliability depends on the quality installation work, timely repairs and maintenance, which are the most time consuming, but poorly equipped. Requires the use of special repair equipment that will restore the performance of units in operation. The machine is designed for drilling and counterboring holes in the large flange will allow the repair of large cylindrical equipment without dismantling. This ensures high accuracy of relative position of the holes and their shape, it is easy for drilling holes. The machine will carry out work in conditions of equipment operation, which will reduce the time of remediation, will reduce costs and consequently increase the volume of cement production.*

**Key words:** large rotating equipment, pipe connection, a mobile machine, restoring health, reducing equipment downtime.

---

**Федоренко Михаил Алексеевич**, доктор технических наук, профессор кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова  
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

**Бондаренко Юлия Анатольевна**, доктор технических наук, профессор кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова  
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

**Рыбак Лариса Александровна**, доктор технических наук, профессор кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова  
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

**Бестужева Ольга Васильевна**, соискатель кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова  
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.  
E-mail: bestuzheva.o@yandex.ru

# ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Гвоздевский И. Н., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОНТОЛОГИЙ ДЛЯ УНИФИКАЦИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОМПОНЕНТОВ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ДИСПЕТЧЕРСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

igorek@intbel.ru

Многообразие программных и аппаратных элементов в современных автоматизированных системах диспетчерского управления усложняют процесс интеграции их в единую коммуникационную среду. Различное оборудование, протоколы, службы прикладных уровней современных систем диспетчеризации имеют возможность взаимодействия в рамках одной отдельно взятой подсистемы комплекса в формате вертикального межуровневого общения. Обмен между подсистемами происходит с помощью специализированного прикладного интерфейса или коннектора, что влияет на качество получаемых данных и в результате снижает показатели функционирования автоматизированной системы диспетчерского управления.

Совершенствование механизма обеспечения коммуникации между элементами подсистем используя онтологический подход, позволяет сформировать унифицированную среду. В которой возможно применение различных методов сбора информации, анализа, структурирования, а также методов принятия решений о функционировании и восстановлении работоспособности на основе интеллектуальных агентов, повышающих уровень работы автоматизированной системы.

**Ключевые слова:** агентный онтологический подход, онтология, распределенные вычислительные системы, автоматизированная система диспетчерского управления.

**Введение.** Применение различных технологий при построении автоматизированной системы диспетчерского управления БГТУ позволяет использовать многообразие инструментов для решения задачи программного контроля различных технологических систем [2]. Одним из недостатков данного подхода является использование центральной системы прикладного уровня для сбора, анализа и принятия управленческих решений о функционировании среды, которая имеет особенность увеличения времени реакции на возникающий запрос обслуживания. Применение онтологического подхода с использованием интеллектуальных агентов [3], позволяет существенно повысить уровень обслуживания компонентов автоматизированной системы диспетчерского управления и сформировать структурированное хранилище информации о элементах, режимах функционирования среды.

**Методология.** Применение в существующей АСДУ подхода по интеграции компонентов различных технологических подсистем без привязки к конкретному программному решению позволяет хранить информацию об объектах среды в унифицированном онтологическом виде. В данном случае распределенная агентная сеть, работающая в рамках всего комплекса может использовать

данный вид структурированных знаний для решения задач мониторинга, анализа, интеллектуального принятия решений по оптимизации и восстановлению работоспособности элементов.

**Основная часть.** Внедрение агентной структуры в существующую автоматизированную систему диспетчерского управления создаст предпосылки для хранения информации генерируемой системой или интеллектуальными агентами в структурированном виде. Так как на различных уровнях существующего объекта работают различные по своей специфике элементы, необходимо провести классификацию структур, обеспечивающих сбор, анализ, хранение и обработку информации на каждом базовом сегменте [1].

- агенты управления – объединяют нижний технологический слой функционирования автоматизированной системы;

- агенты обеспечения взаимодействия – являются интеграционным элементом между нижним технологическим уровнем, обеспечивают унификацию различных протоколов связи в единую среду;

- агенты УМПП – представляют надстройку над прикладным SCADA-уровнем, позволяют обеспечивать управление, мониторинг и приня-

тие решений над агентами нижестоящих уровней.

Вопрос использования онтологий для эффективной организации взаимодействия подсистем АСДУ [2] возможен только при условии создания единого информационного пространства. Исследования показывают, что спроектированная модель информационного пространства должна включать в себя следующие элементы:

- набор словарей (тезаурусов), по соответствующей предметной области;
- базы знаний и данных различных подсистем;
- комплекс специализированной документации по элементам АСДУ в электронном виде.

Будем рассматривать онтологию в виде формального описания концептов, их свойств и отношений между объектами. Фактически вопрос эффективного использования данного метода сводится к решению задачи более точного описания предметной области, разработки методов по структурированию получаемой от объектов комплекса информации, а также наиболее сложного вопроса расширения и модификации, текущих объектов онтологий[7]. Предполагает-

ся, что разрабатываемая надстройка над существующими модулями управления АСДУ в виде агентной платформы, может быть использована для:

- обеспечения информационного взаимодействия подсистем АСДУ;
- накопления и структуризации данных для повторного использования;
- анализа получаемой информации о функционировании всей единой среды АСДУ;
- обеспечения реализации моделей интеллектуального поведения агентов на основе онтологических представлений.

В результате исследований была спроектирована и реализована межуровневая концепция хранения знаний о системе в структурированном виде. Выделенные уровни функционирования системы представляют собой наиболее законченный набор однородных объектов, что позволяет обеспечивать модернизацию АСДУ на каждом уровне за счет расширения элементной базы. На каждом из трех уровней (рис. 1) была разработана модель онтологии, включающая в себя унифицированное описание элементов подсистем.



Рис. 1. Модель онтологии аппаратного и транзитного уровня применяемой в АСДУ

Применение распределенной агентной сети позволяет использовать разработанную модель для обеспечения интеллектуальных агентов комплексом эталонных знаний о внешней среде

функционирования автоматизированной системы [2], а также оперативной модели знаний, обеспечивающей стабильную работу всех элементов и подсистем. Причем разработанная он-

тология позволяет использовать такие виды агентов, как делиберативные, коммуникативные и когнитивные [3] не изменяя структуры знаний в целом, реализация взаимодействия конкретного агента с базой знаний будет осуществлена за счет использования определённой программной надстройки.

Определение онтология, часто трактуют, как «спецификация разделяемой разными людьми концептуализации» или «логическая теория, основанная на концептуализации» [4]. Исходя из

этих определений в структуру онтологии обычно входят тезаурусы, предметной области, определения, атрибуты, отношения и правила вывода. Для создания унифицированного объекта, позволяющего более точно описать предметную область решаемой задачи к каждой разработанной модели предъявлялись, требования обеспечивающие полноту данных онтологий. Была разработана схема (рис. 2), позволяющая реализовать более полнофункциональные модели онтологий.

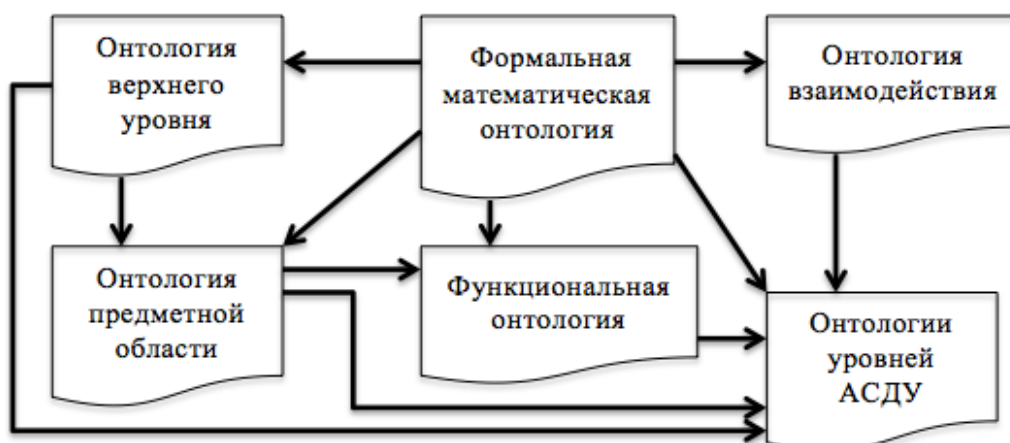


Рис. 2. Схема интеграции онтологий для прикладного взаимодействия

Данная схема позволила при проектировании структур использовать верхний описательный уровень в виде формальной математической спецификации онтологии, которая обеспечивает совместно с точным математическим аппаратом [5], создаваемых структур, также формальный анализ свойств объектов в них входящих.

При использовании разработанных моделей для обеспечения функционирования распределенной вычислительной сети, были рассмотрены основные способы хранения и взаимодействия с онтологиями [7], которые должны обеспечивать высокие показатели эффективности и производительности. Для хранения подобных структур необходимо кроме, объекта информации иметь возможность сопоставлять данные и набор метаданных, описывающих классы и их свойства, а также взаимосвязи между ними. В настоящее время существует несколько направлений по реализации онтологических хранилищ [8]:

- в виде плоской модели;
- отображение онтологии на SQL-подобную модель баз данных;
- прикладное реляционное хранилище rdf-триплетов, owl-репозиторий.

Можно отметить следующие разработки: Jena API [11] (Jena SDB использует реляционную базу данных для хранения и выполнения запросов на RDF хранилищах, Jena TDB обеспечивает масштабируемое нетранзакционное хра-

нилище триплетов и слой SPARQL запросов, Jena In-memogu предоставляет возможность размещения структуры хранилища в памяти), Ontotext GraphDB (OWLim) – коммерческое программное обеспечение реализующее хранилище RDF СУБД с полной поддержкой SPARQL запросов [14], Sesame свободная разработка в виде автономного хранилища предоставляющего полную поддержку запросов SPARQL, NoSQL Graph Support – версия IBM DB2 для хранения онтологий, Urika GD – продукт компании Cau, обеспечивающий поддержку онтологических структур огромных массивов данных.

Для взаимодействия с разработанной моделью был проведен эксперимент, в котором предварительно сформированная структура онтологии одного из уровней функционирования модели автоматизированной системы диспетчерского управления была загружена в соответствующие типы онтологических хранилищ. Для эксперимента были использованы: связка в виде Jena версии 3.0.1, Jena Fuseki версии 2.3.1 и версии MySQL 5.6, как основная СУБД (Jena TDB, Jena SDB, In-mem) [12], Sesame версии 4.0.1, GraphDB (OWLim) версии 6.5 и плоская модель хранилища в виде файлового объекта OWL. Тестовый стенд состоит из среды Intel Core i5 4x2,5GHz/20Gb 1333MHz DDR3/HDD 500Gb на базе Ubuntu server 15.10.



На первом этапе эксперимента был рассмотрен процесс загрузки определенного количества триплетов в хранилище, что позволило

оценить временные показатели скорости инициализации данных в объекте для работы (табл. 1).

Таблица 1

### Тестирование скорости загрузки триплетов

Количество загруженных триплетов в модель	Скорость выполнения, тип хранения. сек						
	Плоская	Jena TDB	Jena SDB	In-mem	Sesame	GraphDB	MySQL
10K	0,54	0,24	2,89	0,75	2,35	2,46	0,011
50K	3,26	1,17	7,24	1,58	6,34	7,21	0,246
100K	6,19	4,45	14,35	7,02	15,32	14,99	0,573
250K	13,24	12,67	35,17	13,31	40,12	37,15	1,341
500K	30,01	24,75	68,87	25,17	85,69	81,14	3,027
1M	61,83	49,11	129,33	51,25	179,36	154,22	6,931
5M	341,55	272,56	684,11	289,16	1283,77	789,11	37,21

На втором этапе тестирования были проведены исследования характеристик выполнения основных запросов SPARQL. Созданы запросы, обеспечивающие тестовую выборку триплетов из структуры хранилищ, особое внимание было уделено конструкциям:

SELECT - предполагает выборку результатов подобно аналогичному оператору выбора в

SELECT ?basic\_property ?value WHERE { :log\_data\_cases ?basic\_property ?value } (1)

При выполнении запроса SELECT SPARQL, была осуществлена выборка данных из загруженной модели соответствующего RDF храни-

SQL нотации [14]. Имеет возможность возвращать определенные данные из соответствующим условию триплетов, причем выборки могут объединяться и не указанные элементы, переменные могут удаляться. Для выполнения тестирования был сформирован следующий запрос:

лица. В таблице (табл. 2). указано время осуществления выборки на разных объемах количества загруженных в структуру триплетов.

Таблица 2

### Тестирование скорости выполнения запросов SPARQL SELECT

Количество загруженных триплетов в модель	Скорость выполнения запроса SELECT, тип хранения. сек					
	Плоская	Jena TDB	Jena SDB	In-mem	Sesame	GraphDB
500	0,053	0,028	0,073	0,065	0,007	0,013
1500	0,091	0,035	0,081	0,078	0,015	0,024
3000	0,161	0,043	0,091	0,951	0,023	0,037
10000	0,411	0,123	0,437	0,549	0,069	0,101
20000	0,763	0,354	0,752	0,799	0,165	0,235

Для реализации проверки наличия элементов в структуре хранилища RDF, причем результат возвращается в виде логического значения

ASK WHERE { UNSAID { :health\_status :critical\_error ?any } } (2)

В результате выполнения запроса, была осуществлена выборка состояний системы health\_status, принимающих значения criti-

ложь или истина, был сформирован запрос с использованием оператора ASK:

cal\_error и получены следующие результаты (табл. 3).

Таблица 3

### Тестирование скорости выполнения запросов SPARQL ASK

Количество загруженных триплетов в модель	Скорость выполнения запроса ASK, тип хранения. мсек					
	Плоская	Jena TDB	Jena SDB	In-mem	Sesame	GraphDB
500	0,039	0,021	0,043	0,040	0,005	0,006
1500	0,068	0,026	0,051	0,051	0,012	0,013
3000	0,125	0,035	0,067	0,602	0,018	0,023
10000	0,312	0,098	0,297	0,356	0,051	0,060
20000	0,569	0,298	0,532	0,504	0,124	0,141

Использование оператора CONSTRUCT, позволяет сформировать структуру из полученной выборки RDF согласно параметрам, встроенным в запрос конструкции шаблона. Для каждого результата оператор связывает переменные и добавляет состояния в модель результата. Для тестирования был создан запрос SPARQL:

```
CONSTRUCT { ?x :hasSystemType ?o }
WHERE { { ?x :hasSerialNum ?o }
```

```
UNION { ?x :hasIPaddrees ?o }
UNION { ?o :hasDevID ?x }
UNION { ?o :hasMode ?x } } (3)
```

В результате выполнения которого была получена конструкция, определяющие параметра работы группы устройств имеющих определенные признаки, время выполнения для запроса CONSTRUCT (табл. 4).

Таблица 4

#### Тестирование скорости выполнения запросов SPARQL CONSTRUCT

Количество загруженных триплетов в модель	Скорость выполнения запроса CONSTRUCT, тип хранения. сек					
	Плоская	Jena TDB	Jena SDB	In-mem	Sesame	GraphDB
500	11,34	6,93	8,23	7,53	2,26	2,75
1500	29,67	22,85	27,68	25,13	6,87	7,28
3000	62,35	42,47	51,24	48,91	12,85	12,91
10000	181,28	152,35	173,31	169,33	44,61	45,13
20000	395,44	277,2	346,62	324,19	89,22	94,72

Оператор DESCRIBE позволяет делать выборку значений, находя ассоциированные триплеты и добавлять ее к результирующей модели.

Обеспечивает получение большего количества параметров при запросе, чем другие операторы [14].

```
PREFIX system: <http://127.0.0.1/transit_level#>
DESCRIBE ?dev_id WHERE { ?dev_id system:status "critical_error" } (4)
```

Результаты выполнения запроса, осуществляющего получение информации о критическом

состоянии устройств, разработанной модели представлены в таблице (табл. 5).

Таблица 5

#### Тестирование скорости выполнения запросов SPARQL DESCRIBE

Количество загруженных триплетов в модель	Скорость выполнения запроса DESCRIBE, тип хранения. мсек					
	Плоская	Jena TDB	Jena SDB	In-mem	Sesame	OWLim
500	4,660	2,811	3,255	2,979	0,991	1,074
1500	12,192	9,270	10,949	9,940	3,013	2,844
3000	25,620	17,230	20,268	19,347	5,636	5,043
10000	74,490	61,808	68,553	66,979	19,565	17,629
20000	162,49	112,45	137,11	128,23	39,13	37,00

**Выводы.** Предложенная в работе модель хранения данных в виде онтологий показывает высокую эффективность при применении на реальной автоматизированной системе диспетчерского управления. Мультиагентная распределенная вычислительная сеть, используя данные наборы структурированной информации, позволяет без вмешательства оператора или вышестоящей прикладной SCADA-системы решать задачи поддержания высокого уровня коммуникации между элементами различных подсистем АСДУ [2]. Применение онтологических хранилищ и формирование моделей данных в предложенном виде показывает хороший уровень показателей быстродействия, кроме этого качественные показатели обработки знаний через интерфейсы SPARQL превосходят стандартные механизмы реляционных баз данных. Формирование эталонной модели функционирования, а также

возможность агентов осуществлять свое развитие за счет анализа внешней среды или подключаемых источников знаний, увеличивает показатели отказоустойчивости и скорости реакции на возникающие инциденты. Использование онтологических моделей совместно с инструментами логического вывода позволяет находить новые знания в масштабах модели, а также применять методы интеллектуального анализа.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Поляков В.М., Буханов Д.Г., Синюк В.Г. Базовые структурные модели распределенных вычислительных систем в многоагентной диагностической среде. // Журнал «Информационные системы и технологии». 2012. №4(72). С. 52–56
2. Белоусов А.В., Глаголев С.Н., Быстров А.Б., Кошлич Ю.А. Демонстрационная зона по

энергосбережению БГТУ им. В.Г. Шухова – база для развития энергоэффективных проектов в регионе // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. 2013. № 10 (116). С. 10–17.

3. Михайлов Н.В., Поляков В.М. Расширение функциональных возможностей банковских информационных систем с применением технологий интеллектуальных агентов. // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 3. С. 159–161.

4. Семерханов И.А., Муромцев Д.И. Интеграция информационных систем на основе связанных данных // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2013. № 5 (87). С. 123–127.

5. Корзун Д.Ж., Ломов А.А., Ваняг П.И. Автоматизированная модельно-ориентированная разработка программных агентов для интеллектуальных пространств на платформе SMART // Программная инженерия. 2012. № 5. С. 6–14.

6. Слободюк А.А., Маторин С.И., Четвериков С.Н. О подходе к созданию онтологий на основе системно-объектных моделей предметной области // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. 2013. Т. 28. № 22-1 (165). С. 186–194.

7. Муромцев Д.И., Варгин Г.В., Семерханов И.А. Применение онтологий в системе управления интеллектуальными ресурсами // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2011. № 2 (72). С. 170.

8. Wylot M., Cudré-Mauroux P., Groth P. TripleProv: Efficient processing of lineage queries a native RDF store // В сборнике: WWW 2014 - Proceedings of the 23rd International Conference on World Wide Web 23. 2014. С. 455–465.

9. Amann B., Fundulaki I., Scholl M. Integrating ontologies and thesauri for RDF schema creation and metadata querying // International Journal on Digital Libraries. 2000. Т. 3. № 3. С. 221–236.

10. Филатов В.А. Мультиагентные технологии интеграции гетерогенных информационных систем и распределенных баз данных : Дис. д-ра техн. наук: 05.13.06 // ХНУР. Х., 2004. 341 с. с. 313–336.

11. Использование онтологий в системах на базе Jena [Электронный ресурс]. Систем. требования: Веб-браузер. URL: <http://jena.apache.org/documentation/ontology/> (дата обращения: 11.02.2016).

12. Спецификация языка RDF. W3C: Resource Description Framework (RDF). [Электронный ресурс]. Систем. требования: Веб-браузер. URL: <http://www.w3.org/RDF/> (дата обращения: 23.01.2016).

13. Использование языка структурированных запросов SPARQL в системах на базе Jena [Электронный ресурс]. Систем. требования: Веб-браузер. URL: <http://jena.apache.org/tutorials/sparql.html> (дата обращения: 11.02.2016).

14. Рекомендации по работе с языком запросов SPARQL ver 1.1 [Электронный ресурс]. Систем. требования: Веб-браузер. URL: <https://www.w3.org/TR/2013/REC-sparql11-query-20130321/> (дата обращения: 11.02.2016).

---

**Gvozdevskiy I.N**

## **USING ONTOLOGIES FOR THE UNIFICATION OF INTERACTION OF COMPONENTS AUTOMATED SUPERVISORY SYSTEMS**

*A variety of hardware and software elements in a modern automated systems of dispatching management complicate the process of their integration into a unified communications environment. Miscellaneous equipment, protocols, application service levels modern dispatching systems have the ability to interact within a single subsystem of the complex in the form of vertical cross-layer communication. Exchange between subsystems is done by specialized application interface connector and that affects the quality of the data and as a result reduces the performance of the automated dispatch control system. Improving the mechanism for communication between the elements of the sub-systems using an ontological approach allows you to create a unified environment. In which it is possible to use different methods of data collection, analysis, structuring, as well as methods of decision-making on the operation and restoration of health, based on intelligent agents that increase the level of the automated system.*

**Key words:** *agent-based campaign ontological, ontology, distributed computing systems, automated dispatch control system*

---

**Гвоздевский Игорь Николаевич**, аспирант кафедры программного обеспечения и автоматизированных систем.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: igorek@intbel.ru

---

Брусенцев А.Г., д-р физ.-мат. наук, проф.,  
Осипов О.В., канд. физ.-мат. наук, ст. препод.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ЧИСЛЕННОЕ НАХОЖДЕНИЕ ОБМЕННОЙ МАТРИЦЫ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ ТЕПЛА

ov.osipov@gmail.com

Описывается метод нахождения оптимальной плотности источников тепла в движущейся среде внутри области, находящейся в состоянии стационарного теплового баланса с окружающей средой. Получаемые источники имеют минимальную суммарную интенсивность и обеспечивают приемлемое распределение температуры внутри области. Строятся конечномерные аппроксимации задачи, обладающие особым свойством регулярности по функционалу. Это свойство показывает принципиальную возможность численного нахождения квазирешения исходной задачи. Обсуждаются алгоритмы его приближённого нахождения, а также результаты вычислительных экспериментов, проведённых с помощью специально созданного программного комплекса HeatCore.

**Ключевые слова:** плотность источников тепла, обратная задача теплопроводности, задача оптимального управления для эллиптических краевых задач, конечномерная аппроксимация, конвекция, тепловой баланс, симплекс-метод.

**1. Введение.** Одним из видов объектов, широко распространённых в различных областях человеческой деятельности, являются системы источников тепла в области пространства, находящейся в состоянии стационарного теплового баланса с окружающей средой. При математическом моделировании таких систем часто возникает связанная с ресурсосберегающими технологиями инженерная задача оптимального распределения источников тепловых полей. В типичной постановке эта задача состоит в таком выборе распределения источников, при котором создаваемое ими температурное поле наименьшим образом отличается от заданного. В качестве критерия оптимизации здесь обычно выступает квадратичный функционал, обладающий свойством коэрцитивности. С математической точки зрения эта задача относится к задачам оптимального управления для эллиптических краевых задач. Существование решений и общие свойства подобных задач для квадратичных целевых функционалов, а также приближённые методы их решения изучались рядом авторов (см. [1,2] и приведённую там библиографию). Эту задачу можно также отнести к обратным задачам теплопроводности (ОЗТ), методы приближённого решения которых рассмотрены в [3]. Однако и здесь речь идет, в основном, о коэрцитивном квадратичном целевом функционале.

На практике при оптимальной организации обогрева жилых и производственных помещений, теплиц и т.д. естественно стремиться получить не заданное температурное поле, а обеспечить некоторый температурный коридор при минимальных энергетических затратах. В настоящей работе и рассматривается задача отыскания такого распределения плотности источников

тепла, которое обеспечивает заданный температурный режим при минимальной суммарной мощности источников. При численном решении этой задачи возникает ряд трудностей, и до настоящего времени в полном объёме она практически не рассматривалась. Целевой функционал здесь является линейным и в силу наличия поточечных неравенств, определяющих температурный режим, возникают значительные трудности в установлении существования точного решения. Вообще говоря, точного решения этой задачи может не существовать. В работе [4] введено так называемое *квазирешение*, которое всегда существует и с прикладной точки зрения вполне приемлемо. В работах [4–6] предлагается способ конечномерной аппроксимации задачи, на основании которого разрабатываются основные алгоритмы, и создаётся методика приближённого нахождения квазирешения. Эти аппроксимации образуют последовательность задач линейного программирования и, как показано в [4,6], эта последовательность обладает особым свойством *регулярности по функционалу*. Это свойство обеспечивает принципиальную возможность приближённого нахождения квазирешения. Однако построение конечномерных аппроксимаций основано на очень трудоёмкой процедуре определения так называемой *обменной матрицы*. В настоящей работе изложен один из наименее трудоёмких способов нахождения этой матрицы, и приведены результаты численных экспериментов, показывающих эффективность разработанного метода.

### 2. Формулировка оптимизационной задачи

Введём функцию  $u(\vec{x}) = T(\vec{x}) - T_0$ , где  $T(\vec{x})$  – установившаяся температура в точке  $\vec{x}$

ограниченной связной области  $D$ , а  $T_0$  – температура окружающей среды. Эта функция должна удовлетворять уравнению

$$\chi \Delta u - \nabla \cdot (\vec{v}u) + f = 0, \quad \vec{x} \in D, \quad (1)$$

где  $\chi$  – коэффициент температуропроводности среды,  $\vec{v}(\vec{x})$  – поле скоростей среды, которое предполагается подчинённым условию  $\text{div } \vec{v} = 0$  и потенциальным, а  $f(\vec{x})$  – плотность источников тепла в области  $D$ . Для формулировки краевых условий разобьём границу области  $D$  на три части:  $\partial D = \Gamma_+ \cup \Gamma_0 \cup \Gamma_-$ , где  $\Gamma_+$  – часть границы, которая является входом среды в область  $D$ ,  $\Gamma_-$  – часть границы, являющейся выходом (стоком) среды, а  $\Gamma_0$  – часть непроницаемой границы. Справедливы следующие соотношения:

$$(\vec{n}, \vec{v})|_{\Gamma_0} = 0, \quad (\vec{n}, \vec{v})|_{\Gamma_-} > 0, \quad (\vec{n}, \vec{v})|_{\Gamma_+} < 0,$$

где  $\vec{n}$  – единичный вектор внешней нормали к границе  $\partial D$ . Последнее из этих трёх условий означает, что в область  $D$  поступает вещество внешней среды с температурой  $T_0$ . В дальнейшем мы предполагаем, что в нашем процессе присутствует поток тепла через непроницаемую для среды границу, равный  $\alpha(\vec{x}) \cdot u(\vec{x})$  ( $\vec{x} \in \Gamma_0$ ). При этом коэффициент теплопередачи  $\alpha(\vec{x}) > 0$  является функцией, заданной на  $\Gamma_0$ . Будем считать выполненными следующие краевые условия:

$$\begin{cases} \left( \chi \frac{\partial u}{\partial n} + \alpha u \right) \Big|_{\Gamma_0} = 0, \\ \frac{\partial u}{\partial n} \Big|_{\Gamma_-} = 0, \\ \left( \chi \frac{\partial u}{\partial n} - (\vec{n}, \vec{v}u) \right) \Big|_{\Gamma_+} = 0. \end{cases} \quad (2)$$

Физически эти условия выражают тепловой баланс области  $D$  с окружающей средой.

Будем считать, что поле скоростей области  $D$  является потенциальным и его потенциал  $\varphi(\vec{x})$  известен. Нас интересует оптимизационная задача нахождения функции  $f(\vec{x}) \geq 0$ , принадлежащей пространству  $L_2(D)$  и доставляющей минимум линейному функционалу

$$I\{f\} = \int_D f(\vec{x}) dV_m \rightarrow \min, \quad (3)$$

при условии, что выполнены равенства (1) и (2), а также неравенства

$$M(\vec{x}) - T_0 \geq u(\vec{x}) \geq m(\vec{x}) - T_0, \quad \text{при } \vec{x} \in \tilde{D}. \quad (4)$$

Здесь  $m(\vec{x})$ ,  $M(\vec{x})$  – минимальный и максимальный профили температур, которые считаются непрерывными функциями, задаваемыми в некоторой подобласти  $\tilde{D} \subseteq D$ , которая в дальнейшем называется *областью контроля температуры*. Отметим, что случай  $\partial D = \Gamma_0$  ( $\Gamma_+, \Gamma_- = \emptyset$ ) не исключается. В этом случае естественно  $\varphi(\vec{x}) = \text{const}$ . Не исключается и случай, когда  $\tilde{D} = D$ . Существование точного решения задачи (3) при условиях (1), (2), (4) в пространстве  $L_2(D)$  гарантировать нельзя.

Обозначим через  $\gamma$  нижнюю границу значений функционала  $I\{f\}$  (3), когда  $f(\vec{x})$  пробегает множество неотрицательных функций из  $L_2(D)$ , удовлетворяющих условиям (1), (2), (4).

**Определение 1.** Квазирешением оптимизационной задачи (3) при условиях (1), (2), (4) с данным допуском  $\varepsilon > 0$  назовём такую функцию  $f_0(\vec{x}) \geq 0$  из  $L_2(D)$ , удовлетворяющую ограничению задачи, для которой выполняется неравенство  $I\{f_0\} \leq \gamma + \varepsilon$ .

Для приближённого нахождения квазирешения дадим более удобную эквивалентную формулировку оптимизационной задачи. Введём новую неизвестную функцию  $w(\vec{x})$  с помощью равенства  $u = we^{\varphi/(2\chi)}$ . Подставляя это выражение в (1), получим следующее уравнение:

$$-\chi \Delta w + (|\nabla \varphi|^2 / (4\chi))w = f \cdot e^{-\varphi/(2\chi)}. \quad (5)$$

Из условий (2) следует, что функция  $w$  должна удовлетворять краевому условию

$$\left( \frac{\partial w}{\partial n} + \sigma w \right) \Big|_{\partial D} = 0, \quad (6)$$

где функция  $\sigma(\vec{x}) > 0$  задана на границе  $\partial D = \Gamma_+ \cup \Gamma_0 \cup \Gamma_-$  области следующим образом:

$$\sigma(\vec{x}) = \begin{cases} \alpha(\vec{x}) / \chi, & \vec{x} \in \Gamma_0; \\ \frac{1}{2\chi} \frac{\partial \varphi}{\partial n}, & \vec{x} \in \Gamma_-; \\ -\frac{1}{2\chi} \frac{\partial \varphi}{\partial n}, & \vec{x} \in \Gamma_+. \end{cases}$$

Оператор  $Lw = -\chi \Delta w + (|\nabla \varphi|^2 / (4\chi))w$ , действующий в пространстве  $L_2(D)$  на достаточно гладкие функции  $w(\vec{x})$ , подчинённые краевым условиям (6), является самосопряжённым и положительно определённым, а поэтому имеет ограниченный обратный оператор, определен-

ный на  $L_2(D)$  (см., например, [7, с. 129]). Отсюда следует, что краевая задача (5), (6) имеет единственное решение, которое можно выразить через функцию Грина оператора  $L$ . Последнее обстоятельство играет существенную роль в дальнейшем.

Если учесть описанное выше преобразование краевой задачи, то получим следующую формулировку оптимизационной задачи

$$g(\bar{x}) = f(\bar{x})e^{-\varphi(\bar{x})/(2\chi)}, \quad \theta_1(\bar{x}) = (m(\bar{x}) - T_0)e^{-\varphi(\bar{x})/(2\chi)}, \quad \theta_2(\bar{x}) = (M(\bar{x}) - T_0)e^{-\varphi(\bar{x})/(2\chi)},$$

а  $G$  – оператор, обратный по отношению к оператору  $L$ . Для задачи (7) тоже можно ставить задачу о нахождении квазирешения  $g_0(\bar{x})$ , при этом квазирешение исходной задачи  $f_0(\bar{x}) = e^{\varphi(\bar{x})/(2\chi)} g_0(\bar{x})$ .

### 3. Конечномерная аппроксимация оптимизационной задачи и её регулярность по функционалу.

Для приближённого нахождения квазирешения построим конечномерную аппроксимацию задачи (7) в виде задачи линейного программирования. Разобьём область  $D$  на  $n$  частей

$$D = \bigcup_{j=1}^n D_j. \quad \text{Определим подпространство}$$

$S_n(D) \subset S(D)$  кусочно-постоянных функций вида  $g(\bar{x}) = g_j, \bar{x} \in D_j (j = 1, 2, \dots, n)$ . Введём в  $S_n(D)$  базис, состоящий из функций  $e_j(\bar{x}) = 1, \bar{x} \in D_j$ , и  $e_j(\bar{x}) = 0, \bar{x} \notin D_j$ . Тогда

$$g(\bar{x}) = \sum_{j=1}^n g_j e_j(\bar{x}). \quad \text{Разбиение области } D \text{ мы}$$

считаем и разбиением области  $\tilde{D} \subseteq D$ , т.е. при некотором натуральном  $p$  справедливо равенство

$$\tilde{D} = \bigcup_{i=1}^p D_i. \quad \text{Рассмотрим на } S(D) \text{ оператор}$$

$Gg$  и обозначим

$$a_{ij} = (mes D_i)^{-1} (Ge_j, e_i), \quad a_i = (mes D_i)^{-1} (\theta_1, e_i), \\ b_i = (mes D_i)^{-1} (\theta_2, e_i),$$

где  $(\cdot, \cdot)$  – скалярное произведение в  $L_2(D)$ . Заменяя класс функций  $S(D)$  подпространством  $S_n(D)$ , умножая скалярно ограничения на базисные функции  $e_i(\bar{x})$ , получаем конечномерную аппроксимацию задачи (7)

$$J_n(f) = \sum_{j=1}^n c_j g_j \rightarrow \min, \tag{8}$$

$$a_i \leq \sum_{j=1}^n a_{ij} g_j \leq b_i, \quad g_i \geq 0 \quad (i = 1, 2, \dots, p).$$

$$J\{g\} = \int_D e^{\varphi(\bar{x})/(2\chi)} g(\bar{x}) dV \rightarrow \min, \\ \theta_2(\bar{x}) \geq Gg(\bar{x}) \geq \theta_1(\bar{x}), \text{ при } \bar{x} \in \tilde{D}; \tag{7} \\ g(\bar{x}) \in L_2(D), g(\bar{x}) \geq 0, \text{ при } \bar{x} \in D,$$

где

$$\text{Здесь } c_j = \int_{D_j} e^{\varphi(\bar{x})/(2\chi)} dV. \text{ Самым трудным}$$

при построении задачи (8) является нахождение матрицы  $a_{ij} = (mes D_i)^{-1} (Ge_j, e_i)$ , поскольку оператор  $G$  явно не задан. Эту матрицу мы и называем *обменной матрицей*. Её определение равносильно нахождению функций  $w_j = Ge_j$ , которые являются решениями уравнений  $-\chi \Delta w + (|\nabla \varphi|^2 / (4\chi)) \cdot w = e_j$  при краевых условиях (6). Вопросу о нахождении обменной матрицы в основном и посвящена настоящая работа.

Задачу (8) обозначим через  $Z_0(n)$ . При неограниченном дроблении области  $D$  получаем последовательность задач линейного программирования, которую мы и называем *конечномерной аппроксимацией* задачи (7). Обозначим через  $(J_n)_{\min}$  минимальное значение целевой функции задачи  $Z_0(n)$ .

**Определение 2.** Конечномерную аппроксимацию назовем *регулярной по функционалу*, если справедливо неравенство

$$\overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} (J_n)_{\min} \leq \gamma,$$

где  $\gamma$  определено перед определением 1.

При наличии регулярности по функционалу решение задачи  $Z_0(n)$  при достаточно малом  $\max_i (diam D_i)$  можно считать приближённым квазирешением исходной задачи. Действительно, после дискретизации система ограничений означает, что неравенства в исходной задаче (7) практически выполнены, т. к. они удовлетворяются в среднем по  $D_i$ . При этом значения  $(J_n)_{\min}$  при достаточно больших  $n$  не превосходят  $\gamma + \varepsilon$ .

В работе [6] доказано, что при  $m \leq 3$  и условиях

$$1) \quad m(\bar{x}) - T_0 \geq \delta_0 > 0; \\ 2) \quad \lim_{n \rightarrow \infty} \max_j (diam D_j) = 0 \tag{9}$$

конечномерная аппроксимация является регулярной по функционалу.

Назовем разбиение области  $D$ , состоящее из подобластей  $D_i$ , дроблением разбиения, состоящего из подобластей  $D_k^*$ , если это разбиение

одновременно является и разбиением каждой области  $D_k^*$ .

**Замечание.** Знание обменной матрицы для некоторого разбиения области  $D$  позволяет определить обменную матрицу для разбиения, по отношению к которому данное разбиение является дроблением. При этом новая обменная матрица может быть найдена по формуле

$$a_{kl}^* = \frac{1}{mes D_k^*} \sum_{D_j \in D_k^*} \sum_{D_i \in D_k^*} (mes D_i) a_{ij}. \quad (10)$$

В дальнейшем мы описываем способ определения обменной матрицы  $(a_{ij})$  для «тонкого» разбиения области  $D$ , а затем с помощью формулы (10) переходим к матрице  $(a_{kl}^*)$ , отвечающей «укрупненному» разбиению, относительно которого решается задача (8).

**4. Определение обменной матрицы и поля скоростей среды. Метод последовательного усреднения**

*Нахождение обменной матрицы.* Предположим, что область  $D$ , имеющая форму параллелепипеда в  $R^m$ , разбита на ячейки, которые мы для простоты считаем одинаковыми множествами: отрезками при  $m=1$ , квадратами при  $m=2$  и

$$0 = \int_{D_j} (-\chi \Delta w - e_j + (|\nabla \varphi|^2 / 4\chi)w) dV_m = -\chi \sum_{k=1}^{2m} \int_{\partial_k D_j} \frac{\partial w}{\partial n} ds - h^m + \int_{D_j} (|\nabla \varphi|^2 / 4\chi)w dV_m. \quad (11)$$

Здесь  $\partial_k D_j$  – граница с  $k$ -ой соседней ячейкой, а  $w$  является решением уравнения  $-\chi \Delta w + (|\nabla \varphi|^2 / (4\chi)) \cdot w = e_j$  при краевых условиях (6). Обозначим через  $\left(\frac{\partial w}{\partial n}\right)_k$  – интегральное среднее по  $k$ -ой грани от  $\frac{\partial w}{\partial n}$ , матричный элемент для внутренней ячейки с источником через  $a_{us}$ , а матричные элементы, отвечающие сосед-

$$-\chi h^{m-1} \sum_{k=1}^{2m} (a^{(k)} - a_{us}) / h - h^m + v_j^2 a_{us} h^m / 4\chi + o(h^m) = 0.$$

Из последнего равенства получим

$$a_{us} = \frac{1}{2m + v^2 h^2 / 4\chi^2} \sum_{k=1}^{2m} a^{(k)} + \frac{h^2}{2m\chi + v^2 h^2 / 4\chi} + o(h^2).$$

Обозначим матричный элемент, для внутренней ячейки, свободной от источника через  $a_{cs}$ . Аналогично предыдущему получим

$$a_{cs} = \frac{1}{2m + v^2 h^2 / 4\chi^2} \sum_{k=1}^{2m} a^{(k)} + o(h^2).$$

Предположим, что ячейка является граничной. Соответствующий матричный элемент обозначим через  $a_c$ . У такой ячейки в зависимости от  $m$ , количество  $s$  граней, примыкающих к гра-

кубами при  $m=3$ . В дальнейшем считается, что ячейки возникают в результате разрезания области точками ( $m=1$ ), двумя семействами параллельных сторонам  $D$  прямых ( $m=2$ ) или тремя аналогичными семействами плоскостей ( $m=3$ ). Ребро ячейки обозначим через  $h$ . Эти ограничения на форму ячеек не обязательны, но сильно упрощают итоговые формулы.

Искомые матричные элементы  $a_{ij} = (mes D_i)^{-1} (Ge_j, e_i)$ . Их определение равносильно нахождению функций  $w_j = Ge_j$ , которые являются решениями уравнений  $-\chi \Delta w + (|\nabla \varphi|^2 / (4\chi)) \cdot w = e_j$  при краевых условиях (6). Зафиксируем  $j$  и выпишем приближенные соотношения между элементами  $j$ -ого столбца матрицы  $a_{ij}$ . Каждый из этих элементов отвечает своей ячейке  $D_i$ . Ячейки разделим на внутренние и граничные. Первые не примыкают к границе, а относительно вторых мы предполагаем, что, по крайней мере, одна из «граней» находится на границе области. Рассмотрим вначале внутреннюю ячейку, в которой находится источник с плотностью  $e_j(\vec{x})$ . К данной ячейке примыкают  $2m$  соседних ячеек, имеющих с ней общие грани. Очевидно, что

ним ячейкам – через  $a^{(k)}$ . Получаем следующую формулу:

$$\left(\frac{\partial w}{\partial n}\right)_k = (a^{(k)} - a_{us}) / h + o(h), \text{ при } h \rightarrow 0.$$

Подставляя последнее выражение в (11) и обозначая значение  $|\nabla \varphi|^2$  в центре выбранной ячейки через  $v^2$ , получим равенство

нице, может быть равно 1, 2, или 3. Для граней, примыкающих к соседним ячейкам, как и раньше, считаем справедливым равенство

$$\left(\frac{\partial w}{\partial n}\right)_k = (a^{(k)} - a_c) / h + o(h),$$

а для  $l$ -ой грани, примыкающей к границе, можно считать выполненным равенство

$$\left(\frac{\partial w}{\partial n}\right)_l = -\sigma_l a_2 + o(h),$$

где  $\sigma_l$  – значение функции  $\sigma(\vec{x})$ , определенной в (4), в центре  $l$ -ой грани.

$$a_{u2} = \frac{1}{(2m-s) + h \sum_{l=1}^s \sigma_l + h^2 v^2 / 4 \chi^2} \sum_{k=1}^{2m-s} a^{(k)} + \frac{h^2}{(2m-s)\chi + h\chi \sum_{l=1}^s \sigma_l + h^2 v^2 / 4 \chi} + o(h^2),$$

а для свободной граничной клетки – выражение:

$$a_{c2} = \frac{1}{(2m-s) + h \sum_{l=1}^s \sigma_l + h^2 v^2 / 4 \chi^2} \sum_{k=1}^{2m-s} a^{(k)} + o(h^2).$$

Отбрасывая члены порядка  $o(h^2)$ , полученные соотношения между элементами  $j$ -го столбца обменной матрицы можно записать в векторно-матричной форме  $\vec{a} = T\vec{a} + \vec{\gamma}$ , где  $T$  – линейный оператор усреднения,  $\vec{\gamma}$  – вектор, определяемый источником. Если сходится матричный ряд

$$I_n + T + T^2 + \dots + T^N + \dots,$$

то можно записать

$$\vec{a} = (I_n - T)^{-1} \vec{\gamma} = \vec{\gamma} + T\vec{\gamma} + T^2\vec{\gamma} + \dots + T^N\vec{\gamma} + T^{N+1}\vec{a}$$

Это равенство показывает, что вектор  $\vec{a}$  можно приближенно заменить вектором

$$\vec{a}_N = \vec{\gamma} + T\vec{\gamma} + T^2\vec{\gamma} + \dots + T^N\vec{\gamma}, \quad (12)$$

причём допускаемая при этом относительная погрешность (измеряемая в специально выбранной норме) не превышает величины  $\|T\|^{N+1}$ , где  $\|T\|$  – операторная норма матрицы  $T$ . Для операторной нормы матрицы  $T$ , при следующем выборе нормы вектора  $\|\vec{a}\| = \max_j |a_j|$ , справедливо

неравенство

$$\|T\| \leq \frac{2m}{2m + v_0^2 h^2 / 4 \chi^2},$$

где  $v_0 = \min_D |\nabla \varphi|$ . Таким образом, обратимость матрицы  $I_n - T$  и сходимость соответствующего матричного ряда гарантированы при условии  $v_0 > 0$ . Разрешимость системы  $\vec{a} = T\vec{a} + \vec{\gamma}$  и сходимость описанного выше алгоритма можно установить и без этого условия. Результаты вычислений показывают быстрое убывание с ростом  $N$  погрешности в приближенной формуле (12).

Метод, сведения задачи к рекуррентной формуле (12), назовем *методом последовательного усреднения*.

Из (11), как и ранее получим для граничной клетки с источником выражение:

Нахождение потенциала поля скоростей среды также можно произвести методом последовательного усреднения. потенциал  $\varphi(\vec{x})$  является решением следующей краевой задачи

$$\Delta \varphi = 0;$$

$$\frac{\partial \varphi}{\partial n} \Big|_{\Gamma_0} = 0, \quad \frac{\partial \varphi}{\partial n} \Big|_{\Gamma_-} = s_1(\vec{x}), \quad \frac{\partial \varphi}{\partial n} \Big|_{\Gamma_+} = -s_2(\vec{x}),$$

где положительные функции  $s_1(\vec{x})$ ,  $s_2(\vec{x})$  считаются известными и удовлетворяющими условию  $\int_{\partial \Gamma_-} s_1(\vec{x}) dS = \int_{\partial \Gamma_+} s_2(\vec{x}) dS$ , которое

означает, что приток среды в область  $D$  равняется величине стока. Эта краевая задача имеет множество решений, отличающихся постоянным слагаемым. Для выделения единственного решения будем считать выполненным еще одно условие  $\int_D \varphi(\vec{x}) dV_m = 0$ .

Пусть разбиение области  $D$  такое же, как и раньше. Среднее значение потенциала поля скоростей среды по ячейке  $D_j$  обозначим

$$\Phi_j = h^{-m} \int_{D_j} \varphi(\vec{x}) dV_m.$$

Далее, как и выше, можно написать

$$0 = \int_{D_j} \Delta \varphi(\vec{x}) dV_m = \sum_{k=1}^{2m} \int_{\partial_k D_j} \frac{\partial \varphi}{\partial n} ds.$$

Пусть  $\left(\frac{\partial \varphi}{\partial n}\right)_k$  – интегральное среднее по  $k$ -ой грани от  $\frac{\partial \varphi}{\partial n}$ .

Рассмотрим вначале внутреннюю ячейку  $D_j$ . Обозначим среднее потенциала для этой ячейки  $\Phi_{je}$ , а средние для соседних ячеек – через  $\Phi_j^{(k)}$ . Можно считать выполненным равенство



$$\left(\frac{\partial \varphi}{\partial n}\right)_k = (\Phi_j^{(k)} - \Phi_{j\sigma})/h + o(h) \text{ при } h \rightarrow 0.$$

Таким образом,

$$\Phi_{j\sigma} = \frac{1}{2m} \sum_{k=1}^{2m} \Phi_j^{(k)} + o(h^2).$$

Для граничной ячейки среднее потенциала обозначим  $\Phi_{j\sigma}$ . Обозначим количество граней, примыкающих к границе области, через  $t_j$ , а количества граней, примыкающих к частям  $\Gamma_-$ ,  $\Gamma_+$ , соответственно через  $t_{1j}, t_{2j}$ . Принимая во внимание (6), получим для ячейки, примыкающей к  $\Gamma_-$  или  $\Gamma_+$ ,

$$\Phi_{j\sigma} = \frac{1}{2m-t_j} \sum_{k=1}^{2m-t_j} \Phi_j^{(k)} + \left( \sum_{l=1}^{t_j} s_{1l}^{(j)} - \sum_{l=1}^{t_j} s_{2l}^{(j)} \right) h + o(h^2).$$

Здесь  $s_{1l}^{(j)}, s_{2l}^{(j)}$  – средние величины плотностей входящего и выходящего потоков среды по  $l$ -ой грани ячейки с номером  $j$ .

Для ячейки, примыкающей к  $\Gamma_0$ , справедливо равенство

$$\Phi_{j\sigma} = \frac{1}{2m-t_j} \sum_{k=1}^{2m-t_j} \Phi_j^{(k)} + o(h^2).$$

Отбрасывая погрешность аппроксимации  $o(h^2)$ , получим векторно-матричное уравнение

$$(I_n - T)\vec{\Phi} = \vec{S}, \quad (13)$$

где  $T$  – линейный оператор усреднения, определяемый равенством

$$(T\vec{\Phi})_j = \frac{1}{2m-t_j} \sum_{k=1}^{2m-t_j} \Phi_j^{(k)},$$

в котором предполагается, что для внутренней ячейки  $t_j = 0$ . Компоненты вектора  $\vec{S}$  сопоставляются ячейкам и отличны от нуля только для ячеек, примыкающих к  $\Gamma_-$  или  $\Gamma_+$ , причем для этих ячеек

$$(\vec{S})_j = \left( \sum_{l=1}^{t_j} s_{1l}^{(j)} - \sum_{l=1}^{t_j} s_{2l}^{(j)} \right) h.$$

Отметим, что матрица  $I_n - T$  является вырожденной, поскольку для вектора  $\vec{C}$  с одинаковыми координатами  $(I_n - T)\vec{C} = \vec{0}$ . Поэтому при произвольном векторе  $\vec{S}$  система (13) не имеет единственного решения. Отметим также,

что  $\sum_{j=1}^n (\vec{S})_j = 0$ . Если принять во внимание

условие  $\int_D \varphi(\vec{x}) dV_m = 0$ , то мы должны разыс-

кивать решение системы (13) в подпространстве векторов  $\vec{\Phi}$ , удовлетворяющих условию

$$\sum_{j=1}^n (\vec{\Phi})_j = 0,$$

а в этом подпространстве существует единственное решение. Хотя это подпространство не является инвариантным для оператора  $T$ , можно показать, что итерационный процесс

$$(\vec{\Phi})^{(N)} = \vec{S} + \sum_{k=1}^N T^k \vec{S}$$

сходится к решению системы (13).

### 5. Численная реализация алгоритмов. Результаты вычислительных экспериментов.

Для численного решения рассмотренной задачи создан программный комплекс HeatCore, написанный на языках C#/C++. Имеется возможность решения как двумерных, так и трёхмерных задач с возможностью задания физических характеристик среды, параметров сеток и количества источников тепла. Краевые условия и функции  $m(\vec{x}), M(\vec{x})$  задаются в виде скриптов на языке C#. Визуализация результатов расчёта: положение и мощность источников, поле скоростей, температурное поле осуществляется с помощью графического модуля, использующего OpenGL. Задача линейного программирования решается классическим симплекс-методом с использованием искусственного базиса. HeatCore использует равномерные сетки и позволяет решать задачу оптимизации распределения источников тепла для простых областей: квадрат ( $m=2$ ) и параллелепипед ( $m=3$ ). Для решения дифференциальных уравнений, кроме приведённого метода последовательного усреднения, так же реализован набор конечно-объёмных схем и методов решения разрежённых СЛАУ.

На рис. 1 приведена блок-схема алгоритма решения  $m$ -мерной задачи для движущейся среды с использованием метода последовательного усреднения для нахождения обменной матрицы. На рис. 2 приведены графики стабилизации значений  $(J_n)_{\min}$  с ростом  $n$ , полученные в результате численных экспериментов в трёхмерном случае, соответственно для неподвижной и движущейся сред с различными значениями коэффициента температуропроводности  $\chi$ .

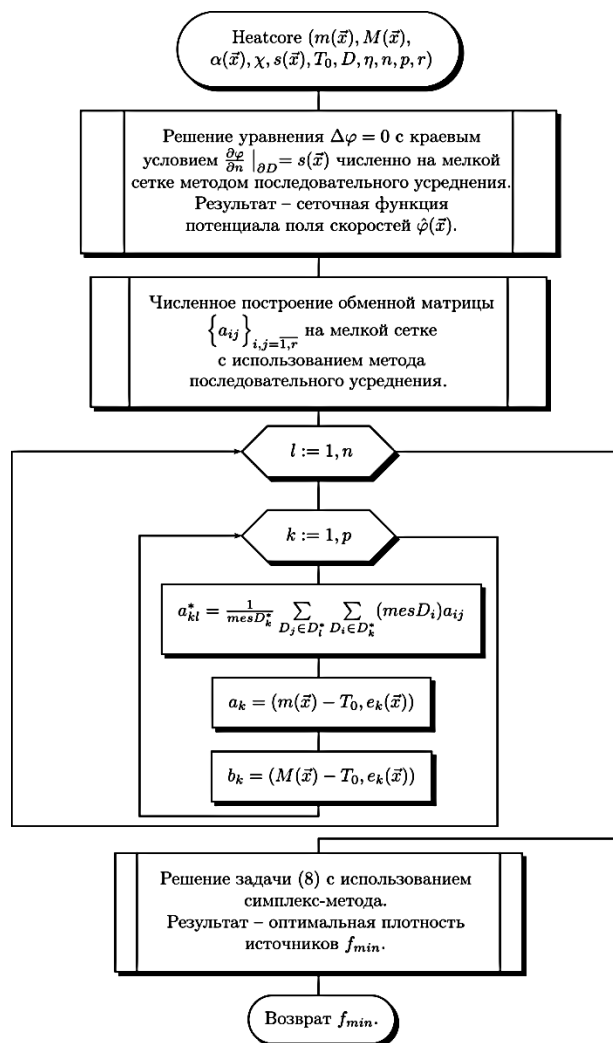


Рис. 1. Блок-схема алгоритма решения  $m$ -мерной задачи

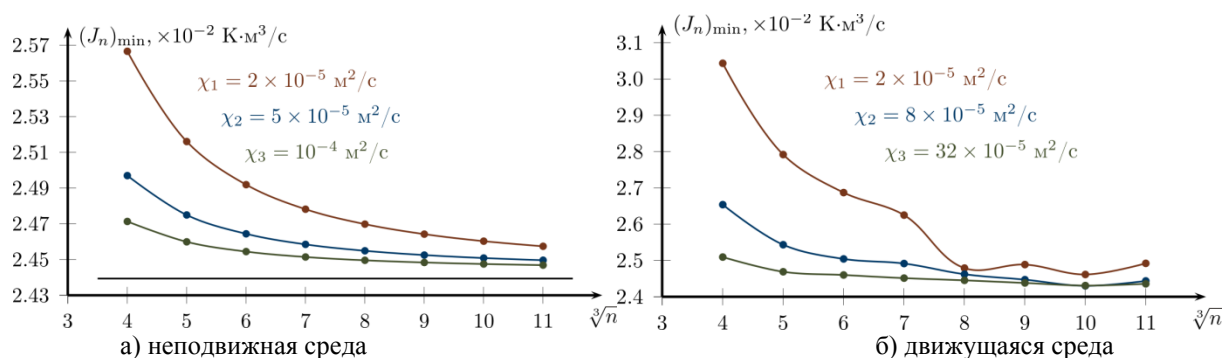


Рис. 2. Зависимость значения  $(J_n)_{\min}$  от  $n$

На рис. 3 приведён результат численного эксперимента для 3-мерной области  $D$  размером  $5 \times 4 \times 3$  м с принудительным источником холода. В качестве вещества, заполняющего область, был выбран воздух с коэффициентом теплопроводности  $\chi = 0,0244$  Вт/(м·К), плотностью  $\rho = 1,293$  кг/м<sup>3</sup> и удельной теплоёмкостью  $c = 1005$  Дж/(кг·К) (расчёт произведён в системе СИ).

Границы области выполнены из кирпича с коэффициентом теплопроводности  $0,5$  Вт/(м·К) толщиной  $30$  см. В правую грань области входит вещество со скоростью  $s(x,y,z) = 10^{-4}$  м/с ( $\Gamma_+$  имеет площадь  $2$  м<sup>2</sup>). Симметрично с левой стороны имеется участок стока  $\Gamma_-$  такой же площади с такой же скоростью вещества  $s(x,y,z) = -10^{-4}$

м/с. Минимальный и максимальный профили температур заданы функциями  $m(x,y,z) = 290$  К,  $M(x,y,z) = 320$  К, температура внешней среды  $T_0$

$= 260$  К. Область контроля занимает всю область за исключением границы  $\tilde{D} = D - \partial D$ .

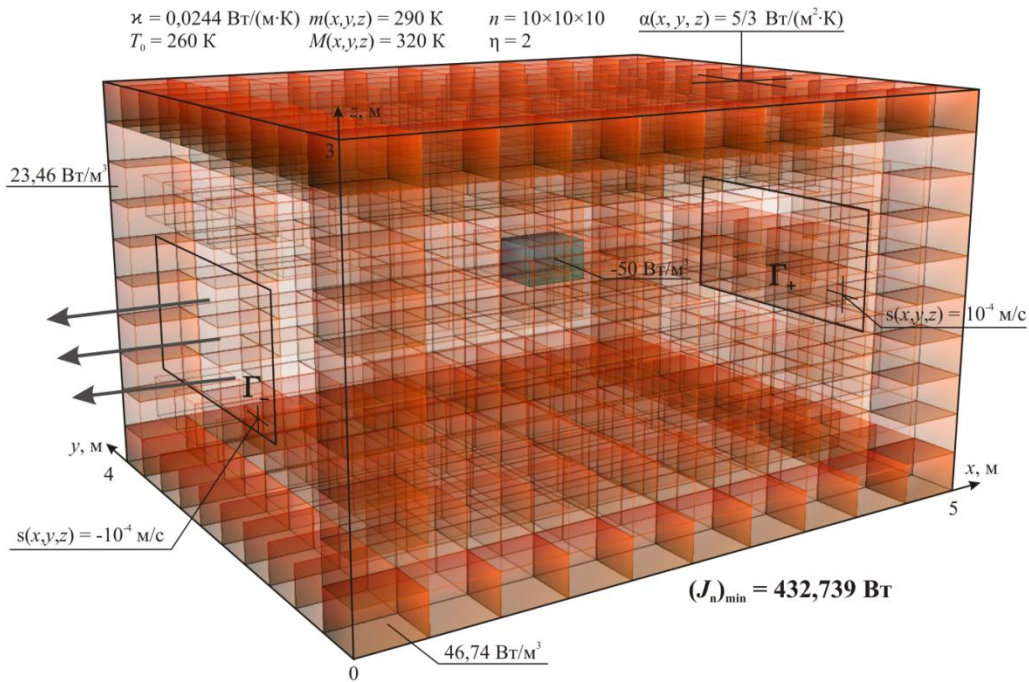


Рис. 3. Оптимальное расположение плотности источников тепла внутри параллелепипеда.

Разноцветными объёмами показана искомая оптимальная плотность источников тепла (красные) и сток (синий). Менее прозрачные объёмы соответствуют более мощным источникам. Источники распределяются вблизи места входа вещества  $\Gamma_+$ , границы, а также около стока, таким образом его нейтрализуя. Суммарная интенсивность источников в системе СИ имеет значение  $(J_n)_{\min} = 432,739$  Вт.

Для проверки эффективности был проведён следующий эксперимент. Было взято некоторое случайное распределение источников (рис. 4а) и решена прямая задача теплопроводности для той же самой области (рис. 3), но без стока тепла. Параметры среды были взяты следующие:

$\chi(x,y,z) = 2,216 \times 10^{-5}$  м²/с,  $\alpha(x,y,z) = 1,7 \times 10^{-6}$  м/с. На дальней плоскости имеется окно с большим значением  $\alpha(x,y,z) = 3,4 \times 10^{-5}$  м/с. В результате было получено, что случайное распределение источников нагревает область контроля в диапазоне температур 292,8-364,8 К. Затем была решена прямая задача с  $m(x,y,z) = 292,8$  К и  $M(x,y,z) = 364,8$  К при  $(x,y,z) \subseteq \tilde{D}$ . В итоге получилось, что случайное распределение (рис. 4б) имеет суммарную интенсивность  $0,02687$  К·м³/с, а оптимальное –  $0,01476$  К·м³/с. Сэкономленная мощность при этом составляет около 45 %.

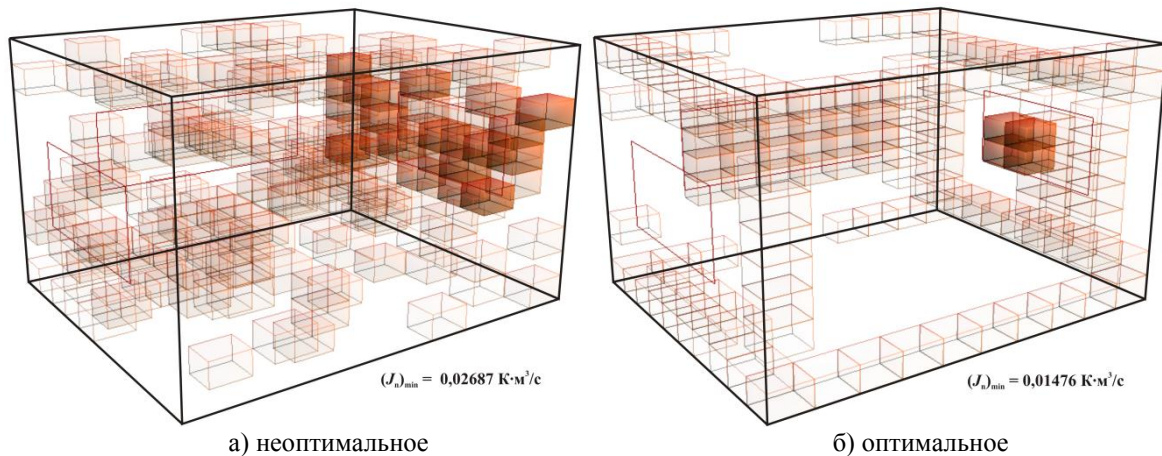


Рис. 4. Расположение источников в параллелепипеде

**6. Заключение.** Для достаточно точного вычисления обменной матрицы требуется численно решать семейство краевых задач с использованием тонких сеток. Авторы так и поступали в работах [4]–[6]. Однако с ростом  $n$  в конечномерной аппроксимации  $Z_0(n)$  количество этих краевых задач, равное количеству ячеек  $D_i$ , становится большим, особенно в трехмерном случае. Это может приводить к невозможности завершить вычисления за разумное время. Поскольку величина  $n$  заранее не известна, возникает потребность в менее затратном способе нахождения обменной матрицы, который позволил бы производить надежные численные эксперименты. Метод последовательного усреднения и является таким способом. Численные эксперименты показывают, что при относительно большом значении отношения  $\chi/\alpha$  последовательность  $(J_n)_{\min}$  с ростом  $n$  сравнительно быстро стабилизируется вблизи  $\gamma$  и можно обойтись небольшим значением  $n$ . С уменьшением величины  $\chi/\alpha$  скорость стабилизации этой последовательности снижается. Поэтому нахождение квазирешения в широком диапазоне значений параметров модели может потребовать использования аппроксимации  $Z_0(n)$  с большим значением  $n$ . При этом далее приходится решать задачу линейного программирования с  $n$  переменными, что тоже может привести к значительным затратам машинного времени.

Отметим, что при одних и тех же параметрах модели результаты численных эксперимен-

тов, произведенных с помощью решения семейства краевых задач и с использованием метода последовательного усреднения практически совпадают.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лионс Ж.-Л. Оптимальное управление системами, описываемыми уравнениями с частными производными. М.: Мир, 1972, 412 с.
2. Федоренко Р.П. Приближенное решение задач оптимального управления. М.: Наука, 1978, 497 с.
3. Алифанов О.М. Обратные задачи теплообмена. М.: Машиностроение, 1988, 280 с.
4. Брусенцев А.Г., Осипов О.В. Приближенное решение задачи об оптимальном выборе источников тепла // Научные ведомости БелГУ. Математика. Физика. №5 (124). Выпуск 26. Белгород, 2012. С.60-69.
5. Осипов О.В. Оптимальное расположение источников тепла в неоднородной среде // Вестник Белгородского государственного технологического университета имени В.Г. Шухова. №1. 2013. С.154-158.
6. Брусенцев А.Г., Осипов О.В. Оптимальный выбор источников тепла при наличии конвекции // Научные ведомости БелГУ. Математика. Физика. №26 (169). Выпуск 33. Белгород, 2013. С.64-82.
7. Михлин С.Г. Вариационные методы в математической физике. М.: Наука, 1970.

**Brusentsev A.G., Osipov O.V.**

### NUMERICAL CALCULATION OF THE EXCHANGE MATRIX WHEN SOLVING THE PROBLEM OF OPTIMIZATION OF DISTRIBUTION HEAT SOURCES

*Describes a method for finding an optimal density of heat sources in a moving environment within the region in a state of steady-state thermal balance with the environment. The obtained sources have minimum total intensity and provide an acceptable temperature distribution within the region. Construct finite-dimensional approximations of the problem, have the special property of the regularity of the functional. This property allows you to numerically find quasisolution original problem. Algorithms discussed its approximate location, as well as the results of computational experiments conducted with a specially crafted software package HeatCore.*

**Key words:** *density heat sources, the inverse heat conduction problem, the optimal control problem for elliptic boundary value problems, finite-dimensional approximation, convection, heat balance, the simplex method.*

**Брусенцев Александр Григорьевич**, доктор физико-математических наук, профессор кафедры программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: brusentsev@mail.ru

**Осипов Олег Васильевич**, кандидат физико-математических наук, старший преподаватель кафедры программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: ov.osipov@gmail.com

Лукашенко В.В., аспирант  
Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина

## РАЗРАБОТКА МЕТОДА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ПОСТРОЕНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ КЛАСТЕРА НА НЕЙРОКОМПЬЮТЕРАХ

v.lukashenko@nstlabs.net

В статье предлагается решение задачи поиска элементарных фрагментов программ, и построения итоговой вычислительной структуры кластера. Метод представлен с позиции теории искусственных нейронных сетей. Фрагменты задач представляются во внутренней форме представления программ – постфиксной Польской форме. В зависимости от того, каким образом фрагментам требуются данные, выстраивается итоговая вычислительная структура кластера одного из типов: векторная, конвейерная, векторно-конвейерная, конвейерно-векторная, матричная.

**Ключевые слова:** кластеризация, нейрокомпьютерные технологии, распределенные вычисления, нейровычисления, распределенные нейровычисления.

В современном научном и производственном мире остро стоят проблемы существенной недостаточности вычислительных ресурсов для решения ряда задач. Устоявшимся решением данной проблемы является использование параллельных или распределенных вычислений.

В основе любых систем распределенных вычислений лежит модель вычислений. Модель вычислений связывает между собой архитектуру и модель программирования в распределенных системах, а также отражает взаимодействие процессов. Но на текущее время для классифицированных технологий распределенных вычислений универсальных моделей не построено. Это объясняется тем, что модели вычислений крайне зависимы от выбора архитектуры распределенной системы, и при выборе нестандартной архитектуры для решения специфических задач необходимо также решать задачу построения модели вычислений.

В работе [1] был предложен алгоритм выбора структуры обработки информации, который является неотъемлемой частью модели вычислений распределенного вычислительного кластера с нейрокомпьютерной архитектурой. В нейрокомпьютерных системах обработка информации производится в специализированных вычислительных структурах: векторных, конвейерных, векторно-конвейерных, конвейерно-векторных, матричных[2]. Нами был предложен вариант перенесения принципа обработки информации с нейрокомпьютерной системы на нейрокластерную.

Основной задачей данной статьи является поиск элементарных фрагментов программ, и построения итоговой вычислительной структуры кластера на нейрокомпьютерах. Решение этой задачи осложнено неопределенностью условий. Так, например, в одном и том же отрезке программного кода, выделенного в результате разбиения задач на подзадачи, данные

могут требоваться лишь части переменных на разных итерациях вычисления.

Задачи с подобными неопределенными условиями рассматриваются и с успехом решаются в теории нейронных сетей[2]. Алгоритм выбора вычислительной структуры распределенного кластера примет вид искусственной нейронной сети.

Для разработки искусственной нейронной сети необходимо рассмотреть исчерпывающее множество событий. *Исчерпывающее множество событий (ИМС)* – совокупность событий, высказывания о которых покрывает весь возможный смысловой диапазон проявления объекта высказывания. Каждая допустимая ситуация характеризуется тем, что значение ИСТИНА – 1 может принимать единственное высказывание из этой совокупности, значение 0 могут принимать все высказывания [2].

Исчерпывающее множество событий рассматриваемой задачи состоит из:

- числа классов эквивалентности  $L$ .
- Порядков классов  $|a_i|=1$ .
- Ситуаций, когда данные между фрагментами в классах передаются последовательно.
- Ситуаций, когда данные передаются одновременно для всех фрагментов классов.
- Ситуаций, когда данные между фрагментами в классах передаются последовательно с редким исключением фрагментов  $l$ -го класса.
- Ситуаций, когда данные между фрагментами в классах передаются последовательно, кроме  $l$ -го, а  $l$ -му классу, в свою очередь, данные передаются одновременно.
- Ситуаций, когда данные передаются одновременно для всех фрагментов классов, данные между фрагментами  $l$ -го класса передаются последовательно.

Различные комбинации этих утверждений образуют ИМС.

Дадим каждому утверждению условное обозначение:  $A, B_i, i = 1, L, C_1, C_2, C_3, C_4, C_5$  по порядку соответственно.

Таким образом, искусственная нейронная сеть примет вид (рис. 1), где векторная, конвей-

ерная, векторно-конвейерная, конвейерно-векторная, матричная – вычислительные структуры распределенного вычислительного кластера.

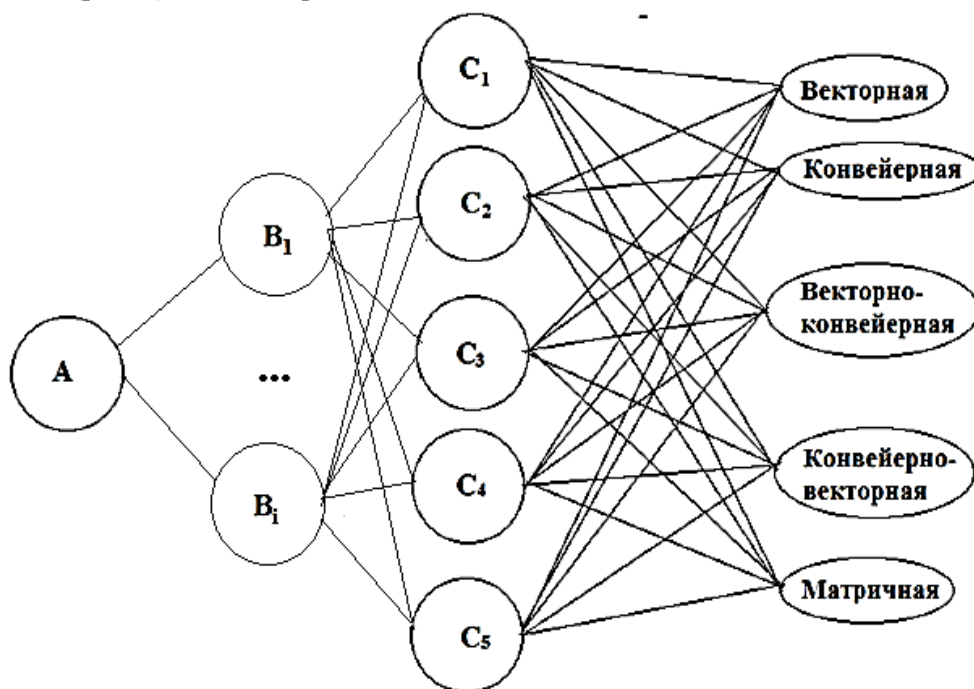


Рис. 1. Схема искусственной нейронной сети, описывающая все ИМС

Схема, представленная на рисунке 1, описывает все исчерпывающее множество событий. Следующим шагом станет обучение этой сети эталонным набором утверждений, которые справедливы для описания всех вариаций существующих разбиений алгоритмов:

1. Если число классов эквивалентности равно  $L$ , и порядок каждого  $|a_l| = 1$ , и

- обмен данными между фрагментами в классах осуществляется последовательно, - то «конвейерная структура»;

- информация требуется одновременно всем фрагментам классов, то – «векторная структура» [2].

2. Если число классов эквивалентности  $L$  равно единице и порядок каждого класса  $|a_l|$  равен  $l$ , и

- обмен данными между фрагментами в классах осуществляется последовательно, то – «конвейерная структура»;

- информация требуется одновременно всем фрагментам классов, то – «векторная структура» [2].

3. Если число классов эквивалентности  $L$ , и порядок каждого  $|a_l| = 1$ , и

- обмен данными между фрагментами в классах осуществляется последовательно, то – «конвейерная структура»;

- обмен данными между фрагментами в классах осуществляется последовательно с небольшим исключением фрагментов  $l$ -го класса, то – «конвейерная структура»;

- обмен данными между фрагментами в классах, кроме  $l$ -го, осуществляется последовательно, а  $l$ -му классу информация требуется одновременно, то – «конвейерно-векторная структура»;

- фрагменты обмениваются информацией последовательно, однако в некоторых классах информация требуется одновременно, то – «конвейерно-векторная структура» [2].

4. Если порядок каждого класса равен числу классов эквивалентности  $L$ , то – «матричная структура»;

- информация сразу требуется фрагментам всех классов, но в некоторых классах требуется последовательный обмен, то – «векторно-конвейерная структура»;

- информация требуется одновременно фрагментам всех классов, но фрагменты  $l$ -го класса обмениваются последовательно, то – «векторно-конвейерная структура»;

- информация требуется одновременно фрагментам всех классов, кроме некоторых фрагментов  $l$ -го класса, то – «векторно-конвейерная структура»;

- информация требуется одновременно всем фрагментам классов, то – «векторная структура»[2].

Затем необходимо подобрать функцию активации нейронов для каждого слоя, которая адекватно поможет обучить сеть подбором весов.

Из всего многообразия функций активации нейронов каждого слоя, наиболее подходящей является пороговая функция активации.

$$V = \sum_j \omega_j V_j \quad (1)$$

$$V = \begin{cases} V, & V > h \\ 0 & \end{cases},$$

где  $\omega_j$  – синаптический вес входа или вес связи, по которой передается возбуждение от нейрона к нейрону.

Следующим шагом после выбора функции активации нейронов станет обучение нейронной сети методом трассировки. Задачей обучения является выбор единичных весов некоторых связей и нулевых весов других связей так, чтобы в соответствии с функциональным назначением сети сложились отношения «посылка — следствие», подобные тем, которые были созданы выше при построении ИМС. Для достижения требуемого результата необходимо использовать матрицы следования, отображающие как взаимодействие нейронов, так и веса синоптических связей.

Матрица следования для ИМС примет вид (2), где  $V, K, VK, KV, M$  – специально введенные условные обозначения для вычислительных структур: векторной, конвейерной, векторно-конвейерной, конвейерно-векторной и матричной соответственно.

$A$	_	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$B_1$	0	_	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
...	...	...	_	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
$B_i$	0	0	0	_	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$C_1$	0	0	0	0	_	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$C_2$	0	0	0	0	0	_	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$C_3$	0	0	0	0	0	0	_	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$C_4$	0	0	0	0	0	0	0	_	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$C_5$	0	0	0	0	0	0	0	0	_	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$V$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	_	0	0	0	0	0	0	0	0
$K$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	_	0	0	0	0	0	0	0
$VK$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	_	0	0	0	0	0	0
$KV$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	_	0	0	0	0	0
$M$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	_

После обучения – подбора весовых коэффициентов матрица следования для минимизированной ИМС примет вид. (3).

$A$	_	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$B_1$	1	_	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
...	...	...	_	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
$B_i$	1	0	0	_	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$C_1$	0	1	0	1	_	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$C_2$	0	1	0	1	0	_	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$C_3$	0	1	0	0	0	0	_	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$C_4$	0	1	0	0	0	0	0	_	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$C_5$	0	0	0	1	0	0	0	0	_	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$V$	0	0	0	0	1	1	1	0	0	_	0	0	0	0	0	0	0	0
$K$	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	_	0	0	0	0	0	0	0
$VK$	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	_	0	0	0	0	0	0
$KV$	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	_	0	0	0	0	0
$M$	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	_

Таким образом, в результате обучения нейронной сети для каждого случая значение функции (1) получается максимальным, из чего можно предположить, что обучение прошло успешно.

Прежде чем начать тестирование работы полученной нейронной сети следует отметить, что для достижения универсальности обработки результатов, необходимо представить их в универсальной форме. Все задачи поставляются в

вычислительный кластер в виде программного кода, а для его представления необходим транслятор для перевода его в машинно-понятную форму, что говорит о жесткой привязке к языку программного кода. Одной из распространенных универсальных форм представления программ является постфиксная польская форма представления программ. Для представления программных конструкций типа цикл, условие и т.д., разработана расширенная постфиксная польская форма [3,6]. Именно в такой промежуточной форме и подается на вход искусственной нейронной сети исходный код программы. В работе используется стандартный алгоритм приведения программного кода в постфиксную Польскую форму. На вход подается программный код, а на выходе получается очередь из операторов и операндов. Полученная очередь подается на вход искусственной нейронной сети.

Опробуем нейронную сеть на реальном примере.

Пример 1.

Пусть есть отрывок исходного программного кода:

```
A=1;
B=2;
C=3;
D=C;
X=A+B;
Y=C+D;
Return x+y;
```

В обратной польской записи выражение примет вид:

$A1=B2=C3=DC=AB+X=CD+Y=XY+\$BR$ .

Деление на минимальные атомарные операции приведет к следующему виду:

1. A1=
2. B2=
3. C3=
4. DC=
5. AB+
6. X=
7. CD+
8. Y=
9. XY+
10. \$BR

Безусловно, можно сократить некоторые бессмысленные операции, в частности операции присваивания и возвращения результата.

1. A1=
2. B2=
3. C3=
4. DC=

5. AB+X=

6. CD+Y=

7. XY+\$BR

Рассуждая по приведенному выше алгоритму получаем, что:

1. Число классов эквивалентности равно единице, и порядок каждого класса равен единице, а информация передается независимо (т.е. параллельно) для случаев A1=, B2=, C3=.

2. Случай DC= выпадает из данного рассуждения, поскольку он не может выполняться параллельно со всеми, т.к. пока не будет инициализировано значение C, не будет и инициализировано значение D. Таким образом DC= информация требуется последовательно. По первым результатам видно, что образуется векторно-конвейерная структура.

3. Далее случаи AB+X= и CD+Y= не могут быть инициализированы до тех пор пока не инициализированы все переменные используемые в этих выражениях. Значит они выполняются последовательно, но относительно друг друга они могут выполняться параллельно.

4. И последнее выражение XY+\$BR выполняется последовательно после инициализации переменных X и Y.

Таким образом для каждого случая получаем максимально значение функции  $V = \sum_j \omega_j V_j$ :

1.  $V = 3, \omega_i = 1$  Векторная
2.  $V = 3, \omega_i = 1$  Векторная
3.  $V = 3, \omega_i = 1$  Векторная
4.  $V = 5, \omega_i = 1$  Конвейерная
5.  $V = 5, \omega_i = 1$  Конвейерная
6.  $V = 5, \omega_i = 1$  Конвейерная
7.  $V = 5, \omega_i = 1$  Конвейерная

A в целом конвейерно-векторная, как показано на рис. 4.

Таким образом, в статье рассмотрен метод поиска элементарных фрагментов программ, и построения итоговой вычислительной структуры кластера на нейрокомпьютерах. Метод представлен с позиции теории искусственных нейронных сетей. Фрагменты задач представляются во внутренней форме представления программ – постфиксной Польской форме. В зависимости от того, каким образом фрагментам требуются данные, выстраивается итоговая вычислительная структура кластера одного из типов: векторная, конвейерная, векторно-конвейерная, конвейерно-векторная, матричная.



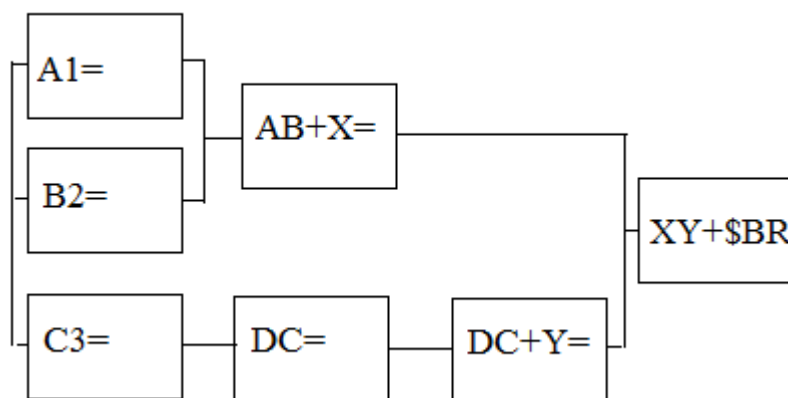


Рис. 4. Результат работы нейронной сети - вычислительная структура для данного отрезка кода

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ручкин В.Н., Романчук В.А., Фулин В.А., Лукашенко В.В. Разработка алгоритма выбора вычислительной структуры распределенного кластера с нейрокомпьютерной архитектурой // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2015. № 9. С. 236–244.
2. Галушкин А.И. Нейронные сети: основы теории М.: «Горячая линия Телеком», 2010.
3. Топорков В.В. Модели распределенных вычислений. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. 320 с.
4. Лукашенко В.В. Анализ основных вопросов классификаций распределенных вычислительных систем // Современная техника и технологии. 2015. № 4 (44). С. 65–69.
5. Бурцев В. С. Параллелизм вычислительных процессов и развитие архитектуры супер ЭВМ. М.: ИВВС РАН, 1997. 152 с.
6. Воеводин В. В., Воеводин Вл. В. Параллельные вычисления. СПб.: БХВ-Петербург, 2002. 608 с.
7. Корнеев В. В. Параллельные вычислительные системы. М.: Нолидж, 1999. 320 с.
8. Лацис А. Как построить и использовать суперкомпьютер. М.: Бестселлер, 2003. 240 с.
9. Таненбаум Э. Архитектура компьютера. СПб.: Питер, 2002. 704 с.
10. Buyya Ed. R. High performance cluster computing // Architectures and systems. Programming and applications. New Jersey: PrenticeHall PTR, 1999. 354 с.

**Lukashenko V.V.**

### DEVELOPMENT OF METHOD OF CONSTRUCTION OF COMPUTER SOLUTION OF CLUSTER STRUCTURE FOR NEURO-COMPUTERS

*The paper proposes a solution to the elementary fragment program scan tasks, and build the final structure of the computing cluster. The method is presented from the perspective of artificial neural network theory. Fragments of problems presented in the internal form of program presentation - Polish postfix form. Depending on how the fragments of data are required, the total computing cluster built the structure of one of the types: vector, pipelining, vector-conveyor, conveyor-vector, matrix.*

**Key words:** clustering, neurocomputing technology, distributed computing, neurocomputational distributed neurocomputational.

**Лукашенко Владислав Владиславович**, аспирант.  
Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина.  
Адрес: Россия, 390000, Рязань, ул. Свободы, д. 46.  
E-mail: v.lukashenko@nstlabs.net

Латкин М.А., д-р техн. наук, проф.,  
Степанова М.Н., канд. техн. наук,  
Васюткина Д.И., ассистент

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ОЦЕНИВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО КОМПЕНСАЦИИ ПОТЕРЬ В СЛУЧАЕ АВАРИИ НА ПРЕДПРИЯТИИ\*

latkin.69@mail.ru

*Рассмотрена проблема оценивания эффективности мероприятий по компенсации потерь в случае аварии на предприятии. Для каждого техногенного риска предприятия можно разработать несколько различных мероприятий по реагированию, при выборе которых следует учитывать привлечение дополнительных финансовых и материальных ресурсов на снижение уровня негативного воздействия рисков или на ликвидацию последствий наступивших рисков. Предложены критерии определения экономической эффективности мероприятий по самострахованию и страхованию техногенных рисков предприятия, которые учитывают компенсированные потери и возможные остаточные потери в случае наступления аварии, а также соответствующие затраты при осуществлении принятых мероприятий реагирования на риски.*

**Ключевые слова:** управление рисками, техногенные риски предприятия, реагирование на риски, эффективность мероприятий по компенсации потерь.

**Введение.** В деятельности любого предприятия всегда присутствуют риски, которые обусловлены неопределенностью и неполнотой исходной информации при принятии управленческих решений, вероятностным характером будущих событий, возможными изменениями внутренней и внешней среды предприятия. Обычно под рисками предприятия понимают возможные неблагоприятные для него события, наступление которых приводит к материальным, финансовым, социально-экономическим и другим потерям [1–3].

Традиционно, управление рисками на опасных производственных объектах связывают с соблюдением требований охраны труда, промышленной и пожарной безопасностью, предупреждением и ликвидацией чрезвычайных ситуаций [4–6]. При этом основным опасным событием считают аварию, в результате которой происходят пожары, взрывы и гибель персонала предприятия [7–9]. Таким образом, на производственном объекте в первую очередь необходимо провести мероприятия по снижению уровня негативного воздействия рисков, которые направлены на уменьшение вероятности наступления аварии или на уменьшение масштаба возможных потерь.

Для обеспечения устойчивого функционирования предприятия необходимо заранее выявить возможные неблагоприятные события и обязательно реагировать на существенные риски предприятия [10–12]. В риск-менеджменте выделяют следующие основные методы реагирования на риски предприятия [13, 14]:

- снижение рисков;
- распределение рисков;
- самострахование рисков;

- страхование рисков.

Для каждого риска предприятия можно разработать несколько различных мероприятий по реагированию, при выборе которых необходимо учитывать организацию финансирования рисков. Проведение мероприятий по снижению уровня негативного воздействия рисков или ликвидации последствий наступивших рисков приводит к дополнительным затратам и к уменьшению прибыли предприятия за отчетный период. Однако принятые мероприятия по реагированию на риски обеспечивают устойчивое функционирование предприятия, тем самым повышают конкурентоспособность и эффективность его деятельности.

Таким образом, перед руководством предприятия возникает проблема, связанная с разработкой и выбором эффективных мероприятий по реагированию на риски, с принятием решений о привлечении дополнительных денежных средств на компенсацию потерь в случае наступления рисков предприятия.

**Методология.** В данной работе использована методология управления рисками, которая представляет собой совокупность методов структурирования, анализа и оценки рисков, реагирования на риски, объединенных в систему планирования, мониторинга и корректирующих воздействий. Основная цель создания на предприятии системы управления рисками – повышение конкурентоспособности и эффективности деятельности предприятия за счет внедрения хорошо формализованных процессов управления рисками, накопления опыта лучших практик, разработки методик выполнения стандартных процедур.

**Основная часть.** Под техногенными рисками предприятия будем понимать возможные неблагоприятные для предприятия события при осуществлении производственной деятельности, наступление которых приводит к аварии, материальным, социально-экономическим и другим потерям. Полные потери в случае наступления аварий на опасных производственных объектах можно рассчитать следующим образом [15]:

$$P_a = P_{п.п} + P_{л.а} + P_{сэ} + P_{н.в} + P_{экол} + P_{в.т.р}, \quad (1)$$

где:  $P_{п.п}$  – прямые потери предприятия в результате уничтожения основных фондов и товарно-материальных ценностей;  $P_{л.а}$  – затраты, связанные с локализацией последствий и расследованием аварии, которые при предварительном оценивании можно принять в размере 10 % от величины прямых потерь предприятия;  $P_{сэ}$  – социально-экономические потери, которые представляют собой затраты, связанные с гибелью и травматизмом персонала предприятия;  $P_{н.в}$  – косвенные потери, то есть затраты, связанные с простоями оборудования и персонала, с недополученной прибылью, с уплатой различных неустоек и штрафов;  $P_{экол}$  – экологические потери, то есть нанесение ущерба окружающей среде;  $P_{в.т.р}$  – потери от выбытия трудовых ресурсов в результате гибели работников предприятия.

Внедрение на предприятии процесса управления рисками приводит к следующим издержкам:

$$Z_{risk} = Z_{pred} + Z_{likv} + Z_{adm}, \quad (2)$$

где:  $Z_{pred}$  – предварительные затраты на проведение мероприятий по снижению уровня рисков, формирование резервных фондов самострахования рисков, уплату взносов страховым компаниям, выплату премий предприятиям партнерам, принявшим ответственность за определенные риски;  $Z_{likv}$  – дополнительные затраты на ликвидацию негативных последствий рисков в случае их наступления;  $Z_{adm}$  – текущие административные затраты на управление рисками.

При разработке возможных решений по реагированию на риски предприятия с учетом экономической эффективности мероприятий реагирования будем использовать следующее ограничение:

$$C_{mr.j} < U_{max.j}, \quad (3)$$

где  $C_{mr.j}$  – затраты на проведение мероприятия по реагированию на  $j$ -й риск;  $U_{max.j}$  – макси-

мальные потери в случае наступления  $j$ -го риска.

Для соблюдения установленных норм промышленной безопасности и уменьшения общей опасности предприятия для населения и окружающей среды обязательно проводят превентивные мероприятия по снижению уровня негативного воздействия рисков, который не должен быть выше допустимого исходя из существующих социально-экономических условий. Принятые мероприятия по снижению техногенных рисков предприятия не позволяют полностью устранить возможность наступления неблагоприятных событий и ожидаемые потери в случае наступления аварии. Поэтому следует предусмотреть применение других методов реагирования на техногенные риски предприятия, которые направлены на компенсацию потерь в случае наступления аварии. К таким мероприятиям, среди существующих методов реагирования на риски предприятия, относят самострахование и страхование рисков.

При оценивании эффективности мероприятий по компенсации потерь в случае наступления аварии необходимо определить затраты на проведение соответствующих мероприятий реагирования на техногенные риски предприятия. Применение самострахования техногенных рисков предусматривает создание на предприятии специального резервного фонда для компенсации потерь в случае наступления аварии. Величину отчислений в такой резерв регулируют внутренние документы предприятия, законодательные и нормативные акты. Денежные средства, выделенные на создание резервного фонда самострахования рисков, предприятие может разместить в банках в виде краткосрочных депозитных вкладов. Тогда затраты на проведение мероприятий по самострахованию техногенных рисков предприятия можно определить следующим образом:

$$C_{rez} = RF - \sum_{i=1}^n (RF_i (1 + d_{dep})^i - RF_i), \quad (4)$$

где:  $RF$  – величина резервного фонда самострахования техногенных рисков на момент его создания;  $RF_i$  – величина резервного фонда самострахования рисков за  $i$ -й период деятельности предприятия;  $d_{dep}$  – ставка дисконта по краткосрочным депозитным вкладам.

В соответствии с условием (3) затраты на проведение мероприятий по самострахованию техногенных рисков предприятия  $C_{rez}$ , должны быть меньше полных потерь  $P_a$  в случае наступления аварии

$$C_{rez} < P_a \cdot \quad (5)$$

Если предприятие не в состоянии самостоятельно обеспечить полную компенсацию потерь в случае наступления аварии, то следует рассмотреть возможность страхования техногенных рисков. Применение этого метода подразумевает передачу ответственности по компенсации потерь в случае наступления аварии страховым компаниям за определенную плату, называемой страховой премией. Размер такой страховой премии обычно не превышает нескольких процентов от величины страховой суммы, на которую был застрахован конкретный риск предприятия. Тогда затраты на проведение мероприятий по страхованию техногенных рисков предприятия можно определить следующим образом:

$$C_{str} = \sum_{i=1}^n SP_i, \quad (6)$$

где:  $SP_i$  - величина страховой премии, уплаченной предприятием за  $i$ -й период деятельности.

В соответствии с условием (3) затраты на проведение мероприятий по страхованию техногенных рисков предприятия  $C_{str}$ , должны быть меньше полных потерь  $P_a$  в случае наступления аварии

$$C_{str} < P_a \cdot \quad (7)$$

Если величина потерь в случае наступления аварии больше, чем выплаченное страховой компанией страховое возмещение, то все убытки свыше оговоренных пределов предприятие компенсирует из собственных средств или специальных займов.

Определение экономической эффективности мероприятий предполагает сравнение полученного эффекта от проведенных мероприятий с затратами на его достижение. В общем экономическую эффективность мероприятий по компенсации потерь в случае наступления  $j$ -го риска будем определять следующим образом:

$$E_{com,j} = \frac{U_{com,j}}{C_{com,j}}, \quad (8)$$

где:  $U_{com,j}$  - компенсированные потери в случае наступления  $j$ -го риска с учетом проведенных мероприятий по реагированию;  $C_{com,j}$  - затраты на проведение мероприятий по компенсации потерь в случае наступления  $j$ -го риска.

Формула (8) показывает, какая величина потерь компенсирована в случае наступления рисков предприятия за счет вложения 1 рубля в проведение соответствующих мероприятий по реагированию.

Компенсированные потери в случае наступления аварии на предприятии, в зависимости от принятых мероприятий по реагированию, будут равны величине резервного фонда самострахования техногенных рисков или величине страхового возмещения, полученного от страховой компании. Однако если уровень потерь от аварии на предприятии будет слишком высоким, то денежных средств, выделенных на компенсацию возможных потерь при наступлении техногенных рисков, может не хватить. Иногда, полная компенсация максимальных потерь в случае наступления техногенных рисков предприятия может оказаться экономически невыгодной.

Например, чем больше страховое возмещение, выплаченное страховой компанией при наступлении соответствующего риска, тем выше величина уплачиваемой предприятием страховой премии, которая может составить около 30-35 процентов от страховой суммы. Также денежные средства предприятия, привлекаемые на создание резервных фондов самострахования рисков, изымают из оборота и обеспечивают меньшую доходность. Кроме этого, величина резервных фондов самострахования рисков уменьшается со временем под воздействием инфляции и других финансовых рисков. Поэтому принятые мероприятия по самострахованию или страхованию рисков предприятия не позволяют полностью компенсировать возможные потери и необходимо учитывать остаточные потери для каждого  $j$ -го риска, которые будем определять следующим образом:

$$U_{ost,j} = U_{max,j} - U_{com,j}, \quad (9)$$

где:  $U_{max,j}$  - максимальные потери в случае наступления  $j$ -го риска;  $U_{com,j}$  - компенсированные потери в случае наступления  $j$ -го риска с учетом проведенных мероприятий по реагированию.

Таким образом, остаточные потери (см. формулу 9) в случае наступления техногенных рисков предприятия образуют дополнительные затраты на ликвидацию аварии  $Z_{likv}$  (см. формулу 2), и возникает необходимость привлечения дополнительных денежных средств или проведения новых мероприятий по снижению уровня негативного воздействия рисков.

**Выводы.** Существующие мероприятия по компенсации потерь в случае аварии на предприятии, к которым относят самострахование и страхование рисков, не снижают вероятности возникновения техногенных рисков и возможных потерь. Если уровень потерь в случае наступления аварии больше, чем величина предварительно созданного резервного фонда само-

страхования техногенных рисков или выплачиваемого страховой компанией страхового возмещения, то предприятие вынуждено привлекать дополнительные средства на ликвидацию негативных последствий рисков. Также при разработке мероприятия по реагированию на техногенные риски предприятия следует рассмотреть возможность совместного применения разных методов воздействия на риски, например снижение и самострахование риска, страхование и самострахование риска.

Предложены критерии определения экономической эффективности мероприятий по самострахованию и страхованию техногенных рисков предприятия, которые учитывают компенсированные потери и возможные остаточные потери в случае наступления аварии, а также соответствующие затраты при осуществлении мероприятий реагирования на риски. Принятые таким образом мероприятия по компенсации потерь в случае наступления техногенных рисков обеспечивают устойчивое функционирование предприятия и повышают его конкурентоспособность.

*\*Работа выполнена в рамках Программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова на 2012–2016 годы.*

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Балдин К.В., Воробьев С.Н. Риск-менеджмент. М.: Гардарики, 2005. 288 с.
2. Фомичев А.Н. Риск-менеджмент: учебное пособие. М.: Дашков и К°, 2006. 291 с.
3. Ермасова Н.Б. Риск-менеджмент организации. М.: Альфа-Пресс, 2005. 240 с.
4. Шаптала В.Г., Радоуцкий В.Ю., Ветрова Ю.В. Системы управления рисками чрезвычайных ситуаций: монография. Белгород: ООО «Планета-Полиграф», 2010. 164 с.
5. Радоуцкий В.Ю., Шаптала В.Г., Ветрова Ю.В. Управление комплексной безопасностью высших учебных заведений: монография. Белгород: Издательство БГТУ, 2013. 128 с.
6. Измалков В.И., Измалков А.В. Техногенная и экологическая безопасность и управление риском. СПб.: НИЦЭБ РАМ, 1998. 482 с.
7. Шаптала В.Г., Радоуцкий В.Ю., Ветрова Ю.В. Мониторинг, прогнозирование, моделирование о оценка рисков чрезвычайных ситуаций в системе высшего профессионального образования: монография. Белгород: ООО «ЕвроПолиграф», 2012. 120 с.
8. Федеральный закон от 22.07.2008 №123-ФЗ (ред. от 10.07.2012) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [Электронный ресурс]. Системные требования: Adobe Acrobat Reader. <http://base.garant.ru> (дата обращения: 30.11.2015).
9. Радоуцкий В.Ю., Литвин М.В., Северин Н.Н. Организация государственного надзора в области гражданской обороны, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций и пожарной безопасности: учебное пособие. Белгород: Издательство БГТУ, 2011. 169 с.
10. Шаптала В.Г., Радоуцкий В.Ю., Добровольский В.С., Овечкин А.Н. Моделирование систем комплексной безопасности высших учебных заведений: монография. Белгород: ООО «Планета-Полиграф», 2009. 130 с.
11. Радоуцкий В.Ю., Шаптала В.Г., Ветрова Ю.В., Шаптала В.В. Теоретические основы прогнозирования безопасности учреждений высшего профессионального образования: монография. Белгород: Издательство БГТУ, 2014. 211 с.
12. Чернова Г.В., Кудрявцев А.А. Управление рисками. М.: Проспект, 2003. 160 с.
13. Гончаренко Л. П., Филин С. А. Риск-менеджмент. М.: КноРус, 2007. 216 с.
14. Эндрю Холмс. Риск-менеджмент. М.: Эксмо, 2007. 304 с.
15. РД 03-496-02 «Методические рекомендации по оценке ущерба от аварий на опасных производственных объектах» [Электронный ресурс]. Системные требования: Adobe Acrobat Reader. <http://files.stroyinf.ru/Data1/44/44716/> (дата обращения: 30.11.2015).

---

**Latkin M.A., Stepanova M.N., Vasyutkina D.I.**

#### **EVALUATING THE EFFICIENCY OF LOSS COMPENSATION ACTIVITIES IN CASE OF A FACTORY ACCIDENT**

*The problem of evaluating the efficiency of the loss compensation activities in case of a factory accident has been considered. For each technology-related risk of an enterprise several various response activities can be developed, at choosing which the mobilization of extra financial or material resources to lower the level of the adverse effect of risks or to relieving their consequences, should be taken into account. The criteria of determining the economic efficiency of self-insurance and technology-related risks insurance activities of enterprise, which take into account the compensated losses or the possible residual losses in case of accident, as well as the expenses for carrying out the appropriate risk response activities, have been suggested.*

**Key words:** risk management, technology-related risks of an enterprise, risk response, the loss compensation activities' efficiency.

---

**Латкин Матвей Алексеевич**, доктор технических наук, профессор кафедры защиты в чрезвычайных ситуациях.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: latkin.69@mail.ru

**Степанова Мария Николаевна**, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры защиты в чрезвычайных ситуациях.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: zchs@intbel.ru

**Васюткина Дарья Игоревна**, ассистент кафедры защиты в чрезвычайных ситуациях.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: zchs@intbel.ru

Горлов А.С., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ УДАРНОГО РАЗРУШЕНИЯ ЧАСТИЦ

belgoras@mail.ru

*В предлагаемой статье рассмотрены особенности процесса ударного разрушения твердых частиц в камере измельчения вихре-акустического диспергатора. Представлены результаты имитационного моделирования движения частиц в камере измельчения. Предложено математическое описание разрушения частиц твердого материала при их соударении в камере измельчения. Рассмотрены особенности прохождения импульса по частице в зависимости от ее структуры. Приведены полученные экспериментальным путем значения скоростей, необходимые для разрушения частиц различных размеров.*

**Ключевые слова:** *измельчение частиц; вихре-акустический диспергатор; математическое моделирование.*

Получение высокодисперсных материалов является сложным процессом, который реализуется в вихревых аппаратах. Чтобы получать материал с заданной дисперсностью, необходимо организовать управление процессами, происходящими в камерах измельчения вихревых аппаратов.

К таким аппаратам относится вихре-акустический диспергатор [1]. Основная камера измельчения вихре-акустического диспергатора (ВАД) имеет форму короткого вертикального цилиндра, внутри которого размещено кольцо с четырьмя размещенными тангенциально каналами. Готовый продукт покидает камеру через центральное отверстие и поступает в аспирационную систему. Подача газообразного энергоносителя в вихревую камеру осуществляется через один или несколько тангенциальных каналов, расположенных по внешней окружности камеры измельчения. Твердый дисперсный материал может либо подаваться непосредственно в камеру, либо поступать в нее вместе с потоком газа.

Измельчение материала происходит в пространстве между внутренним и внешним кольцом, затем материал через четыре канала попадает во внутреннее кольцо, где происходит доизмельчение.

В результате больших скоростей и скачкообразного движения частиц материала в вихревых потоках одним из механизмов их разрушения является ударное разрушение.

Кинетическая энергия твердых частиц может служить критерием, позволяющим не только судить об эффективности процесса измельчения, но и моделировать его. В результате скачкообразного движения частиц в камере работает ударный механизм разрушения.

На рис. 1 представлен результат имитационного моделирования скачкообразного движе-

ния частиц и распределение скоростей энергоносителя в камере ВАД [2], [3].

Мелкие частицы, полученные в результате ударного разрушения, под действием центростремительной силы вылетают в центральное выходное отверстие камеры измельчения.

При упругом ударе часть кинетической энергии частицы расходуется на упругую и пластическую деформацию частицы, на образование дислокаций, дефектов в ней, часть передается материалу камеры измельчения, а часть возвращается самой частице. Количество ударов частицы о стенку, необходимых для ее разрушения, определяется аэродинамическими параметрами камеры измельчения, физико-механическими характеристиками частиц.

Лобовой удар характеризуется тем, что ударный импульс проходит через центр частицы, а при касательном ударе в частице формируется сдвиговый импульс.

Поля напряжений, действующих на частицу при лобовом ударе о стенку камеры, представлены на рис. 2, а, а при касательном ударе – на рис. 2, б.

При прямом или касательном ударе частицы в преграду, а так же при взаимном соударении частиц основным видом разрушения является раскол по меридиональным плоскостям микротрещин и откол от нее нескольких относительно крупных осколков. Сжимающие напряжения в момент лобового удара частицы направлены параллельно скорости ее движения (перпендикулярно преграде). Растягивающие напряжения направлены перпендикулярно скорости частицы. При ударе сферической частицы напряжения образуют взаимно перпендикулярную систему, под действием которой в результате предельных деформаций частица принимает форму эллипсоида.

Схема распространения упругой волны в сферической частице в момент лобового удара представлена на (рис. 3).

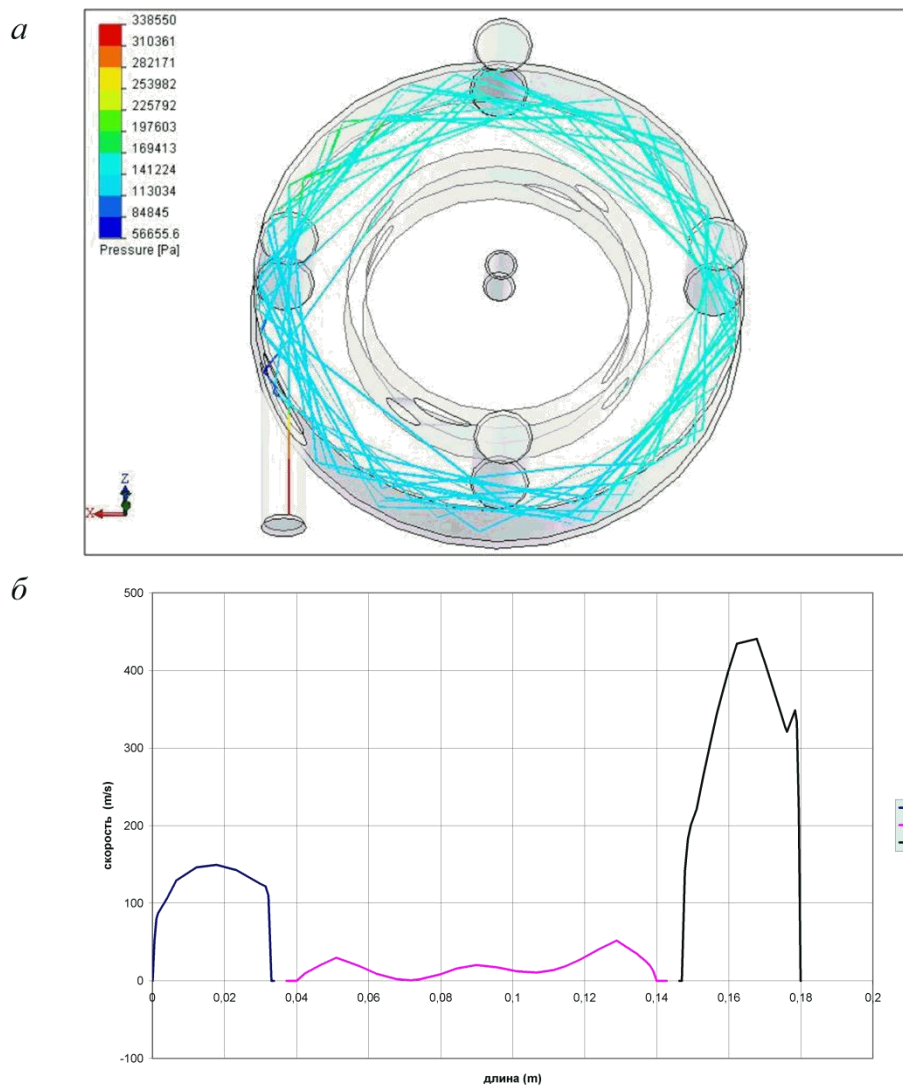


Рис. 1. Результат имитационного моделирования:  
*a* – скачкообразного движения частиц в камере измельчения ВАД; *б* – значения скорости энергоносителя в камере измельчения

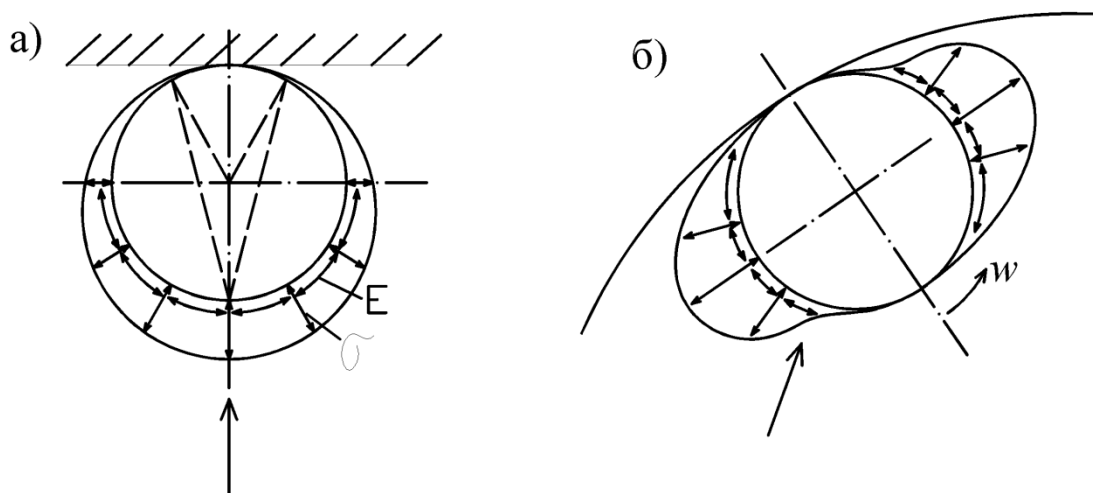


Рис. 2. Поля напряжений, действующих на частицу:  
*a* – при лобовом ударе о стенку камеры; *б* – при касательном ударе о стенку камеры



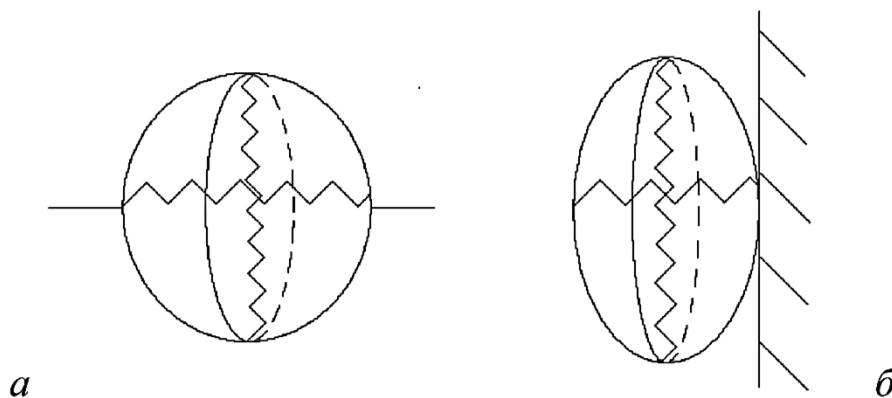


Рис. 3. Схема распространения упругой волны в сферической частице: а – частица в свободном полете; б – частица в момент удара

Материальное уравнение описывается кусочно-линейной функцией

$$\sigma(\varepsilon) = \begin{cases} E_1 \varepsilon, & \varepsilon > 0; \\ E_2 \varepsilon, & \varepsilon < 0, \end{cases} \quad (1)$$

где  $E_1$  и  $E_2$  – модули упругости материала на растяжение и сжатие;  $\sigma$  – напряжение, приложенное к частице в момент удара;  $\varepsilon$  – деформация частицы.

Линейное уравнение для деформации будет иметь вид

$$\varepsilon_{tt} = \begin{cases} c_1^2 \varepsilon_{xx}, & \varepsilon > 0; \\ c_2^2 \varepsilon_{xx}, & \varepsilon < 0, \end{cases} \quad (2)$$

где  $c_{1,2} = \sqrt{E_{1,2}/\rho}$  – скорость продольных волн растяжения и сжатия;  $\rho$  – плотность материала.

Реальная прочность на сжатие и растяжение отличаются для большинства измельчаемых материалов. Причиной разномодульности может служить наличие микротрещин, образованных в процессе предизмельчения материалов, а также внутреннее строение материала [4].

Взаимодействия для продольного смещения описываются краевой задачей для линейного волнового уравнения при ударе стержня из изотропного материала длиной  $l$  [5]

$$\frac{\partial^2 \varepsilon}{\partial t^2} = c_2^2 \frac{\partial^2 \varepsilon}{\partial x^2}. \quad (3)$$

При граничном условии для продольного смещения

$$\left. \frac{\partial \varepsilon}{\partial x} \right|_{x=0} = \left. \frac{\partial \varepsilon}{\partial x} \right|_{x=l} = 0 \quad (4)$$

начальные условия будут иметь вид

$$\varepsilon \Big|_{t=0} = 0, \quad \frac{\partial \varepsilon}{\partial t} \Big|_{t=0} = KV\delta(x) \sin \alpha, \quad (5)$$

где  $K$  – коэффициент передачи импульса;  $V$  – скорость частицы в момент удара;  $\delta(x)$  – функция Дирака.

Для определения частот и форм собственных колебаний получим

$$\varepsilon = \varepsilon(x) \cos \omega_0 t, \quad (6)$$

где  $\omega_0$  – частота продольных колебаний.

Для амплитудных смещений получим уравнение для стержня из изотропного материала

$$\frac{d^2 \varepsilon}{dx^2} + \lambda^2 \varepsilon(x) = 0, \quad (7)$$

где  $\lambda^2 = \omega_0 \frac{\rho}{E}$ ;  $E$  – модуль упругости.

Решение уравнения (7) запишется в виде

$$\varepsilon(x) = \varepsilon(0) \cos \lambda x + \frac{1}{\lambda} \frac{d\varepsilon}{dx}(0) \sin \lambda x, \quad (8)$$

а с учетом краевых условий (4) получаем

$$\varepsilon(x) = \varepsilon(0) \cos \lambda x. \quad (9)$$

Частота продольных колебаний

$$\omega_k = k \frac{\pi}{l} \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (k=1, 2, 3, \dots). \quad (10)$$

Скорость продольной волны

$$c_e = \sqrt{\left(E + \frac{4}{3}G\right) / \rho}, \quad (11)$$

где  $G$  – модуль сдвига.

Рассмотрим процесс, происходящий в частице материала под действием импульса сжатия с ударным фронтом и давлением. Если он настолько велик, что его амплитуда превосходит порог разрушения твердого тела, то его распространение по частице приведет к ее разрушению и быстрой потере энергии импульса. Это вызо-

вет появление областей разрушения на поверхности частицы, обращенной к падающему импульсу. Если же амплитуда прошедшей волны меньше порога разрушения на сжатие и если акустическое затухание для собственной частоты импульса невелико, то можно считать, что прошедший импульс дойдет до второй границы частицы, практически не изменившись. Отражаться будет импульс разрежения, обладающий амплитудой, меньшей по значению, но сравнимой с давлением падающего сигнала. Данная амплитуда разрежения может оказаться достаточной, чтобы превысить порог разрушения твердого тела на растяжение.

Разрушение происходит под действием отрицательной динамической нагрузки создающейся при отражении импульса сжатия внутри частицы. Однако надо иметь в виду, что для реальных частиц материала, которые имеют шероховатую поверхность, проявление такого механизма разрушения может быть ослаблено либо не столь явно выражено на фоне действия других механизмов разрушения.

Таким образом, стационарный режим распространения волны разрушения возможен лишь в том случае, когда скорость волны раз-

рушения  $V$  равна скорости распространения упругих продольных волн  $c_e$ . Действительно,  $V$  не может быть меньше  $c_e$ , так как в этом случае волна разгрузки обгонит волну разрушения. Величина  $V$ , очевидно, также не может быть больше скорости распространения возмущений  $c_e$ , которые подготавливают материал к разрушению.

Характер прохождения импульса по частице, имеющей изотропную структуру, отличается от частицы с анизотропной структурой. Для частиц с анизотропной структурой скорости продольной волны  $c_a$  будут различны для областей с разными физико-механическими характеристиками

$$c_a = \sqrt{\left(E_a + \frac{4}{3}G_a\right) / \rho_a}, \quad (12)$$

где  $E_a$ ,  $G_a$ ,  $\rho_a$  – модуль упругости материала, модуль сдвига и плотность материала в области прохождения импульса.

Скорости продольных волн и удельные волновые сопротивления для некоторых материалов приведены в таблице 1.

Таблица 1

#### Диапазоны скоростей продольных волн и удельного волнового сопротивления для различных материалов

Материал	Скорость распространения продольной волны, м/с	Удельное волновое сопротивление, кг/(м <sup>3</sup> ·с)
Глина	1800...2400	27,0...52,7
Известняк	3200...5500	73,0...165,0
Кварцит железистый	5600	168,0
Песчаник	2000...3600	42,0...100,8

В некоторых областях будет происходить как поглощение, так и рассеивание энергии. Реальные материалы могут иметь слоистую, волнообразную, равновесную структуру.

Для описания разрушения, наблюдаемого при соударении частиц материала, предлагается использовать интеграл повреждений Тулера-Бучера, который в одномерном случае можно записать

$$\int_0^t \frac{dt}{\tau(\sigma)} = 1, \quad (12)$$

где  $t$  – время, затрачиваемое на разрушение при заданном законе нагружения;  $\tau = \tau(\sigma)$  представляет собой неубывающую функцию напряжения, которая имеет смысл времени разрушения материала при  $\sigma = const$ .

Для твердых материалов в качестве  $\tau = \tau(\sigma)$  принимается степенная функция

$$\tau(\sigma) = K\sigma^{-\alpha} \quad (\sigma > 0), \quad (13)$$

где  $K$  и  $\alpha$  – константы материала, которые могут изменяться при изменении его температуры и структуры.

Разрушающее напряжение при хрупком разрушении

$$\sigma = \frac{\left[ \frac{2\gamma'G}{\pi(1-\mu)} \right]^{\frac{1}{2}}}{\sqrt{2l}} = \sqrt{\frac{\gamma'G}{\pi l(1-\mu)}}, \quad (14)$$

где  $\gamma'$  – эффективная поверхностная энергия;  $G$  – модуль сдвига;  $\mu$  – коэффициент Пуассона;  $2l$  – длина трещины.

Разрушающее напряжение с уменьшением размера частицы материала возрастает быстрее, чем предел текучести. Проводились эксперименты на установке по изучению процесса разрушения частиц при ударе.

В основной серии опытов изучалась кинетика разрушения частиц разных форм и размеров при разных скоростях удара о преграду.

Значения скоростей, необходимые для разрушения частиц различных размеров  $d_p$ , приведены в таблице 2.

Таблица 2

### Значения скоростей, необходимые для разрушения частиц

Диаметр частиц $d_p$ , мм	7,0...5,0	5,0...3,0	3,0...1,2	1,2...0,9
Скорость $V_{ч}$ , м/с	25...45	35...65	40...95	50...150

Теоретические и экспериментальные исследования процессов разрушения при одноосной динамической деформации сжатия некоторых материалов выявили ряд характерных особенностей. Пористые материалы лучше сопротивляются напряжениям сжатия. Материалы с равновесной структурой лучше сопротивляются напряжениям растяжения.

В результате касательного удара о стенку элементарные акты разрушения осуществляются созданием в частицах предельных напряжений сдвига. Эффективность разрушения в этом случае зависит от поступательной скорости частицы и угла  $\alpha$  между вектором скорости и плоскостью, в которую ударяет частица. От внутренней структуры материала частицы от наличия пространственных неоднородностей также зависит скорость удара, при которой происходит разрушение. Чем мощнее импульс, воздействующий на частицу, тем больше разрушения в ней вызывает.

Значения скоростей движения частиц материала на разных участках камеры измельчения существенно различаются. Об этом можно судить по неравномерному износу участков боковой поверхности камеры измельчения [4].

Предполагаемый метод математического и имитационного моделирования позволяет поэтапно проанализировать механизмы измельче-

ния и разрушения частиц в результате ударного механизма разрушения в вихре-акустическом диспергаторе. Это позволяет управлять режимом работы диспергатора, а так же технологическими параметрами работы вихревых аппаратов.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Патент РФ №2003123664/03, 20.04.2005. Гридчин А.М., Севостьянов В.С., Лесовик В.С., Горлов А.С., Перельгин Д.Н., Федоренко Б.З. Вихре-акустический диспергатор // Патент России № 2250138.2003. Бюл. №11.
2. Горлов А.С. Вихре-акустический диспергатор комплексного воздействия на частицы измельчаемого материала: дис. ... канд. техн. наук. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2006. 203 с.
3. Горлов А.С., Булгаков С.Б., Губарев А.В., Рябцева С.В. Условия износа рабочей камеры вихре-акустического диспергатора // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 4. С. 87–90.
4. Черепанов Г.П. Механика хрупкого разрушения. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1974. 640 с.
5. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. М.: Наука, 1966. 724 с.

**Gorlov A.S.**

### MATHEMATICAL AND SIMULATION MODELING OF THE PROCESS SHOCK DESTRUCTION OF THE PARTICLES

*In this article there was considered the features of the process shock destruction solid particles in grinding camera vortex-acoustic disperser. There was presented the results of particles motion in grinding camera using the simulation modeling. There was offered the mathematical description of the destruction of the solid particles of material during their collision in grinding camera. There was considered the features of the passing pulse on the particle depending on the structure of it. There was given the received experimentally values of velocities, which required for the various sizes particles destruction.*

**Key words:** grinding of the particles; vortex-acoustic disperser; mathematical simulation

**Горлов Александр Семенович**, кандидат технических наук, заведующий кафедрой высшей математики Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова  
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46  
E-mail: belgoras@mail.ru

# ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Убаськина Ю.А. канд. хим. наук, н. с.

ФГУП «ИРЕА», г. Москва

Фетюхина Е.Г., в.н.с.

Коростелева Ю.А., канд. хим. наук, в.н.с.

ООО НТЦ «СМИТ», г. Ульяновск

## ИССЛЕДОВАНИЕ АДСОРБЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ДИАТОМИТА

juliabasjo@gmail.com

Данная работа посвящена исследованию адсорбционной способности диатомита в свете возможности применения его в качестве сорбента для тонкой очистки сточных вод от растворимых органических соединений. Исследование адсорбционной способности диатомита по отношению к положительно заряженным органическим ионам, образующимся при диссоциации в воде растворимых органических соединений, в кислой среде, показало, что кремнезем диатомита практически не вносит вклад в адсорбцию ниже характерного для него значения изоэлектрической точки, при котором его поверхность заряжается положительно. Найдено, что адсорбция положительно заряженных органических ионов на диатомите определяется количеством глинистых минералов ( $r = 0,85 \pm 0,02$ ,  $p < 0,001$ ,  $n = 20$ ) и оксидов щелочных и щелочноземельных металлов ( $r = 0,85 \pm 0,01$ ,  $p < 0,001$ ,  $n = 20$ ) в диатомите. Показано, что для эффективного использования диатомита для тонкой очистки сточных вод от растворимых органических соединений, диссоциирующих с образованием положительно заряженных органических ионов, величина адсорбции может быть увеличена путем добавления в диатомит породы, содержащей глинистые минералы, в частности, бентонита.

**Ключевые слова:** диатомит, бентонит, адсорбция, тонкая очистка, сточные воды.

**Введение.** В настоящее время, с ростом применения в промышленности и быту сложных органических соединений, растет и необходимость очистки от них сточных вод. Это связано, прежде всего, с увеличением использования растворимых в воде соединений и в связи с этим, с необходимостью применения специальных, дорогостоящих методов очистки, с использованием искусственно активированных углей, искусственных цеолитов, синтетических ионитов или мало распространенных глинистых горных пород - природных цеолитов, бентонита.

Между тем, применение широко распространенных дешевых опал-кристаллитовых пород в процессах тонкой очистки сточных вод весьма ограничено. Это обусловлено более низкими эксплуатационными характеристиками опал-кристаллитовых пород при использовании их в качестве сорбентов, по сравнению с глинистыми горными породами – цеолитами, бентонитами.

В связи с этим, целью данной работы стало исследование адсорбционной способности диатомита – опал-кристаллитовой породы, физико-химические свойства которой наиболее схожи с бентонитом и другими породами, содержащими глинистые минералы, для применения его в качестве сорбента растворимых органиче-

ских соединений в процессах тонкой очистки воды.

**Методология.** Материалом для исследования послужил диатомит Инзенского месторождения Ульяновской области. Образцы были отобраны с поверхности, с уступов карьера с глубины 5, 10, 15 метров и из скважины с глубины 33 метра. Адсорбцию метиленового синего на диатомите, бентоните и смесях данных пород определяли по методике, приведенной в стандарте [1]. Химический состав диатомита определяли на рентгенофлуоресцентном спектрометре ARL OPTIM'X. Содержание глинистых минералов и рентгеноаморфного кремнезема в диатомите определяли с помощью рентгеновского дифрактометра ARL X'TRA. Растворимость кремнекислородных соединений диатомита в щелочи определяли следующим образом: диатомит кипятили в 5%-ом растворе КОН на глицериновой бане в течение 1 часа. После отстаивания в течение суток раствор декантировали, после чего определяли содержание кремнезема в растворе кремнемолибдатным методом по методике, приведенной в стандарте [2]. Для характеристики исследуемых корреляционных зависимостей рассчитывали коэффициент Пирсона и определяли уровень значимости, используя программу Microsoft Excel и таблицы критических значений коэффициента корреляции Пирсона ( $r$ )

для различных уровней значимости и различного числа степеней свободы (размеров выборки) [3].

**Основная часть.** Диатомит, как и бентонит, является легкой тонкодисперсной породой, размер частиц которой не превышает 1000 мкм.

Основное различие данных пород, столь схожих по внешним проявляемым свойствам (плотности, дисперсности, цвету), состоит в химическом составе диатомита и бентонита. Диатомит примерно на 85 мас. % состоит из кремнезема. Бентонит не менее чем на 60 мас. % состоит из алюмосиликатов (минерала монтмориллонита).

Благодаря монтмориллониту, удельная поверхность которого доходит до 700 – 840 м<sup>2</sup>/г [4], удельная поверхность бентонита превышает удельную поверхность диатомита в десятки раз.

Связь между структурными слоями монтмориллонита в бентоните осуществляется за счет молекулярных сил и катионов, находящихся в межслоевом пространстве. Однако эта связь оказывается недостаточной, чтобы противостоять гидратации межслоевого пространства, поэтому структура монтмориллонита обладает внутрикристаллическим набуханием. Вследствие внутрикристаллического набухания межплоскостное расстояние в структуре монтмориллонита может изменяться в больших пределах в зависимости от влажности и состава межслоевого комплекса [4]. Поэтому бентонит, за счет содержания в нем монтмориллонита, обладает высокой удельной поверхностью и высокой сорбционной емкостью при гидратации.

В отличие от бентонита, удельная поверхность диатомита невелика – не более 32 м<sup>2</sup>/г [5].

Образовавшийся в период палеогена, диатомит представляет собой осадочную породу, состоящую из кремнезема кварца (до 7 мас. %), рентгеноаморфного кремнезема древних панцирей диатомей и глобул опала (около 70 мас. %) и алюмосиликатов глинистой фракции (до 35 масс. %), что обусловлено условиями образования и залегания диатомита [6].

Как правило, для исследования адсорбционной способности породы используют стандартную методику, заключающуюся в изучении адсорбции органического основного тиазинового красителя – метиленового синего, в кислом растворе, на образцах породы. Данная методика [1] разработана для каолина – глины, состоящей из одного или нескольких минералов группы каолинита (монтмориллонита или других слоистых алюмосиликатов).

Несмотря на широкое применение метиленового синего для исследования величины адсорбции на диатомите [7-9], результаты приме-

нения данного красителя для исследования величины адсорбции на диатомите растворимых органических соединений не могут в достаточной мере свидетельствовать об адсорбционной способности диатомита. Это связано с тем, что существует принципиальная разница между кремнеземом, составляющим основу диатомита, и алюмосиликатами глиен. Она состоит в том, что поверхность глиен ниже изоэлектрической точки (рН 5) заряжается отрицательно, поэтому в пределах рН 1 - 5 поверхность глиен сорбирует положительно заряженные ионы органических соединений, например, катион метиленового синего. Поверхность кремнезема диатомита ниже изоэлектрической точки (рН 5,4 [9], рН 5,5-5,8 [10]) заряжается положительно, в результате адсорбции ионов водорода на гидроксильных группах поверхности [11], поэтому при значениях рН менее установленной изоэлектрической точки катионы метиленового синего на поверхности диатомита практически не сорбируются.

Ранее, в работе [5] было отмечено, что существует зависимость между количеством воды в диатомите и величинами адсорбции соединений с полярными группами на диатомите: при повышении температуры обжига диатомита от 25 до 1000 °С одновременно с уменьшением количества воды (то есть, с уменьшением гидратации поверхности) на поверхности диатомита происходит снижение адсорбции на нем веществ с полярными группами, склонных к адсорбции на гидрофильных поверхностях, в частности, положительно заряженных органических ионов (например, катионов метиленового синего). Необходимо отметить, что положительно заряженные органические ионы образуются при диссоциации в воде растворимых органических соединений, потенциальных поллютантов сточных вод, которые не осаждаются механическим способом и требуют применения тонкой очистки на сорбентах.

Было выдвинуто предположение, что адсорбция катионов органических соединений на диатомите зависит от количества алюмосиликатов, или глинистых минералов, доступных для гидратации и последующей адсорбции, и не зависит от содержания кремнезема в диатомите.

Для того чтобы подтвердить данное предположение, образцы диатомита, полученные из проб, взятых на разной глубине карьера, анализировали на содержание общего кремнезема, глинистых минералов, оксидов щелочных и щелочноземельных металлов, определяли количество растворимого кремнезема в щелочи, а также рентгеноаморфного кремнезема. Параллельно определяли адсорбцию метиленового синего на исследуемых образцах диатомита.

Было найдено, что с увеличением содержания общего кремнезема в диатомите, адсорбция метиленового синего на диатомите уменьшается ( $r = -0,83 \pm 0,05$ ,  $p < 0,001$ ,  $n = 20$ ). Это может быть обусловлено тем, что с увеличением содержания общего кремнезема, в породе снижается количество глинистых минералов, а также оксидов щелочных и щелочноземельных металлов, отвечающих за величину адсорбции метиленового синего на диатомите. Данное предположение можно подтвердить следующими заключениями, сделанными на основании анализа полученных экспериментальных данных:

- не найдено статистически достоверной зависимости адсорбции метиленового синего на диатомите от количества растворимого в щелочи кремнезема ( $r = -0,51 \pm 0,24$ ,  $p < 0,02$ ,  $n = 23$ ) и количества рентгеноаморфного кремнезема в породе ( $r = -0,18 \pm 0,01$ ,  $p > 0,1$ ,  $n = 15$ );

- найдена очень высокая корреляция между содержанием общего кремнезема (основного компонента диатомита) и содержанием в диатомите глинистых минералов: чем больше общего кремнезема в диатомите, тем меньше в нем глинистых минералов ( $r = -0,93 \pm 0,03$ ,  $p < 0,001$ ,  $n = 20$ );

- найдена высокая корреляция между содержанием общего кремнезема и содержанием оксидов щелочных и щелочноземельных металлов в породе: чем больше содержание общего кремнезема в породе, тем меньше в ней содержание оксидов щелочных и щелочноземельных металлов ( $r = -0,75 \pm 0,11$ ,  $p < 0,001$ ,  $n = 20$ ).

На основании этих данных можно сделать вывод, что, как и предполагалось ранее, кремнезем диатомита практически не вносит вклад в адсорбцию положительно заряженных органических ионов, образованных при диссоциации в воде растворимых органических соединений, в кислой среде, ниже характерного для диатомита значения изоэлектрической точки, когда его поверхность также заряжена положительно.

Величина адсорбции метиленового синего на диатомите, согласно результатам эксперимента, вероятно, достигается за счет присутствия в диатомите глинистых минералов (до 35 мас. %) и оксидов щелочных и щелочноземельных металлов, которые способствуют возникновению отрицательного заряда на поверхности диатомита. В доказательство этого, были найдены следующие корреляционные зависимости:

- с повышением содержания глинистых минералов в породе, адсорбция метиленового синего на диатомите повышается ( $r = 0,85 \pm 0,02$ ,  $p < 0,001$ ,  $n = 20$ );

- с повышением содержания оксидов щелочных и щелочноземельных металлов, адсорб-

ция метиленового синего на диатомите повышается ( $r = 0,85 \pm 0,01$ ,  $p < 0,001$ ,  $n = 20$ ). Это согласуется с данными, приведенными в обзоре [12], где указано, что присутствие щелочных металлов в материале вызывает понижение заряда на поверхности частиц. Понижение заряда вызывает увеличение адсорбции метиленового синего, ион которого заряжен положительно.

- найдена высокая корреляция между содержанием глинистых минералов и содержанием оксидов щелочных и щелочноземельных металлов в породе ( $r = 0,73 \pm 0,05$ ,  $p < 0,001$ ,  $n = 20$ ).

Из полученных данных следует, что адсорбция положительно заряженных органических ионов, образованных при диссоциации в воде растворимых органических соединений, в кислой среде, определяется количеством глинистых минералов и оксидов щелочных и щелочноземельных металлов в диатомите. Сделанный вывод был дополнительно подтвержден следующим экспериментом: к пробе диатомита добавляли 1, 3, 5, 7 и 10 мас. % бентонита. Затем измеряли величину адсорбции метиленового синего на пробах нативного диатомита и бентонита, а также полученных смесей диатомита и бентонита. Было обнаружено, что существует высокая положительная корреляция между количеством бентонита в пробе диатомита и адсорбцией метиленового синего: чем выше содержание бентонита в пробе диатомита, тем выше адсорбция метиленового синего ( $r = 0,99 \pm 0,01$ ,  $p < 0,001$ ,  $n = 21$ ).

Таким образом, можно заключить, что адсорбция положительно заряженных ионов органических соединений из водных растворов в кислой среде на диатомите сравнительно низкая, по сравнению с породами, состоящими из глинистых минералов (например, бентонита). Ее величина обусловлена количеством глинистых минералов и оксидов щелочных и щелочноземельных металлов в диатомите, и может быть увеличена путем добавления в диатомит породы, содержащей глинистые минералы, в частности, бентонита.

**Выводы.** Исследование адсорбционной способности диатомита по отношению к положительно заряженным органическим ионам, образующимся при диссоциации в кислой водной среде растворимых органических соединений, показало, что кремнезем диатомита практически не вносит вклад в адсорбцию данных ионов ниже характерного для него значения изоэлектрической точки, при котором его поверхность заряжается положительно. Найдено, что адсорбция положительно заряженных органических ионов на диатомите определяется количеством в

нем глинистых минералов ( $r = 0,85 \pm 0,02$ ,  $p < 0,001$ ,  $n = 20$ ) и оксидов щелочных и щелочно-земельных металлов ( $r = 0,85 \pm 0,01$ ,  $p < 0,001$ ,  $n = 20$ ). Для эффективного использования диатомита в целях тонкой очистки сточных вод от растворимых органических соединений, диссоциирующих с образованием положительно заряженных органических ионов, величина адсорбции может быть увеличена путем добавления в диатомит породы, содержащей глинистые минералы, в частности, бентонита.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- ГОСТ 30036.2 – 93. Каолин обогащенный. Метод определения показателя адсорбции. М.: Изд. стандартов, 1994. 7 с.
- ГОСТ 2642.3-2014. Огнеупоры и огнеупорное сырье. Методы определения оксида кремния (IV). М.: Стандартинформ, 2015. 20 с.
- Fisher R.A., Frank Y. Statistical Tables for Biological, Agricultural and Medical Research, 6th ed. Edinburgh: Oliver and Boyd, 1963. 146 p.
- Осипов В.И., Соколов В.Н., Румянцева Н.А. Микроструктура глинистых пород. М.: Недра, 1989. С. 42
- Убаськина Ю.А. Изучение компонентов воды в диатомите и их влияние на адсорбционные свойства породы // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 4. С. 143–147.
- Убаськина Ю.А., Арсентьев И.В., Фетюхина Е.Г., Коростелева Ю.А., Адаев Т.В. Исследование минералогического состава диатомита для его безопасной добычи и применения в промышленности // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 1. С. 128-132
- Shawabkeh R. A., Tutunji M. F. Experimental study and modeling of basic dye sorption by diatomaceous clay // Applied Clay Science. 2003. Т. 24. № 1. С. 111-120
- Al-Qodah Z. et al. Adsorption of methylene blue by acid and heat treated diatomaceous silica // Desalination. 2007. Т. 217. № 1. С. 212-224
- Al-Ghouti M. A. et al. Adsorption behaviour of methylene blue onto Jordanian diatomite: a kinetic study // Journal of Hazardous Materials. 2009. Т. 165. № 1. С. 589-598
- Лисин С. А. Модифицирование биогенного кремнезема и пути его использования: Автореф. дис. канд. хим. наук. Казань, 2004. С.7
- Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы. Учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Химия, 1988. С. 339
- Айлер Р. Химия кремнезёма. Растворимость, полимеризация, коллоидные и поверхностные свойства, биохимия. Ч. 1:[пер. с англ.]. М.: Мир, 1982. С. 242.

**Ubaskina J.A, Fetyukhina E.G., Korostelyova J.A.**

#### THE RESEARCH OF ADSORPTION CAPACITY OF DIATOMITE

*This work is devoted to the research of adsorption capacity of diatomite when it's used as a sorbent for fine purification of waste water from soluble organic compounds. It has been found that silica of diatomite practically does not take part in adsorption of positively charged organic ions, formed by dissociation of water-soluble organic compounds in acidic environment, below its isoelectric point, when its surface becomes positively charged. It has been shown that the adsorption of positively charged organic ions by diatomite is determined by the amount of clay minerals ( $r = 0.85 \pm 0.02$ ,  $p < 0.001$ ,  $n = 20$ ) and by the amount of oxides of alkali and alkaline earth metals ( $r = 0.85 \pm 0.01$ ,  $p < 0.001$ ,  $n = 20$ ) in composition of diatomite. For effective using of diatomite for fine purification of waste water, the adsorption of positively charged organic ions can be increased by adding the material containing the clay minerals (in particular bentonite) to diatomite.*

**Key words:** diatomite, bentonite, adsorption, fine purification, waste water.

**Убаськина Юлия Александровна**, кандидат химических наук, научный сотрудник.

ФГУП «ИРЕА» (г. Москва)

Адрес: Россия, 107076, г. Москва, Богородский вал, д. 3.

E-mail: juliabasjo@gmail.com

**Фетюхина Екатерина Геннадьевна**, ведущий научный сотрудник

ООО Научно-технологический центр «Силикатные материалы и технологии» (ООО НТЦ «СМИТ»)

Адрес: Россия, 432017, Ульяновск, ул. Кузнецова, д. 4 Б

E-mail: nauka@diamix.ru

**Коростелева Юлия Александровна**, кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник

ООО Научно-технологический центр «Силикатные материалы и технологии» (ООО НТЦ «СМИТ»)

Адрес: Россия, 432017, Ульяновск, ул. Кузнецова, д. 4 Б

E-mail: nauka@diamix.ru

*Барбаныгрэ В.Д., д-р техн. наук, проф.,  
Матвеев А.Ф., канд. техн. наук, проф.,  
Смаль Д.В., канд. техн. наук, доц.,  
Москвичев Д.С., науч. сотр.*

*Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЗАВОДСКИХ ШАРОВЫХ ТРУБНЫХ МЕЛЬНИЦ\*

xtsm@intbel.ru

*Разработан способ моделирования процесса измельчения и определения производительности заводских шаровых трубных мельниц с использованием лабораторной мельницы Гипроцемента и применением модульных характеристик, описывающих процесс измельчения в мельницах.*

**Ключевые слова:** *соотношение, основные параметры, лабораторная, заводская мельница.*

Многочисленные лабораторные исследования по интенсификации процессов измельчения клинкера практически не находят применения в заводских условиях, в связи с чем рассмотрена возможность моделирования процессов измельчения в заводских мельницах на основе измельчения материалов в стандартной двухкамерной лабораторной мельнице Гипроцемента (Ø 0,5×0,56 м), которой оснащены лаборатории всех цементных заводов. За основу моделирования приняты четыре показателя, названные нами модулями, которые охватывают главные аспекты процесса помола в шаровых трубных мельницах [1–6]:

1. Размерный модуль ( $M_p$ ) как отношение объемов заводской и лабораторной мельниц ( $V_{3M}/V_{LM}$ );

2. Модуль интенсивности ( $M_n$ ) как отношение числа оборотов в минуту заводской и лабораторной мельниц ( $n_{3M}/n_{LM}$ );

3. Модуль динамический ( $M_d$ ) как отношение высот падения шаров (или диаметров мельниц) в водопадном режиме заводской и лабораторной мельниц соответственно ( $n_{3M}/n_{LM}$ );

4. Модуль кинетический ( $M_k$ ) как отношение линейных скоростей отрыва шаров от поверхности барабана в верхней точке мельниц заводской и лабораторной соответственно.

Необходимо привести некоторые пояснения по формированию модулей. Модуль интенсивности определяет соотношение количества импульсов ударного сжатия (ИУС) заводской и лабораторной мельниц соответственно за одну минуту, но так как число ИУСов обоих мельниц за один оборот одинаково, то отношение ИУСов за одну минуту равно отношению числа оборотов в минуту. При формировании динамического модуля ( $M_d$ ) высоты падения шаров были приняты равными диаметрам мельниц, так как множитель  $\cos \alpha$  обоих мельниц одинаков и при вычислении модуля  $M_d$  сокращается.

Физический смысл введенного кинетического модуля ( $M_k$ ) содержит определенную до-

лю научной новизны, т.к. наличие скорости отрыва шаров от барабана мельницы под суммарным действием центробежной силы и силы тяжести и последующее движение шаров по параболе, свидетельствуют о происходящем при этом истирании материала, находящегося между поверхностью барабана мельницы и прилегающим к ней контактными слоем шаров. Этот процесс в научно-технической литературе в подобном аспекте не рассматривался.

Произведение четырех рассмотренных модулей определяет величину общего модуля ( $M_o$ ), который является коэффициентом пропорциональности между производительностью лабораторной мельницы Гипроцемента и производительностью заводских мельниц ( $G_{3M}$ ):  $G_{3M} = M_o \cdot q_{LM}$ . Удельная производительность лабораторной стандартной мельницы Гипроцемента ( $q_{LM}$ ) определяется по следующим показателям: масса загрузки шаров одной камеры 55 кг, ассортимент шаров в загрузке:

Ø73 мм – 9 шаров × 1,6 кг = 14,4 кг;

Ø53 мм – 8 шаров × 0,61 кг = 4,88 кг;

Ø40 мм – 24 кг;

Ø17 мм – 12 кг.

Размалывается фракция клинкера 10 – 0 мм, в т.ч. мелкой фракции (1-3 мм) не более 200 г. Время помола 40 минут. Тонкость помола клинкера:  $R_{02} = 0,8\%$ ,  $R_{008} = 7,6\%$ ,  $S_{уд.} = 357 \text{ м}^2/\text{кг}$ . Численная величина  $q_{LM}$  составляет:

$$q_{LM} = m_m \cdot 60 / \tau = 4 \cdot 60 / 40 = 6 \text{ кг/ч.}$$

$m_m$  – масса размолотого материала, кг;

$\tau$  – время помола, мин.

Параметры, необходимые для моделирования и полученные результаты приведены в таблице 1. Удовлетворительная сходимость значений производительности заводских мельниц, полученная предлагаемым методом моделирования, с их паспортной производительностью и средними значениями производительности, полученными длительной эксплуатацией в производственных условиях, свидетельствует о том, что использованные параметры моделирования



адекватны процессам измельчения, протекающим в шаровых трубных мельницах, а принятые при этом допущения приемлемы.

После соответствующего апробирования в заводских условиях рассмотренный метод моделирования производительности трубных мельниц может стать удобным и быстрым способом контроля и улучшения размолоспособности клинкера при обжиге и оптимизации режима помола цемента.

**Основные результаты и выводы.**

1. Для практического применения предложенных приемов интенсификации процессов измельчения разработан способ определения производительности заводских цементных мельниц по удельной производительности лабораторной стандартной мельницы Гипроцемента (Ø 0,5×0,56 м) и по общему модулю заводской мельницы (M<sub>о.з.м.</sub>), который представляется произведением четырех частных модулей:

1) Размерного модуля (M<sub>р</sub>) как отношение объемов заводской и лабораторной мельниц (V<sub>з.м.</sub>/V<sub>л.м.</sub>);

2) Модуля интенсивности (M<sub>и</sub>) как отношение числа оборотов в минуту заводской и лабораторной мельниц (n<sub>з.м.</sub>/n<sub>л.м.</sub>);

3) Модуля динамического (M<sub>д</sub>) как отношение высот падения шаров или (отношения диаметров мельниц) в водопадном режиме заводской и лабораторной мельниц соответственно (n<sub>з.м.</sub>/n<sub>л.м.</sub>);

4) Модуль кинетический (M<sub>к</sub>) как отношение линейных скоростей отрыва шаров от поверхности барабана в верхней точке барабана мельниц заводской и лабораторной соответственно.

5) Производительность заводской мельницы равна:

Таблица 1

**Параметры заводских мельниц**

Мельницы, №	Наружный диаметр мельницы, d <sub>н.з.</sub> , м, Длина мельницы L, м	Внутренний диаметр мельниц, d <sub>в.з.</sub> , м	Полезная длина мельницы, L <sub>пз.</sub> , м	Внутренний объем мельницы, V <sub>в.</sub> , м <sup>3</sup>	Частота вращения мельницы, n <sub>з.</sub> , об/мин.	Линейная скорость мелющих тел в точке отрыва от внутр. поверхности барабана мельницы, v <sub>д.з.</sub> , м/мин
1	2,2×13	2,05	12,7	41,9	23,2	149,34
2	2,6×13	2,45	12,9	60,8	19,5	158,0
3	3,0×14	2,85	13,8	88,0	17,6	157,5
4	3,2×15	3,05	14,8	108,0	16,94	162,2
5	4,0×13,5	3,52	13,25	151,8	16,2	179,0
6	Лаб. мел-ца	0,5	0,28*	0,055*	48	75,36

\*- для одной камеры.

Таблица 2

**Модельные отношения параметров: заводская/лабораторная мельница**

Размерный модуль: соотношение объемов M <sub>р</sub> =V <sub>з.м.</sub> /V <sub>л.м.</sub>	Модуль интенсивности. Соотношение импульсов ударного сжатия, M <sub>и</sub> =n <sub>з.м.</sub> /n <sub>л.м.</sub> , обор/мин	Динамический модуль как отношение высот падения мелющих тел пропорционально диаметрам, M <sub>д</sub> =d <sub>н.</sub> /d <sub>л.</sub>	Кинетический модуль, как отношение линейных скоростей мелющих тел при отрыве от пов-ти барабана мельницы: V <sub>з.</sub> /V <sub>л.</sub> =d <sub>з.</sub> ·n <sub>з.</sub> /d <sub>л.</sub> ·n <sub>л.</sub>	Общий модуль: M <sub>о</sub> M <sub>о</sub> = $\frac{V_{з.м.} \cdot n_{з.м.} \cdot d_{н.з.}}{V_{л.м.} \cdot n_{л.м.} \cdot d_{н.л.}} \cdot \left( \frac{n_{з.м.} \cdot d_{в.з.}}{n_{л.м.} \cdot d_{в.л.}} \right)$	Производительность заводских цементных мельниц, по данным моделирования, Q <sub>з.м.</sub> =q <sub>д.</sub> ·M <sub>о</sub> т/ч	Паспортная производительность заводских мельниц, т/ч
820	0,48	4,1	1,98	3,2·10 <sup>3</sup>	18,5	16
1105	0,40	4,9	2,0	4,33·10 <sup>3</sup>	26,0	25
1600	0,37	5,7	2,1	7,10·10 <sup>3</sup>	42,4	38
1965	0,35	6,1	2,15	9,0·10 <sup>3</sup>	54,0	49
2745	0,34	7,64	2,38	16,97·10 <sup>3</sup>	101,8	89
Удельная производительность q <sub>д.</sub> =6 кг/ч						

$$G_{зм} = M_{0.зм} \cdot q_{лм}, \text{ где: } M_{0.зм} = M_p \cdot M_n \cdot M_d \cdot M_k.$$

$q_{лм}$  – определяется экспериментально в заводской лаборатории в течение одного часа.

*\*Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № НК 14-41-08029 p\_офи\_м.*

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Крыхтин Г.С., Кузнецов Л.Н. Интенсификация работы мельниц. Новосибирск: ВО «Наука», 1993. 240 с.

2. Пирозкий В.З. Цементные мельницы: технологическая оптимизация. С.-Пб.: Изд-во Центра профессионального обновления, 1999. 145 с.

3. Андреев С.Е., Товаров В.В., Перов В.А., Закономерности измельчения и исчисления ха-

рактеристики гранулометрического состава. М.: Metallurgizdat, 1959. 437 с.

4. Бажанова О.И., Богданов В.С., Шаптала В.Г. Моделирование температуро-влажностного режима цементной мельницы // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2012. №4. С. 91–95.

5. Севостьянов В.С., Михайличенко С.А., Ильина Т.Н., Маркидин А.А., Сиваченко Т.Л. Способы совершенствования измельчителей ударного действия на основе многостержневых рабочих органов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. №4. С. 87–90.

6. Дешко Ю.И., Креймер М.Б., Крыхтин П.С. Измельчение материалов в цементной промышленности. М.: Изд-во литературы по строительству, 1966. 270 с.

**Barbanyagre V.D., Matveev A.F., Smal D.V., Moskvichyov D.S.**

### MODELING OF PROCESSES FOR ASSESSMENT PRODUCTIVITY OF FACTORY BALL MILL

*A method for simulating the grinding process and determine the performance of the factory ball tube mills using a laboratory mill Giprotsement and application of the modular characteristics, describing the process of grinding mills was developed.*

**Key words:** ratio, basic parameters, laboratory, factory mill.

**Барбаниягрэ Владимир Дмитриевич**, доктор технических наук, профессор, кафедры технологии цемента и композиционных материалов.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: xtsm@intbel.ru.

**Матвеев Александр Фролович**, кандидат технических наук, профессор, кафедры технологии цемента и композиционных материалов.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: xtsm@intbel.ru.

**Смаль Дмитрий Викторович**, кандидат технических наук, кафедры технологии цемента и композиционных материалов.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: xtsm@intbel.ru.

**Москвичев Дмитрий Сергеевич**, научный сотрудник, кафедры технологии цемента и композиционных материалов.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: xtsm@intbel.ru.

*Крот О.П., канд. техн. наук, доц.  
Харьковский национальный университет строительства и архитектуры  
Токаревский В.В., д-р. физ-мат. наук, проф.  
Институт проблем Чернобыля Союза Чернобыль Украины  
Ровенский А.И., канд. техн. наук, с. н. с.,  
Губаренко А.М., н. с.  
Северо-Восточный Научный Центр Национальной академии наук Украины  
Старостина И.В., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*

## ИНСИНЕРАЦИЯ РАДИОАКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ ЗОНЫ ОТЧУЖДЕНИЯ АТОМНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

**uch\_opk@rambler.ru**

*В результате аварии на атомной электростанции в окружающую среду выбрасывается большое количество радиоактивных веществ. Самыми значительными авариям на атомных электростанциях за последние годы по загрязнению территорий можно назвать аварию на Чернобыльской станции и Фукусима-1. В связи с этим возникает актуальная проблема очистки территорий от долгоживущих радионуклидов. Исследованы состав и свойства материалов, находящихся в зоне отчуждения. Рассмотрена возможность сжигания этих отходов с применением высокоэффективной очистки отходящих газов.*

***Ключевые слова:** радиоактивные отходы, сжигание, компактирование, воздухоочистка, работающая печь.*

**Введение.** Для всех форм жизни, радиация представляет собой угрозу, против которой у организмов нет никакой защиты. Чернобыльская атомная электростанция (АЭС) находится на территории, загрязненной долгоживущими радионуклидами (Зона отчуждения), в результате чего экосистема региона испытала существенные изменения. Земли Зоны отчуждения (48870 гектаров) выведенные из народнохозяйственного оборота, территории промышленной площадки ЧАЭС, которые не связаны со снятием станции из эксплуатации, также не используются [1].

Мировая история подтверждает, что описанная проблема шире, чем только Украинская; она является международной. 11 марта 2011 в результате сильнейшего в истории Японии землетрясения и следующего за ним цунами на АЭС Фукусима-1 произошла большая радиационная авария. Общий объем выброса радиоактивных веществ составлял 900 тыс. ТБк. Площадь загрязнения радиоактивными веществами достигала 800 км<sup>2</sup>. По окончательным подсчетам правительства Японии стихия полностью или частично разрушила свыше 400 тыс. зданий, оставив около 17 млн. тонн обломков и мусора. Свыше 5 млн. тонн мусора отнесло в Тихий океан и частично прибило к западному побережью США и Канады. По предварительным данным, общая площадь земель, которые подлежат дезактивации, составляет 13 тыс. км<sup>2</sup>, или 3 % всей территории Японии.

Аварию на «Фукусиме-1», несмотря на меньшую утечку радиации, можно сравнить с Чернобылем. Чернобыльская катастрофа пока-

зала, что восстановление убытка растягивается надолго и требует гигантских вложений. Японские СМИ пишут: «Инвестиции на эти цели должны быть неограниченными».

Основной вывод: ядерные аварии несут за собою значительный убыток, и восстановление территории после них занимает много сил, средств и времени. Финансовый убыток, включая затраты на ликвидацию последствий АЭС «Фукусима-1», затраты на дезактивацию и компенсацию, оценивается в 100 миллиардов долларов [2]. Поскольку работы по устранению следствий запланированы на 40 лет, большинство жителей оставили свои дома. Одной из важнейших современных экологических проблем является обезвреживание радиоактивных отходов после ядерных аварий.

**Методология.** На основе анализа критериев выбора рационального места расположения, требований безопасности функционирования установки, её обслуживания и эксплуатации, конструктивных особенностей установки и процесса, который в ней реализуется, разрабатывается технология комплексного сжигания (термопереработки) техногенных радиоактивных отходов и соответствующее оборудование (установка). Выполнена экологическая и экономическая оценка предложенной установки.

**Основная часть.** Программой очистки и дезактивации последствий аварий АЭС предусмотрена переработка верхнего слоя грунта, неорганических, строительных материалов и др. При работе с радиоактивными органическими материалами появляется необходимость суще-

ственного сокращения их объема и дезактивации, планируется технология сжигания органических материалов на специализированных и муниципальных мусоросжигательных заводах, оборудованных современными газоочистками. К таким материалам относятся: древесина, ветви, кустарники, лесная подстилка, листья. Необходимо также утилизировать загрязненную спец. одежду, ветошь, ткани, материалы использованных фильтров.

*Целью исследования является* разработка технологии уменьшения объемов радиоактивных отходов, которые образовались при дезактивации территорий, загрязненных вследствие аварии на АЭС.

Сжигание отходов направлено на значительное сокращения их объема, перевода в стабильную инертную форму для долговременной изоляции от потенциального влияния на человека и окружающую среду. Это наиболее эффективный метод сокращения объема органических техногенных радиоактивных отходов низкого и среднего уровня активности (коэффициент сокращения до 100 раз), позволяющий перевести их в негорючее состояние, сконцентрировать радионуклиды в захороняемой золе, сэкономить объемы дорогостоящих хранилищ. Попутно может вырабатываться тепловая и электрическая энергия [3].

При выборе расположения установки сжигания необходимо учитывать такие параметры: место расположения: перспективным местом является близость групповых, главных хранилищ техногенных радиоактивных отходов; наличие вблизи достаточных запасов древесины и листостебельной массы, наличие транспортных магистралей подвоза к установке оборудования и техногенных радиоактивных отходов, наличие линии электропередачи; потребность в вырабатываемой тепловой и электрической энергии вблизи установки; наличие вблизи установки площадки для захоронения золы; отдаленность от места постоянного проживания населения для естественной санитарно-защитной зоны.

Разнообразие морфологического, нуклидного состава отходов, их удельной активности, требований к процессу сжигания, обусловили многообразие аппаратно-технологических схем сжигания.

Конструкции установки должны обеспечивать:

- проведение полного окисления органики, достижение максимального сокращения ее объема;
- поддержание температуры и технологических режимов, обеспечивающих, стабиль-

ность процесса, максимальный переход радионуклидов в золу, минимальный массоперенос радионуклидов в газоочистку;

- очистку дымовых газов от токсичных веществ и аэрозолей радионуклидов до допустимых концентраций;

- безопасность обслуживания и эксплуатации, простоту и надежность конструкции, оптимальную стоимость.

Выбор установки сжигания техногенных радиоактивных отходов был выполнен исходя из таких критериев: рациональная производительность и минимальная стоимость; опыт переработки отходов АЭС, техногенных оперативных отходов, техногенных и бытовых отходов; способность сжигания высоко влажных радиоактивных отходов с большим содержанием цезия; удовлетворение выбросов экологическим нормативам, минимальное количество вторичных отходов; минимальные требования к сортировке, подготовке отходов к сжиганию; достаточность исходных данных для технико-экономической оценки; возможность использования тепловой энергии сжигания для получения теплоэлектрического снабжения.

В большинстве случаев температура горения в пределах 900–1200 °С, зола в виде сыпучего порошка; при плазменном процессе 1400–1800 °С, зола в виде шлака. В плазменных печах сжигаются радиоактивные отходы из смеси разнородных материалов с включениями неорганики; из-за высокой температуры процесс сопровождается массопереносом цезия, затратами энергии на плазмотроны.

Комплекс установки сжигания, предлагаемый фирмой ООО ЕКСИС (рис. 1), предназначен для термokatалитического обезвреживания и сокращения объема биомассы токсичных муниципальных отходов и твердых бытовых отходов с возможностью использования теплоты сгорания органической составляющей для производства тепла и электроэнергии. Производительность установки 30 т/сутки.

В качестве шихты используется: древесина, листья, ветки, биомасса, картон, бумага, текстиль, прочие горючие материалы, солома - 87,4%; пластмасса - 0,5 %; токсичные медицинские материалы - 4%; стекло - 1,4%; негорючие материалы (цветные металлы, строительные материалы) до 5%.

Переработка основана на ротационном принципе сжигания шихты во вращающемся барабане, не требует измельчения шихты и веток. Комплекс состоит из: 1. отделения сортировки и подготовки отходов; 2. отделения термokatалитического обезвреживания дымовых газов; 3. вспомогательных технических соору-

жений, утилизирующей теплоэлектрической станции, административно бытового корпуса и другие.

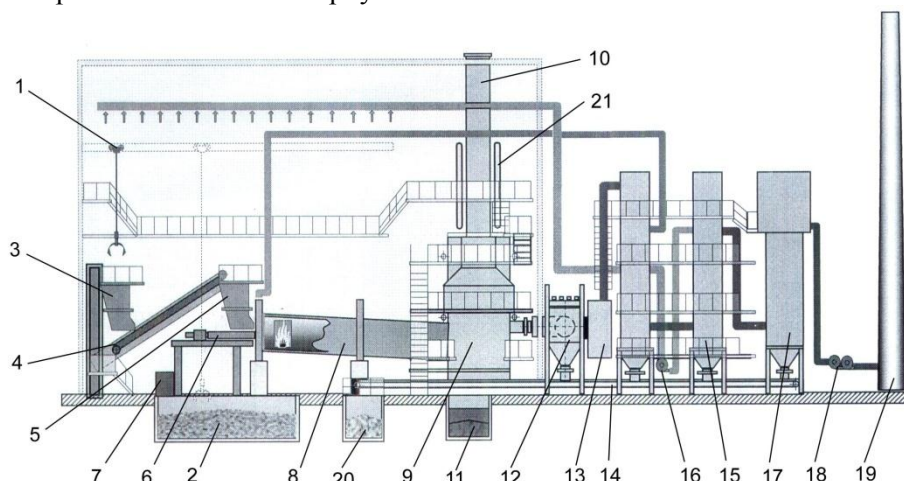


Рис. 1. Технологическая схема установки термопереработки во вращающемся барабане ООО ЕКСИС: 1 – кран балка с грейфером; 2 – отсек для приема отходов; 3 – промежуточный бункер; 4 – ленточный конвейер; 5 – загрузочный бункер; 6 – загрузочное устройство; 7 – дробилка для отсортированных пластмассовых отходов; 8 – вращающаяся печь; 9 – камера дожигания; 10 – крышка дымохода прямого сбрасывания с пневмоприводом; 11 – ванная для приема шлака; 12 – инерционно-вихревой коаксиальный пылеуловитель; 13 – каталитический аппарат; 14 – скребковый конвейер; 15 – рекуператор; 16 – вентилятор высокого давления; 17 – фильтр рукавный; 18 – дымосос; 19 – дымовая труба; 20 – бункер для шлака; 21 – котел – утилизатор

Каждая линия сжигания включает вращающуюся печь, котел утилизатор тепла, воздухонагреватель, шестиступенчатую газовую очистку в составе камеры дожигания, центробежно-вихревого пылеуловителя, систему впрыскивания щелочного раствора, термокатализаторного реактора, рукавного и абсорбционного углетканевого фильтра. Для надежной защиты от выбросов аэрозолей цезия в газоочистку дополнительно монтируется фильтр тонкой очистки «Фартос-Ц2500» (Нижнетуринского завода). Термокатализаторный реактор дочищает вентиляционные выбросы от вредных химических веществ. Зола и шлаки собираются в герметичный бункер; их использование возможно для строительства хранилищ радиоактивных отходов, нежилых объектов, в строительстве дорог и полигонов твердых бытовых отходов.

Технические параметры установки производительностью 30т/сутки: количество образующейся золы 700 т/год; коэффициент сокраще-

ния объема шихты 90–95 %; режим работы непрерывный; выработка вторичного тепла 1,5 ГДж/м<sup>3</sup>.

Экологические аспекты эксплуатации установки:

при сортировке и подготовке шихты уделяется внимание защите от ингаляционного воздействия; сортировочная кабина оборудована системой вентиляции и кондиционирования воздуха, обеззараживание поступающей шихты осуществляется ультрафиолетовыми лампами;

золоудаление выполнено в герметичном исполнении с использованием гидрозатвора;

образующиеся от сжигания дымовые газы очищаются от пыли и аэрозолей современными фильтрами, обеспечивающими не превышение предельных значений выбросов вредных веществ согласно нормам. В табл. 1 приведен сравнительный состав загрязнителей в дымовых выбросах.

Таблица 1

### Сравнительный состав загрязнителей в дымовых выбросах

Загрязнитель	Концентрации, беспечиваемые установкой сжигания, мг/м <sup>3</sup>	Допустимые концентрации, мг/м <sup>3</sup>	
		Украинские нормы	Международные нормы
Оксид углерода	5,7	250	50
Хлористый водород	0,01	30	10
Диоксид серы	–	500	50
Оксислогоазота	70	500	200
Органический углерод	9	–	10
Диоксины, фураны	0,01	–	0,1
Запыленность	2	50	10

Среди основных преимуществ предложенной установки – меньшая стоимость, более чем в два раза, в сравнении с мировыми аналогами.

Газоочистка была также протестирована введением в шихту пластика рецептуры 57–40 (полихлорвиниловый пластифицированный рулонный), используемого на АЭС и загрязненного цезием - 133 до удельной радиоактивности 8 кБк/кг. После сжигания шихты были замерены содержания цезия в вентиляционных выбросах; замеры составили 0,1 Бк/м<sup>3</sup>, что удовлетворяет нормам радиационной безопасности и санитарным правилам.

**Выводы.** Применение установки термопереработки во вращающемся барабане ООО ЕК-СИС обеспечивает: переводение радиоактивных отходов в форму, приемлемую для захоронения, которая исключает их миграцию в окружающую среду. Радионуклиды сконцентрированы в маленьком объеме отходов, что облегчает и ускоряет процесс их захоронения. Минимизация газообразных радиоактивных выбросов и жидких радиоактивных отходов в процессе переработки продуктов дезактивации; экономия затрат вследствие уменьшения объемов радиоактивных

отходов для переработки в результате сортировки радиоактивно загрязненных материалов.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Двадцять п'ять років Чорнобильської катастрофи. Безпека майбутнього. Національна доповідь України. К.: Вид. КІМ, 2011. 355 с.

2. V. Tokarevsky. Compaction of radioactive waste produced by decontamination of territories polluted due to the accident at Fukushima Daiichi Nuclear Power Station / ISTC/STCU Technical Review Committee Meeting of Fukushima Initiative 'On the environmental assessment for long term monitoring and remediation in and around Fukushima // Hitotsubashi University Hall Tokyo, Japan. (Tokyo 5-6 November 2015.), Tokyo: ISTC/STCU, 2015. С. 10–27.

3. Патент України на корисну модель №201111073, 16.09.2011. Остапчук В.М., Ровенський О.І., Семиноженко В.П. Установка термokatалітичного знешкодження муніципальних відходів з утилізацією вторинних ресурсів//Патент України №69201.2012.Бюл. №8.

**Krot O.P., Tokarevskyy V.V., Rovensky A.I., Gubarenko A.M., Starostina I.V.**

## INCINERATION OF RADIOACTIVE MATERIALS EXCLUSION ZONE NUCLEAR POWER PLANT

*After the accident at the nuclear power plant into the environment is emitted significant amount of radioactive material. The most significant accidents in nuclear power plants during recent years the contamination of territories can be called an accident at the Chernobyl and Fukusima-1. This raises an urgent problem cleaning areas from long-lived radionuclides. Were investigated the composition and properties of materials in the exclusion zone. The possibility of incineration of these wastes using high-efficiency flue gas cleaning.*

**Key words:** radioactive waste, incineration, compaction, air cleaning, rotary kiln.

**Крот Ольга Петровна**, кандидат технических наук, доцент кафедры безопасной жизнедеятельности и инженерной экологии.

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры.

Адрес: Украина, 61002, Харьков, ул. Сумская, д. 40.

E-mail: uch\_opk@rambler.ru

**Токаревский Владимир Васильевич**, доктор физико-математических наук, профессор.

Институт проблем Чернобыля Союза Чернобыль Украины

Адрес: Украина, 03028, Киев, пр. Науки, д.46.

E-mail: tokarevsky@voliacable.com

**Ровенский Александр Иванович**, кандидат технических наук, старший научный сотрудник.

Северо-восточный научный центр Академии наук Украины.

Адрес: Украина, 61002, Харьков, ул. Фрунзе, д. 8.

E-mail: uch\_opk@rambler.ru

**Губаренко Андрей Михайлович**, кандидат технических наук, научный сотрудник.

Северо-восточный научный центр Академии наук Украины.

Адрес: Украина, 61002, Харьков, ул. Фрунзе, д. 8.

E-mail: uch\_opk@rambler.ru

**Старостина Ирина Викторовна**, кандидат технических наук, доцент

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г.Шухова

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д.46.

E-mail: starostinairinav@yandex.ru

Кудеярова Н.П., канд. техн. наук, проф.,

Бушуева Н. П., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## АКТИВИЗАЦИЯ БЕЛИТОВЫХ ФАЗ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ШЛАКА В ПРИСУТСТВИИ ОКСИДА КАЛЬЦИЯ

kudeyarova@intbel.ru

Отходы металлургических комбинатов могут использоваться при производстве низкообжиговых высокоактивных вяжущих материалов, содержащих белитовую фазу. Металлургический шлак Оскольского металлургического комбината содержит силикаты кальция, магния, алюмосиликаты, оксиды железа. Силикаты кальция в составе преобладают, это преимущественно двухкальциевый силикат в виде  $\gamma$ -модификации, который практически не обладает вяжущими свойствами в естественных условиях твердения. В данной работе, используя методы физико-химического анализа, исследована возможность активизации двухкальциевого силиката шлака в присутствии оксида кальция, в результате термической обработки и кристаллохимической стабилизации в присутствии примесей. Получено, при обжиге температура фазового полиморфного превращения  $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$   $\gamma$ - в  $\alpha'$ -модификацию совпадает с процессом декарбонизации  $\text{CaCO}_3$ , а также присутствие в шлаке оксидов  $\text{MgO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  и других позволяет сохранить в продукте обжига двухкальциевый силикат в гидравлически активном состоянии в виде  $\beta$ - и  $\alpha'$ -модификаций и получить в смеси с тонкоизмельченным кварцевым песком вяжущее гидротермального твердения, активность которого превышает традиционно используемого известково-кремнеземистого вяжущего почти в два раза.

**Ключевые слова.** Белитовая фаза, полиморфизм, металлургический шлак, оксид кальция, минералообразование, кристаллохимическая стабилизация.

**Введение.** Вопросы снижения энергоемкости и сырьевых компонентов в производстве строительных материалов успешно решаются при использовании отходов различных производств [1]. При этом уменьшается количество отвалов шлаков, занимающих площади, отведённые под пахотные земли, и улучшается экологическая обстановка региона. Одним из видов металлургических шлаков является сталеплавильный шлак Оскольского электрометаллургического комбината (ОЭМК), который не гранулируется,

а сливается в отвал. При производстве основного продукта на ОЭМКа ежегодно образуется до 600 тыс. тонн такого шлака, количество которого в отвалах ежегодно увеличивается [2].

**Методика.** Исследования проводились на 2-х компонентной смеси: мел – шлак. Тонкоизмельченные компоненты смешивались в соотношении 1:1 и обжигались при температурах 1000, 1100 и 1150 °С. Химический состав компонентов представлен в табл.1.

Таблица 1

Химический состав компонентов

Компонент	Содержание оксидов, мас. %								
	ппп	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{CaO}$	$\text{MgO}$	$\text{SO}_3$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{Na}_2\text{O}$
Мел	42,00	2,00	0,40	0,20	54,00	0,20	0,08	0,09	0,03
Шлак	2,18	22,16	4,23	15,27	42,80	10,16	0,76	0,20	0,028

**Основная часть.** Основными минералами сталеплавильного шлака являются двухкальциевый силикат различных модификаций – белитовая фаза (40-60 мас.%),  $\text{MgO}$ ,  $\text{SiO}_2$  а также присутствуют кальциево-магниево-силикаты и алюмосиликаты, железосодержащие минералы. В зависимости от условий охлаждения шлака в белитовой фазе протекают модификационные превращения – возможен переход  $\beta$ -

модификации в  $\gamma$ - $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ , сопровождающийся увеличением объема и саморассыпанием, и частичная гидратация белита с образованием  $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot\text{H}_2\text{O} - \text{C}_2\text{SH(A)}$  [3, 4]. Модуль основности шлака в среднем равен  $M_o - 1,88$ , а модуль активности  $M_a - 0,25$ .

Фазовый анализ шлака показал на преимущественное наличие шеннонита –  $\gamma$ -модификации  $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ , который в нормальных

условиях не обладает гидратационными свойствами [5–7]. В связи с этим в работе поставлена задача активизировать белитовую фазу, используя тепловую обработку в присутствии карбонатного компонента. Известно, что превращения отдельных фаз при нагревании оказывает большое влияние на реакционную способность смеси по причине изменений в кристаллической решетке, что интенсифицирует процесс взаимодействия компонентов в системе и, следовательно, увеличивает скорость реакции в несколько раз [4]. Это явление в научной литературе именуется «эффектом Хедвалла» по имени его автора. Особенно интенсивной реакции можно ожидать, когда компоненты системы подвергаются превращениям примерно в одном и том же температурном интервале или когда в системе происходят другие структурные изменения [3]. Обжиг сталеплавильного шлака без карбонатного компонента свидетельствует о

стабилизации  $\beta$ - $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  белитовой фазы за счет наличия других оксидов [8–11]. Кроме этого при обжиге смесей наблюдается взаимодействие продуктов разложения шлака и карбоната кальция с образованием новых фаз. Химический анализ продуктов обжига на содержание свободного оксида кальция свидетельствует о его связывании и увеличении количества новообразований – силикатов, появлении алюминатов и ферритов (табл. 2). Исходя из химического состава смеси расчетное содержание свободного оксида кальция за счет полного разложения карбоната должно составлять 48,4 мас.%. Однако после обжига при температуре 1000 °С количество  $\text{CaO}_{\text{своб}}$  несколько уменьшилось. Более значительное уменьшение свободного оксида кальция наблюдается при температурах обжига 1100 и 1150 °С.

Таблица 2

## Содержание свободного оксида кальция после обжига

Температура обжига, °С	Количество $\text{CaO}_{\text{своб}}$ , мас.%
1000	48,2
1100	41,1
1150	40,0

Эти изменения подтверждаются рентгенофазовым анализом (рис. 1).

Кроме этого наблюдаются изменения в белитовой фазе – интенсивность дифракционных максимумов для  $\alpha'$ - и  $\beta$ - $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  увеличивается ( $d$  2,78, 2,75 Å), что объясняет повышение содержания двухкальциевого силиката. При повышении температуры происходит полиморфное превращение  $\gamma$ -модификации  $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  в  $\alpha'$ -модификацию. Теоретическая температура

этого фазового перехода составляет 850°С, которая практически совпадает с температурой декарбонизации  $\text{CaCO}_3$ . Присутствующие в шлаках оксиды  $\text{MgO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  стабилизируют гидравлически активные формы  $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ . Кроме оксидов, указанных в табл. 1, в шлаках присутствуют  $\text{MnO}$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  и другие, небольшого количества которых достаточно для кристаллохимической стабилизации  $\beta$ - $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  и монотропного превращения в  $\gamma$ - $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  не происходит [12–13].

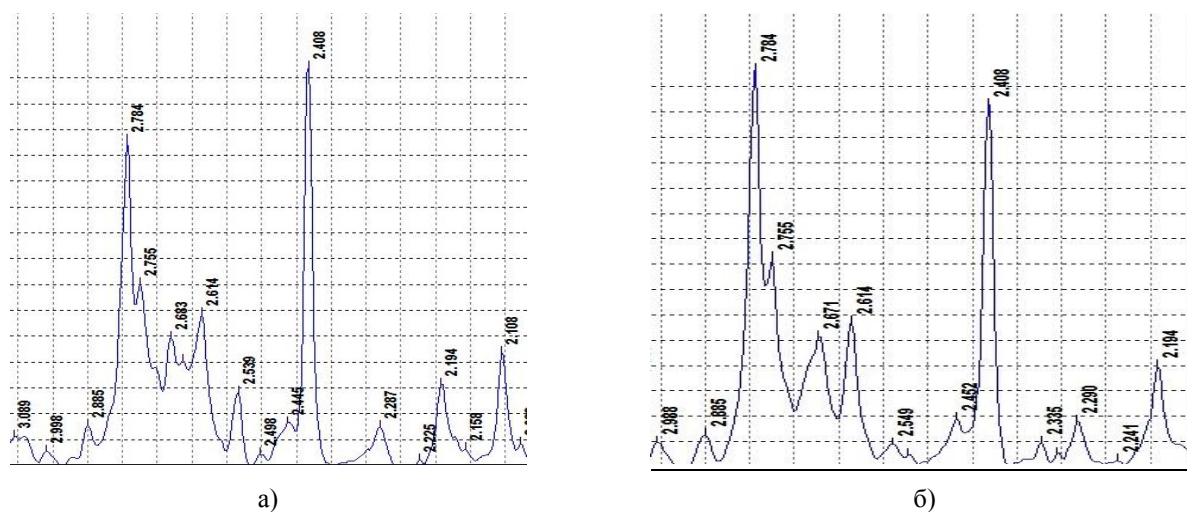


Рис. 1. Рентгенограммы продуктов обжига: а) 1000 °С, б) 1150 °С



Присутствующий в шлаке мервинит  $3\text{CaO}\cdot\text{MgO}\cdot 2\text{SiO}_2$  ( $d=2.885\text{\AA}$ ) сохраняется в продукте обжига, причем его количество несколько увеличивается при повышении температуры обжига (изменяется ширина дифракционных максимумов на рентгенограмме, рис.1). Структура мервинита аналогична структуре  $\alpha'$ -модификации  $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ , он обладает вяжущими свойствами и при гидратации при нормальной и повышенной (до  $95\text{ }^\circ\text{C}$ ) температуре образуются высокоосновные гидросиликаты кальция [14].

Увеличение интенсивности дифракционного пика  $2.61\text{ \AA}$  свидетельствует о возможности образования трехкальциевого силиката  $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  в результате твердофазовой реакции при наличии свободного оксида кальция. Все эти изменения и процессы образования новых фаз могут отразиться на гидратационной активности полученных продуктов обжига.

Поскольку продукт обжига содержит значительное количество оксида кальция в свободном состоянии, для его более полного связывания и активизации гидратации белитовой фазы в работе использовалась автоклавная обработка [15, 16]. Исследования проводились на прессованных образцах смеси продукта обжига с тонко измельченным кварцевым песком (удельная поверхность песка составляла  $200\text{ м}^2/\text{кг}$ ), соотношение которых определяет содержание  $\text{CaO}_{\text{своб.}}$  в продукте обжига. Режим автоклавной обработки: температура водяного насыщенного пара  $175\text{ }^\circ\text{C}$  и давление  $8\text{ атм}$ , время выдержки, определяемое при рабочем давлении полным связыванием гидроксида кальция в гидросиликаты, составляет  $6\text{ часов}$ . Контрольный вариант известково-песчаного вяжущего характеризуется прочностью на сжатие  $61\text{ МПа}$  при неполном связывании известкового компонента. Прочность исследуемых композиций почти в два раза выше ( $105\text{--}110\text{ МПа}$ ) при полном связывании гидроксида кальция.

В процессе автоклавной обработки ускоряется процесс гидратации белитовой фазы и отмечено полное связывание гидроксида кальция с увеличением гидратных фаз в сравнении с известково-песчаным вяжущим. Новая фаза в основном представлена гидросиликатами кальция типа  $\text{C}_2\text{SH(A)}$  и низкоосновными высокопрочными  $\text{CSH(B)}$ , что позволит использовать это вяжущее при изготовлении изделий, характеризующихся не только высокими прочностными показателями, но и долговечностью.

**Выводы.** Таким образом температурная обработка сталеплавильного шлака совместно с получаемом при этом оксидом кальция способствует стабилизации гидравлически активных фаз двухкальциевого силиката –  $\beta$ - и  $\alpha'$ -модификаций, частичному образованию высокоосновного силиката кальция  $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ , при автоклавной обработке которых в смесях с кварцевым песком образуются гидросиликаты различного состава.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лесовик В.С. Использование промышленных отходов КМА в производстве строительных материалов // Использование отходов, промышленных продуктов в производстве строительных материалов и изделий. М. 1987. Вып. 3. 62 с.
2. Гуревич Б.И., Тюкавкина В.В. Вяжущие материалы из шлаков черной и цветной металлургии // Цветная металлургия. 2007. № 4. С.10–16.
3. Бутт Ю.М., Сычев М.М., Тимашев В.В. Химическая технология вяжущих материалов: учеб. для вузов. М.: Высшая школа. 1980. 472 с.
4. Тимашев В.В. Высокотемпературная обработка портландцементных сырьевых смесей // Цемент. 1987. № 12. С. 3–6.
5. Классен В.К., Текучева Е.В., Дроздов А.А. Эффективность использования электросталеплавильных шлаков в качестве сырьевого компонента для производства цемента // Техника и технология силикатов. 2006. №4. С. 7–15.
6. Кудярова Н.П., Цыпченко Н.В. Фазовые превращения шлака ОЭМК при повышенных температурах в присутствии оксида кальция // Сб. докл. «Современные проблемы строительного материаловедения». Белгород. 2001. 4.1. С. 298–301.
7. Кудярова Н.П., Цыпченко Н.В. Вяжущее на основе сталеплавильных шлаков // Известия ВУЗов. Серия Строительство. 2004. №5. С. 48–50.
8. Шаповалов Н.А., Бушуева Н.П., Панова О.А., Бушуев Д.А. Научные основы эффективного применения отходов флотации хвостов мокрой магнитной сепарации при получении белитосодержащего вяжущего // Фундаментальные исследования. 2015. № 2. С. 3476–3483.
9. Shapovalov N.A., Bushueva N.P., Panova O.A. Low roasting cementitious matter of limebelite components using flotation waste of residual dumps of wet magnetic separation at the mining and processing complex World Applied Sciences Journal. 25 (12). 2013. 1758–1762.

10. Кудеярова Н.П., Цыпченко Н.В. Вяжущее на основе сталеплавильных шлаков // Известия ВУЗов. Серия Строительство. 2004. №5. С. 48–50.

11. Шаповалов Н.А., Бушуева Н.П., Панова О.А. Известково-белитовое вяжущее на основе отходов ГОКов // Фундаментальные исследования. 2013. №. 8. С. 1368–1372.

12. Шаповалов Н.А., Бушуева Н.П., Панова О.А. Влияние железосодержащих минералов на процесс образования двухкальциевого силиката «Технические науки – от теории к практике»: материалы XXI международной заочной научно-практической конференции. (15 мая 2013 г.); Новосибирск: Изд. «СибАК», 2013. С. 146–152.

13. А.с. СССР № 1655946. Бушуева Н.П., Воробьев Х.С., Соколовский В.А., Кудеярова Н.П. Вяжущее для изготовления изделий автоклавного твердения // 1991. Бюл. № 22.

14. Горшков В.С., Тимашев В.В., Савельев В.Г. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ. М.: Высшая школа, 1981. С. 249–250.

15. Кудеярова Н.П., Гостищева М.А. Гидратационная активность  $C_2S$  в автоклавных условиях // Строительные материалы. 2007. № 8. С. 34–35.

16. Кудеярова Н.П., Гостищева М.А. Активизация процесса гидратации  $MgO$  и  $C_2S$  в автоклавных условиях // Известия вузов. Строительство. Новосибирск. 2007. № 9. С. 23–27.

---

**Kudeyarova N.P., Bushueva N.P.**

**ACTIVATION PHASE BELITE STEELMAKING SLAG IN THE PRESENCE OF CALCIUM OXIDE**

*Waste of iron and steel works can be used by production low - the calcination highly active knitting materials containing a belite phase. Metallurgical slag of Oskolsky iron and steel works contains silicates of calcium, magnesium, aluminosilicates, iron oxides. Calcium silicates in structure prevail, it is mainly two-calcic silicate in the form of  $\gamma$ -modification, which practically doesn't possess the knitting properties under natural conditions of curing. In this work, using methods of the physical and chemical analysis, the possibility of activation of two-calcic silicate of slag in the presence of calcium oxide, in result of heat treatment and crystal chemical stabilization in the presence of impurity is investigated. It is received as when roasting temperature of phase polymorphic transformation of  $2CaO \cdot SiO_2$   $\gamma$ - in  $\alpha'$ - modification coincides with process of decarbonization of  $CaCO_3$ , and also presence at slag of oxides  $MgO$ ,  $K_2O$ ,  $MnO$ ,  $Cr_2O_3$  and others allows to keep in a roasting product two-calcic silicate in hydraulically active state in a look  $\beta$ - and  $\alpha'$ -modifications and to receive in mix with finely grinded quartz sand knitting hydro-thermal curing which activity exceeds traditionally used limy-silicic knitting almost twice.*

**Key words:** *Belite phase, polymorphism, metallurgical slag, calcium oxide, mineralogenesis, crystal chemical stabilization.*

---

**Кудеярова Нина Петровна**, кандидат технических наук, профессор кафедры технологии цемента и композиционных материалов.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г.Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: kudeyarova@intbel.ru

**Бушуева Наталья Петровна**, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии стекла и керамики

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г.Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: px\_2011@list.ru

*Бондаренко Н.И., аспирант,  
Бессмертный В.С., д-р техн. наук, проф.,  
Борисов И.Н., д-р техн. наук, проф.,  
Тимошенко Т.И., канд. техн. наук, доц.,  
Слабинская И.А., д-р экон. наук, проф.,  
Бондаренко Д.О., аспирант*

*Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*

*Макаров А.В., канд. техн. наук, доц.*

*Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал НИТУ «МИСИС»)*

## ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ДЕГИДРАТАЦИИ ГЛИНОЗЁМИСТОГО ЦЕМЕНТА В УСЛОВИЯХ НЕИЗОТЕРМИЧЕСКОГО НАГРЕВА

**bondarenko-71@mail.ru**

*Исследован химический и фазовый состав глинозёмистого цемента. С использованием интегральной методики неизотермической кинетики рассчитаны кинетические параметры процесса дегидратации гидроалюминатов кальция. Показано, что большая часть кинетической кривой удовлетворительно описывается уравнением трёхмерной диффузии.*

**Ключевые слова:** *защитно-декоративные покрытия, глинозёмистый цемент, неизотермический нагрев, шпинели, кинетика дегидратации.*

В настоящее время значительный интерес представляют плазменные технологии [1–4]. В процессе плазменной обработки лицевой поверхности стеновых строительных материалов, в частности бетона, на лицевой поверхности образуется высококачественное защитно-декоративное покрытие [5–8]. В условиях неизотермического нагрева зона, лежащая под стекловидным покрытием в бетоне подвергается нагреву до высоких температур, порядка 900–1000 °С. Под действием таких температур происходит дегидратация цементного камня с образованием микротрещиноватого слоя. Микротрещиноватый слой существенно снижает прочность сцепления покрытия с основой и морозостойкость [9, 10].

С целью повышения показателей надёжности и долговечности нами разработаны составы защитно-декоративных покрытий на основе

глинозёмистого цемента. При плазмохимической модификации происходит дегидратация гидроалюминатов. Исследование кинетических закономерностей дегидратации гидроалюминатов позволили выявить закономерности и оптимизировать технологические параметры плазменного оплавления лицевой поверхности бетонов.

Для исследования кинетических параметров дегидратации гидроалюминатов в глинозёмистом цементе использовали интегральную методику неизотермической кинетики.

В качестве исходного исследуемого материала использовали глинозёмистый цемент Пашийского завода.

Химический состав глинозёмистого цемента, исследованный рентгенофлуоресцентным методом, представлен в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав глинозёмистого цемента

Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	TiO <sub>2</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
64,99	21,34	11,83	1,12	0,29	0,15	0,05	0,05	0,01

С использованием метода РФА исследован минералогический состав исходного глинозёмистого цемента (рис. 1).

Как видно из рисунка 1 основными компонентами глинозёмистого цемента является шпинель состава MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> и моноалюминат кальция CaAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>.

Для дальнейшего исследования глинозёмистый цемент затворяли водой при В/Ц = 0,37 и выдерживали 28 суток.

Рентгенофазовый анализ гидратированного цемента показал, что основными фазами гидратированного глинозёмистого цемента является MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> моноалюминат кальция CaAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> и CaAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>·10H<sub>2</sub>O.

Интегральная методика неизотермической кинетики предусматривает проведение исследований как минимум при двух скоростях нагрева. С этой целью дифференциально-термический анализ проводили при скоростях 5 °С/мин и 10°С/мин (рис. 3, 4).

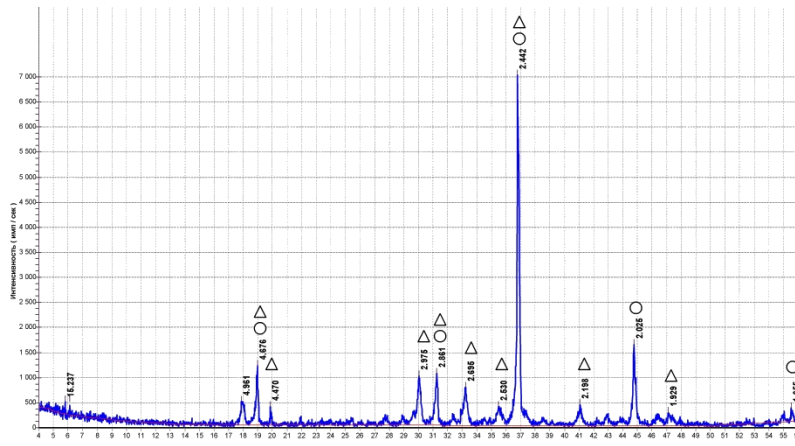


Рис. 1. Порошковая рентгеновская дифрактограмма глинозёмистого цемента:

○ –  $MgAl_2O_4$ ; Δ –  $CaAl_2O_4$

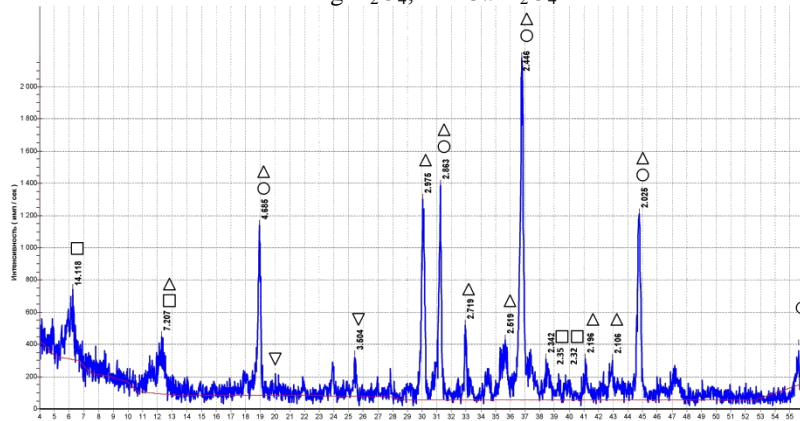


Рис. 2. Порошковая рентгеновская дифрактограмма гидратированного глинозёмистого цемента:

○ –  $MgAl_2O_4$ ; Δ –  $CaAl_2O_4$ ; ◇ –  $CaAl_4O_7$ ; □ –  $CaAl_2O_4 \cdot 10H_2O$

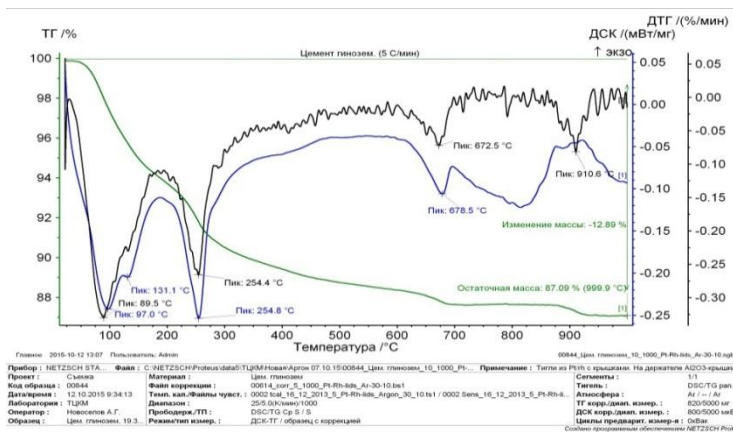


Рис. 3. ДТА анализ гидратированного глинозёмистого цемента при 5°C/мин

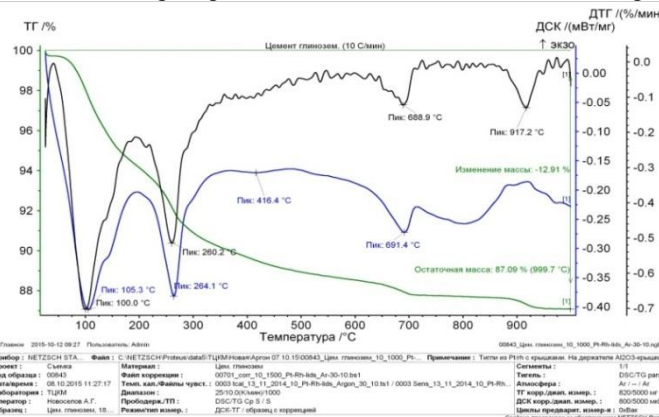


Рис. 4. ДТА анализ гидратированного глинозёмистого цемента при скорости 10°C/мин

Методика неизотермической кинетики основана на предположении, что при одинаковом количестве образовавшегося продукта ( $\alpha_i, \alpha_{i+1} \dots$ ) твердофазной реакции для кинетических кривых, полученных при разных скоростях нагрева, энергия активации процесса  $E$  и предэкспоненциальный множитель  $K_0$  равны.

Интегральная методика неизотермической кинетики предусматривает следующие преобразования:

Разделяя переменные по  $\alpha$  в уравнении (1) и проинтегрировав, получим:

$$\int_{\alpha_0}^{\alpha_i} \frac{d\alpha}{F(\alpha)} = K_0 \cdot \int_{\tau_0}^{\tau_i} \exp\left(-\frac{E}{RT}\right) \cdot d\tau \quad (1)$$

При проведении исследований скорость нагрева должна носить для интегральной методики линейный характер, т.е.

$$T = T_0 + q\tau_0 \quad (2)$$

где  $q$  – скорость подъёма температуры, град/мин,

$$q = \frac{dT}{d\tau} \quad (3)$$

Из данного выражения

$$d\tau = \frac{dT}{q} \quad (4)$$

Подставляя выражение (4) в выражение (1) для двух скоростей нагрева  $q_1$  и  $q_2$  получим исходные расчётные уравнения:

$$\int_{\alpha_0}^{\alpha_i} \frac{d\alpha}{F(\alpha)} = K_0 \cdot \frac{1}{q_1} \int_{T_0}^{T_i} \exp\left(-\frac{E}{RT}\right) \cdot dT \quad (5)$$

$$\int_{\alpha_0}^{\alpha_i} \frac{d\alpha}{F(\alpha)} = K_0 \cdot \frac{1}{q_2} \int_{T_0}^{T_i} \exp\left(-\frac{E}{RT}\right) \cdot dT \quad (6)$$

В уравнениях (5) и (6) неизвестными являются три величины: энергия активации  $E$ , модель процесса  $F(\alpha)$  и предэкспоненциальный множитель  $K_0$ .

Взяв соотношение выражений (5) и (6) получаем конечное уравнение для определения энергии активации:

$$\frac{q_1}{q_2} = \frac{\int_{T_0}^{T_1} \exp\left(-\frac{E}{RT}\right) \cdot dT}{\int_{T_0}^{T_2} \exp\left(-\frac{E}{RT}\right) \cdot dT} \quad (7)$$

Для реальных условий эксперимента граничные условия для выражения (7) берём из сечений значения  $\alpha_i$  и  $\alpha_{i+1}$  (степень превращения):

$$\frac{\int_{T_i}^{T_{i+1}} e^{\left(-\frac{E}{RT}\right) \cdot dT}}{\int_{T_j}^{T_{j+1}} e^{\left(-\frac{E}{RT}\right) \cdot dT}} = \frac{q_1}{q_2} \quad (8)$$

Таким образом, для расчёта энергии активации необходимо два экспериментально полученных графика зависимости процесса дегидратации от температуры при линейных скоростях нагрева.

Исследование процесса дегидратации  $\text{CaH}_{10}$  проводили при скоростях нагрева  $5^\circ\text{C}/\text{мин}$  и  $10^\circ\text{C}/\text{мин}$ .

Экспериментальные графики зависимости температуры от времени и потери массы гидроалюмината кальция от температуры и времени представлены на рисунке 5–6.

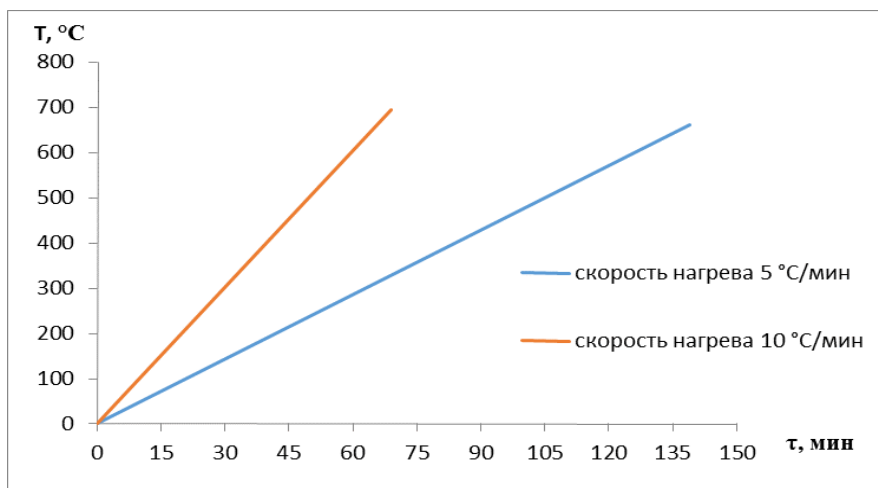


Рис. 5. Зависимость температуры от времени при скоростях нагрева  $5^\circ\text{C}$  и  $10^\circ\text{C}$

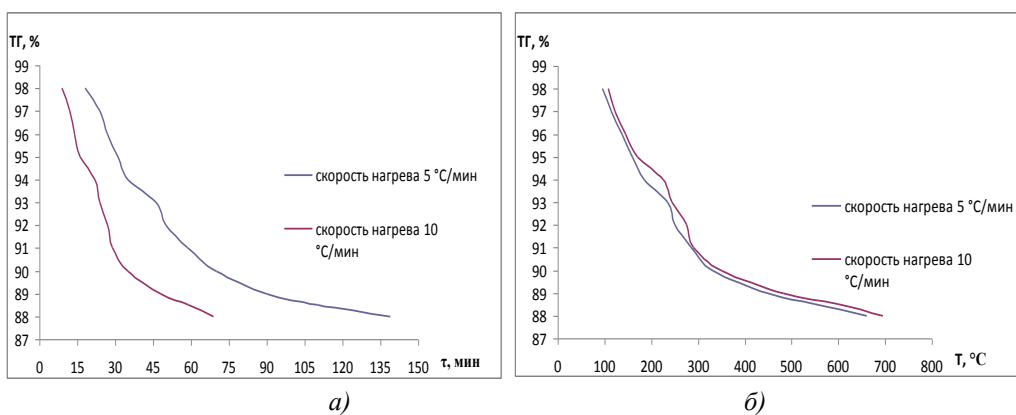


Рис. 6. Зависимость потери массы от времени (а) и температуры (б)

Граничные значения температуры  $T_i$  и  $T_{i+1}$  интегралов для расчёта энергии активации представлены в таблице 2.

Таблица 2

**Граничные значения температуры  $T_i$  и  $T_{i+1}$  для расчёта  $E$**

№	α		Температура при α <sub>i</sub> и α <sub>i+1</sub> и т.д.		E, кДж/моль
	H <sub>2</sub> O, %	ТГ, %	Скорость нагрева:		
			5 °C/мин	10 °C/мин	
1	15,49	98	95	107,5	114,57
2	23,24	97	115	122,5	117,36
3	30,98	96	137,5	145	122,25
4	38,72	95	160	170	154,14
5	46,47	94	185	225	163,37
6	54,22	93	235	245	149,87
7	61,91	92	250	275	142,31
8	69,71	91	285	290	140,87
9	77,46	90	332,5	350	139,25
10	85,20	89	450	482,5	132,11
11	89,09	88,5	550	600	129,49
12	92,95	88	660	695	240
13	100	87,09	932	955	265

Энергию активации находим, решая выражение (8), методом итераций с использованием компьютерной программы. Средние значения энергии активации рассчитывали, как среднеарифметическое первых одиннадцати значений энергии активации, где процессы дегидратации СА<sub>Н</sub><sub>10</sub> проходят на 90 %. Средние значения энергии активации процесса дегидратации СА<sub>Н</sub><sub>10</sub> составляем  $E_{cp} = 136,87$  кДж/моль. На заключительных стадиях процесса дегидратации СА<sub>Н</sub><sub>10</sub> при температурах более 600 °С, энергия активации составляет 240–265 кДж/моль.

В нашем случае процесс дегидратации гидроалюминатов кальция может быть описан дифференциальным кинетическим уравнением:

$$\frac{d\alpha}{d\tau} = K_0 \cdot \exp\left(\frac{-E}{RT}\right) \cdot F(\alpha) \quad (9)$$

где  $\frac{d\alpha}{d\tau}$  – скорость исследуемого процесса (α – степень превращения, усадка, плотность, пористость и т.д.);  $K_0$  – предэкспоненциальный множитель (или количество элементарных актов в единицу времени), с<sup>-1</sup>;  $E$  – энергия активации процесса, кДж/моль;  $R$  – универсальная газовая постоянная, равная 8,314 кДж/моль;  $F(\alpha)$  – модель процесса (например, уравнение Яндера);  $T$  – температура, К.

Нами выбрано и проверено на адекватность модель трёхмерной диффузии Яндера.

Для удобства расчёта введём обозначения:

$$\left(\frac{d\alpha}{d\tau}\right)_1 = \omega_1; \left(\frac{d\alpha}{d\tau}\right)_2 = \omega_2 \quad (10)$$

Строили зависимость  $\ln(\omega_i \cdot \exp(-\frac{E}{RT}))$  от  $\ln(1 - \sqrt[3]{1 - \alpha})$  (рис. 7) для двух скоростей нагрева.

Для определения  $F(\alpha)$  выбираем несколько наиболее вероятных моделей и в логарифмических координатах строим следующую зависимость (рис. 7).

Считают, что характеристическая модель  $F(\alpha)$  наиболее адекватно описывает исследуемый процесс, если полученные экспериментальные точки (рис. 7) расположены близко к прямой. Однако следует учесть, что всегда наблюдается некоторый разброс точек, поэтому методом наименьших квадратов обрабатывают данный массив. Когда  $\ln F_1(\alpha) = 0$  находим  $\ln K_0$  (рис. 7), а отсюда  $K_0$  (предэкспоненциальный множитель).

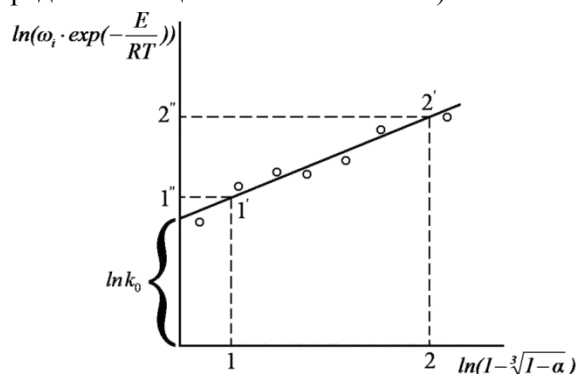


Рис. 7. График для проверки адекватности модели процесса дегидратации САН<sub>10</sub>

Получаем «туман» точек на данном графике, которые аппроксимируем прямой. На полученной прямой произвольно выбираем две точки 1' и 2', решая следующую систему уравнений, находим  $n$ :

$$\begin{cases} \ln(\omega_1 \cdot \exp(-\frac{E}{RT})) = \ln K_0 + n \cdot \ln(1 - \sqrt[3]{1 - \alpha}) \\ \ln(\omega_2 \cdot \exp(-\frac{E}{RT})) = \ln K_0 + n \cdot \ln(1 - \sqrt[3]{1 - \alpha}) \end{cases} \quad (11)$$

В нашем случае часть точек хорошо описывалась уравнением трёхмерной диффузии Яндера для большей части кинетического уравнения.

При  $\alpha = 0,15$  и  $\alpha = 0,54$  получаем систему уравнений:

$$\begin{cases} -2,21 = \ln K_0 - 2,94n \\ -1,53 = \ln K_0 - 1,49n \end{cases} \quad (12)$$

Решая систему уравнений относительно  $n$ , находим  $n = 2,02$ .

Основная часть кинетической кривой процесса дегидратации удовлетворительно описывается уравнением трёхмерной диффузии Яндера:

$$\frac{d\alpha}{d\tau} = 8,37 \cdot 10^5 \cdot \exp(-\frac{E}{RT}) \cdot (1 - \sqrt[3]{1 - \alpha})^{2,02} \quad (13)$$

Полученное кинетическое уравнение позволяет удовлетворительно описать большую часть кинетической кривой. Таким образом, впервые исследованы кинетические закономерности дегидратации САН<sub>10</sub> в условиях неизотермического нагрева.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лесовик В.С., Пучка О.В., Вайсера С.С., Елистраткин М.Ю. Новое поколение строительных композитов на основе пеностекла // Строительство и реконструкция. 2015. №3 (59). С. 146–154.
2. Dalai S., Vijayalakshmi S., Shrivastava P., Sivam S.P., Sharma P. Effect of Co loading on the hydrogen storage characteristics of hollow glass microspheres (HGMs) // International Journal of Hydrogen Energy. 2014. Т. 39. №7. С. 3304–3312.
3. Пучка О.В., Сергеев С.В., Калашников Н.В. Высокоэффективные теплоизоляционные стеклокомпозиты на основе техногенного сырья. Плазмохимические методы нанесения покрытий на поверхность пеностекла. Белгород: Изд. БГТУ, 2013. 187 с.
4. Пучка О.В., Минько Н.И., Лесовик В.С. Высокоэффективные теплоизоляционные конструкционные материалы нового поколения / Научные и инженерные проблемы строительно-технологической утилизации техногенных отходов: сб. материалов конф. // Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. (Белгород, 15–23 марта 2014 г.), Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. С. 166–173.
5. Баженов Ю.М., Федосов С.В., Щепочкина Ю.А., Акулова М.В. Высокотемпературная отделка бетона стекловидными покрытиями. М.: Изд. АСВ, 2005. 128 с.
6. Федосов С.В., Акулова М.В. Плазменная металлизация бетонов. М.: Изд. АСВ, 2003. 120 с.
7. Федосов С.В., Акулова М.В., Щепочкина Ю.А., Подлозный Э.Д., Науменко Н.Н. Плазменное оплавление строительных композитов. М.: Изд. АСВ, Иваново: ИГАСУ, 2009. 228 с.
8. Ильина И.А., Минько Н.И., Борисов И.Н., Бондаренко Д.О., Скрипченко П.В. Локальная термическая обработка стеновых строительных материалов автоклавного твердения // Современные наукоёмкие технологии. 2014. №3. С. 165. 166.
9. Здоренко Н.М. Формирование качества и конкурентоспособности стеновых строительных материалов автоклавного твердения / Н.М. Здоренко, / И.А. Ильина, Н.И. Бондаренко, И.Н. Борисов, Д.И. Исофатова // Современные наукоёмкие технологии. 2014. №10. С. 120 – 121.

10. Бессмертный В.С., Ильина И.А., Здоренко Н.М., Борисов И.Н., Бондаренко Н.И., Бондаренко Д.О. Температурно-временное поле в стеновых строительных материалах автоклав-

ного твердения при их плазменной обработке // Международный журнал экспериментального образования. 2015. №11 (часть 1). С. 141 – 142.

---

**Bondarenko N.I., Bessmertniy V.S., Borisov I.N., Tymoshenko T.I., Slabinskaya I.A., Bondarenko D.O., Makarov A.V.**

**RESEARCH OF KINETICS OF DEHYDRATION OF ALUMINOUS CEMENT IN THE CONDITIONS OF NOT ISOTHERMAL HEATING**

*The chemical and phase composition of aluminous cement is investigated. With use of an integrated technique of not isothermal kinetics kinetic parameters of process of dehydration of hydroaluminates of calcium are calculated. It is shown that the most part of a kinetic curve is well described by the equation of three-dimensional diffusion.*

**Key words:** protective and decorative coverings, aluminous cement, not isothermal heating, spinels, dehydration kinetics.

---

**Бондаренко Надежда Ивановна**, аспирант кафедры технологии стекла и керамики.  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.  
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.  
E-mail: bondarenko-71@mail.ru

**Бессмертный Василий Степанович**, доктор технических наук, профессор кафедры технологии стекла и керамики.  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.  
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.  
E-mail: vbessmertnyi@mail.ru

**Борисов Иван Николаевич**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии цемента и композиционных материалов.  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.  
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.  
E-mail: xtsm@intbel.ru

**Тимошенко Татьяна Ивановна**, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии цемента и композиционных материалов.  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.  
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.  
E-mail: Timoshenko\_bstu@mail.ru

**Слабинская Ирина Александровна**, доктор экономических наук, профессор, заведующая кафедрой бухгалтерского учёта и аудита.  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.  
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.  
E-mail: iaslabinskaya@mail.ru

**Бондаренко Диана Олеговна**, аспирант кафедры материаловедения и технологии материалов.  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.  
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.  
E-mail: di\_bondarenko@mail.ru

**Макаров Алексей Владимирович**, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой технологии и оборудования в металлургии и машиностроении им. В.Б. Крахта.  
Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал НИТУ «МИСИС»)  
Адрес: Россия, 308516, Старый Оскол, ул. Макаренко, д. 42.  
E-mail: makarov.av@mail.ru



Мишин Д.А., канд. техн. наук, доц.,  
Ковалев С.В., аспирант,  
Чекулаев В.Г., аспирант.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ПРИЧИНА СНИЖЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЙСТВИЯ МИНЕРАЛИЗАТОРОВ ОБЖИГА ПОРТЛАНДЦЕМЕНТНОГО КЛИНКЕРА

k-ws@mail.ru

Настоящая статья посвящена исследованиям по выявлению причины снижения эффективности действия минерализаторов в современных вращающихся печах цементного производства. В ходе исследований были проведены эксперименты по вводу минерализаторов в сырьевой шлам ЗАО «Белгородский цементный завод». Обжиг образцов производили на лабораторных печах. В результате анализа полученных образцов выявлена причина снижения минерализующей способности добавок, в частности плавикового шпата и оксида магния, заключающаяся в накоплении и циркуляции солей щелочных металлов в системе. Произведен анализ ряда литературных источников, который также подтверждает результаты исследований. Предложен способ ввода минерализатора, позволяющий нейтрализовать отрицательное воздействие солей щелочных металлов на минерализаторы. Данный способ заключается во введении минерализаторов в температурную область печи, в которой они проявляют наибольший минерализующий эффект.

**Ключевые слова:** интенсификация процесса обжига клинкера, минерализатор, плавиковый шпат  $\text{CaF}_2$ , соли щелочных металлов.

Использование минерализаторов в цементной промышленности позволяет одновременно решить несколько важных задач, таких как увеличение производительности печных агрегатов, снижение удельного расхода тепла на обжиг клинкера, увеличение качества выпускаемого цемента [1]. Обращает на себя внимание факт, что согласно проведенным промышленным испытаниям по вводу в шлам плавикового шпата [2–6] достигаемый эффект увеличения производительности печей находится в довольно широком интервале от 4 до 23 %. В некоторых случаях даже минимального указанного в литературе эффекта достичь не удастся. Например, во время промышленных испытаний по использованию плавикового шпата в качестве минерализатора на ОАО «Красносельскстройматериалы» позволило увеличить производительность только на 1,9–2,8 % [6]. Еще в качестве одного показательного примера снижения эффективности действия минерализатора можно указать оксид магния.  $\text{MgO}$  практически всегда присутствует в сырьевых смесях. Он снижает вязкость клинкерного расплава (рис. 1) и, следовательно, должен облегчать синтез алита с увеличением производительности печи, но при его наличии в портландцементной сырьевой смеси работниками заводов не отмечаются эти положительные моменты [2].

Причины, по которым наблюдается такой малый эффект от использования минерализаторов, мало изучены. Таким образом, целью настоящей работы является выявление причины,

вызывающей снижение эффективности действия минерализаторов.

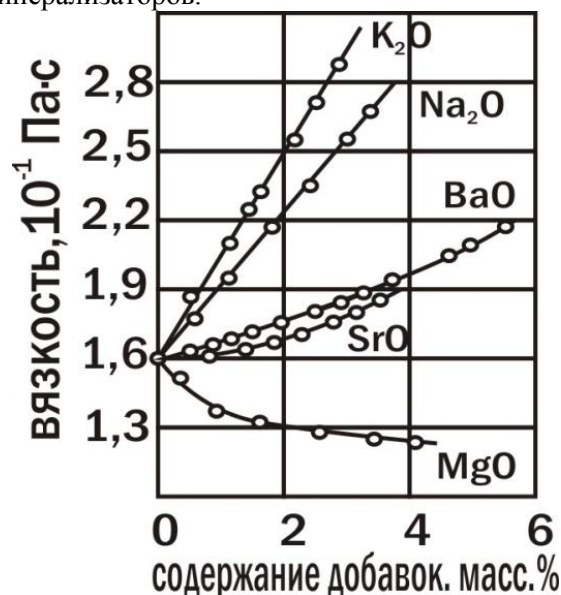


Рис. 1. Изотермы вязкости расплава, образующегося при 1450 °C в присутствии оксидов s-элементов [7]

Для проведения исследований изготавливали смеси, используя заводской шлам ЗАО «Белгородский цементный завод» (табл. 1). В качестве минерализаторов использовались реактивы квалификации «ч»:  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaF}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Все минерализаторы вводились в % масс. в пересчете на прокаленную сырьевую смесь сверх 100%. Минерализаторы  $\text{MgO}$  и  $\text{CaF}_2$  вводили в количестве 0,61% и 0,73% соответственно. Содержание  $\text{Na}_2\text{O}$  и  $\text{K}_2\text{O}$  при изучении кинетики их испарения из сырьевой смеси определялось пламенно-фотометрическим методом.

Таблица 1

## Характеристика сырьевого шлама ЗАО «Белгородский цементный завод», %

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	ППП	p	n	КН
13,94	3,52	2,79	43,53	0,6	0,15	0,03	0,35	34,85	1,26	2,21	0,94

Результаты лабораторных исследований практически всегда показывают значительный положительный эффект от минерализатора, а промышленные испытания могут их не выявить. Чтобы определить причину такого различия при переходе от лабораторных к промышленным условиям, рассмотрим их. Основное и принципиальное различие между ними заключается в том, что в лабораторных условиях обжигаются смеси, химический состав которых мало изменяется в процессе обжига. Выделение гидратной влаги и углекислого газа не принимается во внимание, так как аналогичные процессы протекают и в цементной печи. А вот во вращающейся печи химический состав обжигаемой смеси изменяется очень сильно. На протяжении более 50 % длины печи в обжигаемом материале содержится повышенная концентрация солей калия и натрия вследствие наличия циркуляции солей щелочных металлов, которые, вероятно, и влияют на эффективность действия минерализаторов. Для проверки этого утверждения изучили

влияние на усвоение оксида кальция некоторых минерализаторов в присутствии карбоната натрия.

Для изучения влияния солей щелочных металлов на эффективность действия минерализаторов смоделировали условия обжига, приближенные условиям в печи. Для этого в сырьевые смеси ввели Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> в количестве 1,42 % в пересчете на Na<sub>2</sub>O. Данная добавка выбрана, исходя из того положения, что соли натрия являются менее летучими, чем соли калия (рис. 2). Для исследования кинетики испарения натриевых и калиевых солей щелочных металлов использовали шлам ЗАО «Белгородский цементный завод», в который вводили Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> и K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> таким образом, чтобы суммарное содержание введенных и содержащихся в шламе солей составляло 3,5 % масс. Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O. Полученные результаты подтверждают ранее установленный Волконским Б.В. и др. [2] факт, о том, что скорость испарения калиевых солей выше, чем натриевых.

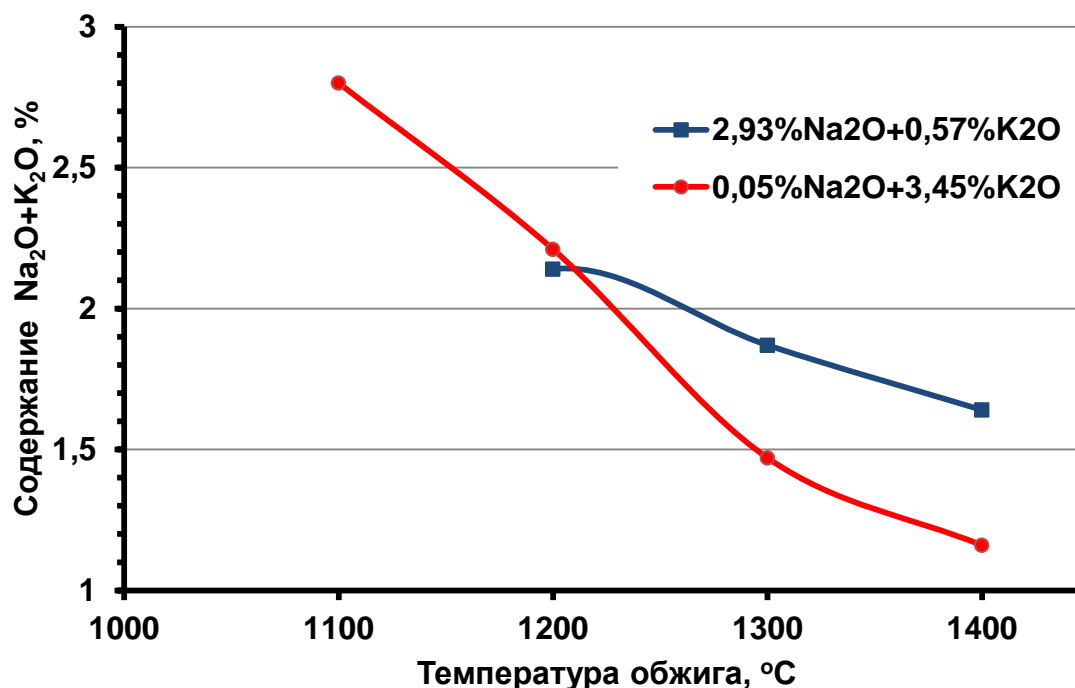


Рис. 2. Влияние температуры обжига на остаточное содержание оксидов натрия и калия в шламе ЗАО «Белгородский цементный завод»

Минерализаторы вводили традиционным способом, т.е. в исходный шлам. Обжиг сырьевых смесей проводили при температурах 1100–1400 °C, время изотермической выдержки 10

мин. Содержание свободного оксида кальция определяли сахаратным (до 1200 °C) и этиловоглицератным (выше 1300 °C) методами.

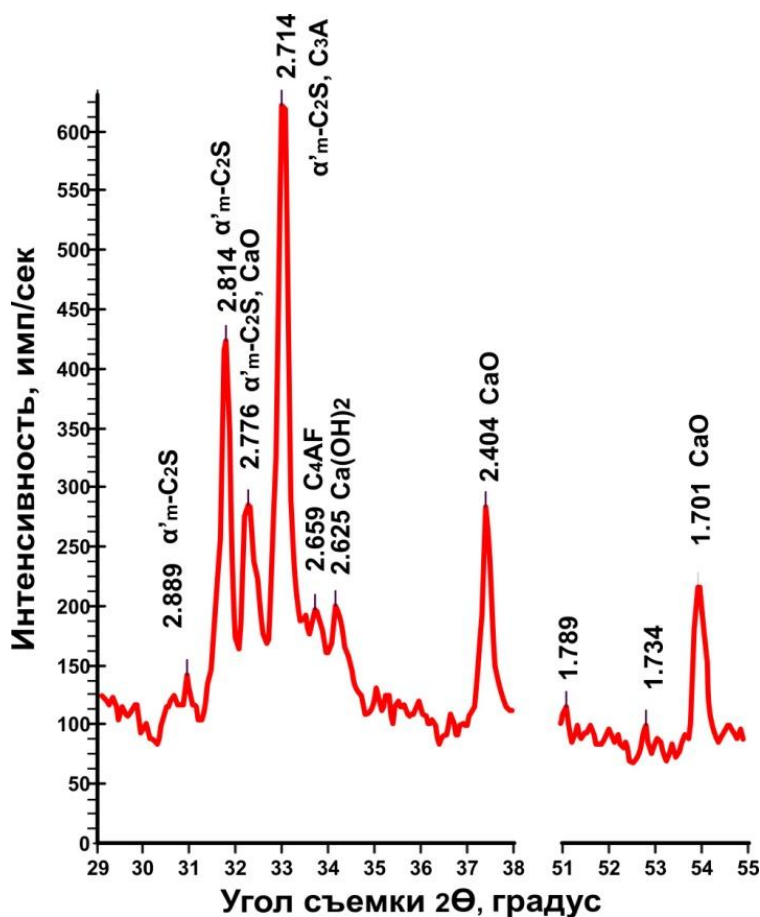


Рис. 3. Влияние повышенного содержания  $\text{Na}_2\text{O}$  (4,3%) на фазовый состав клинкера, обожженного при температуре  $1400^\circ\text{C}$  и времени изотермической выдержки 10 мин

Наибольшей степенью усвоения свободной извести характеризуется образец №2 с традиционным вводом фторида кальция (табл. 2). Однако на практике невозможно получить условия, при которых в системе находились бы только исходная сырьевая смесь и минерализатор  $\text{CaF}_2$ . В результате циркуляции солей щелочных металлов в обжигаемом материале может достигать до 10%  $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$  [8]. Наличие  $\text{Na}_2\text{O}$  в сырьевой смеси, как и ожидалось, приводит к увеличению

степени усвоения  $\text{CaO}$  при температурах до  $1200^\circ\text{C}$  за счет ускорения синтеза белита, а при более высоких температурах наблюдается замедление связывания оксида кальция (табл. 2 смесь №3) в результате увеличения вязкости клинкерного расплава. Стоит отметить, что при увеличении концентрации  $\text{Na}_2\text{O}$  в сырьевой смеси до 4,3 % алит в клинкере почти не образуется (рис. 3).

Таблица 2

**Влияние солей щелочных металлов на содержание  $\text{CaO}_{\text{св}}$  при обжиге портландцементной сырьевой смеси**

№ смеси	Количество вводимого минерализатора, % масс.	Содержание $\text{CaO}_{\text{св}}$ при температурах обжига, % масс.			
		1100 °C	1200 °C	1300 °C	1400 °C
1	Без добавок	30,29	23,73	6,22	1,32
2	0,73 % $\text{CaF}_2$	28,98	13,65	2,41	0,09
3	1,42 % $\text{Na}_2\text{CO}_3^*$	25,06	17,82	6,32	1,86
4	1,42 % $\text{Na}_2\text{CO}_3+0,73$ % $\text{CaF}_2$	25,28	19,95	11,93	2,18
5	1,42 % $\text{Na}_2\text{CO}_3+0,61$ % $\text{MgO}^{**}$	27,29	17,70	9,83	2,68

\* $\text{Na}_2\text{CO}_3$  вводили в пересчете на  $\text{Na}_2\text{O}$ .

\*\* $\text{MgO}$  вводили из расчета его суммарного содержания в смеси 1,5 %.

Совместное же наличие в сырьевой смеси минерализатора ( $\text{CaF}_2$  или  $\text{MgO}$ ) и  $\text{Na}_2\text{O}$  (табл. 2 смеси №4, 5) приводит к еще большему замедлению скорости связывания  $\text{CaO}$  не только в

сравнении с бездобавочной смесью №1, но и в сравнении со смесью, содержащей  $\text{Na}_2\text{O}$  (смесь №3). Т.е. эффективность минерализатора в присутствии  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ниже, чем, если они действуют

индивидуально. Следовательно, наличие солей щелочных металлов является причиной снижения эффективности плавикового шпата. К этому выводу можно прийти и анализируя литературные источники [2–6]. Обнаружена парадоксальная зависимость: эффект от введения плавико-

вого шпата тем ниже, чем более позднее издание литературного источника (табл. 3). Причиной такого поведения минерализатора необходимо искать в особенностях развития цементной промышленности.

Таблица 3

**Упомянутое увеличение производительности цементной вращающейся печи при вводе фторсодержащих минерализаторов в литературных источниках в зависимости от их года издания**

Год издания	Наименование источника	Упомянутое увеличение производительности печи, %
1963	Волконский Б.В. Минерализаторы в цементной промышленности / Б.В. Волконский, П.Ф. Коновалов, С.Д. Макашев. – М.: Изд-во лит. по строительству, 1963. – 198 с.	10–23
1966	Лощинская А. В. Интенсификация процессов обжига цементного клинкера / А.В. Лощинская, А.Е. Мягков, В.К. Хохлов. – М.: Стройиздат, 1966. -174 с.	5–10
1981	Дуда В.Г. Цемент / В.Г. Дуда. – М.: Стройиздат, 1981. – 464 с.	заграничные заводы отказались от применения плавикового шпата
1990	Древицкий Е.Г. Повышение эффективности работы вращающихся печей. / Е.Г. Древицкий, А.Г. Добровольский, А.А. Коробок. – М.: Стройиздат, 1990. – 224 с.	до 4
2010	Черкасов А.В. Использование плавикового шпата для увеличения производительности цементной вращающейся печи / А.В. Черкасов, Д.А. Мишин, С.А. Перескок // Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в промышленности строительных материалов: сб. докл. Междунар.науч.-практ. конф., Белгород, 5-8 окт. 2010 г. / Белгор. гос. технол. ун-т. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2010. – Ч2. – С. 302-305	1,9–2,8

За исследуемый период, освещенный в литературе, происходила существенная модернизация оборудования цементной промышленности в сторону увеличения единичной мощности агрегатов. Строятся более длинные вращающиеся печи, происходит переход на более экономичный сухой способ производства. Это ведет за собой установку более совершенных пылеулавливающих систем, способных уловить мельчайшие частицы пыли и возвратить обратно в печь обжига. Весомую долю тонкодисперсной части пыли печи составляют соли щелочных металлов. Поэтому в любой печи цементного производства возникает накопление и циркуляция этих солей. Агрегатом, с предельно развитой циркуляцией солей щелочных металлов можно рассматривать печь, оснащенную запечными циклонными теплообменниками. Вероятно поэтому, зарубежные европейские заводы, перешедшие к 1980 г. на сухой способ производства отказались от применения минерализаторов, пойдя по пути увеличения тонины помола сырьевых смесей и улучшения условий их гомогенизации (табл. 3). Таким образом, при вводе  $\text{CaF}_2$  традиционным способом он влияет на процессы минералообразования в условиях повы-

шенного содержания  $\text{R}_2\text{O}$ . Из-за чего снижается его эффективность. Возникает необходимость найти способ устранения негативного воздействия солей щелочных металлов.

Известно, что положительный эффект введения минерализаторов чаще всего проявляется в определенной области температур. За пределами этой области минерализатор может ослабить свое действие, стать нейтральным либо вообще проявить отрицательный эффект. Так, например, карбонаты щелочных металлов при температурах до 1100 °С интенсифицируют процессы декарбонизации и белитообразования [9, 10], но при более высоких температурах способствуют процессам, тормозящим образование алита. Фторид кальция является более универсальным минерализатором, положительно воздействующим во всем температурном интервале обжига клинкера. Однако наибольшую эффективность данный минерализатор проявляет при температурах выше  $\approx 1100$  °С, т.е. при появлении основного клинкерного расплава [2]. Поэтому представляет интерес ввод минерализаторов в ту область температур, где их действие наиболее эффективно. Для моделирования в лабораторных условиях такого ввода минерализа-

тора образцы исходной сырьевой смеси, с введенным минерализатором  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , обжигали при температуре 1100 °С. Затем образцы охлаждали, измельчали и вводили в них второй минерализатор ( $\text{CaF}_2$  и  $\text{MgO}$ ), после чего образцы возвращали обратно в предварительно разогретую до 1100 °С печь и проводили дальнейший обжиг до необходимой температуры 1100-1400°С. Способ ввода минерализатора в температурную область,

где он эффективен, назовем «раздельным вводом минерализатора». В смеси № 6 и 7 (табл. 4) были введены минерализаторы с применением раздельного ввода. Исходя из данных усвоения  $\text{CaO}_{\text{св}}$  в этих образцах, можно сказать, что раздельный от солей щелочных металлов ввод минерализаторов  $\text{CaF}_2$  и  $\text{MgO}$  позволяет увеличить их эффективность и снизить уровень негативного воздействия солей  $\text{R}_2\text{O}$ .

Таблица 4

#### Влияние раздельного ввода минерализатора на усвоение $\text{CaO}_{\text{св}}$

№ смеси	Количество минерализатора, вводимого при температуре, % масс.		Содержание $\text{CaO}_{\text{св}}$ при температурах обжига, % масс.			
	20 °С	1100 °С	1100°С	1200 °С	1300 °С	1400 °С
6	1,42% $\text{Na}_2\text{CO}_3$	0,73% $\text{CaF}_2$	25,06	15,38	4,40	0,59
7	1,42% $\text{Na}_2\text{CO}_3$	0,61% $\text{MgO}$	23,71	13,87	4,54	0,34

#### Выводы:

1. Согласно анализу литературных источников при обжиге цементного клинкера наблюдается снижение эффективности действия минерализаторов в промышленных условиях. Причиной снижения эффективности минерализаторов является наличие циркуляции солей щелочных металлов в печной системе, возникающей вследствие увеличения возврата тонкодисперсной пыли, содержащей соли щелочных металлов, обратно в печь.

2. В условиях повышенного содержания солей щелочных металлов в обжигаемом материале, возникающих из-за явления циркуляции солей щелочных металлов, традиционный ввод минерализаторов в сырьевую смесь во время ее приготовления не дает ожидаемого эффекта. Уменьшение негативного действия солей щелочных металлов можно достичь с помощью раздельного ввода минерализаторов, заключающегося во введении минерализатора в температурную область в которой они проявляют наибольший минерализующий эффект.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Коледаева Т.А., Барбанягрэ В.Д. Взаимодействия в системе  $\text{CaCO}_3\text{LiF}$  // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. №1. С. 110–113.

2. Волконский Б.В., Коновалов П.Ф., Макашев С.Д. Минерализаторы в цементной про-

мышленности. М.: Изд-во лит. по строительству, 1963. 198 с.

3. Дуда В.Г. Цемент. М.: Стройиздат, 1981. 464 с.

4. Древицкий Е.Г., Добровольский А.Г., Коробок А.А. Повышение эффективности работы вращающихся печей. М.: Стройиздат, 1990. 224 с.

5. Лощинская А. В., Мягков А.Е., Хохлов В.К. Интенсификация процессов обжига цементного клинкера. М.: Стройиздат, 1966. 174 с.

6. Черкасов А.В., Мишин Д.А., Перескок С.А. Использование плавикового шпата для увеличения производительности цементной вращающейся печи / Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в промышленности строительных материалов: сб. докл. Междунар.науч.-практ. конф.// Белгор. гос. технол. ун-т. (Белгород 5-8 окт. 2010 г.), Белгород: Изд-во БГТУ, 2010. Ч.2. С. 302-305.

7. Осокин А.П., Кривобородов Ю.Р., Потапова Е.Н. Модифицированный портландцемент. М.: Стройиздат, 1993. 328 с.

8. Классен В.К. Обжиг портландцементного клинкера. Красноярск.: Стройиздат, Красноярск. отд., 1994. 323 с.

9. Лугинина И.Г. Избранные труды. Белгород: Изд-во БелГТАСМ, 2002. 302 с.

10. Сычев М.М., Корнеев В.И., Федоров Н.Ф. Алит и белит в портландцементном клинкере Л. М.: Стройиздат, 1965. 98 с.

---

**Mishin D.A., Kovalev S.V., Chekulaev V.G.****REDUCTION CAUSE EFFICIENCY OF MINERALIZER'S FIRING PORTLAND CEMENT CLINKER**

*This article focuses on identification research of the causes of reducing the effectiveness of the mineralizing modern rotary kilns of cement production. During research experiments the mineralizing commissioning in the raw sludge of JSC "Belgorod Cement Plant" was carried out. Roasting samples were produced in laboratory furnaces. The sample analysis reveals the reduction cause capacity of mineralizing additives, particularly of calcium fluoride and magnesium oxide what consists in the circulation and the accumulation of alkali metal salts in the system. The analysis of a number of literary sources was carried out, what also confirms the results of the studies. The way of the mineralizer insert, that allows neutralization of the negative impact of the alkali metal salts mineralizers is suggested. The method comprises mineralizer initiation (administering) to a temperature region in which they exhibit the greatest mineralizing effect.*

**Key words:** *clinker burning process intensification, mineralizer, fluorspar  $\text{CaF}_2$ , alkali metal salts.*

---

**Мишин Дмитрий Анатольевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии цемента и композиционных материалов.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: mishinda.xtsm@yandex.ru

**Ковалев Сергей Викторович**, аспирант кафедры технологии цемента и композиционных материалов.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: k-ws@mail.ru

**Чекулаев Виталий Геннадьевич**, аспирант кафедры технологии цемента и композиционных материалов.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: pop32res@mail.ru

*Федотова А.В., аспирант,  
Шайхиев И.Г., д-р техн. наук,  
Дряхлов В.О., канд. техн. наук, асс.,  
Абдуллин И.Ш., д-р техн. наук, проректор по НР  
Казанский национальный исследовательский технологический университет  
Свергузова С.В., д-р техн. наук, проф.  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*

## **ВЛИЯНИЕ ВЧЕ ПЛАЗМЫ Пониженного Давления на Структуру Полисульфонамидных Мембран и Их Разделительные Характеристики Относительно Водомасляной Эмульсии**

**ildars@inbox.ru**

*Исследована возможность интенсификации разделения водомасляных эмульсий на основе масла марки «И-20А», с использованием ультрафильтрационных полисульфонамидных мембран с массой отсекаемых частиц 100 кДа, обработанных высокочастотной емкостной плазмой пониженного давления. Определены параметры плазмообработки, при которых достигаются наибольшие значения производительности и селективности разделения эмульсий. Методами растекающейся капли, ИК – спектроскопии и рентгеноструктурного анализа, проведены исследования поверхностных и структурных характеристик полисульфонамидных мембран, обработанных в потоке высокочастотной плазмы пониженного давления в среде аргона и азота в соотношении 70:30.*

**Ключевые слова:** водомасляные эмульсии, мембраны, плазма, разделение

**Введение.** Плазма представляет собой частично или полностью ионизированный газ, образованный из нейтральных атомов, молекул и заряженных частиц. Главной особенностью плазмы является квазинейтральность, что означает, что объемные плотности положительных и отрицательных заряженных частиц, из которых она образована, оказываются почти одинаковыми [1].

Физико-химическая активность плазмы известна более 100 лет. Однако, исследования плазмохимических реакций начались только в конце 50-х годов прошлого века после значительных успехов физики плазмы, а широкое промышленное использование было обусловлено прогрессом микроэлектроники, когда стало ясно, что получение полупроводниковых структур субмикронных размеров невозможно без плазмохимических процессов. На сегодняшний день, ввиду своей уникальности и полифункциональности, плазмохимическая модификация широко используется для решения научных и практических задач.

Наибольший интерес представляют следующие области плазмохимической модификации: обработка материалов текстильной промышленности, в том числе улучшение характеристик меховых изделий [2]; изготовление композиционных материалов на основе плазменноиницированных полимеров, в том числе получение углепластиков на основе углеродного волокна; обработка материалов высокой механической и термической прочности с целью дальнейшего

введения добавок, увеличивающих срок службы и эксплуатационные характеристики; модификация поверхности полимерных материалов медицинского назначения, в том числе обработка внутренних пор наноструктурированных биомедицинских матриц, а также модификации поверхности отходов различного происхождения [3–7].

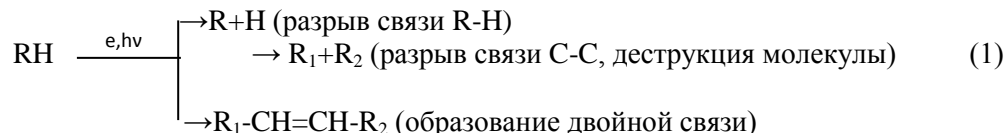
В последнее время во вторичное использование и переработку вовлекаются все большее количество отходов природных и синтетических материалов, подвергнутых различным физико-химическим воздействиям [8–12].

Особый интерес для авторов данной статьи представляет обработка полимерных мембран с целью увеличения их селективности и производительности [13–17].

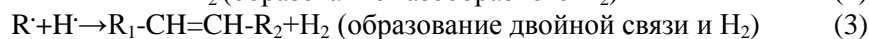
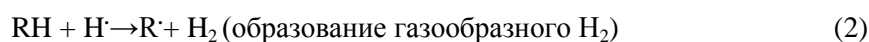
Основным воздействием непололимерообразующей плазмы на поверхность полимера является изменение контактных свойств – смачиваемости и адгезии, изменение которых является следствием очистки от загрязнений и модификации поверхности, так и образовании функциональных групп различной химической природы, состав и структура которых зависят, как от химической структуры полимера, так и от параметров плазмообработки.

Активными элементами в процессе плазмохимической модификации являются электроны, ионы, возбужденные атомы и молекулы, а также ультрафиолетовое излучение [18, 19]. Под воздействием такого количества активных частиц на поверхности полимеров наблюдается целый

ряд процессов: травление, окисление и окислительное травление, деструкция и сшивание, разрыв связей с образованием полярных групп, образование полярных групп при взаимодействии с газовой фазой плазмы, прививка в плазме к модифицируемой поверхности тонких пленок различной химической природы и т.п., которые практически невозможно разделить на последовательные стадии.

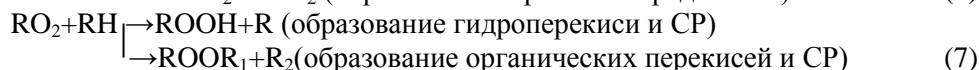
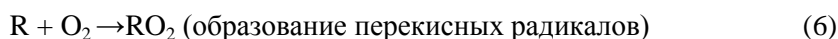


Активные первичные продукты могут вступать во вторичные реакции:



При наличии кислорода в составе плазмообразующего газа характерны следующие вто-

ричные реакции с участием свободных радикалов:



Взаимодействие с азотной или азотсодержащей плазмой приводит к образованию азотсодержащих групп в поверхностном слое полимера, проявляющих, как правило, основные свойства. Относительное содержание основных азотсодержащих групп: C-N и C=N зависит от типа азотсодержащей плазмы. Взаимодействие с различными типами плазмы в N<sub>2</sub> приводит к связыванию азота преимущественно в форме иминных групп. Важной особенностью воздействия азотсодержащей плазмы на поверхность полимера является образование кислородсодержащих групп при непосредственном взаимодействии с кислородом воздуха после плазмообработки [20].

**Методология.** На основании вышеизложенного, методами растекающейся капли, ИК – спектроскопии и рентгеноструктурного анализа, проведены исследования поверхностных и структурных характеристик полисульфонамидных (ПСА) мембран, обработанных в потоке высокочастотной емкостной низкотемпературной плазмы пониженного давления тлеющего разряда, при следующих условиях: газовая среда – смесь аргона и азота в соотношении 70:30, напряжение на аноде плазмотрона U<sub>a</sub> = 5,5 кВ, время обработки

τ = 4 мин., сила тока на аноде плазмотрона (I<sub>a</sub>) – 0,5 А, расход газовой смеси (G) – 0,04 г/сек, давление (P) – 26,6 Па.

**Основная часть.** Как отмечено ранее, основным результатом воздействия плазмы на поверхность полимера является изменение его смачиваемости. В этой связи методом растекающейся капли с помощью анализатора «Kruss DSA 20E» получены изображения краевого угла смачивания исследуемых исходных и модифицированных мембран (рис. 1). В качестве смачиваемой среды применялась дистиллированная вода.

Краевой угол смачивания капель дистиллированной воды исходной полисульфонамидной мембраны составил α = 53,7°, для мембран, обработанных плазмой в газовой среде аргона с азотом значение данного параметра снижается до α = 14,4° - поверхность становится более гидрофильной.

Изменение смачиваемости поверхности мембран является следствием изменения химической структуры последних. Методом ИК-спектроскопии с помощью Фурье-спектрометра марки «Avatar-360», являющимся одним из наиболее информативных в области исследования химической структуры полимеров, получены спектры исследуемых образцов



мембран в интервале частот 400-4000  $\text{см}^{-1}$  (рис. 2).

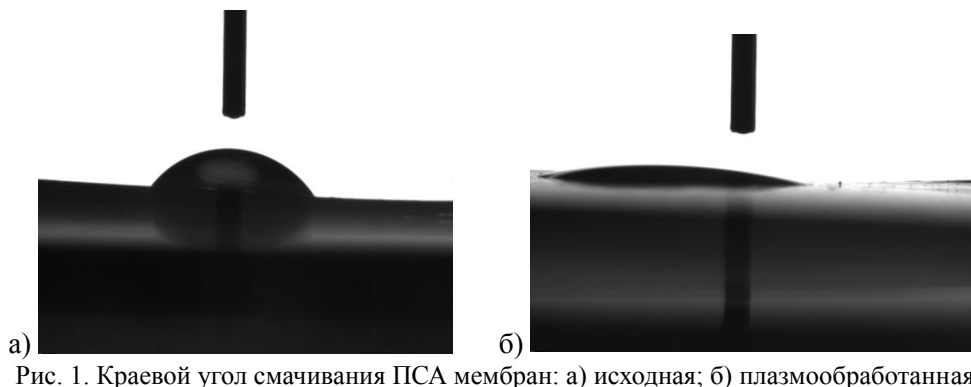


Рис. 1. Краевой угол смачивания ПСА мембран: а) исходная; б) плазмообработанная

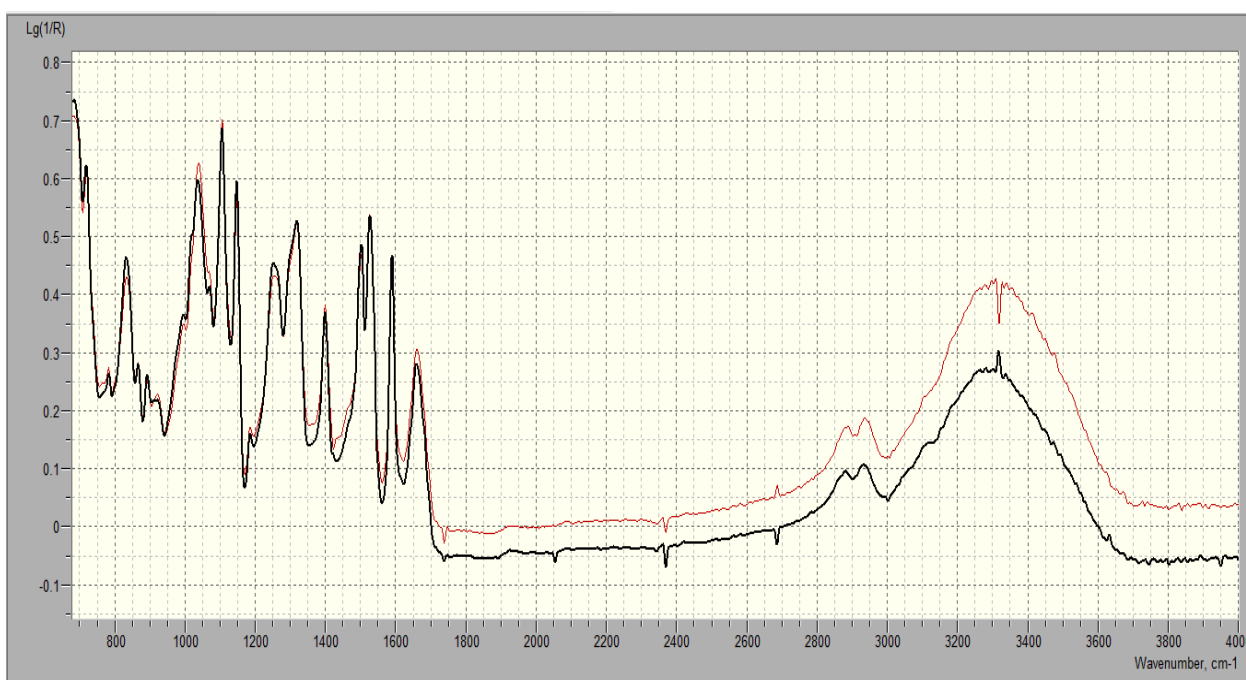
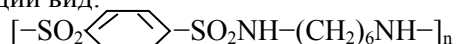


Рис. 2. ИК-спектры ПСА мембран: ----- - исходная; -.-.-.- - плазмообработанная

Структурная формула ПСА имеет следующий вид:



В результате анализа ИК-спектра исходной мембраны отмечены полосы поглощения, характерные структурным фрагментам полисульфонамида. К последним относятся валентные колебания связи С–Н в группе  $\text{CH}_2$  – 2877 и 2935  $\text{см}^{-1}$ ; S=O валентные колебания симметричные и ассиметричные – 1141 и 1318  $\text{см}^{-1}$  соответственно в группе арил– $\text{SO}_2$ –арил; C–S валентные колебания – 1100  $\text{см}^{-1}$ ; C–O валентные колебания в группе C–O–C – 1253  $\text{см}^{-1}$ , N–H деформационные колебания – 1527  $\text{см}^{-1}$ , C–C валентные колебания при 833  $\text{см}^{-1}$ ,  $\text{CH}_2$  маятниковые колебания при 720  $\text{см}^{-1}$ .

Наибольшее различие полос поглощения рассматриваемых спектров между исходной и плазмообработанной ПАН мембраной

наблюдается в области 1000–1200  $\text{см}^{-1}$ , характерной для C–O валентного колебания в –C–O–C– и –C–OH группах, вследствие наличия которых происходит увеличение количества адсорбированной воды, регистрируемой в области широкой полосы 3300  $\text{см}^{-1}$ . Также наблюдаются изменения в области 1650  $\text{см}^{-1}$ , которая соответствует валентным колебаниям C=C связей.

На основании литературных данных известно, что степень кристалличности полимера, на основе которого изготовлена мембрана, оказывает влияние на транспортные характеристики последней. В этой связи методом рентгеноструктурного анализа на дифрактометре марки «Rigaku Ultima IV» получены дифрактограммы исходной и плазмообработанной (ПСА) мембран (рис. 3).

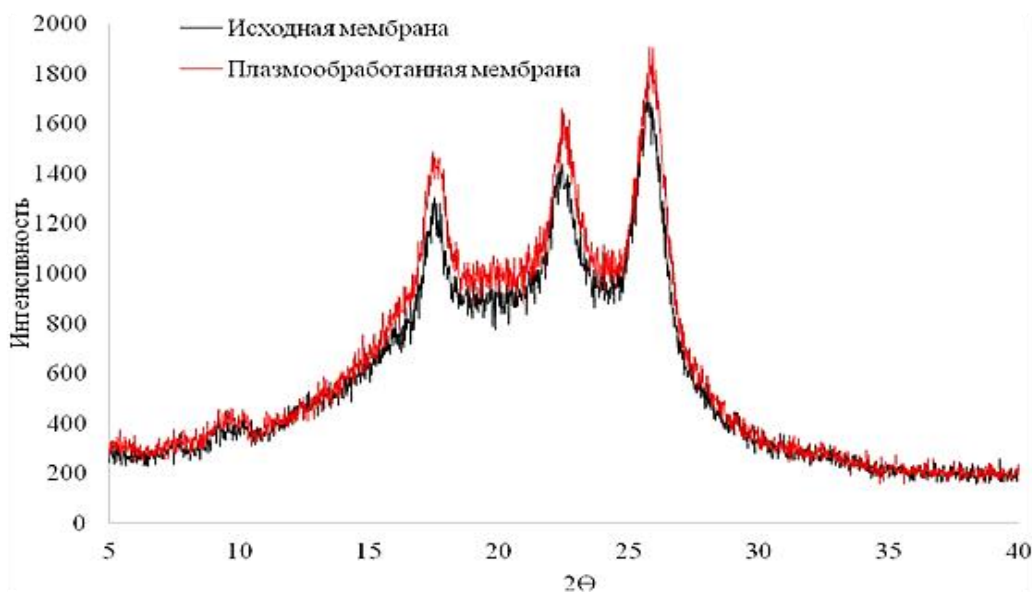


Рис. 3. Дифрактограммы ПСА мембран: — - исходная; — - плазмообработанная

В результате проведенного рентгеноструктурного анализа выявлено увеличение степени кристалличности плазмообработанной мембраны по сравнению с исходной с 0,18 до 0,24.

На основании результатов проведенных инструментальных методов анализа поверхности исходных и плазмообработанных полисульфонамидных мембран выявлено изменение смачиваемости их поверхности вследствие изменения химической структуры фильтрэlementов. Данное обстоятельство является предпосылкой для применения более гидрофильных плазмообработанных в среде аргона и азота ПСА мембран для разделения водомасляной эмульсии с целью интенсификации поглощения водной фазы и отталкивания гидрофобной фазы масла разделяемой среды, способствующей увеличению эффективности работы последних.

Водомасляная эмульсия, применяемая в исследовании, приготовлена на основе индустриального масла марки «И20-А», используемого в качестве дисперсной фазы, дистиллированной воды, используемой в качестве дисперсионной среды, и ПАВ марки «Косинтол-242», используемого в качестве эмульгатора.

ПСА мембраны, с массой отсекаемых частиц 100 кДа, применяемые в эксперименте, обработаны ВЧЕ плазмой пониженного давления тлеющего разряда в следующих условиях: напряжение на аноде плазмотрона  $U_a = 1,5; 3,5; 5,5$  и  $7,5$  кВ и времени обработки  $\phi = 1,5; 4$  и  $7$  мин в газовой среде аргона и азота.

Прочие параметры плазмообработки соответствуют значениям, использованных в ходе инструментальных методов анализа.

Исследования проводились на лабораторной ультрафильтрационной установке мембранного разделения, представляющей собой полый цилиндр с внутренним объёмом 200 мл, снизу которого закрепляется на подставке мембрана. В начале эксперимента эмульсия объёмом 50 мл заливается в рабочую ёмкость цилиндра, при этом одновременно включается магнитное перемешивающее устройство, в результате чего на поверхность мембраны образуется тангенциальный поток «cross-flow» с целью предотвращения явления концентрационной поляризации. С помощью системы креплений, уплотнений и зажимов мембранный модуль герметизируется, после чего подаётся давление со значением 202,65 кПа (2 атм), регистрируемой манометром, встроенным в компрессор.

В качестве основных показателей мембранного разделения эмульсии рассматривались производительность и эффективность. Первый показатель является отношением количества прошедшего через мембрану потока разделяемой среды к произведению времени процесса и площади фильтр-элемента, которая в данном случае составляет  $1,73 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$  (рис. 4). Эффективность определена по изменению значений ХПК эмульсии до и после процесса разделения (табл. 1) [21, 22].

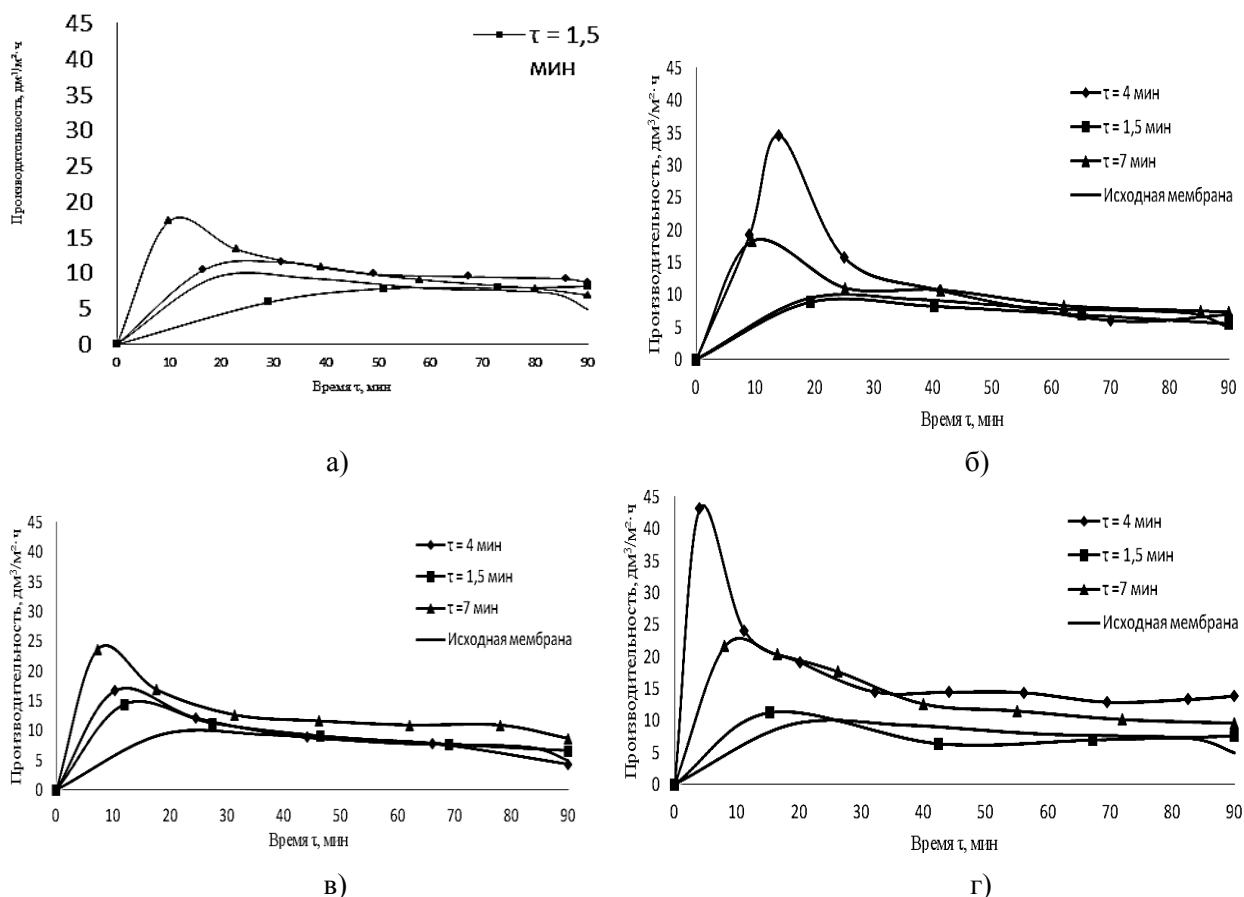


Рис. 4. Производительность разделения эмульсии полисульфонамидными мембранами с массой отсекаемых частиц 100 кДа, обработанных в потоке плазмы в газовой среде аргона и азота при значении анодного напряжения: а)  $U = 1,5$  кВ; б)  $U = 3,5$  кВ; в)  $U = 5,5$  кВ; г)  $U = 7,5$  кВ.

Анализ графиков показывает в большинстве случаев увеличение производительности разделения эмульсии плазмообработанными полисульфонамидными мембранами. Однако, как следует из графиков, приведенных на рис. 4 а, увеличение производительности наблюдается не для всех модифицированных фильтр-элементов.

Следует отметить, что максимальная производительность разделения эмульсии плазмообработанными мембранами наблюдается

в первые 20 мин процесса, данное обстоятельство связано с постепенным заполнением всего объема пор фильтр-элемента. При этом в половине случаев максимальная производительность наблюдается при времени обработки 4 минуты, а в другой половине случаев при 7 минутах. Наибольшее значение производительности отмечено для мембран, обработанных плазмой в течение 4 мин при  $U_a = 7,5$  кВ (рис. 4 г).

Таблица 1

**Значения ХПК фильтратов, полученных при разделении эмульсии плазмообработанными ПСА мембранами**

Газовая среда	$U_a$ , кВ	ХПК		
		Время плазмообработки, $\tau$ , мин		
		1,5	4	7
Аргон Азот	1,5	5110	2010	6660
	3,5	2700	11480	1900
	5,5	4310	2300	2990
	7,5	4540	4080	3330
Исходная мембрана		9840		
Эмульсия		22750		

В результате анализа данных, представленных в таблице 1, выявлено снижение значения

ХПК фильтратов полученных при разделении плазмообработанными мембранами в большин-

стве случаев. Значение ХПК эмульсии – 22750 мг О<sub>2</sub>/л, значение ХПК фильтратов исходной и наиболее эффективной мембраны, плазмообработанной в среде аргона и азота при U<sub>a</sub> = 3,5 кВ и τ = 4 мин, – 9840 и 1900 мг О<sub>2</sub>/л, соответственно. Таким образом, эффективность очистки составила 56 и 90 %, соответственно.

Выводы. Результатами инструментальных методов анализа поверхностных и структурных характеристик ПСА мембран показана целесообразность использования плазменной обработки с целью изменения их смачиваемости, в результате чего поверхность мембраны проявляет большую селективность относительно гидрофильной фазы воды. Экспериментальными данными показана возможность применения более гидрофильных мембран для разделения водомасляных эмульсий, с целью увеличения эффективности процесса.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Плазмохимическая модификация поверхности полимерных материалов [Электронный ресурс]. URL: [http://www.isuct.ru/konf/plasma/LECTIONS/Gilman\\_lecture.htm](http://www.isuct.ru/konf/plasma/LECTIONS/Gilman_lecture.htm) (дата обращения 20.02.2016)
2. Абдуллин И.Ш., Шаехов М.Ф., Уразманова Е.М. Обработка пористо-волоконистых материалов высокочастотным разрядом пониженного давления // Тезисы 3-ого Международного симпозиума по теоретической и прикладной плазмохимии. Плёт, 2002. С. 83.
3. Шайхiev И.Г., Степанова С.В., Доможиров В.А., Абдуллин И.Ш. Исследование удаления нефтяных пленок с водной поверхности плазмообработанными отходами злаковых культур (лузгой овса) // Вестник Казанского технологического университета. 2011. № 12. С. 11–117.
4. Шайхiev И.Г., Фазулина З.В., Абдуллин И.Ш. Влияние обработки ВЧ-плазмой пониженного давления на эффективность удаления отходом валяльно-войлочного производства с водной поверхности масла ТП-22 // Вестник Казанского технологического университета. 2011. № 19. С. 42–49.
5. Шайхiev И.Г., Доможиров В.В., Степанова С.В. Исследование влияния плазменной обработки на нефтеемкость лузги овса/ Промышленная экология и безопасность: сб. материалов Международной научно-практической конференции// Казань, 2011. С. 81–83.
6. Шайхiev И.Г., Желтухин В.С. Математическое моделирование ВЧ разряда пониженного давления в процессе обработки сорбционных материалов/ Физика высокочастотных разрядов: сб. материалов Международной конференции// Казань. 2011. С. 99–102.
7. Шайхiev И.Г., Хасаншина Э.М., Абдуллин И.Ш., Степанова С.В. Влияние плазменной обработки костры на удаление разливов деванской нефти с водной поверхности// Вестник Казанского технологического университета. 2011. № 8. С. 165–171.
8. Свергузова С.В., Старостина И.В., Суханов Е.В., Сапронов Д.В., Шайхiev И.Г. Коагулянт на основе пыли ЭСПЦ// Вестник Казанского технологического университета. 2015. № 10. Т. 18. С. 202–205.
9. Свергузова С.В., Лупандина Н.С., Сапронова Ж.А. Очистка водных сред от ионов Mn (VII) термически модифицированным отходом производства сахара// Вестник Казанского технологического университета. 2015. № 17. Т. 18. С. 266–270.
10. Свергузова С.В., Юрченко В.А., Сапронова Ж.А. Сорбционная очистка нефтесодержащих сточных вод с помощью отходов сахарной промышленности. Монография. Харьков: ХНАДУ, 2014. 128 с.
11. Свергузова С.В., Ипанов Д.Ю., Суханов Е.В. Адсорбционные свойства пыли электродуговых сталеплавильных печей// Экология и промышленность России. 2014. № 3. С. 73–75.
12. Свергузова С.В., Сапронова Ж.А., Фетисов Р.О. Адсорбция СПАВ из раствора на поверхности углеродсодержащего материала/ Efektivni nastroje modernich ved-2014: Materialy X Mezinarodni vedeco-praktika conference. Dil 25. Ekologie. Zemepis a geologie// Praha: Publishing House “Education and Science”, s.r.o. С. 47–50.
13. Шайхiev И.Г., Абдуллин И.Ш., Дряхлов В.О., Ибрагимов Р.Г., Батыршин Р.Т. Исследование распределения водомасляных эмульсий с помощью плазменно-модифицированных мембран // Вестник Казанского технологического университета. 2010. № 11. С. 43–48.
14. Петяев В.А. Плазмохимическая обработка полимерных материалов плазмой однородного наносекундного барьерного разряда: Автореф. дис. канд. физ.-мат. наук. Москва, 2013. 24 с.
15. Шайхiev И.Г., Дряхлов В.О., Капралова Н.Н., Абдуллин И.Ш., Ибрагимов Р.Г., Батыршин Р.Т. Исследование разделения водомасляных эмульсий, стабилизированных ПАВ марки «Неонал» с помощью плазменно-модифицированных мембран// Вестник Казанского технологического университета.

2011. № 6. С. 31–35,

16. Шайхиев И.Г., Дряхлов В.О., Батыршин Р.Т. Очистка СОЖ-содержащих стоков мембранными методами/Химические решения для водооборотных систем промышленных предприятий: сб. материалов II Международной практической межотраслевой конференции// Казань, 2011. С. 85–86.

17. Шайхиев И.Г., Дряхлов В.О. Исследование разделения водомасляных эмульсий с помощью мембран, обработанных в потоке плазмы/ Формирование исследовательских компетенций у студентов профессиональной фколы как фактор экологической безопасности окружающей среды: сб. материалов Всероссийской научно-практической конференции// Казань, 2012. С. 104–107.

18. Ziegler J. The Stopping and Range of Ions in Solids. N.Y.: Pergamon Press, 1985. 156 с.

19. Гиллет Дж. Фотофизика и фотохимия

полимеров. Введение в изучение фотопроцессов в макромолекула; пер. с англ. М.: Мир, 1988. 389 с.

20. Качан А.А., Замотаев П.В. Фотохимическое модифицирование полиолефинов. Киев: Наукова думка, 1990. 280с.

21. Федотова А. В., Дряхлов В. О., Абдуллин И. Ш., Бонев Б., Ненов В. Разделение водомасляной эмульсии полиакрилонитрильными мембранами, обработанными в потоке плазмы в среде аргона и азота // Вестник Казанского технологического университета. 2015. Т. 18. № 5. С. 213–215.

22. Федотова А. В., Дряхлов В. О., Шайхиев И. Г., Абдуллин И. Ш. Очистка эмульсионных сточных вод полисульфонамидными мембранами, обработанными в потоке плазмы пониженного давления // Вестник Казанского технологического университета. 2015. Т. 18. № 14. С. 238–242.

**Fedotova A.V., Shaikhiev I.G, Dryakhlov V.O, Abdullin I.Sh., Sverguzova S.V.**

#### **THE EFFECT OF H-FC PLASMA OF REDUCED PRESSURE ON THE POLISULFONAMIDE MEMBRANE STRUCTURE AND THEIR SEPARATION CHARACTERISTICS WITH RESPECT TO OIL IN WATER EMULSION**

*The possibility intensification of separating oil water emulsions oil-based I-20A," using ultrafiltration polisulfonamid membranes with a mass of 100 kDa cut off by the particles treated in a stream of high-frequency capacitive plasma. The parameters plazma treated that achieves the highest performance and selectivity of separation emulsions. Methods spreadable drops, IR – spectroscopy and X – ray analysis, conducted investigations of surface and structural characteristics polisulfonamide membranes treated in a stream of high-frequency capacitive plasma of low pressure in the atmosphere of argon gas and nitrogen in a ratio of 70:30.*

**Key words:** water-oil emulsions, membranes, plasma, separation

**Федотова Алина Викторовна**, аспирант кафедры Инженерная экология.  
Казанский национальный исследовательский технологический университет.  
Адрес: Россия, 420015, Казань, ул. Карла Маркса, д. 68.  
E-mail: felina.93@mail.ru

**Шайхиев Ильдар Гильманович**, доктор технических наук, заведующий кафедрой Инженерная экология.  
Казанский национальный исследовательский технологический университет.  
Адрес: Россия, 420015, Казань, ул. Карла Маркса, д. 68.  
E-mail: ildars@inbox.ru

**Дряхлов Владислав Олегович**, кандидат технических наук, ассистент кафедры Инженерная экология.  
Казанский национальный исследовательский технологический университет.  
Адрес: Россия, 420015, Казань, ул. Карла Маркса, д. 68.  
E-mail: vladisloved@mail.ru

**Абдуллин Ильдар Шаукатович**, доктор технических наук, проректор по научной работе.  
Казанский национальный исследовательский технологический университет.  
Адрес: Россия, 420015, Казань, ул. Карла Маркса, д. 68.

**Свергузова Светлана Васильевна**, доктор технических наук, профессор заведующий кафедрой Промышленной экологии.  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.  
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

# ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

*Авилова И.П., канд. экон. наук, проф.,  
Жариков И.С., ст. преп.,  
Шарапова А.В., ст. преп.,  
Желевский А.В., аспирант*

*Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*

## КОМПЛЕКСНАЯ МОДЕЛЬ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОЕКТА

**igor\_bgtu@mail.ru**

*Общепризнанная всемирная практика показывает, что гарантом инвестиционной деятельности является тщательное изучение инвестором жизненного цикла и технико-экономического обоснования инвестиционно-строительного проекта (ИСП). В результате технико-финансовых исследований, предшествующих принятию решения о начале строительства объекта, необходимо определить достигаемый по окончании инвестиционный эффект, служащий обоснованием для реализации. Очевидно, задачи корректного ранжирования ИСП по степени инвестиционной привлекательности будут решаться тем успешнее, чем более научно обоснованные процедуры, учитывающие как внутренние (инвестиционный климат, макроэкономическое состояние, рыночная конъюнктура), так и внешние (структура инвестиционно-строительного портфеля и субъективные предпочтения девелопера, рисковое окружение ИСП) условия ведения хозяйственной деятельности участниками строительства будут положены в их основу. В работе предлагается эффективный алгоритм разработки технико-экономического обоснования ИСП.*

**Ключевые слова.** *Технико-экономическое обоснование, инвестиционно-строительный проект, жизненный цикл ИСП, анализ факторов, эффективность.*

**Введение.** Строительный комплекс на протяжении ряда лет является важнейшим направлением мировой государственной и коммерческой инвестиционной политики, формируя особое, специфическое экономическое и методическое окружение инвестиций. Подавляющее большинство современных инвестиционных программ развития промышленных производств и социальных проектов включает тесное взаимодействие со строительным комплексом [1]. При этом наиболее существенный исследовательский потенциал присущ аспектам оптимизации практического инструментария инвестиционного анализа, повышения адекватности и достоверности оценок экономической эффективности ИСП. Эта достоверность, особенно в условиях одномоментного возникновения нескольких инвестиционных альтернатив во многом обеспечивает инвестору объективное представление о потенциальной эффективности и рентабельности инвестиционных вложений [2].

**Методология.** Будущие денежные вложения должны полностью оправдывать нынешние затраты на реализацию. Важно, чтобы реальная норма доходности ИСП превышала норму для любого другого варианта вложения капитала. Вся совокупность интересов девелоперов не

должны сводиться лишь к экономическому критерию (жизненный цикл инвестпроекта) [3].

Подобный учет и контроль инвестиционных средств направлен на получение наиболее точной информации по статьям расходов и доходов, что позволит определить наиболее вероятные сроки окупаемости денежных вложений.

Оценка возможности реализации объекта строительства основывается на комплексе расчетно-экономических и организационно-правовых бумаг, содержащих подробный план строительства с оценками производительности инвестиционных вложений [4].

Подготовку инвестиционного обоснования, служащего отражением идеи проекта, проводит реципиент потенциальных инвестиционных вложений. В большинстве случаев, подготовка обоснования строится на экономических изысканиях для вынесения преждевременных оценок. Характерным признаком подобного анализа являются широкие границы вероятных отклонений. Возможна разработка абсолютного технико-экономического объяснения инвестиционного проекта, передающего достоверную информацию с большей обеспеченностью результатов, однако стоимость подробного изучения технико-экономического обоснования с применением

различных методов оценки составляет от 2 до 10% от стоимости реализации объекта инвестиций, что не всегда оправдано [5].

**Основная часть.** Анализ возможных экономических перспектив инвестиционно-строительного проекта включает:

1. Определение уровня спроса на строительную продукцию (включая расходы на транспортировку и учитывая начальную стоимость продукта).

2. Оценка вложений по укрупненным показателям, а также оценка их производительности.

3. Оценка производительности капиталовложений по обобщающим характеристикам.

Основопологающим параметром эффективности инвестиционных вложений в ИСП является срок его реализации. Существует ряд факторов оказывающих существенное и второстепенное влияние на сроки реализации ИСП:

1. Исходные данные для проектирования и единичные обстоятельства.

2. Мощность строительной компании, реализующей проект.

3. Условия на рынке недвижимости и на рынке строительных материалов.

4. Прогнозируемая стоимость продукции, схема реализации.

5. Материальные условия производства работ (энергоресурсы, коммуникации, транспортные линии, сырье и т.п.).

6. Технологические процессы изготовления, конструктивные решения, инструментальная оснащенность.

7. Календарный график (продолжительность выполнения всех видов работ, план исполнения).

8. Трудовые затраты (порядок движения бригад, состав бригад, общее число работников, экспертов, оплата труда и все виды начислений).

9. Организационные условия компании, ее структура.

10. Экономические показатели (нормы доходов и расходов, период окупаемости).

11. Анализ инвестиционных вложений (приобретение активов, движение денежных средств).

12. Социальная значимость (показатели занятости населения).

Вышеперечисленные факторы отражают примерный перечень данных по разработке технико-экономического обоснования ИСП [6]. Все данные должны быть достоверными и максимально приближенными к реальным. Обеспеченность полным спектром данных позволяет инвестору оценить ситуацию, принять существующий аналитический материал или вынести

решение о проведении дополнительных, углубленных исследований [7].

В мировой практике определение инвестиционной эффективности проекта базируется на следующих оценках:

1. Определение эффективности вложений (нормы доходов);

2. Определение сроков окупаемости;

3. Определение наименьшего оборота для сохранения ликвидности объекта;

4. Определение удельных потерь производства работ.

На протяжении всего времени жизни объекта недвижимости анализ экономических данных выявляет неравномерность движения финансов во времени. Часто оценку проекта производят по принципу «от частного к общему», рассчитывая величины затрат и прибыли каждого отдельного этапа производства, находящегося в стадии завершения (с учетом кредитов) [8].

Инвестиционные затраты, возмещаемые в виде доходов за определенный период (месяц, квартал, год и др.) – простая норма прибыли, определяется отношением чистой прибыли за период ко всему объему инвестиционных затрат [9].

Наиболее значимым для инвестора показателем выступает срок окупаемости – теоретически необходимое время для компенсации ранее инвестированных средств чистыми доходами (сумма чистой прибыли и средств на амортизацию).

Вычисления совершаются путем последовательного вычитания расходов за установленный период. Тот период, в котором остаток – число отрицательное, будет являться требуемым [10].

Расчет наименьшего оборота для сохранения ликвидности основан на исследовании критических соотношений полной общей прибыли от реализации и от уровня производительности.

Условия окупаемости инвестиционного проекта зависит от удельных значений потерь. Низкие значения потерь свидетельствуют о высоком уровне организации производства и о конкурентоспособности. Обладать информацией о потерях объекта необходимо при сравнении с объектами-аналогами [11].

Совокупность всех показателей оказывают значительное влияние на конечное решение инвестора: если возможные перспективы удовлетворяют запросам инвестора, то инвестиционный проект утверждают, если нет, то проект направляют на доработку, либо отказываются от него вовсе [12].

Разработка технико-экономического обоснования (ТЭО) позволяет учесть:

1. Проведение всеохватывающего анализа;

2. Разработку программы выпуска готовой продукции;
3. Подготовку пояснительной записки с обоснованиями инвестиционных возможностей;
4. Разработка технических решений: генплан, состав оборудования, применяемые технологии, предложения по модернизации, применение действующих производственных мощностей, расширение производства, энергоресурсы и т.п.;
5. Подготовку пакета исходно-разрешительных документов;
6. Архитектурно-строительные и градостроительные решения;
7. Экологическую безопасность;
8. Мероприятия в области гражданской обороны;
9. Инженерное обеспечение;
10. Разработку проекта организации труда работников, процесса производства;
11. Сметную документацию (издержки производства, капитальные издержки, расчет потребности оборотного капитала, выбор и обоснование источников финансирования, условия финансирования, оформление договора);

12. Риски;
13. Оценку экономической эффективности;
14. Срок реализации инвестиционного проекта;
15. Формирование условий прекращения реализации проекта.

Проведение экономического анализа, учитывающего все характеристики проекта, в конечном итоге, направлено на получение максимально допустимой суммы инвестиционных вложений, необходимой для реализации проекта. Необходимо учесть оборот денежных средств во времени, по окончании каждого временного отрезка должен оставаться положительный остаток финансов. Недостаток же капитала приводит к невозможности обеспечить полноценное функционирование производства, влечет к увеличению кредитных займов, что приводит к кризису на производстве. Очередной задачей планирования становится обеспечение оптимального движения капитала во времени, формирующего оптимальный размер денежного остатка, покрывающего своевременные потребности [13].

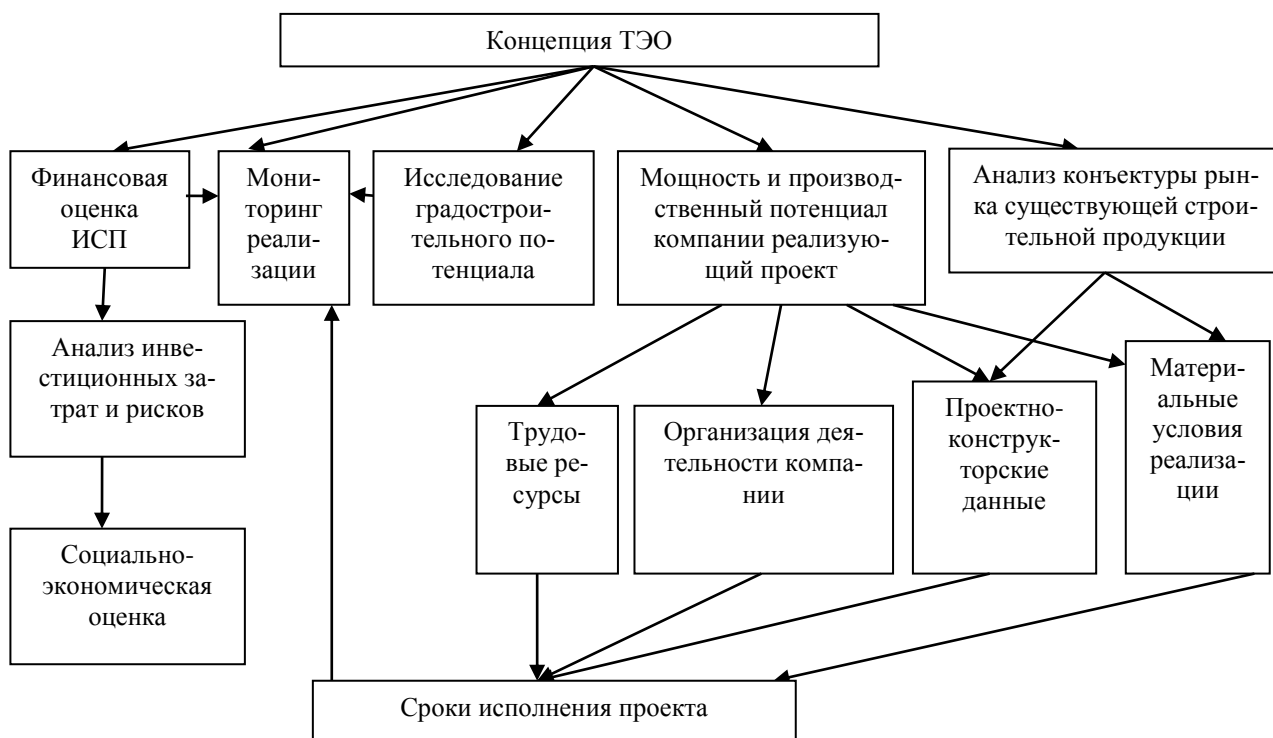


Рис. 1 Схема современного механизма концепции технико-экономического обоснования ИСП

Анализ инвестиционной привлекательности не ограничивается определением степени доходов от проекта. Неотъемлемой частью такого анализа становятся различные риски и изменение покупательной способности денежных средств во времени. Потому необходимо принимать характеристики с учетом корректировок

снижения ценности финансов. Все экономические параметры приводят к стоимости объектов, сопоставимых с имеющимися уже сегодня [14]. Пересчет такого рода получил название «дисконтирование». В области экономического анализа инвестиционных проектов на основе дисконтирования потоков доходов и расходов стро-



ятся расчеты ряда показателей: чистая текущая стоимость, внутренняя норма прибыли, срок окупаемости, индекс доходности и др. Все выполняемые расчеты необходимы для имитационного моделирования проекта инвестиций. Процессу создания модели присущи следующие моменты:

1. Поэтапное разделение всего процесса реализации проекта на интервалы (проведение изыскательской деятельности, проектирование, строительство, введение в эксплуатацию, непосредственно эксплуатация и пр.)

2. Каждый отдельный интервал характеризуется собственными показателями доходов и расходов, зависящих от моделируемых воздействий и условий. Наблюдается неравномерность денежных потоков на каждом этапе.

3. Основная экономическая характеристика – отношение суммарных значений чистого дохода к инвестиционным расходам.

Для последовательной и планомерной реализации ИСП с наименьшим количественным организационно-технологическим риском предлагается современный механизм концепции технико-экономического обоснования ИСП изображенный на рис. 1.

**Выводы.** Настоящая схема полного цикла технико-экономического обоснования инвестиционно-строительного проекта позволяет более четко представить хозяйственные связи на каждом уровне комплекса работ по созданию объективных исходных данных по реализации ИСП различного функционального назначения с оптимизацией вложенных денежных и интеллектуальных средств [15].

Кроме того, модификация уже применявшегося ранее в научных исследованиях инвестиционной проблематики ресурсно-результативного подхода к разработке методического инструментария для оценки и прогнозирования параметров инвестиционного обеспечения и развития, рассматриваемых в качестве характеристик инвестиционных возможностей по наращиванию конечных результатов функционирования экономической системы и достижению поставленных целевых ориентиров, представляется наиболее эффективным направлением развития исследования данного вопроса [16].

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Жариков И.С. К вопросу о необходимости совершенствования методики оценки объектов недвижимости с учетом технического состояния зданий (сооружений) / Стратегия устойчивого развития регионов России. 2014. № 21. С. 26–30.

2. Жариков И.С. Методологический подход к учету технического состояния объектов недвижимости при определении их стоимостных характеристик / Интеллектуальный потенциал XXI века: ступени познания. 2014. № 22. С. 100–104.

3. Мамзина Т.Ю., Наумов А.Е., Авилова И.П. Анализ и выбор наиболее привлекательного инвестиционно-строительного проекта с помощью расчета показателей экономической эффективности / Сборник научных трудов Sworld. 2014. Т. 23. № 2. С. 65–68.

4. Шарапова А.В., Жариков И.С. Ранжирование инвестиционно-строительных проектов / Наука и образование в XXI веке: сб. науч. тр. по материалам Международной науч. практ. конф. 2013. Ч. 31. С. 157–158.

5. Борисова Е.В., Наумов А.Е., Авилова И.П. к вопросу оценки коммерческого потенциала городских промышленных территорий / Сборник научных трудов Sworld. 2014. Т. 24. № 2. С. 66–69.

6. Авилова И.П., Жариков И.С., Товстий В.П. О содержательной основе ставки дисконтирования метода NPV // Экономика и предпринимательство. 2013. №12. Ч. 1. С. 641–643.

7. Авилова И.П., Товстий В.П., Шарапова А.В. Девелопмент как инструмент и форма развития рынка недвижимости. // Стратегия устойчивого развития регионов России: сборник материалов XX Всероссийской науч. практ. конф. Новосибирск. 2014. С. 44–48.

8. Жариков И.С. Развитие и будущее лофтов в России / Стратегия устойчивого развития регионов России. 2013. № 18. С. 30–34.

9. Авилова И.П., Рыкова М.А., Хай Д.З. Модификация показателей экономической эффективности инвестиционно-строительного проекта с использованием профилей риска неполучения доходов проекта. // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова 2014. № 4. С. 133–137.

10. Рыкова М.А., Авилова И.П., Байдина О.В. К вопросу о совершенствовании понятийно-методологического аппарата инвестиционной деятельности в недвижимости. // Экономика и предпринимательство. 2014. № 12–4 (53–4). С. 588–590.

11. Рыкова М.А., Авилова И.П., Байдина О.В. Практические аспекты количественного учёта рисков при определении экономической эффективности инвестиционно-строительных проектов. // Экономика и предпринимательство. 2014. № 12–4 (53–4). С. 594–596.

12. Авилова И.П., Рыкова М.А., Шарапова А.В. К вопросу о повышении достоверности экономической оценки эффективности инвестиционно-строительного проекта. // В сборнике:

Перспективы развития науки и образования сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. Тамбов, 2014. С. 8–10.

14. Авилова И.П., Жариков И.С. Методика оценки экономической эффективности реконструкции действующего производственного предприятия, расположенного в черте города, посредством его перепрофилирования в здание коммерческого назначения. // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 3. С. 138–141.

15. Авилова И.П., Жариков И.С. методика оценки инвестиционной привлекательности реконструкции здания (сооружения) для последующей его реализации как объекта недвижимости коммерческого, жилого или социального назначения. // Экономика и предпринимательство. 2015. № 4-1 (57-1). С. 966–971.

16. Шарапова А.В. Специфика рынка жилой недвижимости белгородской области / Современные тенденции в образовании и науке. 2013. С. 140–141.

---

**Avilova I.P., Zharikov I.S., Sharapova A.V., Gelevski A.V.**

**A COMPREHENSIVE MODEL FOR FEASIBILITY STUDY OF INVESTMENT AND CONSTRUCTION PROJECT**

*Generally accepted world practice shows that the guarantor's investment activities is the careful study of the investor life cycle and feasibility study project (ISP). As a result of techno-financial studies prior to the decision on the beginning of the construction, it is necessary to determine achieved at the end investment effect, serving as the justification for implementation. Obviously, the task of ranking the correct ISP according to the degree of investment attractiveness will be dealt with more effectively than a more scientifically based procedure that takes into account both internal (investment climate, macroeconomic conditions, market conditions) and external (structure of investment and construction portfolio and the subjective preferences of the developer, risky environment ISP) terms of business project participants will serve as their basis. The paper proposes an effective algorithm for the development of the feasibility study of ISP.*

**Key words:** *Feasibility study, investitsionno-construction project, life cycle of ISP, the analysis of factors efficiency.*

---

**Авилова Ирина Павловна**, кандидат экономических наук, профессор, кафедры экспертизы и управления недвижимостью.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

E-mail: avilova\_irina@mail.ru

**Жариков Игорь Сергеевич**, старший преподаватель, кафедры экспертизы и управления недвижимостью.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

E-mail: igor\_bgtu@mail.ru

**Шарапова Анна Викторовна**, старший преподаватель, кафедры экспертизы и управления недвижимостью.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

**Желевский Алексей Викторович**, аспирант кафедры экспертизы и управления недвижимостью.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

Абакумов Р.Г., канд. экон. наук, доц.,  
Наумов А.Е., канд. тех. наук, доц.,  
Маликова Е. В., магистрант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЭКОНОМИЧЕСКОМУ ВОСПРОИЗВОДСТВУ ЖИЛОГО ФОНДА НА ОСНОВЕ РЕКОНСТРУКЦИИ ДОМОВ ПЕРВОГО ПЕРИОДА ИНДУСТРИАЛЬНОГО ДОМОСТРОЕНИЯ

AbakumovRG2000@mail.ru

*В статье раскрывается проблема морального и физического устаревания значительной части жилого фонда представленной домами первого периода индустриального домостроения. Приводится сравнительная характеристика достоинств и недостатков различных методов реконструкции анализируемого жилого фонда. Дается технико-экономическая характеристика типовых серий многоэтажных домов первого периода индустриального домостроения с целью определения возможности реконструкции. Предложены методические рекомендации по экономическому воспроизводству жилого фонда на основе реконструкции домов первого периода индустриального домостроения.*

**Ключевые слова:** воспроизводство, жилой фонд, методические рекомендации.

В конце 50-х годов прошлого столетия наша страна пыталась решить острейшую жилищную проблему, путем массового строительства типичных многоэтажек. В последствии, в простонародье такие дома стали называть «хрущевками», а специалисты – «типовыми домами первого периода индустриального домостроения». В то время перед индустриальным домостроением ставилась двоякая задача: во-первых – в сжатые сроки возвести большое количество жилья для расселения людей в отдельные благоустроенные квартиры из подвалов, многосемейных «коммуналок» и неблагоустроенных бараков, и во-вторых – сделать это с минимальными затратами материальных ресурсов.

Первые жители «5-этажек» были вполне довольны своим новым жильем, ведь отдельная благоустроенная квартира, пусть даже малометражная, была в то время «пределом мечтаний». Но, когда первый, самый острый «жилищный голод» был отчасти утолен, начали повышаться требования к жилью. В настоящее время дома первого периода индустриального домостроения не востребованы: они устарели морально и физически.

Сегодня жилье в типовых пятиэтажках не популярно, так как сильно проигрывает по своим потребительским качествам даже домам последних периодов индустриального домостроения, и, уж тем более, домам, построенным по индивидуальным проектам. Многие жители стали стремиться выехать из «хрущевок» и вселиться в дома, новых типовых серий. Когда на рынке нет конкуренции и потребителям не из чего особенно выбирать, то моральный ресурс, естественно, большой роли не играет, но, как только появляется конкуренция на рынке жилья,

то моральный ресурс сразу становится одним из определяющих факторов рыночной стоимости жилья, а значит и окупаемости строительства. Типовые многоэтажки советского периода приносят многочисленные проблемы, как собственникам, так и государству: маленькие помещения и постоянные затраты на ремонт.

С целью уменьшения финансового бремени для городской казны, и вовлечения в этот процесс инвесторов, модернизацию жилого фонда необходимо проводить такими методами, которые позволяют частично или полностью окупать затраченные средства. Это может быть осуществлено за счет реконструкции многоэтажных домов, в процессе которой будут увеличены площади квартир и заменены все коммуникации, что существенно повысит стоимость квартир, а издержки окупятся благодаря продаже надстроенных помещений.

По статистике, общая площадь кирпичных и панельных жилых зданий, построенных на территории России в 1950–60-х гг. по типовым проектам первого поколения, оценивается в 250 млн. кв.м., что составляет не менее 10 % всего жилого фонда и около 15–20 % городского. За два десятилетия было построено 70–80 тыс. 4- и 5-этажных домов. Сегодня эти дома имеют очень высокий моральный износ, значительная их часть требует неотложной реконструкции (причем срок эксплуатации многих зданий без капитального ремонта превышает 30 лет), которую можно осуществить следующими способами:

- устройство мансард, т.е. расположение помещений в подкрышном пространстве, на месте переустроенного чердака;

- надстройка здания, т.е. возведение еще нескольких этажей на существующих или автономных конструкциях;

- размещение на функционально эксплуатируемой крыше небольших помещений и рекреационных пространств (например, устройство престижного жилья – «пентхауса», площадок обзорных, прогулочных и пр.);

- пристройка отдельных жилых секций. [1]

Сравнительная характеристика описанных выше методов реконструкции представлена в табл.1.

В конструктивном плане надстройки чрезвычайно разнообразны в большинстве случаев стены надстраиваемой части повторяют несущие стены существующего здания:

- иногда внутренние несущие стены заменяют в надстройке колоннами (столбами);

- возможно, устройство самостоятельной каркасной системы по верху надстраиваемой части;

- иногда надстройку выполняют на самостоятельных опорах (метод «Фламинго»);

- промежуточные опоры в возводимой надстройке не возводят, а нагрузка передается только на наружные стены через систему мощных прогонов или ферм, спрятанных в толще перегородок;

- реализованы варианты подвески перекрытий в надстройке к стропильным фермам;

- встречаются комбинации всех перечисленных решений надстройки зданий.

Таблица 1

Сравнительная характеристика различных способов реконструкции

Метод реконструкции	Достоинства	Недостатки
Надстройка малоэтажной мансарды	Простота и относительно невысокая стоимость строительства (на 25-30% дешевле обычного). Используются существующие коммуникации. Возможность проведения работ без (или) при частичном отселении жителей	Относительно малая площадь надстройки (до 2-3 этажей). Существующие квартиры практически не претерпевают изменений. Трудно согласовать с жителями вопросы строительства
Надстройка и обстройка здания с использованием монолитных несущих конструкций на отдельном фундаменте	Общая площадь здания может быть увеличена более, чем вдвое. Увеличивается площадь всех существующих квартир. Наилучшая экономическая эффективность реконструкции, особенно на дорогих городских земельных участках. Возможность согласовать вопросы строительства со всеми жителями без их отселения	Проблематично согласовать со всеми собственниками вопросы строительства при большом количестве квартир в реконструируемом доме. Необходимость оформления прав для коллективного собственника (организация ТСЖ)
Пристройка отдельных жилых секций	Наибольший выход площади. Широкие архитектурные и градостроительные возможности. Возможность совмещения различных методов реконструкции с надстройкой для группы домов. Возможность поэтапной реконструкции с переселением жителей в пределах реконструируемой группы. Легче решаются вопросы отселения жителей.	Метод применим для группы домов, либо при наличии возможностей уплотнении застройки, которые в настоящее время практически исчерпаны. Большой срок реализации проекта. Значительные объемы финансирования.

В случае не принятия своевременных мер по реконструкции или капитальному ремонту домов к 2025 году большая часть этих жилых домов достигнет порогового физического износа (60 %), после которого проведение модернизации или реконструкции жилищного фонда окажется экономически нецелесообразным.

Для определения возможности реконструкции «хрущевок» были изучены основные характеристики и параметры домов (табл.2). В результате этих исследований были сделаны следующие выводы:

- Дома, построенные по типовым проектам в большинстве случаев имеют значительную остаточную стоимость.

- Основные несущие конструкции, при правильной эксплуатации не только обеспечивают возможность использования здания в течение длительного времени, но и позволяют, как правило, надстроить 1–2 этажа. При применении облегченных конструкций, возможна надстройка 3–4 этажей.

- Снос этих зданий является весьма дорогостоящим мероприятием, и может быть осуществлен только по соображениям градостроительной целесообразности.

Таблица 2

**Характеристики типовых серий многоэтажных домов первого периода  
индустриального домостроения**

Серия	1-447 и 1-447С	1-511	1-515-5	1-510
Материал стен	кирпич		панель	бетонные блоки
Количество этажей	5, реже – 3-4. Первый этаж, как правило, жилой		5. Первый этаж жилой	5, реже – 4. Первый этаж, как правило, жилой
Высота потолков	2.50 м.	2.72 м (в ранних домах), 2.48 м (в поздних домах)	2.48 м.	2.48 м. (в ранних вариантах: 1-510-4/М23Би – 2.58 м, 1-510-4/М6 – около 2.70 м)
Лифт	нет			
Балконы	балконы почти во всех квартирах, кроме 1-го этажа			
Количество квартир на этаже	4, реже - 3	4		
Годы строительства	1958-1964 (Москва), 1958 - 2-я половина 1970-х (др. города)	1958-1969 (Москва), единичные дома – до 1975. 1960-1976 (др. города)	1957-1973 (Москва), 1959-1976 (др. города)	1957-1968
Санузлы	совмещенные	раздельные (в торцевых 1-комнатных квартирах – совмещенные), ванны: стандартные (не сидячие)		в ранних версиях – раздельные, в поздних версиях – совмещенные во всех квартирах, ванны: стандартные (не сидячие)
Лестницы	без общего противопожарного балкона.	без общего противопожарного балкона, ширина лестничного узла – 240 см.		без общего противопожарного балкона, ширина лестничного узла – 260 см.
Мусоропровод	нет			
Тип кухонной плиты:	газовая			
Вентиляция:	естественная вытяжная			
Количество шагов в секции (подъезде)	7 (в рядных секциях), 6 (в торцевых секциях). Ширина корпуса: 12 м.	7 (в рядных секциях), 6 (в торцевых секциях). Ширина корпуса: 12.6 м.	7 (в рядных секциях), 6 (в торцевых секциях) Ширина корпуса: 12 м.	
Тип кровли	4-скатная (в ранних домах), плоская с небольшим 2-скатным уклоном (в поздних домах), покрытие – рулонная гидроизоляция, в ранних домах встречается волнистая асбофанера (шифер) и кровельное железо	плоская с небольшим 2-скатным уклоном (в поздних домах – плоская с увеличенным чердаком), покрытие – рулонная гидроизоляция		4-скатная (ранние дома), 2-скатная (поздние), покрытие – рулонная гидроизоляция, в ранних вариантах встречаются асбоцементные плиты (шифер).

Планировочные решения квартир морально устарели, и не соответствуют современным требованиям. Вместе с тем, в 10–20 % квартир могут быть проведены лишь минимальные усовершенствования, так как они заселены семьями из 1–2 человек, не желающими менять типы квартир.

- Во всех домах, при реконструкции, требуется устройство лифтов и мусоропроводов, а также замена конструкций кровли, что целесообразно производить вместе с надстройкой 1–2 этажей.

- При реконструкции необходимо решать вопросы повышения теплоизоляции наружных

стен и ремонта балконов и входов, одновременно улучшая архитектурный облик здания.

- При реконструкции необходимо в большей части квартир увеличить площадь кухонь, санузлов и других подсобных помещений, при этом, заменить системы отопления и водоснабжения.

- К 1-2-комнатным квартирам, находящимся в торце зданий, желательно пристроить дополнительные помещения. Это позволит снизить теплопотери и сократить количество 1-комнатных квартир, имеющих заниженную, относительно действующих норм, площадь.

• При комплексной реконструкции жилых кварталов рекомендуется в реконструируемых домах для развития сети предприятий общественного обслуживания использовать недостаточно инсолируемые первые этажи.

Рекомендуется реконструировать дома, отвечающие следующим требованиям:

- этажность не более 5;
- объект принадлежит группе кирпичных (блочных) домов «сталинских серий» и построенных по индивидуальным проектам, с использованием для перекрытий заводских конструкций из сборного железобетона;
- удаленность от объектов УДС – не менее 3 м;
- объект находится вне зон ограничения градостроительной деятельности и не имеет градостроительных ограничений;
- высота потолков – около 3 метров;
- расчетный износ здания на текущий год – не более 50 %;

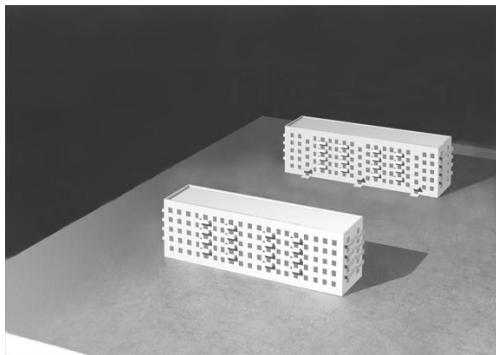


Рис.1. Проект реконструкции

Ликвидировать ежегодные затраты на капитальный ремонт, которые составляют треть от тех средств, что вкладываются в новое строительство, а учитывая то, что в шестидесятых годах прошлого столетия, когда жилищное строительство перешло на индустриальные методы, произошел существенный скачок в темпах строительства и ввода в эксплуатацию жилья, и с тех пор эти темпы неуклонно возрастали, то и такими же темпами будет происходить и рост капитальных вложений на ремонт, модернизацию и реконструкцию жилищного фонда. Посредством реконструкции, можно и должно привести массовую 5-этажную застройку в соответствие современным требованиям к жилью, и придать ей подходящий архитектурно-художественный облик.

Преимущества для жителей дома:

- возможность решения квартирного вопроса путем покупки по себестоимости квартиры большей площади в надстраиваемой части;
- повышение рыночной стоимости квадратного метра существующего жилья на 20–40 %;

• год постройки – с 1950 по 1965, включительно;

- количество квартир – не более 40 [10].

Для получения экономического эффекта необходимо увеличение общей площади, квартир и помещений общественного назначения до 2–2,5 раз. Совершенно ясно, что одной лишь надстройкой жилого 5-этажного дома такого результата не всегда возможно добиться. Даже, если усилить фундаменты и стены, или опирать надстройку на автономные пилоны (что само по себе ведет к дополнительным затратам и уменьшению экономической эффективности), соседние дома могут не позволить этого сделать по условиям инсоляции и освещенности.

Экономического эффекта и существенных улучшений параметров жилой среды можно добиться вовлекая в реконструкцию не отдельные дома, а группы домов, кварталы, микрорайоны (рис.). В этом случае могут быть использованы ресурсы территории и те возможности, которые заложены в застройке.



- увеличение площади существующих квартир за счет пристроенных лоджий;
- увеличение площадей кухонь за счет пристройки эркерных конструкций;
- капитальный ремонт существующего дома;
- в квартирах существующего дома повышение комфорта пребывания;
- изменение внешнего облика дома;
- повышение престижа дома;
- устройство вертикального транспорта;
- снижение стоимости содержания и энергопотребления;
- устройство дополнительных парковочных мест;
- благоустройства придомовой территории.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абакумов Р.Г., Ктрина А.А. Разработка ключевых основ инновационного механизма управления воспроизводством основных средств // Инновационная экономика: перспективы раз-

вития и совершенствования. 2014. № 1 (4). С. 8–11.

2. Авилова И.П., Жариков И.С. Методика оценки инвестиционной привлекательности реконструкции здания (сооружения) для последующей его реализации как объекта недвижимости коммерческого, жилого или социального назначения // Экономика и предпринимательство. 2015. № 4-1 (57-1). С. 966–971.

3. Авилова И.П., Рыкова М.А., Шарапова А.В. К вопросу о повышении достоверности экономической оценки эффективности инвестиционно-строительного проекта // Перспективы развития науки и образования сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. Тамбов, 2014. С. 8–10.

4. Мамзина Т.Ю., Наумов А.Е., Авилова И.П. Анализ и выбор наиболее привлекательно инвестиционно-строительного проекта с помощью расчета показателей экономической эффективности // Научные труды SWorld. 2014. Т. 23. № 2. С. 65–68.

5. Авилова И.П., Стрекозова Л.В. Ретроспективный подход к оценке организационно-технологических рисков инвестиционно-строительного проекта // Недвижимость: экономика, управление. 2013. № 1. С. 24–27.

6. Костин С.М., Абакумов Р.Г. Индикаторы эффективности управления денежным потоком при реализации инвестиционно-строительного проекта // Инновационная экономика: перспек-

тивы развития и совершенствования. 2014. № 1 (4). С. 299–301.

7. Катен М.А., Абакумов Р.Г. Градостроительные аспекты повышения энергоэффективности // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2015. № 1 (6). С. 81–85.

8. Меренкова К.А., Абакумов Р.Г. Вероятностная оценка эффективности и риска проектов инновационного воспроизводства основных средств // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2014. № 2 (5). С. 56–58.

9. Урсу И.В. Прогрессивное инновационное развитие как безальтернативный тип развития экономики России // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2012. № 1. С. 460–464.

10. Ряднова А.В., Абакумов Р.Г. Инновационная оценка социально-экономического эффекта воспроизводства жилого фонда // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2014. № 2 (5). С. 187–189.

11. Щенятская М.А., Авилова И.П., Наумов А.Е. К вопросу об учете рисков при анализе эффективности инвестиционно-строительных проектов // Образование и наука современное состояние и перспективы развития: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. Тамбов, 2015. С. 180–183.

---

**Abakumov R.G., Naumov A.E., Malikova E.V.**  
**METHODICAL RECOMMENDATIONS FOR ECONOMIC REPRODUCTION**  
**OF THE AVAILABLE HOUSING ON THE BASIS OF RECONSTRUCTION OF HOUSES**  
**OF THE FIRST PERIOD OF INDUSTRIAL HOUSING CONSTRUCTION**

*In clause the problem of moral and physical obsolescence of a significant part of an available housing submitted is opened by houses of the first period of industrial housing construction. The comparative characteristic of merits and demerits of various methods of reconstruction of an analyzed available housing is resulted. The technical and economic characteristic of typical series of high-rise buildings of the first period of industrial housing construction for the purpose definitions of an opportunity of reconstruction is given. Methodical recommendations for economic reproduction of an available housing are offered on the basis of reconstruction of houses of the first period of industrial housing construction.*

**Key words:** reproduction, available housing, methodical recommendations.

---

**Абакумов Роман Григорьевич**, кандидат экономических наук, доцент кафедры экспертизы и управления недвижимостью.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: AbakumovRG2000@mail.ru

**Наумов Андрей Евгеньевич**, кандидат экономических наук, доцент экспертизы и управления недвижимостью.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: andrena@mail.ru

**Маликова Елена Витальевна**, магистрант кафедры экспертизы и управления недвижимостью.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: 7020714@mail.ru

*Гаевая М.М., аспирант  
Белгородский государственный национальный исследовательский университет*

## СИСТЕМА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЕЛОВОЙ АКТИВНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ И ИХ ВЗАИМОСВЯЗЬ

probel-m@mail.ru

*Статья посвящена актуальной на сегодняшний день проблеме – необходимости разработки системы ключевых показателей деловой активности предприятия с учетом его отраслевой принадлежности. В работе выявлены особенности, характеризующие современное состояние инструментария оценки уровня деловой активности промышленного предприятия. На основе изучения методологического подхода к определению деловой активности автор приходит к выводу, что деловая активность может быть оценена как количественной, так и качественной мерой. Основное содержание исследования составляет изучение двух форм анализа деловой активности: экспресс и внутреннего анализа. Автором предложена система ключевых показателей внутренней оценки уровня деловой активности промышленного предприятия, охватывающая наиболее существенные индикаторы, характеризующие каждую составляющую системы активностей.*

*В работе приведена структура показателей, характеризующих процесс формирования деловой активности на основе их индексации.*

**Ключевые слова:** деловая активность, количественная оценка деловой активности, качественная оценка деловой активности, качественные показатели деловой активности, количественные показатели деловой активности, инструментарий оценки деловой активности, экспресс-анализ деловой активности, внутренний анализ деловой активности, обций показателей деловой активности, структура формирования деловой активности.

В настоящее время в экономическом анализе прослеживается тенденция к расширению спектра показателей деловой активности, связанная, прежде всего с их детализацией. В этой связи особую остроту приобретает проблема разработки системы ключевых показателей деловой активности предприятия с учетом его отраслевой принадлежности и формирование научно обоснованных требований к ее построению.

Традиционно, система ключевых показателей деловой активности строится на принципах релевантности, содержательности, возможности точного определения, актуальности. В процессе разработки системы также учитывается ряд теоретических и практических требований. Это приводит к тому, что деловая активность может быть оценена как количественной, так и качественной мерой. Сформировавшийся методологический подход к определению деловой активности как качеству, свойству делового цикла, позволяет говорить о том, деловая активность может быть оценена как количественной, так и качественной мерой.

Состав количественных показателей оценки деловой активности включает две группы: показатели оборачиваемости (отдачи) активов и пассивов и показатели эффективности (рентабельности, прибыльности) использования ресурсов. Указанные группы представлены общими и частными показателями. Общие коэффициенты

описывают оборачиваемость и рентабельность всех активов, частные – отдельных их видов.

Для оценки активности финансово-хозяйственной деятельности предприятия используются такие качественные показатели как масштаб рынков сбыта, география контрагентов, деловая репутация, положение на рынке, устойчивость позиции в занимаемой рыночной нише, лояльность клиентов, социальный имидж или восприятие фирмы и т.д.

Для их оценки? (характеристики) проводятся регулярные опросы общественного мнения в группах целевой аудитории с привлечением **группы** внешних и/или внутренних экспертов.

Изучение работ, посвященных анализу деловой активности предприятия, позволяет сделать вывод о том, что современное состояние системы оценки деловой активности промышленного предприятия характеризуется следующими недостатками [5]:

1. отсутствие единого подхода к методике определения и анализа деловой активности;
2. отсутствие детализации показателей деловой активности предприятия;
3. недостаточная разработанность проблем оценки деловой активности промышленных предприятий по отраслевой принадлежности;
4. не акцентировано внимание на материально-вещественных индикаторах при попытке комплексно оценить деловую активность;



5. недостаточное внимание к оценке вклада персонала в формирование деловой активности предприятия;

6. недостаточная степень теоретико-методологической разработанности и эмпирической апробации вопросов взаимосвязи деловой активности с конкурентоспособностью и результативностью всех сфер деятельности предприятия, в том числе с социальными эффектами.

Деловая активность коммерческой организации измеряется с помощью системы количественных и качественных показателей. Коэффициенты деловой активности позволяют проанализировать, насколько эффективно предприятие использует свои средства. Анализ деловой активности заключается в исследовании уровней и динамики финансовых коэффициентов оборачиваемости.

Качественные показатели – это широта рынков сбыта (внутренних и внешних), деловая репутация фирмы, ее конкурентоспособность, наличие постоянных поставщиков и покупателей готовой продукции. Данные критерии следует сопоставлять с аналогичными характеристиками конкурентов, действующих в отрасли. Данные берутся в основном не из бухгалтерской отчетности, а из маркетинговых исследований.

Количественные показатели деловой активности характеризуются абсолютными и относительными показателями. В число абсолютных показателей входят: объем продажи готовой продукции, величина используемых активов и капитала, в том числе собственный капитал, прибыль.

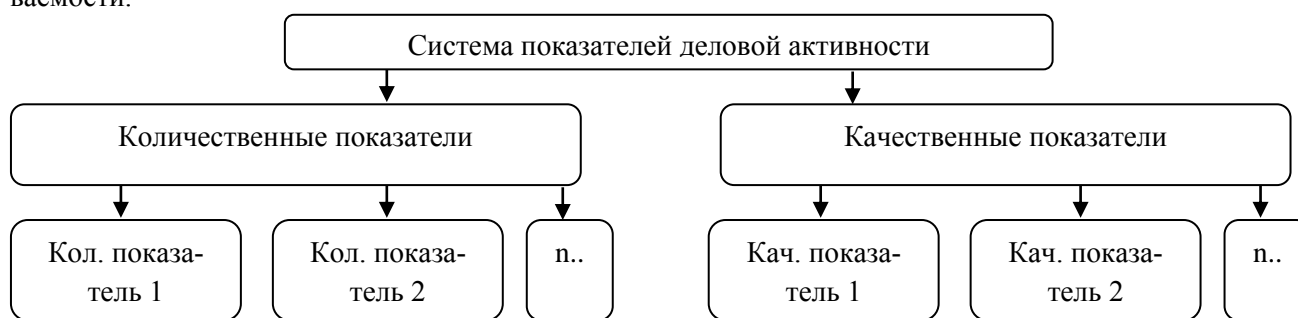


Рис. 1. Система показателей деловой активности

Ключевым инструментом количественного анализа деловой активности являются показатели оборачиваемости. Именно они дают характеристику скорости движения ресурсов по круговому руслу экономической деятельности. По нашему мнению, в состав этой группы можно включить коэффициенты оборачиваемости всех активов, собственного капитала, оборотных средств, готовой продукции, дебиторской и кредиторской задолженности.

Коэффициенты оборачиваемости, на наш взгляд, целесообразно дополнить длительностью операционного и финансового цикла в связи с тем, что операционный цикл соответствует времени, в течение которого денежные средства пребывают в форме запасов и задолженности дебиторов. Финансовый цикл превышает операционный на срок обращения задолженности перед кредиторами. Сократить его продолжительность можно как за счет ускорения цикла производства продукции, так и путем продления в разумных пределах сроков погашения сумм, подлежащих выплате кредиторам.

Инструментарий для проведения экспресс-анализа качественных характеристик деловой активности может основываться на исследовании ответов экспертов на ряд вопросов. В перечень рекомендуется включать вопросы, касаю-

щиеся стадии развития предприятия, масштабов деятельности, конкурентоспособности, инвестиционной привлекательности, деловой репутации, маркетинговых исследований, рекламной стратегии, технологических инноваций, «преданности» покупателей, соотношения «цена – качество» продукции, влияния на региональный уровень цен, квалификации персонала и т.д. Если возможность привлечения экспертного совета отсутствует, то для оценки качественных характеристик деловой активности можно использовать сравнительные оценки тех параметров, информация о которых доступна (в СМИ, интернет и др.).

В зависимости от системы оценки деловой активности предприятия формируется система ключевых показателей

При анализе уровня деловой активности и в зависимости от выбора методики оценки формируется система ключевых показателей. Рассмотрим существующие методики оценки, которые схематично изображены на рисунке 2.

Указанное различие в целях результатов анализа логически подводит к необходимости разработки двух подходов к анализу деловой активности. Аналитический инструментальный экспресс-анализ деловой активности должен содержать минимальное количество релевант-

ных показателей, наиболее точно описывающих общую интенсивность и эффективность реализации ресурсного потенциала фирмы. Это поз-

волит сократить затраты времени на анализ, проводить оценку на основе доступных данных финансовой отчетности.

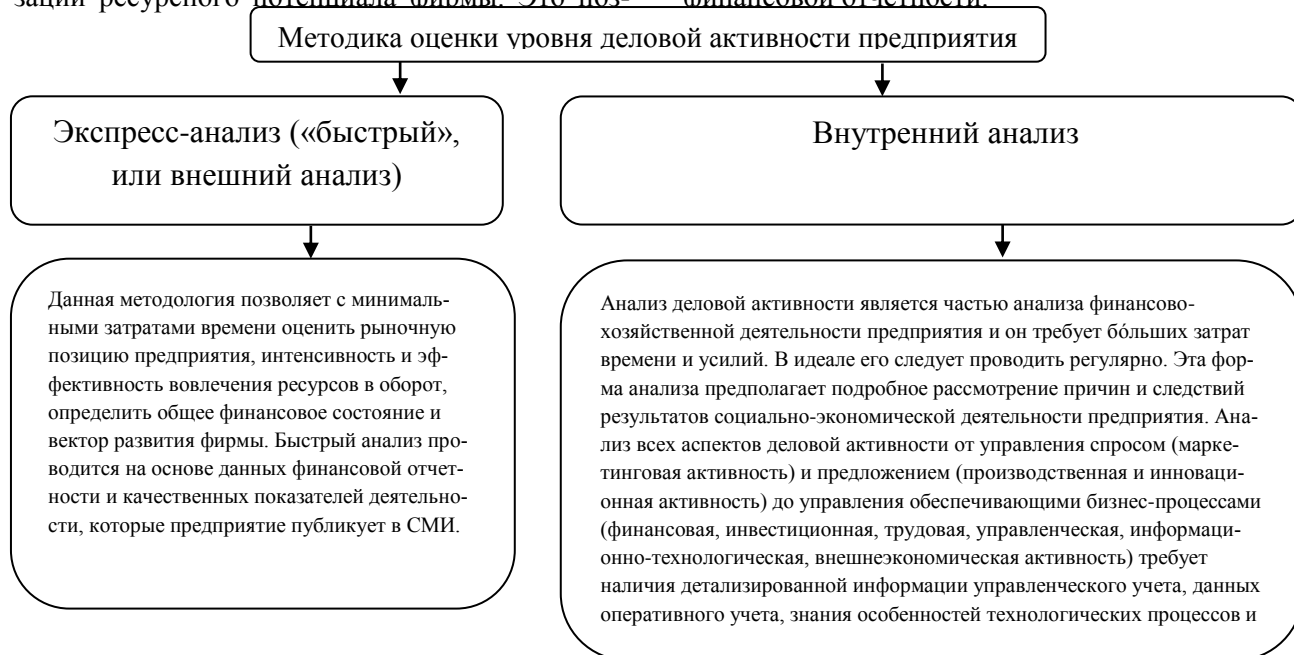


Рис. 2. Методика оценки уровня деловой активности предприятия

Инструментарий внутренней оценки деловой активности промышленного предприятия также предлагается проводить в направлении оценки количественных и качественных индикаторов. Показатели внутренней оценки деловой активности (табл. 1.), по нашему мнению, должны охватывать индикаторы, характеризующие каждую составляющую деловой активности. Производственную, маркетинго-

вую и инновационную – как центральные звенья управления спросом и предложением промышленного предприятия. Финансовую, инвестиционную, управленческую, трудовую, информационно-технологическую и внешнеэкономическую активность – как активность по управлению бизнес-процессами, обеспечивающими поддержание и развитие операционной деятельности.

Таблица 1

**Система ключевых показателей внутренней оценки деловой активности промышленного предприятия**

Составляющая ДА	Агрегированные индексы	Частные индексы, %			
Управление спросом					
Маркетинговая активность	Рыночная чувствительность	Индекс целевого рынка	Индекс рыночного покрытия	Индекс продуктового портфеля	Индекс рентабельности каналов сбыта
		Индекс рыночной доли	Индекс возможности/угрозы	...	
	Эффективность продаж	Индекс себестоимости продаж	Индекс цикличности продаж	Индекс закрытия сделок	Индекс цены продаж
		Индекс лояльности покупателя	Точность прогнозов	...	
Управление предложением					
Производственная активность	Клиентская чувствительность	Коэффициент своевременности («точно в срок»)	Коэффициент заполнения формы заказа		
	Эффективность поставщиков	Своевременность доставки поставщиком	Индекс стоимости сырья и материалов	Индекс диверсификации поставщиков	

Составляющая ДА	Агрегированные индексы	Частные индексы, %			
		Время операционного цикла	Индекс отдачи производственных издержек	Индекс рентабельности издержек производство	Индекс физического объема от-ходов
	Операционная эффективность	Рентабельность текущих активов	Рентабельность чистых активов		
Инновационная активность	Эффективность продуктового развития	Индекс новой продукции	Срок от разработки до поступления на рынок	Индекс эффективности НИОКР	
Обеспечивающие бизнес-процессы					
		Период обращения дебиторской и кредиторской задолженности	Время финансового цикла	Индекс текущей ликвидности; Индекс быстрой ликвидности	Индекс стоимости капитала
Финансовая активность	Эффективность управления финансами предприятия	Индекс финансовой устойчивости	Индекс долгосрочного привлечения заемных средств	Ресурсоотдача	Индекс отдачи собственного и заемного капитала
		Рентабельность реальных и финансовых инвестиций	Индекс инвестиций	Индекс реальных инвестиций	Индекс финансовых инвестиций
Инвестиционная активность	Эффективность инвестиций	Коэффициент инвестиционной отдачи	Индекс периода окупаемости реальных инвестиций	Индекс периода окупаемости финансовых инвестиций	
		Рентабельность расходов на содержание управленческих кадров	Отдача расходов на содержание управленческих кадров	Рентабельность расходов на проведение организационных изменений	Индекс расходов на обучение управленческих работников
Управленческая активность	Эффективность затрат на управление	Рентабельность вложений в обучение административных сотрудников	Индекс финансовых санкций по результатам государственных проверок	Индекс использования внешней консультационной поддержки	Эффективность расходов на аутсорсинг консалтинговых услуг
		Индекс производительности труда	Индекс эффективности найма	Индекс общей стоимости человеческих ресурсов	Индекс премирования, зарплатоотдача
Трудовая активность	Эффективность и интенсивность использования трудовых ресурсов	Индекс расходов на обучение сотрудников	Рентабельность расходов на обучение персонала	Индекс текущей кадры	Индекс уровня образования работников
		Эффективность ИТ систем	Эффективность сервисной поддержки ИТ	Индекс общей стоимости ИТ систем	Эффективность новых ИТ проектов
Информационно-технологическая активность	Эффективность и интенсивность использования информационных технологий	Ресурсоотдача нематериальных активов	Коэффициент партнерства в сфере ИТ		
Внешнеэкономическая активность	Эффективность и интенсивность	Индекс новых зарубежных	Индекс новых зарубежных	Индекс экспортируемой	Индекс импортируе-

Составляющая ДА	Агрегированные индексы	Частные индексы, %			
		рынков сбыта	партнеров	продукции	мых сырья и материалов, оборудования и технологий
	Индекс новых зарубежных покупателей	Рентабельность расходов на установление деловых контактов с зарубежными партнерами	Отдача расходов на установление деловых контактов с зарубежными партнерами	Индекс успешных переговоров с зарубежными партнерами	

Ключевые показатели внутренней оценки деловой активности включают агрегированные (сводные, обобщающие) и частные индикаторы. Состав частных индикаторов является открытым, и может быть сокращен или дополнен за счет удаления менее важных или включения более значимых показателей с учетом отраслевой специфики промышленного предприятия.

Представленная система ключевых показателей оценки деловой активности позволяет контролировать результативность текущей деятельности промышленного предприятия. Динамический анализ индикаторов деловой активности является также инструментом выявления факторов, сдерживающих или стимулирующих развитие предприятия. В этом проявляется взаимосвязь показателей деловой активности.

Качественная внутренняя оценка деловой активности проводится по аналогии с описанной выше методикой качественной экспресс-оценки. При этом внутренние пользователи владеют развернутой информацией и имеют возможность более разностороннего и точного рассмотрения качественных характеристик деловой активности. Перечень экспертных вопросов в этом случае будет гораздо шире и разнообразнее, по сравнению с опросными листами экспресс-анализа.

Итоговые количественный, качественный и общий показатели деловой активности определяются аналогично методике, описанной для экспресс-оценки.

Таким образом, предлагаемая методика позволяет:

- проводить «быстрый», или экспресс-анализ, деловой активности промышленного предприятия для внешних пользователей и внутренний, углубленный анализ деловой активности для целей управления предприятием;
- учитывать не только материально-технические, организационно-управленческие, финансовые, трудовые, но и нематериальные составляющие деловой активности – деловую

репутацию, доверие, качество партнерских отношений, социальное восприятие предприятия, личностные качества руководителя, его интеллектуальный, человеческий, социальный потенциал и т.д.;

- определять итоговые количественный, качественный и общий показатели деловой активности, которые пригодны для проведения отраслевых, региональных и других сопоставлений;

- оценивать и анализировать деловую активность промышленного предприятия независимо от состава доступной информации для анализа (исключительно финансовой отчетности или полного спектра данных управленческого учета);

- варьировать состав количественных и качественных индикаторов в соответствии со значимостью тех или иных показателей для предприятия конкретной отрасли;

- использовать неограниченное количество вопросов или критериев качественной оценки деловой активности.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Filardo A.J. The 2001 US Recession: What did Recession Prediction Models Tell Us? // BIS Working Paper. 2004. № 148, March.
2. Хаертдинова А.Н., Султанова Д.Ш. Прогнозирование циклов экономической активности российских регионов // Региональная экономика: теория и практика. 2010. № 34(169).
3. Райская Н.Н., Сергиенко Я.В., Френкель А.А. Использование интегральных индексов в анализе циклических изменений российской экономики // Материалы XI международная научная конференция по проблемам развития экономики и общества / Отв. ред. Е.Г.; в 3-х кн. Кн. 1. - М.: Издательский дом Высшей школы экономики, 2011. 688 с.
4. Левченко А.С., Рудычев А.А., Кузнецова И.А., Лычев А.Ю. Оценка и механизм повышения деловой активности хозяйствующего субъекта

екта: монография. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. 139 с.

5. Левченко А.С., Рудычев А.А., Кузнецова И.А., Лычев А.Ю. Разработка системы управления деловой активностью предприятия // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 1. С. 134–141

6. Экономика и право: словарь-справочник [Электронный ресурс] / Л. П. Кураков, В. Л. Кураков, А. Л. Кураков. М.: Вуз и школа. 2004. – Режим доступа: [http://dic.academic.ru/dic.nsf/dic\\_economic\\_law/5953/качественные](http://dic.academic.ru/dic.nsf/dic_economic_law/5953/качественные) (дата обращения 15.04.2015).

7. Сердюк-Копчекчи Ю.В. Модель диагностики финансового потенциала промышленных предприятий // Финансы, учет, банки. 2007. №13. С. 92–102.

8. Наумова О.А. Показатели финансовых результатов организации в анализе ее деловой активности // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. 2011. №5. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/pokazатели-finansovyh-rezultatov-organizatsii-v-analize-ee-delovoy-aktivnosti> (дата обращения: 09.05.2015).

---

**Gaevaya M.M.**

### **THE BUSINESS ACTIVITY INDICATORS OF AN INDUSTRIAL ENTERPRISE AND THEIR CORRELATION**

*The article is devoted to the relevant problem – the necessity to develop a system of key business activity indicators of an enterprise considering its industry sector. In the article the features that characterize the current state of tools for assessing the business activity level of an industrial enterprise are identified. Based on the study of the methodological approach to determining of the business activities, the author comes to the conclusion that business activity can be evaluated by both quantitative and qualitative measure. The main content of this research is to study two forms of analysis of business activity: Express and internal analysis. The author suggests a key performance indicators system internal evaluation of the business activity level of industrial enterprises, covering the most significant indicators characterizing each component of the system activities. The paper presents the structure of the indicators characterizing the formation business activity process on the basis of their indexing.*

**Key words:** *business activity, business activity rating, business activity judgmental estimate, business activity qualitative indicators, business activity quantitative indicators, business activity analysis tools, business activity rapid test, business activity general index, business activity audit, business activity formation structure.*

---

**Гаевая Марина Михайловна**, аспирант кафедры экономики.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет

Адрес: Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы

E-mail: [probel-m@mail.ru](mailto:probel-m@mail.ru)

Слабинская И.А., д-р экон. наук, проф.,  
Атабиева Е.Л., канд. экон. наук, доц.,  
Слабинский Д.В., канд. экон. наук, доц.,  
Ковалева Т.Н., канд. экон. наук, доц.,

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ДОБАВОЧНЫЙ КАПИТАЛ: ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И УЧЕТА

buhuchet@intbel.ru

В статье рассмотрены особенности формирования добавочного капитала в результате получения эмиссионного дохода, возникающего при реализации или дополнительной эмиссии акций, в результате переоценки активов, возникновении курсовых разниц и от приватизации имущества. Авторами приведены практические примеры формирования добавочного капитала во всех перечисленных случаях, которые дают представление о последовательности проведения и порядке отражения переоценок в бухгалтерском учете. Аналитический учет добавочного капитала должен быть организован таким образом, чтобы была обеспечена возможность получения информации по источникам его формирования и направлениям использования. Статья содержит предложения по совершенствованию аналитического учета добавочного капитала по направлениям его расходования. Подчеркивается, что аналитические возможности пользователей бухгалтерской информации во многом зависят от уровня организации бухгалтерского учета, качества формируемой информации и соответствии ведения бухгалтерского учета нормам действующего законодательства.

**Ключевые слова:** добавочный капитал, бухгалтерский учет, бухгалтерская отчетность, переоценка имущества, курсовые разницы, эмиссионный доход.

Добавочный капитал является частью собственного капитала организации, и отражает общую собственность всех участников и в отличие от уставного капитала, не подразделяется на доли, внесенные конкретными участниками. Добавочный капитал складывается из следующих элементов:

- эмиссионного дохода, возникающего при реализации акций по цене, превышающей их номинальную стоимость или дополнительной эмиссии акций;
- прироста стоимости имущества в результате переоценки;
- курсовых разниц, образовавшихся при внесении учредителями вкладов в уставный капитал организации и возникающих в результате пересчета выраженной в иностранной валюте стоимости активов и обязательств организации, используемых для ведения деятельности за пределами Российской Федерации.

В бухгалтерском учете добавочный капитал учитывается на пассивном счете 83 «Добавочный капитал». К этому счету могут быть открыты следующие субсчета:

- 83-1 «Прирост стоимости имущества по переоценке»;
- 83-2 «Эмиссионный доход»;
- 83-3 «Курсовые разницы» и др.

Остановимся более подробно на процессе формирования добавочного капитала. Эмиссионный доход от реализации акций по цене, превышающей их номинальную стоимость, как и

доход от дополнительной эмиссии акций, возможны в деятельности акционерных обществ.

Деятельность акционерных обществ регулируется Федеральным законом от 26.12.1995 N 208-ФЗ (ред. от 29.06.2015, с изм. от 29.12.2015) «Об акционерных обществах».

В соответствии с требованиями данного закона, Уставом общества должны быть определены количество, номинальная стоимость акций, приобретенных акционерами (размещенные акции), и права, предоставляемые этими акциями [1]. Дополнительные акции и иные эмиссионные ценные бумаги общества, размещаются путем подписки. Акционерное общество не вправе размещать акции по цене ниже их номинальной стоимости, а в случае, если цена размещения акций выше номинала, должен быть сформирован добавочный капитал.

Планом счетов бухгалтерского учета финансово-хозяйственной деятельности организаций и инструкции по его применению предусмотрено по кредиту счета 83 «Добавочный капитал» отражать суммы разницы между продажной и номинальной стоимостью акций, вырученной в процессе формирования уставного капитала акционерного общества (при учреждении общества, при последующем увеличении уставного капитала) за счет продажи акций по цене, превышающей номинальную стоимость, – в корреспонденции со счетом 75 «Расчеты с

учредителями». В этом случае используется субсчет 83-2 «Эмиссионный доход».

Приведем практический пример. У организации возникла обязанность выкупить по требованию акционеров, голосовавших против решения о реорганизации или не участвовавших в голосовании, 1000 собственных акций. Цена выкупа акций определена в размере 5000 руб. за одну акцию номинальной стоимостью 100 руб. В срок, установленный для предъявления требований, было выкуплено 200 акций. Все выкупленные акции проданы по цене 6000 руб. за одну акцию. Необходимые записи приведены ниже.

Выкуп акций по требованию акционеров:

На основании выписки реестра акционеров приняты к учету выкупленные акции (200 x 5000) - 1000 000 руб. – Дебет счета 81 «Собственные акции (доли)» и кредит счета 75 «Расчеты с учредителями».

Перечислены денежные средства за выкупленные акции - 1000 000 руб. – Дебет счета 75 «Расчеты с учредителями» и кредит счета 51 «Расчетные счета».

Продажа выкупленных акций:

Получены денежные средства за проданные акции (200 x 6000) – 1200000 – Дебет счета 51 «Расчетные счета» и кредит счета 75 «Расчеты с учредителями».

На основании выписки из реестра акционеров списаны с учета проданные собственные акции (230 x 4500) – 1000 000 руб. – Дебет счета 75 «Расчеты с учредителями» и кредит счета 81 «Собственные акции (доли)».

Доход от продажи акций отнесен на добавочный капитал (1 046 500 - 1 035 000) – 200000 – 1000 000 руб. – Дебет счета 75 «Расчеты с учредителями» и кредит счета 83 «Добавочный капитал».

Организации могут проводить переоценку основных средств и нематериальных активов [2]. Основная цель переоценки имущества - определение реальной стоимости объектов в соответствии с их рыночными ценами и условиями воспроизводства на дату переоценки.

При переоценке имущества его стоимость может увеличиваться или уменьшаться. Увеличение стоимости имущества при переоценке внеоборотных активов отражается по дебету счетов 01 «Основные средства», 04 «Нематериальные активы» и кредиту счета 83 «Добавочный капитал».

Переоценивать имущество или нет, организация определяет самостоятельно. Однако законодательство требует: если переоценка имущества проведена единожды, то и в дальнейшем следует проводить ее регулярно (один раз в год). Необходимо данное условие для того, чтобы

стоимость указанных объектов внеоборотных активов, по которой они отражаются в бухгалтерском учете и отчетности, существенно не отличалась от текущей (восстановительной) стоимости.

Для определения необходимости проведения переоценки, следует уточнить, насколько существенно изменилась стоимость имущества. Переоценка должна производиться в том случае, если имеет место существенная разница между стоимостью объекта и рыночной, восстановительной стоимостью аналогичного ему. Хотя понятие существенности напрямую не определяется нормативно-правовыми актами, касающимися переоценки основных средств и нематериальных активов, но это определение существенности – основное условие переоценки. Трактовка размера существенности в законодательных нормах в настоящий момент отсутствует, и заинтересованные лица продолжают использовать 5-процентный порог существенности, который в свое время был определен в объясняющей части Порядка предоставления отчетности.

Ниже рассмотрим примеры расчета уровня существенности:

1 случай. Стоимость основных средств однородной группы на 31.12.2016 г. составила 1 млн. руб.; восстановительная стоимость объектов группы на 31.12.2016 г. 1,1 млн. руб. Определим уровень существенности изменения цен.  $(1100\ 000 - 1000\ 000) : 1000000 = 0,1$  или 10 %.

2 случай. Стоимость основных средств однородной группы на 31.12.2016 г. составила 1 млн. руб.; восстановительная стоимость объектов группы на 31.12.2016 г. 1,035 млн. руб. Определим уровень существенности изменения цен.  $(1035\ 000 - 1000\ 000) : 1000\ 000 = 0,035$  или 3,5 %.

В первом случае результаты переоценки будут отражаться на счетах бухгалтерского учета, так как разница в 10 % является существенной. Во втором случае разница в 3,5 % признается несущественной и переоценка не производится.

Из этого следует, что распространенное мнение об обязательной ежегодной переоценке основных средств недостаточно правомерно.

Порядок проведения переоценки основных средств и нематериальных активов предполагает использование метода прямого пересчета. Базой для проведения переоценки прямым пересчетом является информация, получаемая из следующих источников: информация производителей идентичных объектов; сведения об уровне цен, полученные в государственных организациях или специальных публичных источниках; экс-

пертная оценка объектов независимыми специалистами.

Для проведения переоценки имущества необходимо ряд подготовительных мероприятий, в том числе изучение наличия и состояния объектов, подлежащих стоимостной корректировке.

В качестве исходных данных используются информационные и учетные сведения об объекте: первоначальная или восстановительная (если объект уже переоценивался в предшествующих периодах) стоимость по состоянию на последний день отчетного года; сумма накопленных амортизационных отчислений; подтвержденные данные о восстановительной стоимости по состоянию последний день отчетного года.

Переоценка имущества представляет собой пересчет его первоначальной (восстановительной) балансовой стоимости и амортизации за все время его эксплуатации. Переоценка приводит к тому, что стоимость объекта изменяется либо увеличиваясь, либо уменьшаясь.

При увеличении (дооценке), отражение в бухгалтерском учете производится проводкой по кредиту счета 83 «Добавочный капитал» на сумму дооценки.

При уменьшении стоимости актива, то есть его уценке, в бухгалтерском учете производится запись по дебету счета 91 «Прочие доходы и расходы».

Так, например, переоценка проводится организацией первый раз. По состоянию на 31.12.2015 г. остаточная стоимость группы основных средств 7 500 000 руб., рыночная стоимость – 5 300 000 руб. Амортизационные отчисления до переоценки – 500 000 руб. Метод начисления амортизации линейный.

Для пересчета амортизации рассчитываем коэффициент, равный отношению рыночной стоимости к остаточной:  $5300\ 000 : 7500\ 000 = 0,707$ . Размер пересчитанной амортизации составит:  $500000 \times 0,707 = 353500$  руб. Разница между накопленной и пересчитанной амортизацией:  $500\ 000 - 353500 = 146500$  руб. Сумма уценки определяется в виде разности уценок остаточной стоимости и амортизации:

1)  $7500000 - 5300000 = 2200000$  руб. – разница между остаточной и рыночной стоимостью.

2)  $2\ 200\ 000 - 146500 = 2053500$  руб. – разность уценок остаточной стоимости и амортизации.

По состоянию на 31.12.2015 г. производятся следующие бухгалтерские записи:

Дебет счета 02 «Амортизация основных средств» и кредит счета 01 «Основные средства» — 146500 руб. – сумма уценки амортизации;

Дебет счета 91-2 «Прочие расходы» и кредит счета 01 «Основные средства» — 2053 500 руб. сумма уценки группы основных средств.

В тех случаях, когда переоценка активов уже производилась ранее, в бухгалтерском учете это будет отражаться иначе.

Если предполагается дооценка:

а) Ранее проводилась дооценка. Сумма, на которую произведена дооценка, зачисляется в кредит счета 83 «Добавочный капитал».

б) Ранее проводилась уценка. Дооценка, равная сумме предыдущей уценки, зачисляется по кредиту счета 91 «Прочие доходы и расходы». Сумма превышения дооценки над суммой предыдущей уценки отражается по кредиту счета 83 «Добавочный капитал».

Если предполагается уценка:

а) Ранее проводилась дооценка. Сумма уценки уменьшает добавочный капитал, образованный за счет предыдущей дооценки по дебету счета 83 «Добавочный капитал». Сумма превышения уценкой предыдущей дооценки относится в дебет счета 91 «Прочие доходы и расходы».

б) Ранее проводилась уценка. Сумма вновь произведенной уценки относится в дебет счета 91 «Прочие доходы и расходы».

Рассмотрим пример: По состоянию на 31.12.2015 г. Проводится переоценка однородной группы активов, которые переоценивались ранее. До новой переоценки восстановительная стоимость составляет 6 000 000 руб., амортизационные отчисления 2 300 000 руб. Рыночная стоимость на 31.12, 2015 г. – 7 000 000 руб. В предыдущую уценку на счет 91 «Прочие доходы и расходы» отнесено 110 000 руб.

Коэффициент пересчёта:  $7\ 000\ 000 : 6\ 000\ 000 = 1,17$ .

Размер пересчитанной амортизации:  $2300000 \text{ руб.} \times 1,17 = 2691000$  руб.

Разница между суммами пересчитанной и накопленной амортизации:  $2691000 - 2300000 = 391000$  руб.

Дооценка составит:  $(7000000 - 6000000) - 391000 = 609\ 000$  руб.

Этот результат должен быть разделен на две суммы. Одна из них, равная сумме предыдущей уценки относится в прочие доходы. Вторая рассчитывается как разница между рассчитанной суммой дооценки и ранее проведенной суммой уценки. В нашем случае:  $609000 - 110000 = 499000$  руб. Эта сумма относится в добавочный капитал.

По состоянию на 31.12.2015 г. производятся следующие бухгалтерские записи:

Дебет счета 01 «Основные средства» и кредит счета 02 «Амортизация основных средств» – 391000 руб. – дооценка амортизации;



Дебет счета 01 «Основные средства» и кредит счета 91-1 «Прочие доходы» 110000 руб. – дооценка, равная предыдущей уценке;

Дебет счета 01 «Основные средства» и кредит счета 83 «Добавочный капитал» — 499000 руб. – остальная часть дооценки.

Важно помнить, что при оформлении выбытия актива, необходимо сумму, на которую он дооценивался, списать с добавочного капитала в нераспределенную прибыль.

Например, при выбытии ранее дооцененного актива, набор бухгалтерских записей должен выглядеть следующим образом:

Дебет счета 01-2 «Выбытие основных средств» и кредит счета 01 «Основные средства» – списание восстановительной стоимости объекта;

Дебет счета 02 «Амортизация основных средств» и кредит счета «Выбытие основных средств» – списание накопленной амортизации;

Дебет счета 91-2 «Прочие расходы» и кредит счета «Выбытие основных средств» – финансовый результат от списания объекта;

Дебет счета 83 «Добавочный капитал» и кредит счета 84 «Нераспределенная прибыль» – списание суммы ранее проведенной дооценки в счет нераспределенной прибыли.

Приведенные примеры дают представление о последовательности проведения и порядке отражения переоценок в бухгалтерском учете.

Учет переоценок для целей налогообложения имеет некоторые отличия от приведенных схем.

Говоря о влиянии результатов проводимых организацией переоценок на показатели налогового учета, необходимо подчеркнуть следующий момент: в отличие от соответствующих пунктов ПБУ, статьями Налогового Кодекса в перечень случаев, которые ведут к изменению стоимости объекта основных средств, включены достройка, дооборудование, модернизация, реконструкция, техперевооружение и частичная ликвидация (пункт 2 статьи 257 «Порядок определения первоначальной стоимости амортизируемого имущества» НК РФ). Переоценка в этот перечень не входит.

Соответственно, результаты проведенных переоценок, проводимых организацией, не отражаются ею в налоговом учете. Налоговым кодексом суммы уценок и дооценок не признаются в составе доходов или расходов, учитываемых в целях налогообложения. Это подтверждается и позицией, занимаемой по этому вопросу Минфином (Письма Минфина РФ от 8 июля 2011 г. № 03-03-06/1/412, от 8 сентября 2011 г. № 03-03-06/1/544).

Учет курсовых разниц, образовавшихся при внесении учредителями вкладов в уставный капитал организации для регулируется Приказом Минфина РФ от 27.11.2006 N 154н (ред. от 24.12.2010) «Учет активов и обязательств, стоимость которых выражена в иностранной валюте» (ПБУ 3/2006).

Пунктом 14 ПБУ 3/2006 предусмотрено, что курсовая разница, связанная с расчетами с учредителями по вкладам, в том числе в уставный (складочный) капитал организации, подлежит зачислению в добавочный капитал этой организации.

А пункт 19 ПБУ 3/2006 содержит следующее правило: разница, возникающая в результате пересчета выраженной в иностранной валюте стоимости активов и обязательств организации, используемых для ведения деятельности за пределами Российской Федерации, в рубли, подлежит зачислению в добавочный капитал организации (в ред. Приказа Минфина РФ от 24.12.2010 N 186н). При прекращении организацией деятельности за пределами Российской Федерации (полном или частичном) часть добавочного капитала, соответствующая сумме курсовых разниц, относящихся к прекращаемой деятельности, присоединяется к финансовому результату организации в качестве прочих доходов или прочих расходов.

Рассмотрим такой пример. Иностранец учредитель 21 декабря 2015 г. в качестве взноса в Уставный капитал перечислил на валютный счет российской организации денежные средства в размере 28200 долларов США. Сумма объявленного уставного капитала 10 млн. руб., доля иностранного учредителя – 20 %.

Задолженность иностранного учредителя по вкладу в уставный капитал является обязательством, выраженным в рублях, но подлежащим оплате в иностранной валюте.

Как уже упоминалось п. 14 ПБУ 3/2006 содержит специальную норму, согласно которой курсовая разница, связанная с расчетами с учредителями по вкладам в уставный капитал организации, подлежит зачислению в добавочный капитал этой организации. В целях применения п. 14 ПБУ 3/2006 под курсовой разницей следует понимать разность между рублевой оценкой задолженности учредителя (участника) по вкладу в уставный (складочный) капитал организации, указанной в учредительных документах, и рублевой оценкой этого вклада на дату его фактического получения (на дату зачисления средств на валютный счет организации).

Таким образом, на 21.12. 2015 г. курс доллара составил 71,32 руб./ \$ США. Стоимость вклада – 2011224 руб.

Составим корреспонденцию счетов.

Дебет 75/1 «Расчеты по вкладам в уставный (складочный) капитал» - Кредит 80 «Уставный капитал» - 20 млн. руб. - задолженность учредителя на дату внесения вновь созданной организации в единый государственный реестр юридических лиц.

Дебет 52 «Валютные счета» - Кредит Дебет 75/1 «Расчеты по вкладам в уставный (складочный) капитал» - 20 млн. руб. – внесен учредителем вклад в уставный капитал.

Дебет 52 «Валютные счета» - Кредит 83 «Добавочный капитал» - 11224 руб. – разность между рублевой оценкой задолженности учредителя по вкладу в уставный капитал организации и рублевой оценкой этого вклада на дату его фактического получения.

Разницы, образовавшиеся в результате пересчета выраженной в иностранной валюте стоимости активов и обязательств, используемых для ведения деятельности за пределами Российской Федерации, учитываются по аналогии с переоценкой активов, используемых на территории России. Порядок формирования и движения добавочного капитала в результате таких операций рассмотрен нами выше.

Нами приведен перечень источников формирования добавочного капитала в соответствии с нормами действующего законодательства.

Однако, как показывает практика, достаточно много организаций сформировали добавочный капитал при приватизации имущества. Действующий на момент приватизации План счетов предлагал учитывать имущество, полученное предприятием от других предприятий и лиц безвозмездно на счете «Добавочный капитал».

Оприходование имущества, полученного от других предприятий и лиц (в том числе приватизированное имущество) безвозмездно, должно было отражаться по кредиту счета «Добавочный капитал» в корреспонденции со счетами 01 «Основные средства», 04 «Нематериальные активы» и другими счетами учета имущества. Суммы, отнесенные в кредит счета «Добавочный капитал», как правило, не списывались [9].

Аналитический учет по счету 83 «Добавочный капитал» организуется таким образом, чтобы обеспечить получение информации по источникам образования и направлениям использования.

Однако, следует сделать акцент, что действующие нормативные документы не содержат рекомендаций по организации учета добавочного капитала по направлениям его расходования. В условиях рыночной неопределенности все субъекты экономических отношений, в той или иной степени, заинтересованы в получении

наиболее полной, достоверной и объективной экономической информации о хозяйственной деятельности организации с целью минимизации рисков [6]. Нами представляется целесообразным введение в Рабочий план счетов соответствующих субсчетов в составе счета 83 «Добавочный капитал», что способствовало бы разделению источников формирования добавочного капитала и направления его использования и позволило получить аналитическую информацию для анализа состава, структуры и динамики слагаемых элементов собственного капитала.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный закон «Об акционерных обществах» от 26.12.1995 N 208-ФЗ (ред. от 29.06.2015, с изм. от 29.12.2015).
2. Приказ Минфина РФ от 30.03.2001 N 26н (ред. от 24.12.2010) "Об утверждении Положения по бухгалтерскому учету "Учет основных средств" ПБУ 6/01" (Зарегистрировано в Минюсте РФ 28.04.2001 N 2689).
3. Приказ Минфина РФ от 27.12.2007 N 153н (ред. от 24.12.2010) "Об утверждении Положения по бухгалтерскому учету "Учет нематериальных активов" (ПБУ 14/2007)" (Зарегистрировано в Минюсте РФ 23.01.2008 N 10975).
4. Приказ Минфина РФ от 27.11.2006 N 154н (ред. от 24.12.2010) "Об утверждении Положения по бухгалтерскому учету "Учет активов и обязательств, стоимость которых выражена в иностранной валюте" (ПБУ 3/2006)" (Зарегистрировано в Минюсте РФ 17.01.2007 N 8788).
5. Актуальные вопросы развития учета, анализа и аудита: монография/под ред. проф. И.С. Слабинской. Белгород: Изд-во БГТУ, 2013. 226с.
6. Кравченко Л.Н. Система информационного обеспечения анализа финансовой устойчивости организации // Белгородский экономический вестник, 2014-№1(73), с. 100-107.
7. Слабинская И.А., Ровенских В.А. Выбор способа приобретения основных средств при отсутствии собственных средств организации // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 3. С. 100-103.
8. Слабинский Д.В. Отдельные аспекты учета основных средств и нематериальных активов согласно принципам международных стандартов финансовой отчетности (МСФО) //Белгородский экономический вестник. 2015. № 3 (79). С. 151-155.

9. Слабинская И.А., Атабиева Е.Л., инвестиции: учебное пособие. Белгород: Изд-во Слабинский Д.В., Ковалева Т.Н. Бухгалтерский БГТУ, 2010. 279 с.  
учет: в 10 ч. Ч. 1. Учет долгосрочных

---

**Slabinskaya I.A., Atabieva E.L., Slabinskiy D.V., Kovaleva T.N.**  
**ADDITIONAL CAPITAL: FEATURES OF FORMATION AND ACCOUNTING**

*The article describes the features of the formation of additional capital as a result of the share premium arising during the implementation or additional shares, as a result of the revaluation of assets and exchange differences arise from the privatization of property. The authors have shown practical examples of the formation of additional capital in all these cases, which illustrate the sequence of the order of reflection and reassessment in accounting. The analytical account of additional capital should be organized in such a way as to ensure the ability to obtain information on the sources of its formation and directions of use. The paper contains proposals to improve the analytical account of additional capital in the directions of its spending. It is emphasized that the analytical capabilities of the users of accounting information depends largely on the level of organization of accounting, quality of information and formed according to accounting standards of the current legislation.*

**Key words:** *additional capital, accounting, financial statements, revaluation of assets, exchange rate differences. seignior age.*

---

**Слабинская Ирина Александровна**, доктор экономических наук, профессор кафедры бухгалтерского учета и аудита.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: buhuchet@intbel.ru

**Атабиева Елена Леонидовна**, кандидат экономических наук, доцент кафедры бухгалтерского учета и аудита.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: atabieva.elena@yandex.ru

**Слабинский Денис Васильевич**, кандидат экономических наук, доцент кафедры бухгалтерского учета и аудита.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: dslabinskiy@gmail.com

**Ковалева Татьяна Назировна**, кандидат экономических наук, доцент кафедры бухгалтерского учета и аудита.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: kovaleva.t.n@yandex.ru

Романов Р.В., аспирант

Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского

## ВЛИЯНИЕ ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА В РОССИИ

r-r-v91@mail.ru

В настоящее время современное сельское хозяйство России функционирует в весьма непростых, социально-экономических условиях, что сказывается на экономической и социальной сфере страны. В этих условиях государственное регулирование становится объективно необходимой мерой, жизненно важной для сохранения общества. В данной статье рассмотрено влияние государственного регулирования на показатели сельскохозяйственного производства в России. После весьма длительного застоя сельское хозяйство России стало активно возобновляться, начиная с 2000 года. Благодаря комплексной, системной поддержке со стороны государства в отрасль пришли инвестиции, новые технологии, эффективные менеджеры. Доказательством чего послужили положительные результаты в производстве основных видов сельскохозяйственной продукции, таких как зерна, картофеля, овощей и мяса. Толчком этому послужил существенный приток финансирования из консолидированного бюджета страны. Результатом таких изменений является рост общего объема валовой продукции. Благодаря комплексной поддержке сельскохозяйственной отрасли со стороны государства за счет государственных программ прогнозируется развитие и усовершенствование отраслей.

**Ключевые слова:** Регулирование, анализ, сельскохозяйственное производство, государство, государственные программы, дотации.

Переход к рыночной экономике сопровождался глубоким кризисом инвестиционной сферы, который выразился в резком снижении инвестиционной привлекательности и инвестиционной активности, особенно в реальном секторе экономики. Это отрицательно сказалось на формировании и развитии материально-технической базы сельского хозяйства и других отраслей; на резком снижении производительности труда и конкурентоспособности отечественной продукции.

Сложившиеся темпы инвестиционного развития в России нельзя признать удовлетворительными, а отставание отечественного сельского хозяйства от развитых стран мира настолько велико, что без принятия крупномасштабных мер государственного значения его преодоление будет невозможно. В сельское хозяйство, несмотря на сезонный характер производства, вкладывается инвестиций в 2,4 раза меньше, чем в промышленность в расчете на объем продукции [1].

Сложившаяся неблагоприятная инвестиционная политика по отношению к предприятиям агропромышленного сектора значительно замедляет как темпы разработок методических рекомендаций, учитывающих уникальность этого производства, так и внедрение уже имеющихся положений по анализу капитальных вложений, что естественно отрицательно влияет на эффективность привлечения и использования инвестиций в; этой и сопряженных отраслях.

Сегодня отечественные экономисты вслед за зарубежными коллегами рассматривают ин-

вестиции как долгосрочные вложения капитала в различные сферы экономики, инфраструктуру, социальные программы, охрану среды как внутри страны, так и за рубежом с целью развития производства, социальной сферы, предпринимательства, увеличения прибыли [2].

На данный момент в Российской Федерации разработана государственная инвестиционная программа «Развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013 – 2020 годы» [3].

В данной программе разработано множество подпрограмм подразумевая под собой поддержку под отрасли растениеводства, животноводства, развитие мясного скотоводства, так же поддержка малых форм хозяйствования, и развитие сельских территорий, такие как:

– подпрограмма 1 «Развитие под отрасли растениеводства, переработки и реализации продукции растениеводства»;

– подпрограмма 2 «Развитие под отрасли животноводства, переработки и реализации продукции животноводства»;

– подпрограмма 3 «Развитие мясного скотоводства»;

– подпрограмма 4 «Поддержка малых форм хозяйствования»;

– подпрограмма 5 «Техническая и технологическая модернизация, инновационное развитие»;

– подпрограмма 6 «Обеспечение реализации Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013 - 2020 годы»;

– подпрограмма 7 «Развитие овощеводства открытого и защищенного грунта и семенного картофелеводства»;

– подпрограмма 8 «Развитие молочного скотоводства»;

– подпрограмма 9 «Поддержка племенного дела, селекции и семеноводства»;

– подпрограмма 10 «Развитие оптовораспределительных центров и инфраструктуры системы социального питания»;

– подпрограмма 11 «Развитие финансово-кредитной системы агропромышленного комплекса».

Государственная программа «Развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 годы» разработана в соответствии со статьей 8 Федерального закона от 29 декабря 2006 года №264-ФЗ «О развитии сельского хозяйства», так же базируется на концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года, утвержденной распоряжением Российской Федерации от 17 ноября 2008 г. №1662 – р, доктрине, стратегии развития пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации на период до 2020 года, утвержденной распоряжением правительства Российской Федерации от 17 апреля 2012 г. №559 – р, концепции устойчивого развития сельских территорий Российской Федерации на период до 2020 года, утвержденный распоряжением правительства Российской Федерации от 30 ноября 2010 г. №2136 – р, государственной программе на 2008 – 2012 годы, а так же в ряде других федеральных и ведомственных целевых программ по проблемам развития агропромышленного комплекса страны [4].

Агропромышленный комплекс и его базовая отрасль – это и есть сельское хозяйство, являющееся системообразующей экономикой страны, формирующей агропродовольственный рынок, продовольственную и экономическую безопасность, трудовой и поселенческий потенциал сельских территорий.

Прогноз реализации государственной программы основывается на достижении значений ее основных показателей (индикаторов), а также частных индикаторов реализации подпрограмм

и федеральных целевых программ, включенных в государственную программу [5].

Прогнозируемые объемы производства продукции сельского хозяйства и пищевых продуктов по большинству их видов позволят (с учетом допустимого импорта) обеспечить питание населения страны по рациональным нормам (кроме молока, плодов и фруктов) и достичь пороговых значений показателей, определенных доктриной продовольственной безопасности Российской Федерации, утвержденной указом президента Российской Федерации от 30 января 2010 г. №120 [6].

Одновременно возрастут ресурсы для экспорта сельскохозяйственной продукции и продовольствия. Кроме зерна и продуктов его переработки на внешний рынок страна сможет экспортировать сахар растительное масло, а также продукцию животноводства.

В результате реализации государственной программы будет обеспечено достижение установленных значений по большинству основных показателей доктрины.

В результате удельный вес российской продукции в общих ресурсах (с учетом структуры переходящих запасов) составит:

- зерна – 99,7 %;
- свекольного сахара – 93,2 %;
- растительного масла – 87,7 %;
- картофеля – 98,7 %; мяса и мясопродуктов – 91,5 %;
- молока и молочных продуктов – 90,2 %.

Валовой сбор зерна повысится к 2020 г. до 115 млн. тонн против 85,2 млн. тонн в среднем за 2006 – 2010 г.г., или на 34,97 %, сахарной свеклы – до 41 млн. тонн против 21,7 млн. тонн, или на 51,2 %. Этому будут способствовать меры по улучшению использования земель сельскохозяйственного назначения, обеспечению развития элитного семеноводства.

Производство скота и птицы (в живой массе) к 2020 г. возрастет по сравнению с 2010 г. до 14,1 млн. тонн, или на 33,3 %, молока – до 38,2 млн. тонн, или на 19,9 %. Основной прирост будет получен за счет роста продуктивности скота и птицы на основе улучшения породного состава. Среднемесячная заработная плата в сельском хозяйстве увеличится до 22,5 тыс. рублей, или до 55 % среднего ее уровня по экономике страны. Для этих целей предполагается обеспечить ежегодный прирост инвестиций в сельское хозяйство в размере 4,5 %, создать условия для достижения уровня рентабельности в сельскохозяйственных организациях не менее 10–15 % (с учетом субсидий).

Реализуются меры по расширению лизинга,

организации страхования, введению механизма закупочных и торговых интервенций, защите отечественного рынка от необоснованного импорта, особенно сахара и мяса, финансовому оздоровлению сельскохозяйственных товаропроизводителей, привлечению инвестиций в АПК. Приняты базовые законы о земельных отношениях, «О личном подсобном

хозяйстве», «О крестьянском (фермерском) хозяйстве» и др.

Вместе с тем применяемых мер государственной поддержки сельскохозяйственного товаропроизводителя недостаточно. Необходима целенаправленная работа по экономическому оздоровлению сельского хозяйства страны.

Таблица 1

**Объем бюджетных ассигнований на реализацию Программы «Развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013 – 2020 годы», млн. руб.**

Год	Млн. рублей	В % к прошлому году	В % к общему объему инвестиций
2013	197 671,64	-	9,30 %
2014	170 150,18	86,08 %	8,00 %
2015	187 864,11	110,41 %	8,84 %
2016	258 139,95	137,41 %	12,14 %
2017	300 227,19	116,30 %	14,12 %
2018	324 028,08	107,93 %	15,24 %
2019	337 775,17	104,24 %	15,89 %
2020	350 363,55	103,73 %	16,48 %
Итого:	2 126 219,89	-	100,00 %

Как видно из выше приведенных данных в проценте к общему объему инвестиций, выделенных на реализацию государственной программы, сумма инвестиций с каждым годом увеличивается. Наибольшая сумма инвестиций на реализацию программы в 2020 году и составит 350 363,55 млн. рублей или 16,48 % от общей суммы ассигнований.

Проанализировав данные таблицы 2, можно сделать вывод, что наибольшая доля бюджетных ассигнований Программы приходится на развитие растениеводства, что составляет более 25%, наибольшая сумма поддержки растениеводства планируется на 2020 год. Наименьшая доля бюджетных ассигнований приходится на подпрограмму «Техническая и технологическая модернизация, инновационное развитие», около 1,5%, для развития и усовершенствования отрасли сельского хозяйства этого явно недостаточно.

Рассмотрим экономические показатели действия государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия в 2014-15 году.

Валовые сбор зерна в Российской Федерации в 2014 году, по предварительным данным, составил 103,8 млн. тонн, что на 12,4% больше уровня предыдущего года.

В 2014 году снизился валовый сбор основных технологических культур: сахарной свеклы (на 16,8%) и семян подсолнечника (на 17,0%), что обусловлено снижением урожайности этих культур, а также сокращением убранных площадей подсолнечника (на 8,0%) по сравнению с

уровнем предыдущего года. Валовые сборы картофеля и овощей увеличились на 3,0% и 2,3% соответственно за счет роста урожайности. Производство льноволокна сократилось (на 2,7%) за счет снижения убранных площадей (на 10,0%) при росте урожайности (на 8,2%).

Основными производителями зерна и технических культур все так же остаются сельскохозяйственные организации, доля которых в производстве зерна в 2014 году составила 73,8%, подсолнечника – 70,1%, сахарной свеклы – 88,9%.

Крестьянскими (фермерскими) хозяйствами и индивидуальными предпринимателями в 2014 году собрано 25,4% от общего сбора зерна в хозяйствах всех категорий, сахарной свеклы 10,5%, подсолнечника – 29,5%.

Производство картофеля и овощей в основном сосредоточено в хозяйствах населения, которыми в 2014 году, выращено 80,1% общего сбора картофеля и 69,3% овощей.

На конец декабря 2014 года, поголовье крупного рогатого скота в хозяйствах всех сельхозпроизводителей, по расчетам, составляло 19,1 млн. голов (на 2,2% меньше чем в 2013 году), в т.ч. коров – 8,4 млн. (на 2,5% меньше), свиней – 19,4 млн. (на 1,7% больше), овец и коз – 24,3 млн. (сохранилось на уровне предыдущего года), птицы – 518,5 млн. голов (на 4,8% больше).

В 2015 году в хозяйствах всех категорий, по расчетам, увеличилось производство скота и птицы на убой (в живом весе), молока и яиц – практически не изменилось.

Таблица 2

**Распределение бюджетных ассигнований Программы «Развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013 – 2020 годы»**

Программы	Год								Итого:
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
Растениеводство	67 467,5	39 288,1	51 838,5	61 678,5	75 239,6	81 801,5	87 274,4	90 802,8	555 391,2
Животноводство	72 313,4	57 449,2	30 708,8	40 033,8	39 785,1	37 931,8	35 157,5	33 066,8	346 446,7
Мясное скотоводство	4 903,4	6 737,8	6 948,9	9 348,1	10 787,5	11 649,8	12 566,6	13 606,6	76 548,6
Поддержка малых форм хозяйствования	8 620,0	8 189,0	9 760,0	15 795,9	17 911,5	17 239,4	18 155,2	18 609,2	114 280,2
Техническая и технологическая модернизация, инновационное развитие	5 300,0	1 900,0	3 144,5	4 106,5	4 157,5	4 277,6	4 333,8	4 389,8	31 609,8
Овощеводство	-	-	5000			79,8	7718,9	7784,8	43039,6
Развитие молочного скотоводства	-	-	24223,9	34316,9	42275,1	45425,5	49333,3	51826,3	247401,1
Развитие племенного дела, селекции, семеноводства	-	-	7190,2	12706,6	14189,4	14211,9	14436,5	14600,0	77334,7
Развитие системы социального питания	-	-	2433,9	10310,1	14202,5	15816	17034,3	19482,3	79279,0
Развитие финансово-кредитной системы АПК	2000	-	-	11200	11300	20900	21600	21700	88700
Обеспечение реализации государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013 - 2020 годы.	21429,4	37393,6	24044,9	25492,5	29825,5	29431	30238,2	31175,6	229031,0
Устойчивое развитие сельских территорий на 2014-2017 годы и на период до 2020 года.	-	11292,5	13992,5	16129,17	20277,5	23097,7	25875,9	28945	139610,3
Развитие мелиоративных земель сельскохозяйственного назначения на 2014-2020 г.	-	7899,8	8577,8	9980,7	12560,7	14465,8	14050,4	14374,2	81909,6

В сельскохозяйственных организациях в 2015 году по сравнению с 2014 годом, производство скота и птиц на убой (в живом весе) выросло на 4,3 % (в 2014 г. по сравнению с 2013 г. на 10,5 %), молока – на 0,1 %, яиц – уменьшилось на 0,1 % (снизилось на 1,6 %).

Надои молока на 1 корову в сельскохозяйственных организациях в 2014 году составили 4962 килограмма против 4644 килограмма в 2015 году, яйценоскость кур-несушек в сельско-

хозяйственных организациях – 310 штук яиц против 305 штук год назад.

В 2015 году возросла продажа основных продуктов сельского хозяйства всеми сельхозпроизводителями. В хозяйствах всех категорий, по расчетам, реализовано по всем каналам 54,0 млн. тонн зерна, 2,2 млн. тонн картофеля, 2 млн. тонн овощей, 8,9 млн. тонн скота и птицы (в живом весе), 13,4 млн. тонн молока, 28,6 млн. штук яиц.

Таблица 3

## Валовые сборы и урожайность основных, сельскохозяйственных культур

Культуры	Год			2015 в % к 2014 году
	В среднем за 2010-2014 гг.	2014	2015	
<b>Зерно</b>				
валовый сбор, млн. тонн.	83,1	92,4	103,8	112,4
урожайность, ц с 1 га. Урожайной площади.	20,7	22	24,1	109,5
<b>Сахарная свекла</b>				
валовый сбор, млн. тонн.	35,8	39,3	32,7	83,2
урожайность, ц с 1 га. Урожайной площади.	361	442	364	82,3
<b>Подсолнечник</b>				
валовый сбор, млн. тонн.	8	10,6	8,8	83
урожайность, ц с 1 га. Урожайной площади.	12,6	15,5	14	90,3
<b>Льноволокно</b>				
валовый сбор, млн. тонн.	43	39	38	97,3
урожайность, ц с 1 га. Урожайной площади.	8,6	8,5	9,2	108,2
<b>Картофель</b>				
валовый сбор, млн. тонн.	28,9	30,2	31,1	103
урожайность, ц с 1 га. Урожайной площади.	134	145	149	103,2
<b>Овощи</b>				
валовый сбор, млн. тонн.	13,9	14,7	15	102,3
урожайность, ц с 1 га. Урожайной площади.	202	214	218	102,1

Таблица 4

## Производство основных видов продукции животноводства за 2014-2015 г.г.

Показатели	Год		Отклонение 2015 г. в % к 2014 г.
	2014	2015	
Скот и птица на убой (в живом весе), млн. тонн.	12,18	12,7	104,3
Молоко, млн. тонн.	30,57	30,6	100,1
Яйца, млрд. штук	41,34	41,3	99,9

Таблица 5

## Объем реализации основных сельскохозяйственных продуктов за 2014-2015 года, млн. тонн

Показатели	Год		Отношение 2015 г. в % к 2014г.
	2014	2015	
Зерно	40,66	54	124,7
Семена подсолнечника	5,076	5,4	106
Сахарная свекла	29,42	27,6	93,4
Картофель	2,31	2,2	94,9
Овощи	1,84	2	108,1
Скот и птица (в живом весе)	8,25	8,9	107,3
Молоко	12,97	13,4	103,2
Яйца, млрд. шт.	28,63	28,6	99,9

**Выводы.** Сельское хозяйство России в данный момент находится на пороге возобновления объемов производства. Для того чтобы сельхозтоваропроизводители активно развивались, набирали мощность в производстве отечественной продукции, а также становились конкурентоспособными с зарубежной продукцией, необходимо государственное регулирование деятельности предприятий на основе государственных программ, дотаций.

На данный момент в России действует программа «Развития сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продук-

ции, сырья и продовольствия на 2013 – 2020 годы» в которой наибольшая доля бюджетных ассигнований направлена на развитие растениеводства, более 25 %, из которой наибольшая сумма планируется в 2020 году. Наименьшая доля бюджетных ассигнований приходится на развитие технической и технологической модернизации, а также инновационного развития, 1,5 %, чего явно будет недостаточно, так как от этого зависит обновление машинотранспортного парка, применение новых технологий, усовершенствований в производстве.



На данный момент в сельском хозяйстве России можно выделить несколько проблем, в отрасли растениеводства и животноводства, такие как:

1. В растениеводстве предстоит освоить интенсивные технологии, базирующиеся на новом поколении тракторов и сельскохозяйственных машин, увеличить объемы внесения минеральных удобрений, осуществить переход на посев семян перспективных высокоурожайных сортов и гибридов. В отношении отдельных культур необходимо существенно расширение посевных площадей.

2. В животноводстве решении задачи ускоренного производства мяса и молока позволит повысить уровень потребления населения этих продуктов при одновременном их импортозамещении. Это связано с оптимистическими тенденциями развития свиноводства и птицеводства.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бокушева Р., Валентинов В. Особенности инвестиционной активности сельскохозяйственных предприятий // АПК: экономика, управление. 2008. № 2. С. 51-54.
2. Орлова Е.Р. Инвестиции: курс лекций - 3-е изд. - М.: Омега-Л, 2006, 207 с.
3. <http://mcx.ru/navigation/docfeeder/show/342.htm>.
4. Постановление Правительства РФ от 14.07.2012 № 717 (ред. от 19.12.2014) «О Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы» // КосультантПлюс.
5. Водяникова В.Т. Экономика сельского хозяйства. М.: Изд. КолосС, 2008. 388 с.
6. Мазолев В.З. Гасиев П.Е. Формирование инвестиционной политики в АПК // Экономика сельского хозяйства и перерабатывающих предприятий. 2010. № 11. С. 54.

---

**Romanov R.V.**

### **INFLUENCE OF STATE REGULATION ON INDICATORS OF AGRICULTURAL PRODUCTION IN RUSSIA**

*Now the modern agriculture of Russia functions in very difficult, social and economic conditions that affects the economic and social sphere of the country. In these conditions state regulation becomes objectively necessary measure vital for preservation of society. In this article influence of state regulation on indicators of agricultural production in Russia is considered. After very long stagnation the agriculture of Russia became active to renew, since 2000. Thanks to complex, system support from the state investments, new technologies, effective managers came to branch. As the proof of that positive results served in production of main types of agricultural production, such as grains, potatoes, vegetables and meat. To it essential inflow of financing from the consolidated budget of the country was an incitement. Growth of total amount of gross output is result of such changes. Thanks to complex support of agricultural branch from the state at the expense of state programs development and improvement of branches is predicted.*

**Key words:** Regulation, analysis, agricultural production, state, state programs, grants.

---

**Романов Роман Владимирович**, аспирант.

Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского.

Адрес: Россия, 664038, Иркутская область, п. Молодежный 1.

E-mail: r-r-v91@mail.ru

Наумов А.Е., канд. техн. наук, доц.,  
Щенятская М.А., канд. экон. наук, доц.,  
Товстий В.П., доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОБЪЕКТА НЕДВИЖИМОСТИ КАК ФАКТОР ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОЕКТА

kafeun@mail.ru

Экономическая эффективность инвестиционных вложений в недвижимость определяется количественными показателями, позволяющими выявить приоритетный объект инвестиций и определить общую эффективность портфеля инвестора. Важной задачей инвестиционного анализа является введение в практический оборот показателей качественного состояния возводимого объекта недвижимости как функции множества переменных факторов объекта недвижимости, оцениваемых количественно. При этом экономическая эффективность инвестиционно-строительных проектов во многом определяется эффективностью управления совокупным рискованным окружением проекта. В условиях, когда качественное состояние объекта недвижимости, влияющее на показатели экономической эффективности инвестиционно-строительного проекта, допускает организационно-технологическое управление, в арсенале инвестора появляется эффективный инструмент воздействия на плановые стоимостные показатели реализуемого проекта, посредством целеполагания и управляемого регулирования достигаемого качества инвестируемого объекта. При этом траектория достижения требуемого качества объекта четко и прозрачно взаимоувязывается с показателями эффективности инвестиционно-строительного проекта (ИСП), что позволяет оптимизировать такую траекторию в условиях одномоментного возникновения альтернативных путей достижения требуемого качества. Представленные в работе алгоритмы и базовые принципы, на примере управления инфраструктурной полной территории строительства, позволяют рассматривать изменяющуюся совокупность качественных показателей объекта недвижимости как критерий экономической оптимизации хода реализации проекта, а достижение требуемого качества проекта экономически стимулируется с позиций повышения эффективности инвестиций.

**Ключевые слова:** инвестиции, инвестиции в объекты недвижимости, показатели экономической эффективности инвестиционного проекта, риски инвестиционно-строительного проекта, рисковые профили.

**Введение.** Важнейшим условием успешной реализации инвестиционно-строительного проекта является эффективное календарное планирование строительного производства. Объектом пристального внимания принимающего решения лица является организационно-технологический риск, атрибутированный как отдельным технологическим процессам и операциям, так и их укрупненным группам (строительным циклам), возникающий и меняющийся в процессе завершения объекта строительством.

Значимым направлением использования изложенной в работах [1, 2, 3] методики учета финансово-экономических рисков инвестиционно-строительного проекта [ $R_i$ ] с использованием рисковых профилей ИСП (рис. 1) на основе вектора показателей качественного состояния [5, 7] объекта недвижимости [ $k_i$ ] является анализ альтернативных календарных планов инвестиционно-строительного проекта конкретного инвестора/застройщика и поиск оптимального из них с позиций экономической эффективности проекта.

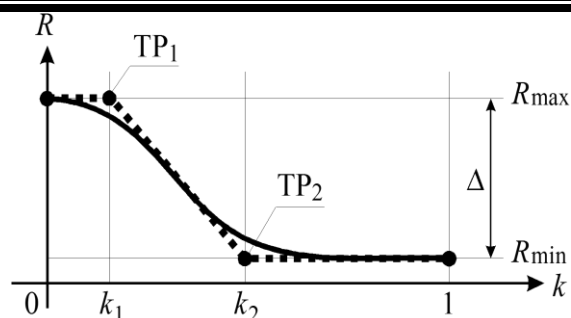


Рис. 1. График зависимости риска от отдельного показателя качественного состояния объекта недвижимости (пунктирная линия – рисковый профиль ИСП)

**Основная часть.** В условиях, когда принятая схема финансирования строительства и реализации законченных строительством объектов, организация и технология производства строительного-монтажных работ позволяют представить альтернативные календарные планы жизненного цикла ИСП, сходные в сроках несения затрат и получения доходов, но отличающиеся порядком возведения и реализации предусмотр-

ренных ИСП объектов недвижимости, рассматриваемая методика позволит выявить оптимальный календарный план, определяющий максимально экономически эффективный порядок реализации ИСП [4, 6, 8], характеризующийся наименьшими потерями доходной части ИСП вследствие минимизации риска неполучения дохода в течение жизненного цикла ИСП. При этом совокупность теоретически возможных вариантов планов денежных потоков ИСП принимаемых к анализу формализуется наложением следующих фильтров:

1. Совокупная технологическая мощность строительно-монтажных организаций, привлеченных к ИСП, не может существенно увеличиваться. Это выражается в тождественности графиков суммарного освоения средств в периодах жизненного цикла по сметам объектов ИСП для всех принимаемых к анализу планов денежных потоков с точностью до 15 %.

2. Период начала реализации объекта недвижимости основного и вспомогательного назначения не должно совпадать или предшествовать периоду начала его строительства и начала строительства объекта недвижимости противоположного назначения того же класса. Если, например, возведение первого инфраструктурного объекта эконом-класса намечено в 3-м периоде жизненного цикла, а первый объект основной недвижимости эконом-класса начина-

ет возводиться в 5-м, то начало реализации недвижимости в данном классе не может быть запланировано на период, раньше 6-го. При этом в новом варианте плана денежных потоков ИСП возможен перенос начала возведения первого инфраструктурного объекта эконом-класса на 4-й или 5-й периоды, а первого объекта основной недвижимости эконом-класса – на 1–4-й.

3. Возведение объектов недвижимости целесообразно производить технологически непрерывно в течение определенного числа периодов, поскольку только при такой схеме организации строительно-монтажных работ, предполагается максимальное сокращение производственных издержек на вспомогательные к основному строительству мероприятия — подготовительные транспортные, заготовительные, пуско-наладочные и т. д.

Прошедшие предварительную фильтрацию возможные варианты планов денежных потоков ИСП оцениваются сравнением традиционных показателей метода  $NPV$ , полученных на  $CF^+$ , скорректированных с учетом рисков  $R_{\text{нед-инф}}$  и  $R_{\text{инф-нед}}$  [10, 11, 12, 13].

Допустим, ИСП № 1 (текущий ИСП, см. табл. 1) имеет альтернативный календарный план реализации, в котором несколько изменен порядок возведения объектов основной и инфраструктурной недвижимости (табл. 2).

Таблица 1

Укрупненный план денежных потоков (ПДП) ИСП № 1, млн. руб.\*

	периоды															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
строительство 1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1											
строительство 2			6,2	6,2	6,2											
строительство 3				5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4							
строительство 4						6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0				
строительство 5								5,6	5,6	5,6	5,6	5,6				
инфраструктура 1				2,7	2,7											
инфраструктура 2					2,7	2,7	2,7									
инфраструктура 3						3,0	3,0	3,0	3,0							
инфраструктура 4								1,8	1,8							
инфраструктура 5									2,5	2,5	2,5					

\* где: *строительство 1* — затраты на строительство жилого объекта 1 и т.д.;

*инфраструктура 1* – затраты на возведение инфраструктурного объекта 1 и т.д.

Предлагаемый альтернативный календарный план ИСП устанавливает приоритет инфраструктурного насыщения застраиваемой территории, сохраняя практически то же распределение освоенных средств в течение жизненного цикла ИСП.

Модифицированные показатели [9, 14, 18, 19] текущего и альтернативного планов денежных потоков ИСП № 1 при учете рисков ЗАО «Застройщик 1» представлены в сводной таблице (табл. 3).

Таблица 2

## Укрупненный ПДП альтернативного календарного плана реализации ИСП № 1

	периоды															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
строительство 1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1											
строительство 2				6,2	6,2	6,2										
строительство 3					5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4						
строительство 4						6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0				
строительство 5								5,6	5,6	5,6	5,6	5,6				
инфраструктура 1		2,7	2,7													
инфраструктура 2			2,7	2,7	2,7											
инфраструктура 3					3,0	3,0	3,0	3,0								
инфраструктура 4							1,8	1,8								
инфраструктура 5									2,5	2,5	2,5					

Таблица 3

## Модифицированные показатели альтернативного варианта календарного плана ИСП № 1 в условиях ЗАО «Застройщик 1», млн. руб.

ИСП	$\sum CF^+$	$\sum CF^-$	$NPV$	$DPI, \%$
ИСП № 1 текущий	174,9	145,1	29,8	20,6%
ИСП № 1 альтернативный	175,5	144,8	<u>30,6</u>	<u>21,2%</u>

**Выводы.** В рассматриваемом случае сравнение модифицированных показателей альтернативных календарных планов реализации ИСП № 1 демонстрирует инвестиционную привлекательность второго из них, что и позволит обеспечить большую экономическую эффективность реализуемого ИСП в условиях конкретного инвестора/застройщика.

Одним из путей регулирования качественного состояния объектов недвижимости, возводимых в рамках реализации ИСП является анализ сравнительной целесообразности имеющихся альтернативных календарных планов реализации проекта [15, 16, 17, 20]. В процессе данного анализа важную роль играют индивидуальные рискованные профили инвестора/застройщика и удельный вес затрат на возведение и предполагаемой цены реализации каждого объекта ИСП в общем объеме расходов и доходов проекта.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Авилова И.П., Рыкова М.А., Хай Д.З. Модификация показателей экономической эффективности инвестиционно-строительного проекта с использованием профилей риска неполучения доходов проекта // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2014. № 4. С. 133–137.
2. Рагимов Ф.И., Рыкова М.А., Товстий В.П. Методика построения профиля индивидуальных рисков инвестиционно-строительного проекта // Недвижимость: экономика, управление. 2014. № 3–4. С. 25–29.
3. Щенятская М. А., Наумов А. Е. Совершенствование методологии сравнительной

оценки эффективности альтернативных инвестиционных проектов в жилищном строительстве // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2015. № 6. С. 264–268.

4. Соколова Н. Ю., Наумов А. Е., Щенятская М. А. Качественное влияние инфраструктурного насыщения территории на риски реализации жилых объектов // В сборнике: Наука и образование в жизни современного общества. Сб. научн. трудов по мат-лам Междун. научно-практ. конф. 30 апреля 2015 г.: в 14 томах. Тамбов, 2015. С. 138–141.

5. Щенятская М.А., Авилова И.П., Наумов А.Е. Оценка финансово-экономических рисков инвестиционно-строительного проекта при дефиците исходных данных // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова, 2016. № 1. С. 185–189.

6. Мамзина Т.Ю., Наумов А.Е., Авилова И.П. Анализ и выбор наиболее привлекательно инвестиционно-строительного проекта с помощью расчета показателей экономической эффективности // Сборник научных трудов Sworld. 2014. Т. 23. № 2. С. 65–68.

7. Авилова И. П., Щенятская М. А. Управление эффективностью инвестиционно-строительных проектов через качественное состояние недвижимости // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова, 2015. № 4. С. 141–145.

8. Ралко О.Г., Наумов А.Е., Голдобин А.Н. К вопросу о выборе эффективности метода управления объектом недвижимости // В сборнике: Наука и образование в жизни современного общества. Сб. научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 18 частях. 2013. С. 136–138.

9. Авилова И.П., Жариков И.С., Товстий В.П. О содержательной основе ставки дисконтирования метода NPV // Экономика и предпринимательство. 2013. № 12-1 (41). С. 641–643.

10. Рыкова М. А. Эндогенный подход к квалитметрии рисков инвестиций в недвижимость // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2009. № 1. С. 335–338.

11. Коровина Т. А., Наумов А. Е. Основные принципы и методология управления рисками инвестиционно-строительных проектов // В сборнике: Образование и наука современное состояние и перспективы развития: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. Тамбов, 2015. С. 116–119.

12. Щенятская М. А., Авилова И. П., Наумов А. Е. К вопросу об учете рисков при анализе эффективности инвестиционно-строительных проектов // В сборнике: Образование и наука современное состояние и перспективы развития: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. Тамбов, 2015. С. 180–183.

13. Авилова И.П., Рыкова М.А., Шарапова А.В. К вопросу о повышении достоверности экономической оценки эффективности инвестиционно-строительного проекта // В сб.: Перспективы развития науки и образования сборник научных трудов по материалам Междун. научно-практич. конф. Тамбов, 2014. С. 8–10.

14. Рыкова М.А., Авилова И.П., Байдина О.В. Практические аспекты количественного учёта рисков при определении экономической эффективности инвестиционно-строительных проектов // Экономика и предпринимательство, 2014. №12 (ч. 4). С. 594–596.

15. Борисова Е.В., Наумов А.Е., Авилова И.П. К вопросу оценки коммерческого потенциала городских промышленных территорий // Сборник научных трудов Sworld. 2014. Т. 24. № 2. С. 66–69.

16. Тупикина О. Н., Наумов А. Е. Типовой жилой комплекс как потребитель энергии и коммунальных услуг с точки зрения инфраструктуры // Наука и образование в жизни современного общества: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 30 апреля 2015 г.: в 14 томах. Том 5. Тамбов, 2015. С. 139–141.

17. Михайлюкова Я.Ю., Наумов А.Е. Инфраструктурная полнота как фактор повышения эффективности инвестиций в мультимедийные поселки // Сборник научных трудов Sworld. 2014. Т. 24. № 2. С. 80–84.

18. Рыкова М.А., Авилова И.П., Байдина О.В. К вопросу о совершенствовании понятийно-методологического аппарата инвестиционной деятельности в недвижимости // Экономика и предпринимательство, 2014. №12 (ч. 4). С. 588–590.

19. Дорошенко Ю.А., Авилова И.П. К вопросу о назначении ставки дисконтирования при оценке эффективности инвестиционных проектов // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: История. Политология. Экономика. Информатика, 2007. Т. 4. № 8. С. 169–172.

20. Маликова Е.В., Абакумов Р.Г. Организационно-технологические риски в строительстве // В сб.: Молодежь и XXI век - 2015 материалы V Междун. молодежной научной конференции: в 3-х томах. Отв. редактор Горохов А.А. 2015. С. 295–298.

---

**Naumov A. E., Shchenyatskaya M. A., Tovstiy V. P.**

#### **QUALITY INDICATORS OF THE REAL ESTATE AS A FACTOR OF TECHNOLOGICAL AND ORGANIZATIONAL OPTIMIZATION OF THE CONSTRUCTION PROCESS**

*The economic efficiency of investments in real estate is defined by quantitative indicators to identify priority investment object and determine the overall effectiveness of the investor's portfolio. A significant problem of the investment analysis is an enrichment of the practice of using the quality indicators of the construction process. At the same time the economic efficiency of the construction projects investment is largely determined by the efficient risk management. Variable management of the property quality, affecting the indicators of economic efficiency of the project, allows different organizational and technological methods of construction, considering the planned cost parameters, as a set of possible trajectories of project implementation. The alternative trajectories are clearly and transparently interrelated to performance indicators of the construction project investment (CPI) that allows investor to seek and pick the optimal one with a simultaneous achieving the required quality. Presented in this paper algorithms dealt with the management of infrastructure completeness at the construction site and allow investor and contractors to consider changing set of quality indicators of the property as a criterion for achievement of the required quality of the project from the standpoint of cost-driven increase of efficiency of investment.*

**Key words:** investments, investments in real estate, indicators of economic efficiency of the investment project, risks of the construction project investment, risk profiles.

---

**Наумов Андрей Евгеньевич**, кандидат технических наук, заведующий кафедрой экспертизы и управления недвижимостью.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: andrena@mail.ru

**Щенятская Марина Александровна**, кандидат экономических наук, доцент кафедры экспертизы и управления недвижимостью.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: marine-r@mail.ru

**Товстий Владимир Петрович**, доцент кафедры экспертизы и управления недвижимостью.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: tova2000@mail.ru

Старикова М.С., канд. экон. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

**ОЦЕНКА ОЖИДАЕМОЙ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ПАРТНЕРСКИХ  
ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКИХ СТРУКТУР\***

s\_ms@bk.ru

*В настоящее время актуальными для менеджмента предпринимательских организаций становятся формирование рынков будущего, представление бизнеса как портфеля компетенций, развитие партнерского капитала, создание и укрепление со-преимуществ делового сотрудничества. Необходимость исследования форм интеграции, основанной на партнерских взаимодействиях, связана с возрастающей ролью сетевых форм организации, логика образования которых заключается в том, что их участники действуют рационально и консервативно, предпочитая продолжать отношения с проверенными и надежными партнерами, а не выстраивать новую сеть бизнес-контактов. Стоит подчеркнуть отсутствие методологических основ и методик управления внешнеорганизационными связями в сложной и непредсказуемой обстановке. Можно констатировать, что требуются новые подходы к оценке и планированию деловых взаимодействий. Измерение ожидаемой результативности взаимодействий ориентирует бизнес-структуру в системе деловых контактов и позволяет учесть факторы совместимости, удовлетворенности и заинтересованности. Оптимизация стратегий привлечения и удержания партнеров основана на дифференцированном подходе к разным группам контрагентов. В связи с этим целесообразно применение портфельного подхода к анализу ожидаемой результативности партнерских отношений.*

**Ключевые слова:** партнерство, взаимодействие, предпринимательская структура, ожидаемая результативность.

**Введение.** Основными его мотивами партнерских взаимодействий являются не только инвестиционные, связанные с поиском новых сфер приложения капитала, но и технико-технологические (более полное использование производственного потенциала и ресурсов), финансовые (обеспечение стабильности), социальные (сохранение и создание новых рабочих мест), стратегические (приспособление к конъюнктуре рынка) аргументы. В результате углубления системы деловых отношений фирм с субъектами внешней среды устанавливаются более оптимальные рыночные цены, объемы выпуска и продаж, лимитируется размер затрат, требуемых для создания барьеров для конкурентов при их выходе на рынок. Признаком конструктивных взаимоотношений, по нашему мнению, является приоритет партнерства и сотрудничества. «Партнерские качества» любого делового взаимодействия характеризуют его как построенное на достижении компромисса, обоюдной удовлетворенности и целей. В существующих определениях партнерства акцент делается именно на этих доминантах. Феномен партнерства характеризуется как цивилизованная форма общественных отношений, обеспечивающая согласование и защиту интересов сторон путем заключения договоров, соглашений и стремления к достижению консенсуса, компромисса по важнейшим направлениям [1]. А.Л. Журавлев [3] указывает на отношенческий компонент в бизнес-партнерстве. Действительно,

партнерство рассматривается как ключ к отношениям нового типа – неконфронтационным, демократического типа, основанным на равенстве, доверии и сотрудничестве. Деятельностный аспект подчеркнут в дефиниции Э.М. Короткова, у которого партнерство – это совместная деятельность, осуществляемая на основе участия нескольких субъектов в разработке и принятии решений или на основе объединения их ресурсов [4, с.546]. Как отмечалось в одной из опубликованных нами работ [6], партнерство можно трактовать как совокупность материальных, технологических, финансовых, коммуникационных и других отношений, возникающих между участниками рынка, формируемых посредством бизнес-коммуникаций компании и ориентированных на эффективное перераспределение ресурсов. Исходя из данной дефиниции и на основе анализа ряда источников [2, 5, 7, 8–16], можно выделить следующие характерные особенности партнерства как решающей ценности конструктивных деловых отношений: добровольный характер вступления субъекта в партнерские отношения; наличие у партнеров своих оформленных целей и ориентированность на их согласование с целями других субъектов взаимодействий, поскольку выполнение задач возможно только в результате совместной работы; значимость целей каждого из партнеров; ориентация на сотрудничество с широким кругом субъектов, создающих контекст и среду партнерских отношений; устойчивая способ-

ность к поиску компромиссов, к их достижению и осуществлению; оформленное желание и умение осуществлять диалог, соблюдать правила игры как формальные и неформальные нормы в отношениях; готовность и способность нести обязанности и ответственность во всем спектре партнерских отношений; существование личных отношений между партнерами (взаимная симпатия, интерес и т.д.). Следует отметить, что система партнерских связей выступает катализатором рыночной активности предприятия и первоочередным двигателем реализации инновационных процессов, создающим устойчивые конкурентные преимущества и развивающим критические компетенции. Поэтому не оспаривается важность построения эффективной системы управления партнерскими отношениями.

**Методология.** Элементом системы управления партнерскими взаимодействиями в предпринимательских структурах является их оценка и планирование дифференцированных стратегий поведения в отношении разных групп контрагентов. Методология портфельного управления активно используется в финансовом менеджменте, где позволяет одновременно учитывать риск и доходность применяемых инструментов. Идея группировки объектов управления по двум и более переменным способствовала распространению данной методологии в самые разные области экономической и управленческой

науки. Подход к управлению системой взаимодействий предпринимательских структур, предлагаемый в данной работе, основан на понимании портфеля деловых взаимодействий как сбалансированного набора групп сложившихся у компании отношений с субъектами рынка. Сбалансированность системы взаимодействий влияет на эффективность деятельности предпринимательской структуры за счет формирования набора стратегически важных партнерств, а также на динамику денежного потока, на репутацию компании и долгосрочную лояльность к ее бренду, на рыночную устойчивость и многие другие составляющие функционирования. Портфель деловых взаимодействий организации может быть сбалансирован по различным параметрам: по степени риска, по срокам жизненного цикла сотрудничества, по технологическим, рыночным аспектам и пр. Однако наиболее существенными аспектами уравнивания портфеля мы считаем ожидаемую результативность развития системы отношений с партнерами и зависимость от субъекта сотрудничества. Первый аспект содержит в себе идею максимизации ценности, второй – стратегической обусловленности.

**Основная часть.** В данной работе предлагается система оценки ожидаемой результативности партнерских взаимодействий, основанная на перечне показателей, приведенных в табл.1.

Таблица 1

**Оценочная карта с системой показателей и шкалой оценки ожидаемой результативности взаимодействия**

Показатель	Оценка в соответствии с лингвистическими переменными				
	1 балл	2 балла	3 балла	4 балла	5 баллов
<b>Показатели взаимного соответствия сторон партнерских взаимодействий</b>					
Готовность к сотрудничеству	Несовместимые модели поведения и корпоративная культура	Большое количество трудно-разрешимых проблем во взаимоотношениях	Отмечающаяся возможность разрешения проблем в среднесрочном периоде	Имеющаяся возможность быстрого взаимного приспособления к требованиям контрагентов	Компаниональные схемы взаимоотношений
Соответствие систем управления	Техническая и психологическая сложность согласования систем управления	Слабая возможность согласования интересов и установленных программных продуктов	Существующая возможность создания единой системы управления при дополнительном инвестировании	Имеющийся потенциал создания единого координационного центра при незначительных затратах	Легкость интеграции интересов и технических систем управления
Технологическое соответствие	Значительное отставание в технологической базе и неготовность к ее совершенствованию	Готовность к постепенной ликвидации технологического отставания в случае сотрудничества	Готовность к быстрой ликвидации технологического отставания в случае сотрудничества	Технологическое отставание не является критичным	Полное технологическое соответствие и постоянное совершенствование операционной базы



Согласованность кадрового потенциала	Значительное отставание в квалификации кадров и неготовность к ее повышению	Готовность к постепенному росту квалификации кадров	Готовность к быстрому росту квалификации кадров за счет инвестирования в обучение и повышение привлекательности условий труда	Разница в квалификации кадров незначительна	Полное соответствие квалификации кадров и систематическое обучение и переобучение персонала
Соответствие финансового состояния	Финансовое состояние одной компании крайне отрицательно влияет на экономическое положение другой	Финансовое состояние одной компании влияет на экономическое положение другой скорее отрицательно	Финансовое состояние одной компании не оказывает влияния на экономическое положение другой	Финансовое состояние одной компании влияет на экономическое положение другой скорее положительно	Финансовое состояние одной компании способствует повышению финансовой устойчивости другой
Репутационное соответствие	Имидж одной из сторон сотрудничества крайне отрицательно влияет на репутацию другой	Имидж одной из сторон сотрудничества оказывает скорее отрицательное влияние на репутацию другой	Имеет место нейтральное взаимное репутационное влияние	Имидж одной из сторон сотрудничества оказывает скорее положительное влияние на репутацию другой	Имидж одной организации положительно подкрепляет репутацию другой
Показатели взаимной заинтересованности сторон партнерских взаимодействий					
Потенциал роста эффективности сотрудничества	Углубление взаимодействия не влияет на эффективность компаний	Развитие сотрудничества имеет потенциал роста эффективности в долгосрочном периоде	Взаимодействие ведет к улучшению качества выполнения отдельных функций	Имеется потенциал возникновения синергетических связей	Значительный рост эффективности взаимодействия за счет устойчивой синергии
Потенциал укрепления позиции в цепи поставки	Партнеры не входят в основную цепь создания стоимости	Сотрудничество улучшает функционирование компаний	Отмечается возможность создания вертикальных интеграционных связей	Сотрудничество способствует улучшению отношений с другими контрагентами	Партнеры являются ключевыми элементами создания стоимости в цепи
Объем и регулярность сотрудничества	Невысокий без тенденции к росту	Незначительный с перспективой развития	Достаточно большой, способствующий удешевлению процесса создания стоимости	Значительный масштаб деятельности без перспектив роста	Значительный с тенденцией к росту
Глубина и уровень сотрудничества	Невысокий без тенденции к изменению	Сотрудничество на уровне одного процесса	Сотрудничество по нескольким направлениям	Сотрудничество по многим направлениям с тесными связями	Новый качественный уровень взаимодействия
Стратегическая направленность	Стратегические векторы не совпадают	Отмечается стратегическое отставание одного партнера от другого	Партнеры эффективно решают оперативные задачи друг друга	Партнеры способствуют ликвидации имеющихся стратегических разрывов в сбалансированном развитии	Имеет место совместное решение важных стратегических задач
Уровень синергии	Взаимодействие не приводит к росту ценности	Появление синергии возможно в долгосрочном периоде, но связано с дополнительными расходами	Появление синергии возможно в краткосрочном периоде, но связано с дополнительными расходами	Происходит рост конкурентоспособности организаций, не сопровождаемый ростом рентабельности	Возникновение дополнительной прибыли

Наличие компенсаторных возможностей	Взаимодействие не меняет уровень отрицательного влияния среды	Взаимодействие позволяет восстановить масштаб деятельности после неблагоприятного влияния среды в долгосрочный период	Взаимодействие позволяет восстановить масштаб деятельности после неблагоприятного влияния среды в краткосрочный период	Взаимодействие уменьшает уровень отрицательного влияния среды	Взаимодействие нейтрализует уровень отрицательного влияния среды
-------------------------------------	---	---	--	---	--

Интегрирование представленных показателей осуществляется путем усреднения их экспертных оценок. Целесообразно, на наш взгляд, дополнить данную оценочную карту параметрами удовлетворенности сотрудничества, которые будут различаться в условиях вертикальной и горизонтальной интеграции.

**Выводы.** Предлагаемая система оценки ожидаемой результативности развития партнерских связей позволяет провести диагностику как двусторонних отношений, так и портфеля горизонтальных и вертикальных взаимодействий на основе интегрирования оценок. Обобщение получаемых показателей по всем портфелям характеризует ожидаемую результативность развития взаимодействий на уровне организации. Поскольку предложенная система оценки имеет балльную шкалу, то для обеспечения сопоставимости с другими показателями оценки рекомендуется рассчитывать относительный показатель отклонения от максимального значения в виде индекса.

*\*Статья подготовлена в рамках госбюджетной НИР №1623 базовой части государственного задания Минобрнауки России.*

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Социальное партнерство: Опыт, технологии, оценка эффективности / под общ. ред. А.А. Нецадина и Г.Л. Тульчинского. СПб. : Алетей, 2010. 400 с.
2. Дорошенко Ю.А., Никулина Т.Ю. Особенности создания регионального венчурного фонда посевных инвестиций на условиях государственно-частного партнерства // Белгородский экономический вестник. 2012. № 3 (67). С. 3–7.
3. Журавлев А.Л. Психология совместной деятельности. М.: Институт психологии РАН, 2005. 640 с.
4. Коротков Э.М. Концепция российского менеджмента. М. : Дека, 2004. 896 с.
5. Микалут С.М. Принципы управления научно-производственным взаимодействием // Экономика и социум. 2015. № 3-2 (16). С. 318–321.
6. Микалут С.М., Старикова М.С., Резниченко А.А. Анализ структуры внешней деловой среды инновационных предприятий // Социально-гуманитарное знание. 2012. № 8. С. 228–235.
7. Охлопков В.Е. Инновационные аспекты взаимодействия при промышленном освоении территорий традиционного хозяйствования коренных малочисленных народов севера // Успехи современной науки и образования. 2015. № 2. С. –56–164.
8. Селиверстов Ю.И. Взаимодействие бизнеса и университетов в целях коммерциализации результатов интеллектуальной деятельности // Белгородский экономический вестник. 2012. № 4 (68). С. 11–16.
9. Селиверстов Ю.И. Сотрудничество университетов и бизнеса – важнейшее условие инновационного развития экономики // Белгородский экономический вестник. 2014. № 4 (76). С. 21–27.
10. Щетинина Е.Д. Концепция инновационного партнерства как способ повышения конкурентоспособности экономических систем // Белгородский экономический вестник. 2012. № 2 (66). С. 44–47.
11. Щетинина Е.Д. Теоретико-методические аспекты управления региональным развитием на основе концепций делового партнерства и маркетинга отношений // Научный результат. Серия: Экономические исследования. 2014. Т. 1. № 1. С. 46–56.
12. Щетинина Е.Д., Гостяева Ю.Ю. Этапы принятия управленческих решений и их специфика в деловом партнерстве // Социально-гуманитарные знания. 2014. № 8. С. 335–342.
13. Щетинина Е.Д., Лесовая С.Л. Теоретико-методические аспекты управления международным инновационным партнерством // Социально-гуманитарные знания. 2013. № 12. С. 351–356.
14. Щетинина Е.Д., Мурмыло Ю.Д. Активизация инновационно-интеграционных процессов на основе ко-брендинга // Белгородский экономический вестник. 2014. № 3 (75). С. 9–14.
15. Щетинина Е.Д., Шатохина Е.А. Развитие форм инновационного делового партнерства: концептуальные проблемы // Белгородский экономический вестник. 2012. № 3 (67). С. 14–16.

16. Щетинина Е.Д., Дубино Н.В. Развитие теории и практики деловых коммуникаций в современных условиях // Белгородский экономический вестник. 2013. № 4 (72). С. 35–38.

---

**Starikova M.S.**

**EVALUATION OF EXPECTED PERFORMANCE OF PARTNERSHIP IN BUSINESS STRUCTURES**

*Currently creating the future markets, presenting business as a portfolio of competencies, the development of partnership capital, establishment and strengthening of business cooperation co-benefits become relevant to the management of business organizations. The necessity of studying the forms of integration based on partnership linked to the increasing role of network forms of organization, which forming logic connected with the rational and conservative behavior of their participants, preferring to continue the relationship with a proven and reliable partners, not to build new business contact network. It is worth emphasizing the lack of methodological bases and external relationship management techniques in a complex and unpredictable environment. It can be stated that the need for new approaches to the assessment and planning of business interactions exists. Measurement of the expected impact of inter-action orients the business structure in the system of business contacts and allows you to take into account the compatibility factors of satisfaction and motivation. Optimization strategies to attract and retain partners is based on a differentiated approach to different groups of counterparties. In this connection, it is advisable to use a portfolio approach to the analysis of the expected impact of the partnership.*

**Key words:** *partnership, interaction, business structure, the expected performance.*

---

**Старикова Мария Сергеевна**, кандидат экономических наук, доцент кафедры маркетинга.  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.  
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.  
E-mail: s\_ms@bk.ru

Авилова И.П., канд. экон. наук, проф.,  
Наумов А.Е., канд. техн. наук, доц.,  
Крутилова М.О., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ ЭКООРИЕНТИРОВАННОГО АУДИТА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

kafeun@mail.ru

В статье рассматриваются экономические и правовые аспекты экоориентированного аудита в строительстве, обобщены наиболее важные проблемы правового регулирования данного направления. Экологическая безопасность окружающей среды регулируется природоохранным законодательством и набором технических требований, предъявляемых на всех этапах осуществления строительства. Принципы экологического (зеленого) строительства, определяющие перспективы развития строительной индустрии, позволяют декларировать сохранение и стабилизацию экологической ситуации, однако на практике требуют глубокой модернизации существующей системы экологического аудита строительной продукции и строительного производства. Существующие методики экологического аудита в строительстве, законодательно и методологически содержательные при анализе экологического воздействия объекта строительства на стадиях эксплуатации и утилизации, не нормируют и не регулируют экологический урон, ранее накопленный при производстве строительных материалов и изделий, а также наносимый в процессе производства строительно-монтажных работ. В то же время предложение теоретических основ и выработка практических механизмов оптимизации проектных решений в строительстве на основании экологических критериев позволило бы материально стимулировать планирование и проведение природоохранных мероприятий на всех стадиях жизненного цикла недвижимости, важнейшей из которых в экологическом аспекте является стадия строительства. В работе представлены институциональные основы экоориентированного аудита проектно-сметной документации в строительстве, позволяющего осуществлять его на базе существующего аналитического и прикладного инструментария производственно-технических отделов строительных организаций.

**Ключевые слова:** экологическое строительство, экологический вред, экологическая стоимость, экологический аудит, экодевелопмент.

**Введение.** Вследствие актуальности внедрения принципов всемирной концепции «устойчивого развития» возникла необходимость снижения показателя природоемкости строительного производства, совершенствования системы экологического мониторинга на протяжении всех этапов производственно-строительного процесса на основе развития нормативно-правовых аспектов и модернизации существующих методов экономической оценки экологического ущерба от строительного производства.

Рассматривая воздействие строительного производства на окружающую среду (ОС), следует различать, с одной стороны, строительство как важнейшую отрасль народного хозяйства, а с другой – строительство как продукцию этой отрасли [1]. Следует отметить, что все этапы строительного производства наносят ущерб окружающей среде. Существующие концепции оценки экологического вреда оперируют потенциальным негативным воздействием на ОС, создаваемым в процессе будущей эксплуатации здания, в то время как оценка вреда, нанесенного при производстве строительных материалов (СМ), носит декларативный характер. Вместе с этим процессы, составляющие производствен-

ный цикл СМ – добыча сырья, производство, транспортировка, очевидно, наносят существенный экологический ущерб ОС. В той же степени это касается строительных технологий (СТ), особенно механизированных [2, 3].

**Основная часть.** Экологические проблемы носят всеобщий глобальный характер. Российская Федерация относится к странам мира с наихудшей экологической ситуацией. Загрязнение окружающей среды за последние годы увеличилось по целому ряду показателей, несмотря на проводимые мероприятия и программы по экологическому мониторингу и защите окружающей среды. На основании Государственного доклада «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2014 году» можно сделать вывод, что проводится ряд мероприятий, направленных на совершенствование мер государственного управления по предотвращению, ограничению и минимизации негативного воздействия на окружающую среду:

- обеспечить реализацию планов работ по подготовке нормативных правовых актов, обеспечивающих реализацию положений Конвенции об оценке воздействия на окружающую среду в трансграничном контексте (Эспо) и Протокола

по стратегической экологической оценке к Конвенции Эспо (Протокол по СЭО) на национальном уровне;

- обеспечить поэтапное создание и развитие системы актуальных структурированных числовых и картографических данных о состоянии и об охране окружающей среды;

- подготовить план конкретных действий на среднесрочную перспективу по «экологизации» автотранспорта;

- ввести понятия «опасные отходы» (I–IV класс опасности) и «неопасные» (V класс опасности);

- скорректировать схему реализации полномочий и ответственности органов муниципальной власти, касающихся качества атмосферного воздуха в муниципальном образовании и органов власти субъектов Российской Федерации;

- развивать использование механизма стимулирования создания, реконструкции и модернизации оборудования и производств, предназначенных для снижения негативного воздействия на окружающую среду, путем субсидирования процентных ставок по кредитам, привлекаемым организациями для осуществления инвестиций в эти проекты;

- продолжить реализацию мер совершенствования государственного управления в области охраны окружающей среды [4].

Данные мероприятия напрямую относятся к строительной отрасли, и направлены на обеспечение экологической безопасности окружающей среды при строительном производстве.

Ситуация в Белгородской области в целом имеет положительную динамику (табл. 1).

Таблица 1

### Изменение основных экологических показателей Белгородской области

Показатель	2013	2014	Результат
Интенсивность выбросов на единицу ВВП (ВРП), т/млн.руб.	0,481	0,508	-
Доля городского населения, проживающего в городах с высоким и очень высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха, %	22	0	+
Доля загрязнения сточных вод в общем объеме сбросов, %	51,4	56,7	-
Доля проб воды, соответствующих стандартам качества, %	91,2	92,5	+
Интенсивность образования отходов на единицу ВВП (ВРП), т/млн.руб.	236,276	264,034	-
Интенсивность образования твердых коммунальных отходов, куб.м/чел.	3,3	3,2	+
Доля использованных и обезвреженных отходов, %	25,1	26,6	+

Основываясь на данных доклада, следует отметить, что эколого-защитная деятельность носит локальный характер, и реализуется в основном на уровне нормативно-правовых актов федеральных и муниципальных образований, т.е. не содержат универсального характера, ориентированного на сохранение общего экобаланса в масштабах страны [5].

В системе российского нормирования в строительстве экологический фактор «загрязнения окружающей среды», связанный с производством и использованием строительных материалов, изделий (СМ), учитывается в основном лишь декларативно [6]. Согласно ст. 96 Федерального закона от 10.01.2002 N 7-ФЗ (ред. от 29.12.2015) "Об охране окружающей среды" экологический вред причиняется загрязнением, порчей, уничтожением, повреждением, нерациональным использованием природных ресурсов, разрушением естественных экологических систем и другими экологическими правонарушениями. При этом общепринятыми в российской практике методических основ определения тако-

го вреда как части негативного воздействия на ОС объекта строительства на всем протяжении жизненного цикла нет.

Различают следующие основные виды экологического вреда наносимые ОС при производстве СМ:

- выбросы в атмосферу загрязняющих веществ от стационарных и передвижных источников;

- сброс загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, а также на рельеф;

- размещение отходов производства и потребления [7].

Экологический урон, наносимый производством СМ, может быть оценен с позиций овеществления наносимого ОС вреда через конкретный СМ и экономического переноса оценочной стоимости такого вреда на стоимость строительной продукции в натуральных или денежных показателях. Так, экологический вред от производства СМ может предлагаться определять, как отношение суммы выбросов загрязни-

телей в окружающую среду к общему объему выпускаемого СМ. Анализ проводится в рамках обязательной экологической сертификации производимой продукции в рамках отдельных предприятий строительной индустрии. Сводка по выбросам загрязнителей при производстве СМ получается при экологической паспортизации производства [8].

Исследования данной проблемы проводятся в нашей стране и за рубежом, подчеркивая ее международное значение. Например, Датским проектом по управлению окружающей средой (The Danish Environmental Protection Agency) в строительном проектировании, были собраны данные о влиянии на ОС основных стеновых СМ. Результаты анализа интенсивности выбросов представлены в таблице 2.

Таблица 2

**Экологическая оценка по показателям выбросов, используемых при производстве наружных стеновых материалов**

Конструкция	Строительный материал	Экофактор – выбросы по показателям, г/м <sup>2</sup>	
		СО <sub>2</sub> -экв.	SO <sub>2</sub> -экв.
Наружные стены	Кирпич	1471	6.29
	Фиброцемент		
	Песчаник известковый	841	2.89
	Ячеистый бетон	940	3.18
	Деревянные стойки Обшивка деревом	574	3.10
	Деревянные стойки Фиброцемент	719	3.46

Для полного и всестороннего анализа экологических выбросов необходимо обеспечить достоверную информацию о наносимом вреде на всех стадиях строительства. Одним из методов реализации данного аспекта, по мнению авторов, является разработка и нормативное внедрение на федеральном уровне технического регламента, порядка, процедуры, аналитического содержания обязательной экологической паспортизации возводимых и реконструируемых объектов недвижимости [9].

Экологический ущерб, наносимый строительством, имеет всеобщий негативный эффект, отрицательно влияя на качество жизни, так и косвенно на качество строительства. Используемые СМ и СТ, являясь варьирующими себестоимость строительства факторами, должны стать предметом тщательного оптимизационного анализа на стадии подготовки любого строительства. В этой связи экологический критерий должен стать основной модернизированной подхода к экоориентированному аудиту проектно-сметной (используемые СМ) и организационно-технологической (используемые СТ) документации в строительстве [10, 11].

Строительство как производственная отрасль базируется экологический аудит на существующих методиках экологического вреда в промышленности, однако разнообразие видов и технологий производства СМ не позволяют, на текущий момент, свести этот анализ к универсальной системе показателей наносимого экологического вреда, что делает невозможным обобщенный анализ ущерба, наносимого строительным производством, как потребителем раз-

нообразных СМ и СТ в целом [12], не позволяет привести экологический ущерб к единому универсальному эквиваленту — «условной единице экологического ущерба», позволяющей содержательно определить и ввести в практику строительного ценообразования понятие «экологической стоимости» строительства, как дальнейшего критерия экономической оптимизации и управления строительным проектом.

Предлагаемый подход к объединению экологической и экономической стоимостей строительной продукции, выработки методики их эквивалентности, позволит сформулировать базовые принципы института экоориентированного аудита проектно-сметной и организационно-технологической документации в строительстве, материально стимулировать планирование и проведение природоохранных мероприятий на всех стадиях жизненного цикла недвижимости, важнейшей из которых в экологическом аспекте является стадия строительства.

**Выводы.** Конечной целью совершенствования системы экологического аудита строительной продукции на всех стадиях жизненного цикла является предлагаемая авторами система «экологически ориентированного градостроительства», включающая следующие обобщенные организационно-экономические и нормативно-регулирующие мероприятия, характеризующиеся комплексностью и многоуровневостью:

– на микроуровне проводится эколого-экономический анализ применяемых проектных решений в строительстве, выбор наименее эко-

логически опасных вариантов практической реализации конкретных строительных проектов;

– на мезоуровне осуществляется экологический мониторинг, анализ и эффективное управление градостроительной политикой, реализуемой муниципальными и федеральными образованиями, направленной на минимизацию экологического вреда, наносимого ОС региональным строительным комплексом;

– на макроуровне проводится сбор, анализ, систематизация статистических показателей экологического ущерба наносимого ОС строительной отрасли в целом, а также корректировка на этой основе федеральных инвестиционных программ в строительстве, введение в практический оборот института экологического аудита проектно-сметной и организационно-технологической документации.

Реализация строительного производства с позиций «экологически ориентированного градостроительства», совершенствование с этих позиций системы сметного нормирования и ценообразования, позволит действенно и эффективно выявлять экономически оптимальную структуру строительного комплекса любого масштаба и значимости с позиции минимизации глобального экологического ущерба, материально сблизить интересы участников инвестиционно-строительных проектов и органов государственной власти в оценке и реализации практических мер по ресурсосбережению и охране ОС в строительном комплексе страны.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Щенятская М.А., Авилова И.П., Наумов А.Е. К вопросу об учете рисков при анализе эффективности инвестиционно-строительных проектов // В сборнике: Образование и наука современное состояние и перспективы развития: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. Тамбов, 2015. С. 180–183.
2. Крутилова М.О., Авилова И.П. Методические основы экоориентированного ценообразования в строительстве [Электронный ресурс] // VII Международный молодежный форум «Образование, наука, производство». Белгород, 2015.
3. Авилова И.П., Щенятская М.А. Управление эффективностью инвестиционно-строительных проектов через качественное состояние недвижимости // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 4. С. 141–145.
4. Абакумов Р.Г., Гасанова А.Ш.К. Инвестиционная политика Белгородской области // В сборнике: Молодежь и XXI век - 2015 материалы V Международной молодежной научной конференции в 3-х томах. Ответственный редактор: Горохов А.А. Курск, 2015. С. 12–15.
5. Крутилова М.О., Савченко А.В. Методические подходы к оценке экологической стоимости строительных материалов // Научные труды SWorld. 2015. Т. 9. № 3. С. 58–63.
6. Жариков И.С., Крутилова М.О., Ищук Я.Л., Пикалова А.А. Шарапова А.В. Научно-технический подход к оптимизации капитальных вложений в реконструкцию функционирующих производственных предприятий // В сборнике: Современные тенденции в образовании и науке сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 14 частях. Тамбов. 2014. С. 57–60.
7. Расчет ущерба и платы за негативное воздействие на окружающую среду: учебно-практическое пособие // Т.А. Василенко, М.И. Василенко, Л.А. Порожнюк. Белгород: Изд-во БГТУ. 2007. 94 с.
8. Дорошенко Ю.А., Сомина И.В., Ханов А.А. Проблемы и пути повышения инвестиционной привлекательности России // Белгородский экономический вестник. 2015. № 1 (77). С. 3–8.
9. Щенятская М.А., Авилова И.П., Наумов А.Е. Оценка финансово-экономических рисков инвестиционно-строительного проекта при дефиците исходных данных // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 1. С. 185–189.
10. Жариков И.С., Страхова А.С. Современные методы ресурсосбережения в российской федерации // В сборнике: Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Белгород, 2015. С. 1054–1057.
11. Шарапова А.В., Жариков И.С. Ранжирование инвестиционно-строительных проектов // В сборнике: Наука и образование в XXI веке сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 34 частях. 2013. С. 157–159.
12. Урсу И.В. О факторах развития экономики // Вестник научных конференций. 2015. № 2–4 (2). С. 154–156.

---

**Avilova I.P., Naumov A.E., Krutilova M.O.****ECONOMIC AND LEGAL ASPECTS OF ECO ORIENTED ASSESSMENT IN CONSTRUCTION**

*The article deals with the economic and legal aspects of eco-oriented assessment in construction, generalization of the most important legal regulation problems of this direction. Environmental safety of the environment is regulated by environmental legislation and a set of technical requirements at all stages of construction. The principles of environmental (green) building, defining prospects of development of the construction industry, make it possible to declare the conservation and stabilization of the ecological situation, but in practice, require a comprehensive modernization of the existing system of construction products environmental assessment and construction industry. Existing methods of environmental assessment in construction law and methodologically content in the analysis of the environmental impact of the construction on the stages of operation and utilization are not standardized and not regulate the environmental damage, the previously accumulated in the production of building materials and products, as well as damage in the course of construction works. At the same time offer the theoretical foundations and the development of practical solutions to optimize project of mechanisms to build on the basis of environmental criteria would allow materially to stimulate the planning and execution of environmental protection measures at all stages of the life cycle of real estate, the most important of which is the environmental aspect is under construction. The work presents institutional foundations of eco-oriented assessment of construction documents, allowing to implement it on the basis of existing analytical and empirical tools production and technical departments construction companies.*

**Key words:** *ecological construction, environmental damage, environmental costs, environmental assessment, eco-development.*

---

**Авилова Ирина Павловна**, кандидат экономических наук, профессор кафедры экспертизы и управления недвижимостью.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: avilova\_irina@mail.ru

**Наумов Андрей Евгеньевич**, кандидат технических наук, заведующий кафедрой экспертизы и управления недвижимостью.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: andrena@mail.ru

**Крутилова Мария Олеговна**, аспирант кафедры экспертизы и управления недвижимостью.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: marykrutilova@gmail.com



Глаголев С.Н., д-р экон. наук, проф.,  
Моисеев В.В., д-р ист. наук, доц., проф.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## К ВОПРОСУ ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ЭКОНОМИКИ В УСЛОВИЯХ КРИЗИСА

din\_prof@mail.ru

*Проблемы эффективности государственного регулирования экономики приобрели особую актуальность в условиях кризиса, обусловленного резким и длительным падением цен на нефть, усилением западных санкций и неблагоприятной международной обстановкой. По мнению ряда экономистов, среди которых депутат Государственной думы О. Дмитриева, очередной экономический кризис в России вызван не только перечисленными выше факторами, но и неумелыми действиями финансово-экономического блока правительства и Центробанка в ответ на антироссийские санкции и снижение цен на нефть. Авторы в этой статье делают попытку не только проанализировать эти и другие причины кризиса в нашей стране, но и показать степень эффективности государственного регулирования экономики в кризисный период.*

**Ключевые слова:** экономический кризис, западные санкции, эффективность государственного управления.

**Введение.** Нынешний финансово-экономический кризис в России начался спустя пять лет после окончания глобального кризиса 2008-2009 годов. Его особенность состоит в том, что он не является как предыдущий кризис составной частью мирового экономического кризиса, как это было ранее. В отличие от предыдущего кризиса новые затруднения в экономике России не обусловлены глобальным финансово-экономическим кризисом ведущих стран мира, его нет ни в США, ни в Англии, Германии и других государствах с развитой экономикой. Есть только некоторое замедление темпов роста экономики в Китае, Индии, Бразилии, других развивающихся стран. И если в Китае ВВП страны увеличивается: в 2014 г. – на 7,3 %, в 2015 г. – на 6,9 %, в 2016 г. – на 6,5% (прогноз), то в Российской Федерации падение ВВП составило: в 2015 г. – 3,9 %, в 2016 г. при цене на нефть 25–35 долларов за баррель прогнозируется еще большее падение ВВП – в среднем на 4,4–5,0 %. Однако при низких ценах на углеводороды и другие экспортные российские товары в 2016 г. мы вряд ли вернемся по объемам ВВП к уровню 2014 г., для этого потребовался бы рост ВВП как минимум на 4,2 %, однако это практически не реально: в связи со снижением стоимости нефти ВВП России в 2016 г. будет на 10–15% ниже официальных прогнозов, так как в базовом варианте среднегодовая цена на нефть Urals составляла 50 долларов за баррель. Уже в феврале 2016 г., спустя полтора месяца доминирования очень низких цен на «черное золото» появился прогноз Центробанка РФ, который предусматривает снижение среднегодовой цены на нефть до 25–30 долларов за баррель, за которым последует продолжение спада ВВП на не-

сколько процентных пунктов. Здесь уместно напомнить, что глава Минэкономразвития РФ Алексей Улюкаев ещё в середине июня 2015 г. утверждал, что российская экономика достигла дна и под конец года может даже пойти в рост. Теперь оживление видится не раньше 2017 года.

Почему экономика России, катится вниз и никак не может нащупать дна? Почему российские чиновники, входящие в правительство и отвечающие за состояние экономики, (в том числе Д. Медведев, Э. Набиуллина и А. Улюкаев), не способны качественно спрогнозировать дальнейшее развитие ситуации в экономике нашей страны и найти выход из кризиса? Кадровая политика последних 15 лет не укладывается в нормальную логику. Министерством экономического развития огромной страны долгое время (2000-2007 гг.) руководил Г.О. Греф, не экономист, а юрист по образованию. Вдумайтесь: юрист определял вектор развития экономики. Министерством сельского хозяйства Российской Федерации длительное время руководили управленцы, не имевшие профильного (сельскохозяйственного) образования. Так, с 1999 по 2009 г. аграрное ведомство возглавлял А.В.Гордеев, получивший базовое образование в Московском институте инженеров железнодорожного транспорта по специальности «Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство», 12 марта 2009 г. путейца сменила Е.Б.Скрынник, которая руководила сельскохозяйственным ведомством по 21 мая 2012 г. По образованию Скрынник врач-кардиолог, в 1986 г. окончила Челябинский медицинский институт. Стоит ли удивляться тому, что в результате их непрофессиональной работы продовольственная зависимость России от импорта воз-

росла в среднем до 40 % при том, что более 40 млн гектаров сельхозугодий пустует, зарастая бурьяном и кустарником. Если в 2000 г. совокупный импорт продовольствия в Российской Федерации не превышал 7,4 млрд долларов США, то через 13 лет, в 2013 г. он вырос в 6 раз до 43,5 млрд долларов. А ведь эти огромные деньги могли бы пойти на развитие отечественного сельского хозяйства и тогда в выигрыше были бы все: и аграрии, и бюджет страны, и рядовые россияне.

Еще одно важное министерство экономического блока правительства возглавляет Д.В. Мантуров, гуманитарий по образованию, получивший диплом социолога после окончания МГУ им. М.В.Ломоносова. Дипломированному социологу-юристу (в 2006 г. он успешно окончил еще и Российскую академию государственной службы при Президенте РФ по специальности «юриспруденция») в феврале 2012 г. премьер-министром В. Путиным было предложено занять должность министра промышленности и торговли Российской Федерации. Это ведомство Д.В. Мантуров возглавляет и в настоящее время. Не без его участия к 2016 г. доля импорта в ведущих отраслях российской экономики сегодня составляет от 60 до 90 %. [5, с.7]. Россия из-за недостаточно развитой собственной промышленности вынуждена сегодня ввозить станки и оборудование для предприятий, сельскохозяйственную технику для агропромышленного комплекса, компьютеры, телевизоры, телефоны, лекарства, одежду, обувь и другие товары для населения. Вследствие этого происходит сильнейшая экономическая зависимость России от других стран, в частности от Евросоюза и США.

Для оправдания не сбывшихся положительных прогнозов Министерства экономического развития РФ в отношении состояния отечественной экономики изобретательные чиновники придумали весьма интересный термин: «отрицательный рост». Получается: экономика растет, но со знаком минус. Признаки замедления экономического роста российской экономики появились уже в 2013 г., они выразились в падении объема инвестиций в основной капитал и практически нулевом уровне промышленного производства (в 2013 г. он составил 0,4%, в секторе обрабатывающей промышленности падение на 1,1%). В силу инвестиционного спада в 2014 г. дальнейшее замедление экономического роста должно было стать закономерным даже без внешнего давления и введенные Западом санкции только ускорили переход от стагнации к рецессии, которая в 2015 г. стала очевидной.

Динамика снижения промышленного производства указывает на то, что признаков оживления в экономике нет и, напротив, спад ускоряется. Промышленность сокращается на фоне роста издержек (удорожание кредитов, комплектующих из-за девальвации), дефицита инвестиций (дорогие кредитные деньги), низкого платежеспособного спроса в результате резкого сокращения заработных плат. По ряду отраслей падение в 2015 г. превышает 10 %. Поэтому не случайно Уполномоченный при Президенте РФ по правам предпринимателей Борис Титов, выступая 12 февраля 2016 г. в Госдуме на парламентских слушаниях, утверждал, что «в стране не просто кризис, а кризис системный».

**Основная часть.** Результаты нового экономического кризиса рядовые россияне остро ощущают через растущую инфляцию и неукротимый рост цен на товары первой необходимости, в том числе на продукты питания. По данным Росстата, продовольствие в 2015 г. по сравнению с 2014 г. подорожало в среднем на 20 %. Лидером по росту цен стали крупы и бобовые – за 9 месяцев 2015 г. они подорожали на 46,8 %; сахар-песок прибавил в цене 44,1 %. На 31,3 % подорожали овощи и фрукты, на 29,9 % – рыба и морепродукты, на 29 % – подсолнечное масло. Молоко и молочная продукция, в том числе сливочное масло подорожали на 14,1–14,4 %, на 16,5 % поднялась стоимость мяса и птицы [13]. В России в 2014 г. цены на товары росли в 23 раза быстрее, чем в среднем по странам ЕС, а если сравнивать цены только на продукты питания, то в 40 раз. Одной из главных причин столь существенного подорожания продуктов питания стала девальвации рубля, осуществленная Центробанком РФ в 2014–2015 гг. [2].

В 2015 г. инфляция по сравнению с 2012 г. утроилась, достигнув 15,5 %. По оценке независимых экономистов, она составила 31,7%, что в 2 раза выше официальных данных. Повышая цены, бизнес ссылается на рост издержек, убытки и при этом лукавит: его прибыль в 2015 г. увеличилась на 49 %. А государство спокойно за этим грабежом наблюдало. Мало того, оно во многом эту гонку инициировало, поскольку само повысило цены на электроэнергию, газ, горючее, транспортные тарифы и ставки по кредитам в госбанках. Не проходят законы о налоге на роскошь. Результат: Число семей, которые относят себя к бедным, в 2015 г. увеличилось вдвое [3].

При этом самыми прибыльными отраслями в кризисном 2015 г. стали те, что обслуживают население: транспорт и связь (годовой рост прибыльности за 11 месяцев 2015 г. — в 6,9 раза), управление жилищным фондом (в 3,8 раза), тор-

говля (в 2 раза), производство и распределение электроэнергии, газа, воды (в 2,1 раза), производство пищевых продуктов, напитков, табака (в 2,8 раза). В 2015 г. зарплата в народном хозяйстве выросла всего на 4,6%, а прибыль предприятий и организаций увеличилась на 49 %. В том же году официальные лица делали всё, чтобы РФ заняла третье место на планете по темпам инфляции. Это на фоне того, что более чем в половине государств мира в 2015 г. цены не росли, а падали. Пора припомнить недавние клятвы финансовых властей, обещавших к 2016 г. сбить реальный рост цен до уровня 2–3 % в год. При этом даже с показателем 6 % мы оказались на 146-м месте в мире, на соседних строчках с Гондурасом, Лаосом и Чадом. Больше, чем в нашей стране, за год цены подскочили только у ближайших соседей – на Украине и в Казахстане. На Украине установлен антирекорд с инфляцией более 43%.

Но и в России государственному управлению в этой области гордиться пока нечем. По сравнению с 2000 г. стандартный набор товаров народного потребления в 2015 г. стоит в 6 раз дороже. И это по официальным данным, в действительности в зависимости от регионов картина куда менее радостная. Что говорить, если продовольствие, на которое сейчас приходится более 60% расходов типичной российской семьи, только за последние два года, в реальности подорожало примерно на 100%. Самыми быстрыми темпами в РФ традиционно дорожают наиболее дешёвые виды одежды и продовольствия. Расходы на коммунальные платежи за последние 10 лет в Российской Федерации увеличились почти в 12 раз. Эти и другие факторы неминуемо подстёгивают инфляционные процессы в стране, неизбежно ведут к росту цен и обесценению денег, а в купе с девальвацией и к снижению реальной покупательной способности рубля.

Высокая инфляция на товары народного потребления – это результат неэффективности государственного управления, прежде всего, плохой работы правительства. Десятки миллионов автолюбителей возмущает нынешняя ситуация, когда цены на нефть второй год подряд неуклонно падают, а стоимость бензина идет вверх. По сравнению с советским периодом управления экономикой цена на 1 литр бензина выросла в 500 раз! Сегодня рост цен на моторное топливо объясняется так: нефтяные компании потеряли очень много денег на зарубежных рынках при экспорте нефти, поэтому они компенсируют свои потери на продаже бензина и дизельного топлива, произведенного из подешевевшего в разы сырья за счёт населения. При

этом государство отказывается от регулирования цен, ссылаясь на рыночные отношения, баланс между спросом и предложением. Для сравнения: в 2015 г. 10 стран удержали инфляцию на уровне менее 1 % в год, 35 – ниже 2 %, 80 государств уложились в 3 %. Ни у одного из государств «Большой семёрки» инфляция не зашкалила за 2 %. Даже Китай, у которого инфляция традиционно высока, ухитрился ужать её до 3%. РФ смотрится не слишком хорошо даже на фоне развивающихся стран. Бразилия в 2015 г. охладил рост цен до 1 %, Индия – до 5 % [4].

Государство поддерживает экспортеров за счет девальвации национальной валюты. Обменивая полученные от продажи нефти, газа, металлов и т.п. доллары и евро на рубли по очень выгодному курсу (по сравнению с 2013 г. девальвация рубля осуществлена на 250%), экспортные частные компании и госкорпорации сокращают общую сумму своих издержек, так как большой рублевой массой выгоднее расплачиваться с отечественными поставщиками за оборудование и материалы, а также с собственными сотрудниками, так как рабочая сила при девальвации также обходится дешевле.

Государство не сократило свои расходы на госуправление, армию, полицию и другие силовые структуры. В предшествующие кризисы их всегда в какой-то степени урезали. На этот раз сократили индексацию пенсий и зарплаты бюджетникам (фонд зарплаты учителей уменьшили в 2016 г. на 34 млрд руб.). На съезде «Единой России» премьер-министр Дмитрий Медведев предложил партийным депутатам самим отказаться от «золотых парашютов», на финансирование которых в госбюджет на 2016 г. заложены 60 млрд руб. Ранее правительство не поддержало подготовленный законопроект, который предлагал сделать то же самое централизованно, не надеясь на сознательность народных избранников.

Справедливости ради стоит отметить, что некоторые ограничения в кризис всё-таки были введены. Рассматривается вопрос о сокращении министерских бюджетов на 10 %. Федеральным министрам и их заместителям с 2016 г. нельзя приобретать служебные автомобили дороже 2,5 млн руб., главам агентств и их замам дороже 2 млн, а чиновникам рангом ниже дороже 1,5 млн руб.

Однако наибольший эффект экономии финансов, поступающих в госбюджет, можно получить, по нашему глубокому убеждению, от рационального их расходования. Анализ расходной части госбюджетов кризисных 2014–2016 гг. показывает, что здесь скрыты огромные резервы, из которых без особого труда можно

изыскать финансовые возможности и для повышения зарплат бюджетникам, и для полноценной индексации пенсий, материнского капитала и т.д. А.Л.Кудрин, экс-министр финансов и известный критик правительственного курса заявил, что можно смело обнулять траты на все госпрограммы, кроме разве что поддержки села и строительства дорог, потому что отдача от них равняется нулю. Заметим, что инициатором отмены классического бюджетного финансирования и перехода на госпрограммы был сам Леонид Кудрин. По его замыслу госпрограммы должны были превратиться в стеновой хребет бюджетного планирования. В 2015 г. федеральный бюджет потратил на госпрограммы 8,7 трлн руб., в 2016 г. в проекте записаны уже 8,87 триллиона. Из 40 проектов пять программ с общим бюджетом 772 млрд руб. работают на развитие регионов. Двенадцать проектов, как заявлено в документах, «повышают качество жизни граждан», на что выделено 3,5 трлн рублей. Ещё 17 госпрограмм на общую сумму 2,26 трлн руб. направлены на модернизацию экономики. Часть программ с финансированием около триллиона руб. закрыты, поскольку работают на оборонку, ещё четыре проекта стоимостью 1,3 трлн руб. как бы «улучшают работу государства». Среди разрабатываемых в последние годы госпрограмм титул самой скандальной, безусловно, принадлежит госпрограмме развития Северного Кавказа. Изначально подъём этого, одного из самых экономически отсталых регионов РФ, оценили в 2,6 трлн рублей. Из них Дагестан претендовал на 721 млрд руб., Ингушетия – на 365,5 млрд руб., Чечня просила 423,4 млрд руб. В результате идея поднять Кавказ за пару с половиной триллионов с треском провалилась. Минфин и Минрегион не согласовали ни рубля затребованных средств, саму сумму признали нереальной. Местным властям посоветовали впредь не столько просить всё большие порции денег из федеральных закромов, сколько не душишь робкие ростки мелкого и среднего предпринимательства. В конечном счёте кавказский вопрос на федеральном уровне был закрыт. Титул «самой провальной» получила федеральная целевая программа «Доступное жильё», через 8 лет после принятия которой квадратные метры в среднем по России подорожали на 80%. В 2013 г. появился знаменитый отчёт Счётной палаты. Из него следует: по программе «Доступное жильё» вылетело в трубу 2 млрд бюджетных рублей. Для сравнения: в 1986–1990 гг., во времена, когда государство действительно заботилось о жильё для народа, в РСФСР построили 343,4 млн кв. м жилья. Только в 1990 г. квартиры получили 1,296 млн семей. «Самой бестолковой»

программой признана ФЦП развития Дальневосточного федерального округа. Подсчитано, что с 1992 г. Дальний Восток потерял 1,5 млн жителей. Поэтому государство выделило немалые деньги для переселения россиян из центральных районов на Дальний Восток. Финансировалось переселение нескольких десяткой тысяч, а заинтересовались этой идеей и дали согласие всего 1,4 тыс. человек. Самой затратной стала программа модернизации вооружений до 2020 г. стоимостью 19 трлн рублей. Самая абсурдная – программа улучшения управления госфинансами, которую предложил Минфин. Он предложил потратить 12,3 трлн руб. «в целях повышения эффективности расходования бюджета». Выходит, чтобы улучшить управление госфинансами, сначала нужно было потратить сумму, равную годовому доходу бюджета страны. Хотя ФЦП прописаны отдельной строкой в бюджете и курируются чиновником в ранге министра или даже вице-премьера, отдача от многих госпрограмм действительно невелика. Часть целевых программ выполняли для галочки, создатели изначально не собирались добиваться результатов, которые сами себе прописали в планах [7].

С точки зрения исполнения расходов бюджета 2015 год стал худшим за последние три года – выяснилось на проведенном вчера в Горках премьер-министром Дмитрием Медведевым совещании об эффективности бюджетных трат. Вооруженный данными Счетной палаты, глава Белого дома раскритиковал ряд ведомств за неспособность освоить выделяемые им средства – даже в случае, когда они настояли на увеличении своего финансирования. Дмитрий Медведев пригрозил, что, если в «действительно очень сложном» 2016 году повторится ситуация, когда значительная часть денег будет вновь спешно тратиться в конце года, ответственные за это чиновники понесут дисциплинарное наказание. В целом по 2015 году, как следует из материалов к совещанию, объем неисполненных назначений оценен в 243,4 млрд руб.

Правительство уже приняло решение об оптимизации бюджета на 2016 год, министерства и ведомства должны в кратчайшие сроки подготовить и представить в Минфин свои предложения об оптимизации расходов в кризисный год. Предложения по корректировке российского бюджета должны быть готовы к концу первого квартала 2016 г. «Сокращение сейчас, я думаю, будет по всем госпрограммам, внутри госпрограмм уже будет сложнее – там будут сами исполнители для себя приоритеты определять», – сообщил на Гайдаровском форуме-2016 заместитель министра Минэкономразвития Олег Фомичев [6]. если пресловутая бочка нефти хотя

бы на 6–8 месяцев замрёт на нынешнем уровне в 30 долларов, дыра в госбюджете разрастётся с нынешних 1,3 до 3–4 трлн рублей. То есть государство недосчитается ни много ни мало трети запланированных доходов. Удар не смертельный, но очень тяжёлый, тут никаким объявленным 10%-ным сокращением не отделаешься. Печально, но может быть ещё хуже. Если же нефть, как всерьёз предсказывают некоторые аналитики, надолго уйдёт к уровню 10–15 долларов, бюджету грозит полный коллапс. Потому что тогда доходы рухнут наполовину, на 6–7 трлн руб. из запланированных к сбору в 2016 г. 14 трлн рублей [7].

В 2014–2015 годах банкам было выделено более 1,5 трлн руб., которые до реальной экономики не дошли и рассованы по различным депозитам. Из 1 трлн руб., предназначенного банкам, по данным Счётной палаты, к середине прошлого года большая часть денег оказалась не востребовавшей. Следовательно, лоббизм по поводу срочного спасения банковской системы был одним из способов повлиять на малокомпетентное правительство и забрать у него один или два триллиона рублей для валютных операций (спекуляций) на ММВБ. То же с деньгами Фонда национального благосостояния для финансирования таких инвестпроектов, как модернизация Транссибирской магистрали, строительство Центральной кольцевой автодороги вокруг Москвы, и др.: из 600 млрд руб. реально дошло по назначению 137 млрд руб.

Одна из основных причин такой экономической «слепоты» – политика, уверен **Игорь Николаев, директор Института стратегического анализа ФБК**. «Чиновники элементарно боятся доложить высшему руководству страны о реальном состоянии дел в экономике. Ведь так можно и кресло потерять, – говорит эксперт. – К тому же есть желание приукрасить ситуацию и с помощью вербальных посланий воздействовать на рынок и бизнес. Определённый смысл в этом есть, ведь современная экономика – это экономика настроений. Но тут важно, чтобы этим словесным посланиям верили. А у нас ровно наоборот происходит. Красивые цифры от министров общество воспринимает как сигнал, что ситуация в экономике ухудшается. Действительно, внешнеторговый товарооборот между Россией и Европейским союзом снизился за время ухудшения отношений и введения санкций почти вдвое до 235 млрд евро [8]. Вследствие этого доходная база госбюджета в январе 2016 г. сократилась на 18% по сравнению с январем 2015 г. И кризис еще только набирает обороты.

**Заключение.** Таким образом, нынешний российский экономический кризис является по большей части рукотворным; его могло бы и не быть, если бы 15 лет назад руководители государства вплотную занялись диверсификацией экономики, чтобы снизить ее тотальную зависимость от цен на бочку нефти.

Для того чтобы решить проблемы, связанные с кризисной ситуацией в экономике, следует повысить эффективность государственного управления на всех уровнях, начиная с правительства. Оно обязано вести дело так, чтобы государственный бюджет, принятый Госдумой и утвержденный президентом, исполнялся полностью. А деньги в России есть – это и государственный бюджет, и банковский капитал, и капитал крупного, олигархического бизнеса. Еще есть те деньги, которые капиталисты вывели из банков, прибыльного бизнеса и перевели в офшоры. Только за последние восемь лет, по нашим подсчетам, из России было выведено свыше 50 трлн рублей.

Если бы реакция российских властей была более экономически грамотной, профессиональной, девальвация рубля на 250% могла бы стать мощнейшим стимулом для роста экономики, выхода её из кризиса. Однако ожидаемого эффекта от ослабления рубля, как это было в отечественной экономике в кризис 1998–1999 гг., после поднятия ключевой ставки Центробанком до 17% годовых в декабре 2014 г. не произошло. Высокие проценты по кредитам стали непреодолимым барьером для роста отечественной промышленности, транспорта, сельского хозяйства. В свое оправдание руководство ЦБ РФ ссылается на необходимость предотвратить высокой ключевой ставкой спекуляции на валютном рынке. А единственным способом стабилизировать рубль, по мнению председателя ЦБ РФ Э.Набиуллиной и ее первого заместителя Д.Тулинова, является диверсификация экономики.

К этому Россию подталкивают меняющиеся обстоятельства. Не исключено, что через 5–7 лет российские энергоносители будут полностью вытеснены с главного для нас европейского рынка. При этом в конце прошлого года правительство испытало два шока, столкнувшись с не просчитанными заранее угрозами для нашей «сырьевой» экономики. Первый шок – выход нефти Саудовской Аравии на европейский рынок. Начало этому было положено закупкой Польшей саудовской нефти. До сих пор считалось, что Польша ещё многие годы не избавится от российской энергетической зависимости. Второй шок – ввод в строй терминала в Литве по ввозу сжиженного газа из США и Катара.

Наши умники и здесь проспали – считали, что прибалты уж точно находятся от нас на коротком поводке. Но Литва ввела в строй газовый терминал, по временной схеме, ещё год тому назад. Но ещё больший нефтегазовый терминал-хаб – для всей Прибалтики и Польши с перспективой выхода на Украину – год назад начала строить Польша. В конце прошлого года этот терминал в Свиноустье стал проходить тестовые испытания. Не исключено, что наши нефтегазовые руководители вводили руководство страны в заблуждение по всем этим вопросам. Иными словами – скрывали истинные размеры нарастающей проблемы. Огромной проблемой для правительства стало и то, что за время противостояния с Западом, произошло разрушение доверия с иностранными партнёрами. Ни один крупный экономический или промышленный проект не обсуждается сейчас с иностранными партнёрами, даже на перспективу отмены санкций. На восстановление доверия и механизмов взаимодействия с иностранными партнёрами потребуются годы [9].

В интервью немецкой газете «Хандельсблатт» в феврале 2016 г. глава исполнительной власти Д.Медведев заявил: «Мы вполне способны довести баланс доходов нашего бюджета до ситуации, когда у нас, например, треть будет образовываться от углеводородов, а две трети – от торговли продукцией промышленности, высоких технологий, сельского хозяйства, оборонки. Это существенным образом повлияет на всё, включая и курс рубля» [10]. В связи с этим возникает вопрос: кто мешал правительству начать этот процесс 15 лет назад, чтобы слезть с «нефтяной иглы»? Тогда бы российский рубль не преклонялся так сильно перед американским долларом, и многие проблемы в экономике были бы успешно решены, а жизненный уровень российского народа не был бы так сильно зависим от мировой конъюнктуры цен на нефть.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Борис Титов: В стране не просто кризис, а кризис системный. – URL: <http://inform-24.com/7909-boris-titov-v-strane-ne-prosto-krizis-a-krizis-sistemnyu.html> (дата обращения – 14.02.2016).
2. Росстат: продукты в России дорожают в 40 раз быстрее, чем в ЕС. – URL: <http://newsru.com/arch/finance/28apr2014/rufoodprices.html> (дата обращения – 12.02.2016).
3. Густой навар: кто больше пострадал в кризис население или бизнес? [http://www.aif.ru/money/opinion/gustoy\\_navar\\_kto\\_bolshe\\_postradal\\_v\\_krizis\\_naselenie\\_ili\\_biznes](http://www.aif.ru/money/opinion/gustoy_navar_kto_bolshe_postradal_v_krizis_naselenie_ili_biznes) (дата обращения – 14.02.2016).
4. Цены во весь рост. – URL: <http://argumenti.ru/economics/n525/434345> (дата обращения – 14.02.2016).
5. Глаголев, С.Н., Моисеев В.В. Импортозамещение в экономике России. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. – 276 с.
6. В 2016 году сократят финансирование всех госпрограмм. – URL: <http://www.ligazakon.ru/main/13206-v-2016-godu-sokratyat-finansirovanie-vseh-gosprogramm.html> (дата обращения – 14.02.2016).
7. Триллион крупным планом. – URL: <http://maxpark.com/community/politic/content/5019628> (дата обращения – 14.02.2016).
8. Экономические новости. – URL: <http://www.vedomosti.ru/newsline/economics/news/2016/02/13/629125-tovarooborot> (дата обращения – 14.02.2016).
9. Перспективы «отрицательного роста». – URL: <http://argumenti.ru/politics/n524/433380> (дата обращения – 14.02.2016).
10. Интервью Дмитрия Медведева немецкой газете «Хандельсблатт». – URL: [http://www.arms-expo.ru/news/vzaimodeystvie/intervyu\\_dmitriya\\_mdvedeva\\_nemetskoy\\_gazete\\_khandelsblatt/](http://www.arms-expo.ru/news/vzaimodeystvie/intervyu_dmitriya_mdvedeva_nemetskoy_gazete_khandelsblatt/) (дата обращения – 15.02.2016).

**Glagolev S.N., Moiseev V.V.**

### TO THE QUESTION ABOUT THE EFFECTIVENESS OF STATE REGULATION IN THE CONDITIONS OF CRISIS ECONOMY

*Problems of efficiency of state regulation of the economy has become particularly relevant in a crisis caused by a sharp and prolonged drop in oil prices, increased Western sanctions and unfavorable international environment. According to some economists, including State Duma deputy O.Dmitrieva, once the economic crisis in Russia caused not only by the factors listed above, but also inept actions of financial and economic bloc of the government and the Central Bank in response to the anti-Russian sanctions and declining oil prices. The authors of this article is an attempt not only to analyze these and other causes of the crisis in our country, but also to show the degree of efficiency of state regulation of the economy during the crisis.*

**Key words:** economic crisis, Western sanctions, the effectiveness of public administration.

**Глаголев Сергей Николаевич**, доктор экономических наук, профессор, ректор Белгородского государственного технологического университета им. В.Г.Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: rector@intbel.ru.

**Моисеев Владимир Викторович**, доктор исторических наук, доцент, профессор кафедры социологии и управления.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г.Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: din\_prof@mail.ru

*Азаренко Н.Ю., канд. экон. наук, доц.,  
Лысенко А.Н., канд. экон. наук, ст. преподав.*  
**Брянский государственный инженерно-технологический университет**

## РОЛЬ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА В ПРОЦЕССЕ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

salovanat@mail.ru

*В статье определена сущность человеческого капитала применимо к отрасли машиностроения; обоснован состав эффектов от выстраивания механизма взаимодействия вузов и высокотехнологичных машиностроительных предприятий в интересах их инновационного развития, разработана модель инновационного развития высокотехнологичных машиностроительных предприятий.*

**Ключевые слова:** *человеческий капитал, инновационное развитие, высокотехнологичные машиностроительные предприятия, механизм взаимодействия.*

От уровня развития машиностроительной отрасли зависят многие показатели валового внутреннего продукта страны и ее регионов, производительность труда и уровень развития других, зависящих от машиностроения, отраслей, обороноспособность государства, обеспеченность населения транспортом, уровень экологической безопасности производства, качество жизни населения и т.д. При этом высокотехнологичные отрасли машиностроения определяют уровень научно-технического прогресса, конкурентоспособность государства на мировом рынке.

Для перехода машиностроительных предприятий на инновационный путь развития необходим экономический ресурс, способный обеспечить конкурентоспособность отрасли. В современных условиях данным ресурсом может стать человеческий капитал, развитие и эффективное использование которого является источником новых идей, разработок, технологий, инноваций.

Наращение человеческого капитала сегодня стало одной из перспективных задач инновационной стратегии Российской Федерации и ее регионов.

Для инновационного развития высокотехнологичных машиностроительных предприятий необходимо освоение определенных знаний персоналом. Внедрение разработанной идеи на рынок является многоэтапным процессом и требует умений изучить рынок, его структуру, потребности, выбрать инновации, разработать инновационный продукт, составить бизнес-план, правильно организовать производство и т.д. Для успешного прохождения каждого из рассмотренных этапов машиностроительным предприятиям необходимо развивать кадровый потенциал путем внедрения системы, позволяющей поддерживать на должном уровне и повышать ква-

лификацию своих сотрудников. Таким образом, персонал является важным ресурсом, способствующим достижению цели инновационного развития [1, с.103].

Целью инновационного развития высокотехнологичных машиностроительных предприятий является повышение уровня их инновационной активности, которую и создает на практике сам человек, используя и применяя свои знания, умения и навыки, объединенные термином «человеческий капитал».

Человеческий капитал является основным фактором экономического роста. Переход на инновационный путь развития российской экономики, главными движущими силами которой являются новые знания, интеллектуальный и творческий потенциал человека и государства, позволяет отнести человеческий капитал к стратегически важным ресурсам развития и поддержания конкурентоспособности страны.

В настоящее время теория человеческого капитала основывается на неоклассической, неокейнсианской, институциональных и других теориях. Ее существование и развитие стали актуальными в связи с изучением влияния человека и его умственной деятельности на результаты производства, темпы его роста.

Современной экономической наукой разработано несколько различных подходов к понятию человеческого капитала. В рамках концепции человеческого капитала сложилось две концепции: инвестиции в человека и производства человеческого капитала, представители которых по-разному подходят к анализу инвестиций в человека и их классификации.

Концепция «производства человеческого капитала» развивалась Т.Шульцем, Г.Беккером, Й. Бен-Поретом, Дж.Минцером. Теория человеческого капитала складывается в работах американских учёных-неоклассиков, представителей



так называемой «чикагской школы»: Г. Беккера, Дж. Минцера, Т. Шульца, лауреатов Нобелевской премии по экономике разных лет. Учёные выдвинули теорию, в рамках которой доказали, что система образования есть такая сфера деятельности, где финансовый капитал превращается в человеческий. Отсюда, как кажется авторам, истоки понимания двусторонней связи между экономическими и социальными аспектами воспроизводства хозяйственной системы, появление понимания, что экономический рост и развитие связаны с человеческим фактором и потенциалом. Именно данная школа экономической мысли ввела в научный обиход такие категории, как инвестиции в образование, инвестиции в человеческий капитал.

Л. Туроу, Ф. Махлуп, Б. Вэйзборд, М. Блауг и некоторые другие экономисты, разработавшие концепцию «инвестиций в человека», в качестве основных видов вложений, рассматривают вещественные инвестиции (природные ресурсы, физический капитал), человеческий капитал, денежные инвестиции и «человеческое время». Трактовка вложений в форме вещественных продуктов, природных ресурсов и определенных качеств самого человека как затрат инвестиционного характера не вызывает сомнения. Однако подход к человеческому времени как к капитальному активу является спорным. Единица измерения времени не может рассматриваться как капитальный актив, т.к. это условные единицы. На этом факте настаивают представители концепции «производства человеческого капитала», которые определяют время в качестве единицы учета деятельности человека [2, с.11].

Анализ подходов к раскрытию сущности человеческого капитала позволяет выделить следующие характеристики исследуемой экономической категории применительно к отрасли машиностроения:

- использование человеческого капитала зависит от воли человека, его ценностей, а также мотивации;
- человеческий капитал и его характеристики являются главным фактором экономического роста, инновационного развития, конкурентоспособности;
- приобретенные знания, умения, навыки (как элемент человеческого капитала) не растрачиваются и не уменьшаются в процессе умственного и физического труда;
- формирование человеческого капитала отдельного человека требует расходов и длительного времени;
- человеческий капитал требует воспроизводства, в противном случае инвестиции в него не имеют смысла;

- эффект отдачи человеческого капитала зависит от активности и способностей к самореализации каждого отдельного человека;

- талант, одаренность, ум, энергия усиливают использование человеческого капитала на основе синергетического эффекта;

- человеческий капитал служит показателем реализации человеческого потенциала;

- уровень развития человеческого капитала прямо пропорционален отдаче от него.

Анализ исторических тенденций развития общества и экономики позволяет сделать вывод о том, что крупнейшие инновации, революционные изменения в обществе осуществлялись на основе накопления человеческого капитала в каждый период времени. Подтверждением этому служит появление базисных инноваций, то есть в обществе накапливались знания, развивалась наука, повышался уровень образования, формировалась группа людей, обладающая достаточным уровнем развития человеческого капитала для генерации инновации.

Человеческий капитал лежит в основе инновационного развития машиностроительных предприятий, а также занимает важное место в структуре инновационного потенциала вместе другими ресурсами развития.

Модель инновационного развития высокотехнологичных машиностроительных предприятий, представленная на рис. 1, показывает, что человеческий капитал является источником идеи инновации.

Согласно модели инновационного развития для дальнейшего воплощения идеи необходимы ресурсы, которые в совокупности представляют инновационный потенциал высокотехнологичного машиностроительного предприятия. Имея необходимый инновационный потенциал, предприятие может реализовать инновационные проекты, осуществляя инновационную деятельность.

Результатом успешной инновационной деятельности является получение положительного эффекта, который может быть экономическим, общественным и социальным. Прибыль от инновационной деятельности может направляться на увеличение ресурсов машиностроительного предприятия, а также использоваться в качестве инвестиций в развитие человеческого капитала. Таким образом, эффективное использование человеческого капитала путем активизации инновационной деятельности машиностроительных предприятий приводит к его инновационному развитию, способствует увеличению инновационной активности, повышению конкурентоспособности, росту прибыли и улучшению других показателей деятельности предприятия.

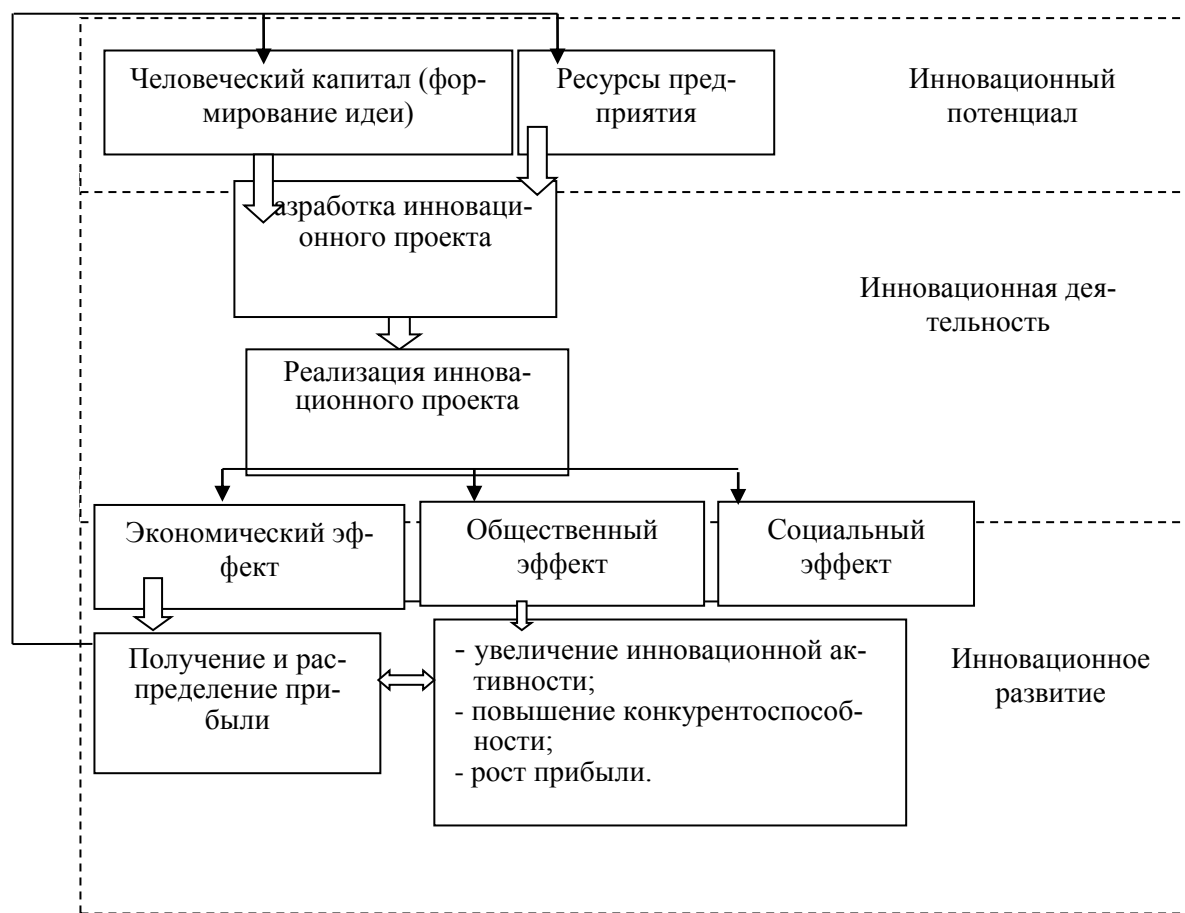


Рис. 1. Модель инновационного развития высокотехнологичных машиностроительных предприятий

Наибольшей эффективности инновационной деятельности высокотехнологичных машиностроительных предприятий возможно достичь при взаимодействии их с вузами региона.

Развитие инновационной деятельности на машиностроительных предприятиях дает различные эффекты, к числу которых можно отнести следующие виды: экономические, технические, социальные, экологические и прочие, каждая из которых можно подразделить на прямые и не прямые [3, с.75].

**Экономические эффекты.** Они возникают в результате реализации новых проектов. К прямым экономическим эффектам следует отнести увеличение прибыли, рост объема продаж, сокращение издержек и т.д. Чаще всего данные показатели выражаются количественно в расчете на единицу продукции или в целом по проекту. Непрямые экономические эффекты в редких случаях поддаются измерению и чаще всего выражены в росте издержек и снижении прибыли, доли рынка, объема продаж у конкурентов.

**Социальные эффекты.** К прямым социальным эффектам можно отнести прирост дохода персонала, выраженный в увеличении заработной платы и премий в результате разработок и внедрения инноваций, рост числа рабочих мест в результате расширения деятельности предприятия. Непрямые социальные эффекты проявля-

ются прежде всего в улучшении условий труда и повышении степени его безопасности. В итоге инновационной деятельности не зависимо от того, какой результат получен (положительный или отрицательный) возникают обучающие эффекты в данной области, происходит апробация новых материалов, методов, технологий, возможно патентование изобретений и т.д.

**Технические эффекты.** Прямой технический эффект заключается в достижении новых параметров измеряемых величин. Для примера это может быть новый уровень прочности, твердости и т.д. для продуктовых инноваций и новое значение скорости для процессных инноваций. Для высокотехнологичных предприятий в силу специфики показателем технического эффекта будет являться увеличение доли новых технологий, повышение коэффициента автоматизации и т.д. Непрямой технический эффект заметен в повышении конкурентоспособности предприятия, росте числа публикаций, патентов и т.д.

**Экологические эффекты.** Они возникают в результате повышения экологичности продукции. В результате инновационной деятельности снижается уровень шума, вибрации, уровень выброса в атмосферу вредных веществ и т.д.

Целесообразно выделить следующие уровни человеческого капитала в машиностроении, каждый из которых является управляющим зве-

ном к нижестоящему уровню:

- человеческий капитал отдельного работника машиностроительного предприятия;
- человеческий капитал машиностроительного предприятия;
- человеческий капитал машиностроительной отрасли региона;
- человеческий капитал машиностроительной отрасли страны.

При этом человеческий капитал машиностроительной отрасли в целом будет существенно выше суммы человеческих капиталов каждого из входящих в нее отдельных взятых элементов (людей и предприятий). Таким образом, действует принцип синергетического эффекта, который предполагает, что рост человеческого капитала машиностроительной отрасли зависит от развития человеческого капитала каждого элемента нижестоящего уровня.

Человеческий капитал формируется путем



Рис. 2. Направления развития человеческого капитала машиностроительного предприятия в целях развития инновационной деятельности

Чем выше уровень развития человеческого капитала, тем быстрее происходит освоение необходимых компетенций работников для практической деятельности на предприятии, а также развитие инновационной деятельности. Следовательно, для эффективной практической и инновационной деятельности нужно получить до-

инвестиционной деятельности, направленной на повышение качества жизни населения, а также через вложения средств в процесс воспитания, образования, охрану и поддержание на необходимом уровне здоровья, в безопасность, культуру, искусство и т.д. При условии инвестирования в человеческий капитал, предприятие получает преимущество в инновационном развитии.

Сегодня инновационный человеческий капитал является главным фактором инновационного развития предприятия, которое заключается в повышении качества человеческого капитала, производстве знаний, инноваций, конкурентоспособной продукции и т.д.

Направления развития человеческого капитала машиностроительного предприятия в целях развития инновационной деятельности представлены на рис. 2.

статочную квалификацию в процессе обучения в вузе, для чего необходимо сотрудничество предприятий и учебных заведений в сфере подготовки работников [4, с.83].

Важным условием развития человеческого капитала и его накопления работниками машиностроительных предприятий является

образование. Данный процесс будет более эффективным, если учебные заведения будут готовить выпускников в соответствии с требованиями предприятий. Это уменьшит затраты средств и времени на подготовку работников при принятии на работу. При этом ускоряется процесс перехода потенциального человеческого капитала к реальному, от реального к инновационному человеческому капиталу, что позволяет ускорить процесс инновационного развития предприятия [5, с.61].

Таким образом, для принятия решений об инвестировании средств в развитие человеческого капитала, необходимо определить свои исходный и потенциальный уровни с целью превращения их в реальный человеческий капитал, а затем в инновационный. При этом, чем выше уровень человеческого капитала, тем меньше людей обладает им, что зависит от ряда сдерживающих развитие факторов (например, нежелание учиться, характер, образ жизни, приоритеты и т.д.)

Сущность человеческого капитала в управлении инновационным развитием высокотехнологичных машиностроительных предприятий определяется как способность работников разрабатывать, реализовывать и внедрять инновации в деятельность машиностроительных предприятий на основе имеющихся знаний, умений, навыков, опыта, а также личностных качеств человека. Накопленный человеческий капитал высокого уровня определяет направление и темпы развития страны, ее регионов и отраслей, то есть лежит в основе инновационного типа развития экономики.

Для региона развитие человеческого капитала высокотехнологичных машиностроительных предприятий будет способствовать созда-

нию условий для воспроизводства высококвалифицированных кадров, улучшению социальной сферы региона, повышению качества жизни населения; увеличение доходов бюджета. Для вузов повышение роли человеческого капитала повлечет за собой улучшение социальной ориентации учащихся; достижение равенства в получении образования; формирование позитивного имиджа научных достижений в сфере высоких технологий; повышение интереса студентов к научно-техническим направлениям; привлечение талантливых студентов в науку.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ковалевский В.В., Никитина Т.И., Азаренко Н.Ю. Социальные инвестиции и инновации в России: монография. М.: Издательство «Перо», 2014. 186 с.
2. Добрынин А.И., Дятлов С.А., Курганский С.А. Методология оценки человеческого капитала // Экономика образования. Международный периодический научный журнал. Кострома. 1999. № 1. С. 10–17
3. Фалько С.Г., Иванова Н.Ю. Управление нововведениями на высокотехнологичных предприятиях. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007. 255 с.
4. Лысенко А.Н. Разработка механизма взаимодействия вузов и машиностроительных предприятий региона в интересах инновационного развития // Креативная экономика. 2014. №3 (87). С. 80–87.
5. Журавлев М.В. Управление человеческим капиталом в интересах инновационного развития региона: дис. ... канд. эк. наук. Иркутск. 2012. 171 с.

---

Azarenko N.Y., Lysenko A.N.

### THE ROLE OF HUMAN CAPITAL IN THE HIGH-TECH INNOVATION MACHINE-BUILDING ENTERPRISES

*The article defines the essence of the human capital applicable to the field of mechanical engineering; justified composition effects from the alignment mechanism of interaction between universities and high-tech engineering companies for the benefit of their innovative development, the model of development of innovative high-tech engineering companies.*

**Key words:** *human capital, innovation development, high-tech machine-building enterprises, the mechanism of interaction.*

---

**Азаренко Наталья Юрьевна**, кандидат экономических наук, доцент кафедры государственного управления и финансов.

Брянский государственный инженерно-технологический университет

Адрес: Россия, 241037, г. Брянск, пр. Станке Димитрова, 3.

E-mail: salovanat@mail.ru

**Лысенко Александра Николаевна**, кандидат экономических наук, старший преподаватель кафедры государственного управления и финансов.

Брянский государственный инженерно-технологический университет

Адрес: Россия, 241037, г. Брянск, пр. Станке Димитрова, 3.

E-mail: sasha14-09@mail.ru

---

*Тараруев В.В., канд. экон. наук, ст. препод.  
Губкинский институт (филиал) Университета машиностроения*

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АЛГОРИТМА ИНТЕГРАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ТОВАРА

1vvt@list.ru

*В статье рассмотрены вопросы оценки конкурентоспособности товара. Уточнено понятие качества товара. В ходе проведения исследования был выявлен ряд упущений в существующих методиках оценки конкурентоспособности товаров. Предложены методические рекомендации по совершенствованию алгоритма интегральной оценки конкурентоспособности товара. Это позволит упростить процесс оценки и получать более достоверные результаты. Методика позволяет проводить оценку качества любых сегментов товаров, при этом она учитывает общий уровень конкуренции и цен на конкретном рынке.*

**Ключевые слова:** *маркетинг, оценка конкурентоспособности, качество товара.*

В рыночной экономике основой благополучия производителя является конкурентоспособность его продукции. Под конкурентоспособностью подразумевается оцененное потребителем свойство объекта в определенный момент превосходить аналоги в конкретном сегменте рынка без ущерба производителю по качественным и ценовым характеристикам. Конкурентоспособность товара определяется набором атрибутов (выгод) для потребителей и раскрывается через систему показателей «качество/цена», а оценивается путем сопоставления параметров изделий.

Проблему интегральной оценки конкурентоспособности товара можно считать принципиально решенной, если знать количественные оценки его цены и качества. Цена – довольно хорошо изученная категория экономики, поэтому с установлением ее уровня не возникает особых проблем, а вот с категорией «качество» сложнее. Несмотря на множество определений качества, в настоящее время общепринятого определения нет. Качество интегрирует в себя как технические, так и экономические показатели [1]. Когда идет речь о качестве, изделия сравниваются между собой по степени полноты удовлетворения конкретных потребностей, т. е. качество – категория сравнительная. Кроме того, надо помнить, что одно и то же изделие в разное время, на разных рынках, разными потребителями может оцениваться неоднозначно. Это может быть обусловлено как перечнем критериев, которые должны охарактеризовать товары, так и интерпретация критериев. В академической науке принято сравнивать проектируемый товар с неким эталоном, который обладает наилучшими характеристиками, однако при такой оценке зачастую сравнивается два товара между собой. На практике предпочтение следует отдавать тем методам, которые в целом дают представление о конъюнктуре рынка и наиболее просты в применении.

Качество – это оцененное потребителем в конкретный момент времени в каком-либо сегменте рынка превосходство товара по технико-экономическим показателям над аналогами за жизненный цикл, достигаемое за счет максимального удовлетворения потребностей человеческого общества при минимальных для него затратах.

Указанные в определении аспекты должны быть учтены при оценке уровня качества.

Основной целью исследования является оптимизация и унификация алгоритма для применения к различным сегментам рынка.

Схема оценки качества товаров должна содержать следующие этапы:

1. Выбор сегмента товаров;
2. Выбор аналогов оцениваемого изделия;
3. Выбираются показатели изделия, наиболее важные с точки зрения потребителя
4. Для каждого измеренного показателя определяется приведенные показатели качества.
5. Определяются коэффициенты весомости каждого показателя.
6. Объединение значений показателей качества в один интегральный показатель;
7. Сравнение интегральных показателей аналогов и принятие решений по управлению уровнем качества продукции.

За основу алгоритма интегральной оценки конкурентоспособности товара были взяты труды Фасхиева Х.А. и Крахмалевой А.В., которые рассматриваются вопросы оценки качества автомобилей. Для практической апробации алгоритма и дальнейшего совершенствования студентам Губкинского института (филиала) Университета машиностроения в рамках курсовой работы в течение трёх лет производилась оценка качества различных категорий товаров: начиная от автомобилей представительского класса и заканчивая бытовой химией и мелкой электроникой. В работе приняло участие 113 человек в возрасте от 19 до 42 лет. Для участников не бы-

ло ограничений для выбора сегментов рынка, это было сделано с целью, чтобы каждый участник мог выбрать тот вид товаров, который для него более интересен, а, следовательно, хорошо известен. В работе студенты выступали в роле потребителей и сами устанавливали, какие показатели являются значимыми. Однако необходимо было обосновать значимость каждого показателя. Кроме того, для стандартизации и унификации полученных данных, все участники должны были выбрать 5 товаров и 10 параметров.

Исследование показало, что с увеличением числа показателей качества трудоемкость оценки возрастает, а вот объективность возрастает несущественно, поэтому в состав оценочных показателей рекомендуется вводить только наиболее весомые с точки зрения потребителя.

При анализе результатов этапов 1 и 2 выяснилось: что 52 % участников, не смогли четко разграничить сегменты рынка, 12 % выбрали для сравнения товары, на порядок отличающиеся в цене.

При дальнейшей оценке качества наиболее проблемными являются этапы 3 и 4, что обусловлено отсутствием единых подходов к интерпретации показателей качества разных товаров.

Проблема преобразования многокритериальной задачи оценки качества в однокритериальную, как правило, решается с помощью преобразования измеренных показателей качества в один интегрированный числовой показатель. Для этого необходимо привести все показатели качества в сопоставимый вид, то есть рассчитать приведенные показатели качества. [2]

В трудах Фасхиева Х.А. и Крахмалевой А.В. приведенный показатель качества  $i$ -ого показателя определяется по формулам (1) и (2):

$$P_i = \frac{P_i + P_{i \min}}{P_{i \max} + P_{i \min}} \quad (1)$$

$$P_i = \frac{P_{i \max} + P_i}{P_{i \max} + P_{i \min}} \quad (2)$$

где  $P_{i \max}$  и  $P_{i \min}$  – максимальные и минимальные значения  $i$ -го показателя для всех товаров;  $P_i$  – значение  $i$ -го показателя для оцениваемого товара;  $i$  – количество показателей качества

Формула (1) используется для «прямых» показателей, увеличение значений которых повышает качество изделия. Например, это может быть мощность, производительность, емкость аккумуляторов или время рабы до ремонт, гарантийный срок, количество расцветок товара и т. д. Для «обратных» показателей, повышение которых снижает качество, применяется формула (2). К таковым можно отнести расход элек-

троэнергии, время подготовки товара к использованию и т. д.

На этом этапе выяснилось: во-первых, есть неоднозначные показатели, которые можно отнести как к прямым, так и обратным, например «масса» товар: может и снижать ценность товара, так как уменьшает его мобильность, но в тоже время большая масса необходима для устойчивости при работе; во-вторых, формула (2) имеет существенный методический недостаток: с ростом  $P_i$  – значение  $i$ -го показателя для оцениваемого товара растёт приведенный показатель, то есть рост обратного показателя улучшает, а не уменьшает качество товара; в-третьих, значения обратных показателей оказывают большее влияние на интегральный показатель, чем прямые.

Для устранения этих упущений были разработаны следующие формулы для прямых (3) и обратных показателей (4):

$$P_i = \frac{2 \cdot P_i}{P_{i \max} + P_{i \min}} \quad (3)$$

$$P_i = \frac{P_{i \max} + 2 \cdot P_{i \min}}{P_{i \max} + P_i} \quad (4)$$

Если для оценки качества товара выбраны показатели, не имеющие количественного измерения, то для опций, которые присутствуют или отсутствуют в изделии,  $P_i$  – соответственно равно «1» или «0», а для опций имеющих более двух исполнений (например, версия программного обеспечения)  $P_i$  – устанавливается по хронологическому принципу: чем позднее появилась опция, тем больше  $P_i$

На 5 этапе необходимо определить значения коэффициентов весомости показателей, так как отдельные показатели качества неравномерно влияют на общий уровень качества товара. Необходимо составить шкалу отношений, позволяющую ставить в соответствие степеням предпочтения одного показателя над другим определенные числа. Числа имеют величину от 0 до 1. Для каждого из показателей качества должны быть обоснованы с помощью результатов маркетинговых исследований приоритетов потребителей при выборе товара. Более важным показателям присваивается большой коэффициент весомости, а наименее важным – меньший. При выполнении работ студентами выяснилось, что большое число показателей затрудняет распределение коэффициентов весомости: у 74% трудности возникли с 10 показателями, 52% затруднились расставить приоритеты при 8 показателях, 10% затруднились при 6 показателях. 63 % студентов не смогли с первого раза дать аргументированный ответ, почему тот или иной показатель является важнее. Здесь следует сделать вывод, что при продвижении товара на

рынок большинство производителей может использовать стратегию пропаганды значимости тех характеристик товара, которые выгодно отличаются от конкурентов и наименее затратны при производстве. Это наиболее дешевый способ повышения конкурентоспособности своего товара.

Далее с использованием полученных значений коэффициентов весомости рассчитываются взвешенные показатели качества  $P_i \cdot X_i$ , затем по формуле (5) рассчитываются интегральные коэффициенты качества для сравниваемых товаров. На бом этапе и далее проблем с оценкой конкурентоспособности не возникает.

Интегральный коэффициент качества изделия  $K_k$  находят по формуле:

$$K_k = \sum_1^i P_i \cdot X_i \quad (5)$$

где  $P_i$  – приведенный показатель качества  $i$ -ого показателя;  $X_i$  – коэффициент весомости  $i$ -ого показателя качества.

Показатель конкурентоспособности своего товара по отношению к товарам-конкурентам будет определяться по формуле:

$$KC = \frac{K_a \cdot \bar{C}_c}{K_c \cdot C_a} \quad (6)$$

где  $K_a$  – интегральный показатель качества своего товара;  $C_a$  – средняя розничная цена своего товара;  $K_c$  и  $\bar{C}_c$  – среднее значение для качества и цены всех товаров:

$$K_c = \frac{\sum_{k=1}^5 K_k}{k}, \quad (7)$$

$$\bar{C}_c = \frac{\sum_{k=1}^5 \bar{C}_k}{k} \quad (8)$$

где,  $K_k$  – интегральный показатель качества  $k$ -го товара;  $k$  – количество сравниваемых товаров;  $\bar{C}_k$  – средняя розничная цена  $k$ -го товара

Средняя розничная цена рассчитывается как среднее арифметическое значение фактических цен в различных торговых точках и определяется по формуле:

$$C_a = \frac{\sum C_n}{n} \quad (9)$$

где  $C_n$  – фактическая цена товара в  $n$ -й торговой точке

После проведенных расчетов можно будет дать количественную оценку степени конкурентоспособности товара. Считается, что если  $KC < 1$ , то товар неконкурентоспособный. Более того, превышение данного значения на 20-30% считается минимальным, чтобы быть уверенным в успехе на рынке.[3]

В ходе проведения исследования был выявлен ряд упущений в существующих методиках оценки конкурентоспособности товаров. Предложены методические рекомендации по совершенствованию алгоритма интегральной оценки конкурентоспособности товара. Это позволит упростить процесс оценки и получать более достоверные результаты. Данная методика позволяет проводить оценку качества любых сегментов товаров, при этом она учитывает общий уровень конкуренции и цен на конкретном рынке.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Райт Дж. Блог-маркетинг. Новый революционный путь увеличения продаж, усиления потенциала бренда и достижения выдающихся результатов в бизнесе. М.: Эк-смо, 2008. 272 с.
2. Фасхиев Х.А., Крахмалева А.В. Оценка уровня конкурентоспособности грузовых автомобилей и их двигателей // Маркетинг в России и за рубежом. 2004. № 5. С. 3–16.
3. Маркетинг: теория и практика: учеб. пособ. для бак. / под общ. ред. С.В. Карповой. М.: Юрайт, 2012. 408 с.

**Tararuev V.V.**

## IMPROVED ALGORITHM INTEGRAL ASSESSMENT OF COMPETITIVENESS OF COMMODITY

*The paper deals with the evaluation of competitiveness of the commodity. The notion of quality of the commodity. In the course of the study revealed a number of shortcomings in the existing methods of valuation of competitiveness of the commodity. Methodical recommendations on improving the algorithm of integrated assessment of competitiveness of the commodity are offered. This will facilitate the evaluation process and to obtain more reliable results. The technique allows to assess the quality of all commodity segments, while it takes into account the overall level of competition and prices in a particular market.*

**Key words:** marketing, evaluation of competitiveness, commodity quality

**Тараруев Владимир Викторович**, кандидат экономических наук, старший преподаватель кафедры экономики, маркетинга и менеджмента.

Губкинский институт (филиал) Университета машиностроения

Адрес: 309186, Белгородская область, г. Губкин, ул. Комсомольская, д. 16.

e-mail: 1vvt@list.ru

*Никулина О.М., канд. экон. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова  
Дружникова Е.П., канд. экон. наук, доц.  
Белгородский государственный национальный исследовательский университет*

## МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РЫНОЧНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА К РЕКОНСТРУКЦИИ ЖИЛОГО ФОНДА ПЕРВЫХ МАССОВЫХ СЕРИЙ

nikom22@yandex.ru

*Рассматриваются основные проблемы, связанные с повышением доступности, безопасности и комфортности проживания граждан в жилищном фонде РФ. Предлагается рыночно-ориентированная методика для оптимизации параметров проектов реконструкции жилых домов первых массовых серий, которая позволяет на стадии проектирования принимать решения по улучшению их функциональных свойств. В ее основе лежит функционально-стоимостной анализ (ФСА), который рассматривается как метод оптимизации стоимостных показателей, дополненный обобщенной функцией желательности Харрингтона, позволяющей на основе анализа экспертами результатов комплексной оценки проектных характеристик объекта исследования и учетом мнения потребителей, сделать вывод о пригодности инженерных решений к реализации или о путях улучшения качественных характеристик объекта.*

**Ключевые слова:** модернизация экономики, инновационное развитие, жилой фонд, реконструкция, рыночно-ориентированная методика, функциональные свойства, потребители, функция желательности.

Современные мировые реалии диктуют необходимость всесторонней модернизации и развития экономики России. Не вызывает сомнения тот факт, что в соответствии с объективными экономическими закономерностями для выхода из кризисного состояния России необходимо повышение инвестиционной и инновационной активности по всем направлениям экономической деятельности. Управленческие концепции должны быть модернизированы таким образом, чтобы в крайне сложных условиях политической и нестабильной экономической ситуации они позволили бы создать такую экономическую модель, которая будет демонстрировать ее стабильную всестороннюю устойчивость. При поиске приоритетных направлений и перспективных сфер деятельности, прежде всего, необходимо верно выделять и учитывать факторы, которые оказывают доминирующее влияние на дальнейшее развитие.

В настоящее время, в условиях реформирования всей мировой системы, прежде всего, представляется как одной из доминант - повышение качества человеческого капитала, рост научного потенциала нашей страны, накопление объектов интеллектуальной собственности, их трансфер и коммерциализация, обеспечение преемственности поколений в сфере научных исследований и технологических разработок, привлечение и закрепление в ней молодежи. И поскольку в условиях исполнения амбициозных планов построения инновационной экономики главной производительной силой может быть только человек высокоинтеллектуального и вы-

сокопроизводительного труда, подготовка кадров, способных эффективно управлять инвестиционно-инновационной деятельностью и создание для них благоприятных и комфортных условий проживания является приоритетной задачей.

Необходимо констатировать, что в настоящий момент ряд критериев характеризующих качество жилого фонда России не демонстрируют высокие значения, в частности, это такие ключевые показатели как доступность, безопасность и комфортность [4, 10].

В [5, 7, 8] перечислены основные проблемы воспроизводства, эксплуатации жилого фонда и, как следствие, обеспечения доступности и комфортности проживания граждан России.

При этом значительный объем эксплуатируемого жилого фонда, порядка 2,5 млрд. кв. м, в том числе 250 млн. кв. м - малоэтажной застройки, занимают крупнопанельные дома первого периода индустриального домостроения [3]. В настоящее время назрела острейшая необходимость реконструкции этого фонда по градостроительным, функциональным и эксплуатационным аспектам, что, собственно, и предполагалось изначально [1, 2, 11, 14, 15].

Данный фонд отличается чрезвычайная экономичность объемно-планировочных решений, единая высота зданий, недостаточные звуко- и теплозащитные свойства ограждающих конструкций. Сроки эксплуатации данного типа зданий уже достигли предела долговечности и приблизились к критическим значениям. Дальнейшая эксплуатация указанных объектов ста-



новится опасной из-за возможных отказов конструкций и инженерного оборудования [3]. Перечень угроз безопасности граждан, проживающих в указанных многоквартирных жилых домах, дополняется неконтролируемая на протяжении длительного времени перепланировка и переустройство квартир. В результате безответственные действия собственников, имеющие мультипликативный эффект, также усиливают негативное влияние на конструктивную безопасность здания, вследствие снижения его пространственной жесткости и общей устойчивости. В настоящий момент крайне трудно определить масштабы таких изменений в зданиях, и процесс реконструкции данного сегмента рынка недвижимости позволил бы выявить все нарушения законодательства и своевременно их устранить.

Правильным решением было бы совмещение капитального ремонта и реконструкции жилых домов первых массовых серий, чтобы продлить срок их эксплуатации с учётом требований Технического регламента о безопасности зданий и сооружений. В настоящий момент требования указанного документа к зданиям и сооружениям, которые были запроектированы, построены и введены в эксплуатацию до вступления в силу соответствующего Федерального закона, не применяются вплоть до их реконструкции или капитального ремонта. Таким образом, многие жилые дома смогут прослужить ещё значительный срок и стать при этом не только безопасными, но и комфортными. Разумеется, в каждом конкретном случае, необходимо принимать взвешенное, тщательно обоснованное решение [6].

При этом является немаловажным то обстоятельство, что многие дома пятиэтажной застройки первых массовых серий в настоящее время оказались расположенными на особо дорогостоящих земельных участках городских территорий, а дворы практически превратились в парки. Образовалась уникальная комфортная среда обитания человека в мегаполисах рядом с развитой и доступной городской инфраструктурой. Если нет показаний к сносу, то с экономической точки зрения целесообразно эти объекты капитального строительства привести в полное соответствие с требованиями Технического регламента о безопасности зданий и сооружений в результате полноценной реконструкции с надстройкой мансард или даже нескольких этажей. При этом можно успешно решить как технические, так и юридические и экономические проблемы. Одним из первых свое видение решения возникающих вопросов в данной области

предлагал в своих работах академик РААСН С.Н. Булгаков [3].

При этом, безусловно, необходимо тщательное исследование взаимосвязей технических, организационных, правовых и экономических параметров и показателей, позволяющих найти наилучшее решение указанной проблемы [12, 13, 15]. В основу методики [4, 9], реализующей именно такой комплексный подход, предлагается включить симбиоз функционально-стоимостного анализа (ФСА) и обобщенной функции желательности Харрингтона, позволяющий по результатам комплексной оценки технических решений с учетом всех выделенных экспертами свойств (характеристик) объекта исследования сделать вывод о их пригодности к реализации, о путях улучшения качества объекта, о направлениях новых разработок и т.д.

Методика позволяет на прединвестиционном этапе проанализировать не только осуществимость проектов и определить их ценность, но и выявить оптимальное сочетание стоимости и приемлемого уровня качества с точки зрения потребителя и производителя строительной продукции. В результате такой оценки инвестор должен быть уверен, что на продукцию, являющуюся результатом проекта, в течение всего жизненного цикла будет держаться стабильный спрос. Методика реализуется в несколько этапов (рис. 1).

На первом этапе с использованием стандартных общепринятых подходов осуществляется предварительное технико-экономическое обоснование и разработка альтернативных вариантов проекта реконструкции.

На втором этапе оценка проекта осуществляется на основании комплекса показателей, входящих в два блока: оценка функциональных свойств обновленного объекта и его полезность для потребителей (рис. 2).

В основе оценки функциональных свойств объекта капитального строительства жилого назначения, как уже было отмечено выше, можно использовать основные принципы функционально-стоимостного анализа (ФСА), который рассматривается как метод поиска резервов сокращения затрат на производство продукции и позволяет находить возможные пути улучшения стоимостных показателей.

При выполнении второго этапа предложенной методики необходимо уточнить общие характеристики объекта исследования и произвести детализацию объекта на функции, выделив функции главные и вспомогательные в соответствии с его конструктивными особенностями.

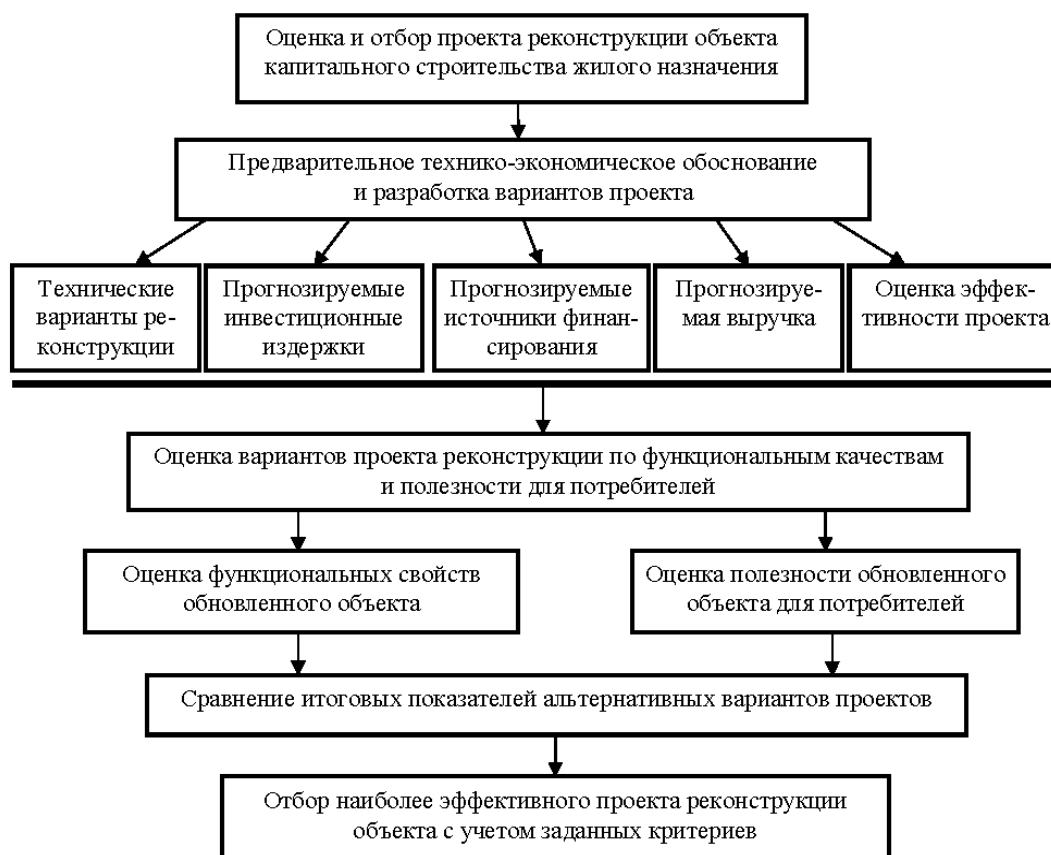


Рис. 1. Алгоритм оценки и оптимизации вариантов проектов по реконструкции жилого фонда

Под функцией в данном случае необходимо понимать проявление и сохранение свойств объекта в определенной системе взаимодействия с окружающей средой. Совокупность проявляющихся через функции свойств составит качество объекта. Следовательно, минимизируя затраты на функцию, минимизируются затраты на достижение заданного уровня качества.

При этом необходимо отметить, что формулировка функции должна быть достаточно точной и иметь законченный логический смысл. Понятие "функция" для строительных объектов жилого назначения и их элементов предполагает конкретные технические или технологические характеристики, например, такие как «конструктивная безопасность», «доступность маломобильных групп населения», «комфортность проживания», «сопротивление теплопередаче», «огнестойкость конструкций», «морозостойкость», «прочность конструкций», «долговечность», «защищенность от агрессивных воздействий» и т.п.

Разработки нового поколения функционально-комфортных, энергосберегающих жилых зданий предъявляют особый счет к качеству всех конструктивных элементов, из которых состоит объект. В связи с этим актуальным является определение требований потребителей к свойствам строительных материалов, конструктивным особенностям зданий, комфортности,

доступности маломобильных групп населения, что позволит оценить возможность реализации проекта или поставить задачу разработки его нового варианта. Требования формулируются, прежде всего, потребителями с помощью компетентных специалистов строительного комплекса и научно-исследовательских организаций.

На основании выделенных технических характеристик для обновляемого объекта рассчитываются количественные параметры его исходных конструктивных элементов, а также вновь добавляемых компонентов.

Анкетирование экспертов позволяет уточнить оптимальные величины технических характеристик объекта. С учетом полученных количественных экспертных оценок уточняются группы затрат и рассчитывается сметная стоимость проекта реконструкции.

При оценке строительной продукции с точки зрения полезности для потребителей в первую очередь сравниваются основные признаки, определяющие возможность использования данного объекта в соответствии с конкретными критериями. Таких критериев несколько, и те проекты, которые соответствуют по этим признакам ожиданиям потребителя, сопоставляются между собой с целью выявить свойства объекта, являющиеся оптимальными. Для этого каждый вариант проекта реконструкции объекта должен быть охарактеризован с помощью инте-

грального показателя, не имеющего размерности и учитывающего весь комплекс необходимых потребителю характеристик: технических, технологических и стоимостных. Таким показателем может быть обобщенная функция желатель-

ности Харрингтона, в основе построения которой лежит идея преобразования натуральных частных показателей в безразмерную шкалу желательности.

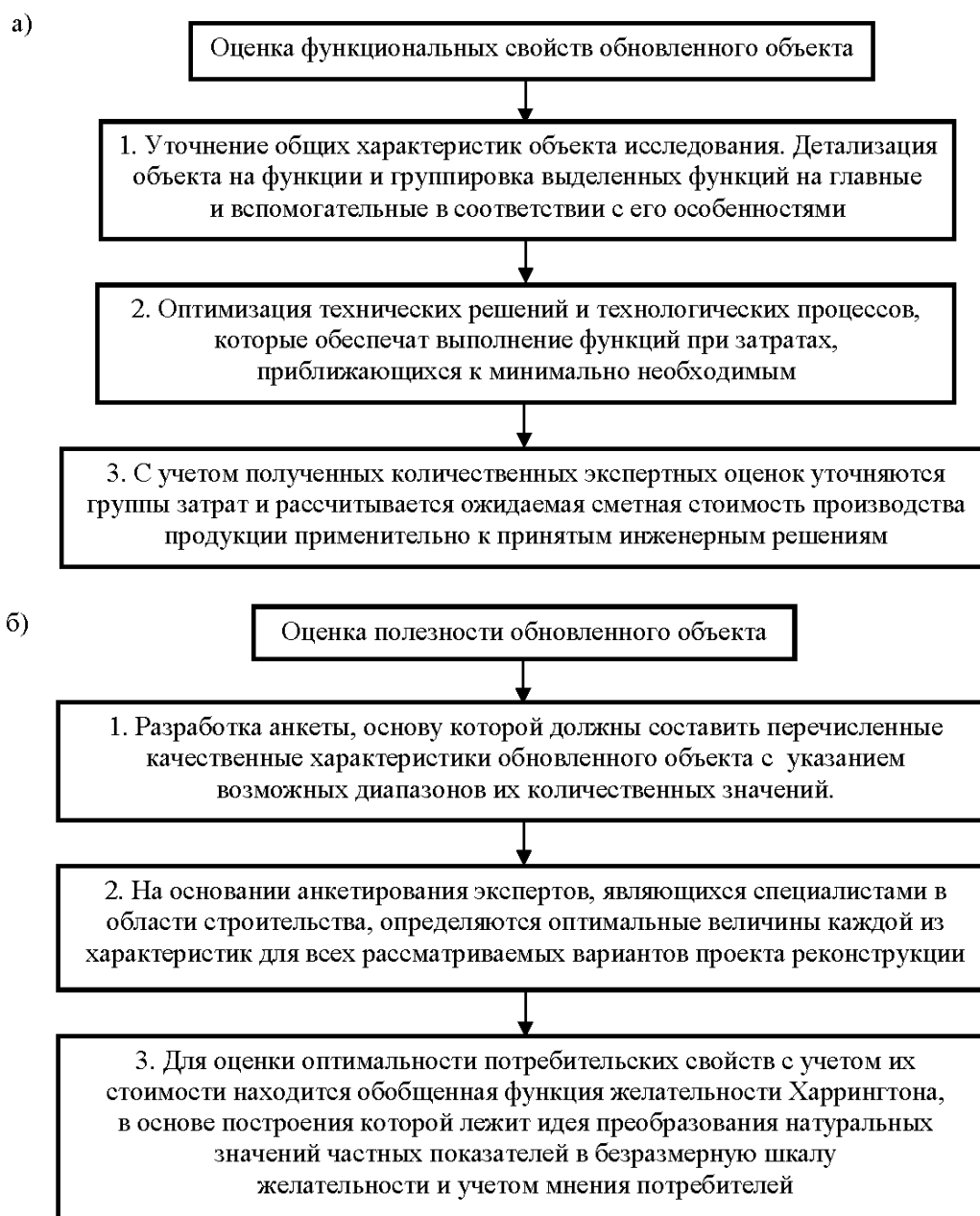


Рис. 2. Блок-схемы алгоритмов расчетов, отражающих последовательность рыночно-ориентированного направления оптимизации проектов реконструкции объекта капитального строительства жилого назначения: *а* – оценка функциональных свойств обновленного объекта; *б* – оценка полезности обновленного объекта для потребителей

Полученные значения обобщенной функции желательности сравниваются с табличными показателями, и различные виды проектов реконструкции ранжируются в зависимости от того, в какой интервал попадает их обобщенная функция желательности. Проект, имеющий наибольшее значение обобщенной функции желательности, является оптимальным.

С помощью экспертов на основании предварительно составленного перечня, который включает все главные и значительную часть вспомогательных функций, рассматриваются основные характеристики проекта. Каждое количественное значение необходимо обозначить соответствующей переменной  $Y_i$ . Количественные показатели перечисленных характеристик

проекта в натуральных единицах измерения сводятся в базу данных для последующего анализа.

С помощью обобщенной функции желательности Харрингтона применяется следующий алгоритм по преобразованию натуральных частных показателей в безразмерную шкалу желательности.

1. На основании опроса экспертов определяется путем ранжирования значимость характеристик проекта реконструкции объекта. Первое место и соответственно ранг 1 присваивается самому важному из свойств, последнее место (и соответственно ранг  $n$ ) – наименее важному. Остальные свойства получают ранги от 2 до  $(n-1)$ . Если из двух свойств трудно выделить кандидата на  $i$ -тое место, обоим свойствам присваивается ранг  $[i+(i+1)]/2=i+0,5$ .

2. Результаты ранжирования характеристик каждого проектного решения реконструируемого объекта обрабатываются и представляются в виде матрицы рангов. Согласованность мнений экспертов и неслучайный характер согласия оцениваются соответственно коэффициентом конкордации  $S$  и статистическим критерием  $\chi^2$  – Пирсона. Если расчетный коэффициент конкордации близок к 1, то это свидетельствует о достаточно большом единстве мнений специалистов. А для подтверждения гипотезы о неслучайном согласовании мнений экспертов рассчитанное на основании матрицы рангов значение  $\chi^2$  должно быть больше табличного критерия  $\chi^2$  – Пирсона, приведенного в справочниках по математической статистике. Если же коэффициент конкордации  $S$  и статистический критерий  $\chi^2$  – Пирсона имеют неприемлемые значения, эксперты повторно оценивают проектные решения реконструируемого объекта.

На следующем этапе для каждого варианта рассматриваемых проектов реконструкции ( $k = 1, 2, 3$ ) находим коэффициенты конкордации  $C_k$  и значения критериев  $\chi^2$  – Пирсона, которые вычисляем по следующей схеме:

а) суммируется число рангов  $a_{ij}$  для каждого свойства по группе экспертов  $\left(\sum_{j=1}^n a_{ij}\right)$ ;

б) определяется средняя сумма рангов  $\sum a_{ij}$  для каждого свойства:

$$\sum a_{ij} = 0,5g(n+1), \quad (1)$$

где  $g$  – число экспертов;  $n$  – число свойств;

в) определяется отклонение  $\Delta_i$  суммы рангов каждого свойства от средней суммы рангов:

$$\Delta_i = \left| \sum a_{ij} - \sum a_{ij} \right|; \quad (2)$$

г) определяется сумма квадратов отклонений по всем свойствам:

$$S = \sum_i \Delta_i^2; \quad (3)$$

д) подсчитывается число повторяющихся рангов, присвоенных каждым экспертом (если повторение имеет место);

е) при наличии повторяющихся рангов вычисляется показатель взаимосвязанности  $T_j$ :

$$T_j = 1/12 \sum (t_j^3 - t), \quad (4)$$

где  $t_j$  – число повторений каждого ранга у каждого эксперта;

ж) коэффициенты конкордации  $C_k$  определяются по формуле:

$$C_k = \frac{S_k}{1/12 \times g^2(n^3 - n) - g \sum_{j=1}^g T_j}; \quad (5)$$

з) значения критериев  $\chi^2$  – Пирсона вычисляются по формуле:

$$\chi^2 = \frac{S_k}{1/12 \times gn(n+1) - 1/(n-1) \sum_{j=1}^n T_j}. \quad (6)$$

3. Определяются конкретные количественные показатели значимости свойств по каждому проекту. Для этого характеристики рассматриваемых вариантов проектных решений реконструкции объекта располагаются в последовательности от 1 до  $n$  в соответствии с направлением увеличения суммы рангов, присвоенных экспертами. Показатель значимости каждого свойства соответствует месту, занимаемому им в полученном ранжированном ряду, и вычисляется по формуле:

$$\beta_1 = \frac{i}{2^{i-1}}, \quad (7)$$

где  $i$  – место, присвоенное экспертом данному свойству.

4. Для каждого варианта проектного решения с помощью экспертов устанавливаются величины показателей свойств, отвечающие категориям «очень хорошо», «хорошо», «удовлетворительно», «плохо», «очень плохо».

5. С помощью стандартной функции желательности определяются частные желательности в виде безразмерных показателей свойств для соответствующих вариантов проектных решений реконструкции объекта. Шкала желательности имеет интервал от 0 до 1 ( $d=0$  соответствует неприемлемому уровню данного свойства,  $d=1$  – самое лучшее значение свойства).

6. Для каждого из вариантов проектных решений рассчитывается обобщенная функция желательности  $D_k$ , которая представляет собой среднее геометрическое из частных функций

желательности с поправкой на значимость каждого свойства (характеристики):

$$D_k = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n d_j^{\beta_j}}, \quad (8)$$

где  $\prod_{j=1}^n$  – произведение частных функций желательности;  $n$  – число свойств;  $\beta_j$  – показатель значимости каждого свойства (характеристики)

проектного решения;  $i$  – место (номер) свойства в ранжированной последовательности свойств;  $k$  – варианты проектных решений ( $k=1, 2, 3$ ).

7. Найденные значения обобщенных функций желательности  $D_k$  для каждого варианта проектных решений реконструкции объекта сравниваются со шкалой стандартных оценок (таблица 1) и между собой.

Таблица 1

Стандартные отметки на шкале желательности

Желательность	Отметки на шкале желательности
Очень хорошо	1,00–0,80
Хорошо	0,80–0,63
Удовлетворительно	0,63–0,37
Плохо	0,37–0,20
Очень плохо	0,20–0,00

На основании анализа полученных результатов делается вывод о приоритетности реализации одного из анализируемых проектов реконструкции объекта с учетом мнения потребителей и заданных ими критериев эффективности.

Острота жилищной проблемы в России, а также опыт развитых европейских стран в ее решении показывают, что другой альтернативы, кроме сохранения и реконструкции созданного жилищного фонда не существует. В каждом конкретном случае возможны различные варианты принятия решений. Иногда, более выгодным является снос отдельных зданий, но очевидно, что для большинства жилых зданий, построенных в России по первым типовым проектам, необходима их комплексная реконструкция, которая максимально устранила бы их недостатки [11].

В заключение хотелось бы отметить, что одним из основных критериев повышения имиджа государства, его инновационного развития, и, как итог, конкурентоспособности, является реализация гуманистических принципов, которые лежат в основе создания наиболее благоприятных условий для жизни и плодотворной деятельности своих граждан. И поскольку государство выступает гарантом обеспечения безопасности своих граждан, необходимо разрабатывать и использовать эффективные подходы, принципы, методы для усовершенствования среды обитания населения нашей страны.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бредихин В.В., Бредихина Н.В. Некоторые подходы к реконструкции городского пространства в условиях сложившей застройки // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 2. С.47–50.

2. Булгаков С.Н. Концепция реконструкции 5-этажной застройки 60-70-х гг. // Промышленное и гражданское строительство. 1995. № 7. С. 21–24.

3. Булгаков С.Н. Реконструкция жилых домов первых массовых серий и малоэтажной жилой застройки. М.: ООО «Глобус», 2001. 248 с.

4. Герасимова Н.А., Когтева А.Н., Никулина О.М., Королькова Д.И. Региональный рынок доступного жилья: формирование и развитие. Белгород: ИП Остащенко А.А., 2015. 109 с.

5. Дружников Е.П. Значение реконструкции гражданских зданий в решении социально-функциональных проблем развития современных российских городов // Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения: материалы международных академических чтений. Курск: Изд-во Курского гос. ун-та, 2014. С. 216–221.

6. Капремонт должен продлить жизнь белгородским хрущевкам [Электронный ресурс] // Белпресса. URL: [www.belpressa.ru/news/type/novosti/news/kapremont-dolzhen-prodlit-zhizn-belgorodskim-hrushyovkam/](http://www.belpressa.ru/news/type/novosti/news/kapremont-dolzhen-prodlit-zhizn-belgorodskim-hrushyovkam/) (Дата обращения: 11.03.2016).

7. Людковский А.М. Проблемы модернизации жилых домов первых массовых серий // Строительные материалы. 1996. № 9. С. 6–7.

8. Никулина О.М. Анализ проблем экономико-правового характера при обеспечении безопасности объектов капитального строительства жилого назначения // Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения: материалы международных академических чтений. Курск: Изд-во Курского гос. ун-та, 2014. С. 221–228.

9. Никулина О.М. О возможности применения рыночно-ориентированного подхода к вы-

бору комплекса мероприятий по обеспечению необходимого уровня безопасности среды обитания образовательных учреждений // Известия Орловского государственного технического университета. Серия: Строительство и транспорт. 2007. № 1. С. 40–43.

10. Никулина О.М., Герасимова Н.А., Когтева А.Н., Королькова Д.И. Инновационная составляющая в повышении доступности и комфортности жилой недвижимости в регионе [Электронный ресурс] // Фундаментальные исследования. 2015. № 11–6. С. 1215–1219; URL: <http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=39722> (дата обращения: 11.03.2016).

11. Прокофьева И.А. Хрущевки - снос или реконструкция: современные тенденции // Жилищное строительство. 2015. № 4. С. 43–46.

12. Сарченко В.И. Концепция рационального использования городских территорий с учетом их скрытого потенциала // Жилищное строительство. 2015. № 11. С. 9–13.

13. Скачков П.А., Горнева О.С., Шутов С.В., Гнатьюк К.В. Метод определения потенциала развития застроенных жилых территорий // Жилищное строительство. 2015. № 4. С. 3–7.

14. Чикишева Н.М., Шестакова А.П. К вопросу о систематизации отечественного опыта реконструкции жилых домов первых массовых серий [Электронный ресурс] // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. 2013. № 3; URL: <http://uecs.ru/ru/uecs51-512013/item/2055-2013-03-26-08-30-49>. (дата обращения: 11.03.2016)

15. Юдина А.Ф. Реконструкция и техническая реставрация зданий и сооружений. М.: Издательский центр «Академия», 2010. 320 с.

---

**Nikulina O.M., Druzhnikova E.P.**

**METHODICAL ENSURE OF THE MARKET-ORIENTED APPROACH TO THE RECONSTRUCTION OF FIRST MASS SERIES HOUSING**

*The main problems that are associated with the increase of availability, security and comfort of the citizens living in the housing sector of the Russian Federation are examined. The market-oriented methodology for parameters optimization of the reconstruction projects of first mass series houses, which allows making decisions about improving their functional properties at the design stage, is offered. It is based on Activity Based Costing (ABC), that is examined as a method for the value indicators optimization, complemented by a Harrington desirability function, allowing on the basis of the analysis of the results of the design characteristics of the research object comprehensive assessment of the experts and taking into account the views of consumers, to draw a conclusion about the engineering solutions suitability for the implementation or on ways to improve the quality characteristics of the object.*

**Key words:** *modernization of the economy, innovative development, housing, reconstruction, market-oriented methodology, functional properties, consumers, the desirability function.*

---

**Никулина Ольга Михайловна**, кандидат экономических наук, доцент кафедры стратегического управления. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.  
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46.  
E-mail: [nikom22@yandex.ru](mailto:nikom22@yandex.ru)

**Дружникова Елена Петровна**, кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики. Белгородский государственный национальный исследовательский университет.  
Адрес: Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, д. 85.  
E-mail: [druzhnikova@bsu.edu.ru](mailto:druzhnikova@bsu.edu.ru)

Дадалова М.В., канд. экон. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## МЕХАНИЗМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ МОЩНОСТЬЮ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ

margarita130466@rambler.ru

*Исследовано понятие управление производственной мощностью, рассмотрены взаимосвязанные функции, реализация которых представляет собой управление производственной мощностью, рассмотрены этапы разработки стратегии управления производственной мощностью и виды стратегий управления производственной мощностью в соответствии с возможностями предприятия, связанными с ее текущей деятельностью и планами на будущее.*

**Ключевые слова:** производственная мощность (ПМ), факторы, резервы, управление производственной мощностью (УПМ), предприятие, производительность.

Управление производственной мощностью (УПМ) предприятий реального сектора российской экономики является одним из важнейших инструментов вывода ее из кризиса, укрепления, развития и обеспечения конкурентоспособности. Научно-обоснованное управление производственной мощностью положительно влияет на экономические показатели деятельности предприятий, а именно: обеспечивается рост выпуска продукции и снижается ее себестоимость; сокращаются инвестиции, необходимые для увеличения выпуска продукции; обеспечивается экономия труда, овеществленного в основных производственных фондах, за счет более интенсивного использования оборудования [8].

На основании изучения существующих подходов к УПМ и выявленных недостатков рассмотрим следующий механизм УПМ (рис.1). Отметим, что в структурном плане, предлагаемый механизм состоит из 5 блоков: блок анализа, блок оценки, блок планирования, блок финансового обеспечения, блок контроля и уточнены составляющие этого блока.

**Блок анализа использования ПМ.** Оптимальный уровень ПМ и повышение эффективности использования этих мощностей является основной задачей управления ПМ в настоящий период. От решения этой проблемы зависит место предприятия в промышленном производстве, выход из кризиса, его финансовое состояние, конкурентоспособность на рынке. Проведенный анализ действующих производственных мощностей показал, что в целом по России за последние 5 лет среднегодовая мощность возросла на 5,5 %, а выпуск продукции на 3,4 %, что свидетельствует о неудовлетворительной практике использования мощностей [6].

Одним из важнейших показателей использования производственной мощности следует выделить *коэффициент использования производственной мощности*. Он характеризует уро-

вень использования действующей производственной мощности. В свою очередь производственная мощность делится на определенные виды, каждый из которых имеет отличительную особенность в решении вопросов планирования и организации производства. Поэтому уровень использования разных видов мощностей необходимо рассматривать отдельно. Так, прежде всего, следует оценить уровень использования принятой плановой, среднегодовой и фактической производственной мощности. Коэффициент использования каждой из них можно получить путем отношения планового или фактического объема валовой, товарной, чистой продукции (В) к соответствующему виду производственной мощности (М).

По значению коэффициента использования того или иного вида мощности можно оценивать уровень и эффективность ее использования. Однако достигнутый высокий уровень коэффициента использования производственной мощности не всегда дает основание утверждать об интенсивном ее использовании. Нами это объяснено, прежде всего, тем, что на предприятиях ведущих отраслей при определении их производственных мощностей ориентируются на мощность тех подразделений, которые являются «узкими местами». Следовательно, производственные мощности занижаются и не отражают действительной их величины, которой располагают предприятия. В связи с этим нельзя судить о рациональном использовании технологического оборудования, имеющихся потенциальных резервах повышения его загрузки [13].

Рост уровня использования производственной мощности в значительной степени зависит от наиболее полного использования эффективного фонда работы оборудования, т.е. время, исключая простое оборудование в ремонте. Однако этот показатель, как мы считаем, учитывает только потери в работе оборудования, которые напрямую зависят от возраст-

ной характеристики техники. Рост последней способствует сокращению эффективного фонда времени работы оборудования, так как увеличи-

вает время на поддержание разного рода техники в работоспособном состоянии [5].

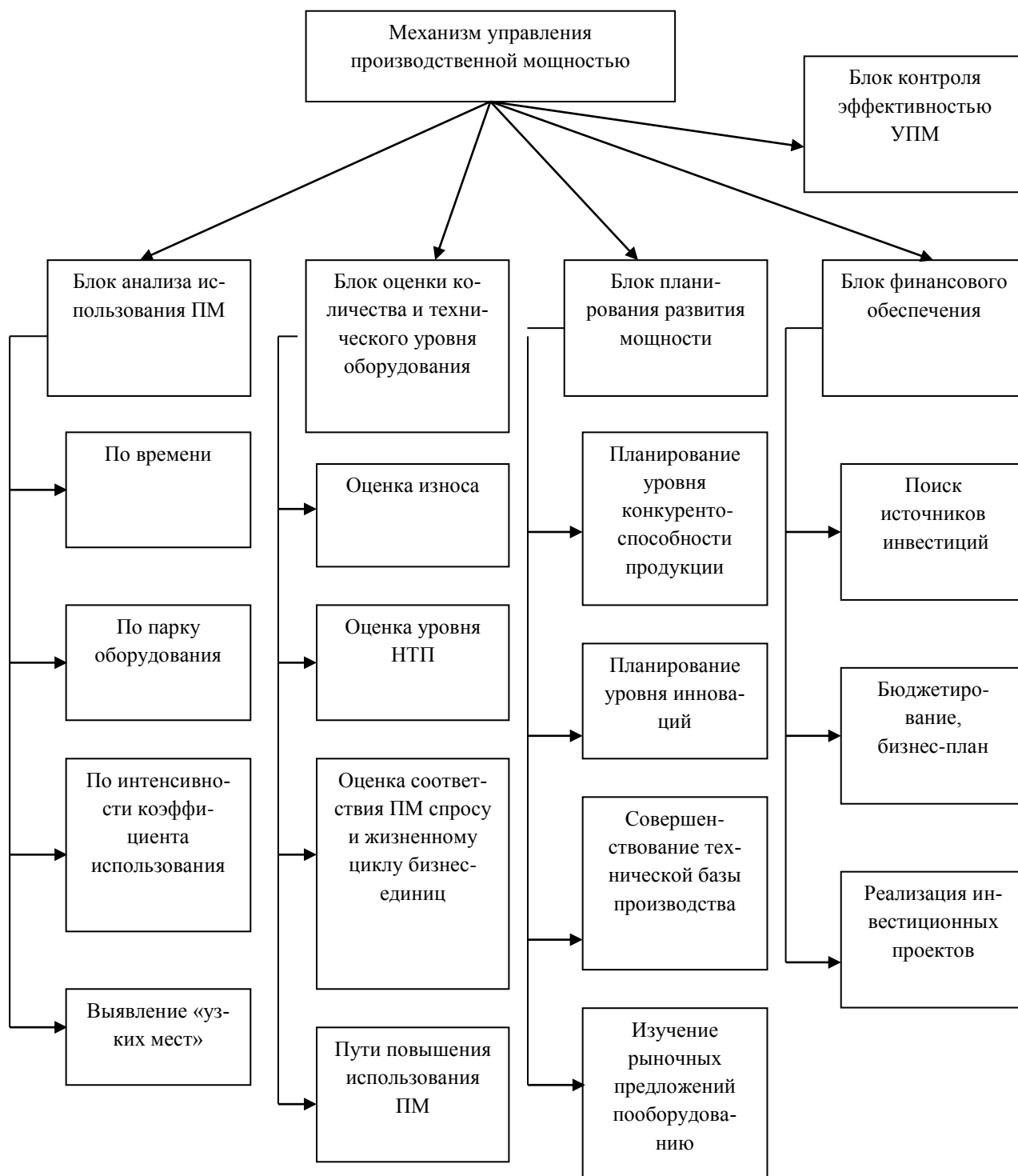


Рис. 1. Механизм управления производственной мощностью

Значительные возможности по улучшению использования производственных мощностей предприятия заложены в совершенствовании возрастной и технологической структуры парка основного технологического оборудования. Более молодой парк оборудования имеет меньшие потери времени, особенно на сверхплановые и

аварийные ремонты. В целом по группе анализируемых предприятий оборудование, принятое в расчет производственной мощности, используется только на 30–40 %, что свидетельствует о наличии значительных сверхплановых простоев. По данным Госкомстата в структуре целосменных простоев оборудования наибольший удель-



ный вес приходится на следующие причины: отсутствие сырья, материалов, заготовок, модернизация и плановый ремонт, а также неукомплектованность рабочими-станочниками. В целом они занимают порядка 60 %.

Уровень использования производственной мощности предприятия в целом зависит от сбалансированности системы мощностей отдельных звеньев.

Несопряженность производственных звеньев возникает при наличии «узких мест» и резерва. Необходимо ликвидировать «узкие места» путем выравнивания пропускных способностей отдельных цехов, участков, групп взаимозаменяемого оборудования до уровня пропускной способности ведущих подразделений [2].

Перейдем к детальному рассмотрению следующего блока, т.е. к блоку *оценки количества и технического уровня оборудования*. Совершенствование качественного состава парка зависит от того, насколько объективно разработан и быстро реализован план организационно-технических мероприятий по активной замене физически изношенного и морально устаревшего оборудования. Жесткая конкуренция на рынке средств производства и товаров широкого потребления требует постоянного пересмотра действующей технологии в направлении увеличения доли современной и высокопроизводительной техники, обеспечивающей рост производительности труда и снижение текущих затрат за счет сокращения материало- и энергоемкости продукции. Разрыв технических возможностей между новыми и старыми моделями, которые продолжают эксплуатироваться, постоянно увеличивается [11].

На всех стадиях жизненного цикла оборудование подвергается физическому износу и моральному старению. Для новых моделей моральный износ незначителен и растет постепенно. У старой техники физический износ достигает такой величины, что дальнейшая эксплуатация экономически не оправдана, а моральный износ не обеспечивает соответствующих требований, отвечающих условиям производства продукции, отвечающей требованиям рынка [3].

Принимая во внимание жесткие требования со стороны современного производства и учитывая техническую компоненту макросреды бизнеса отметим, что потребность в машинах и оборудовании, превращают в актуальное направление внедрение достижений научно-технического прогресса. Использование в технологической оснастке производства такое оборудование должно обеспечивать:

– внедрение ресурсосберегающей технологии;

– повышение технического уровня продукции и ее конкурентоспособности;

– рост механизации и автоматизации производства.

Для повышения уровня использования действующих производственных мощностей необходимо:

- Провести активную замену морально устаревшего и физически изношенного оборудования, т.е. заменить на современное, высокопроизводительное;

- Повысить коэффициент сменности за счет ликвидации излишнего оборудования и обеспечить высвобождение производственных площадей для наиболее эффективного их использования;

- Повысить квалификацию рабочих, обслуживающих уникальное, специальное и лимитирующее оборудование;

- Устранить случаи превышения фактической машиноемкости над плановой величиной;

- Пересмотреть действующие технологические процессы механической обработки с целью ликвидации «узких мест» и повышения уровня использования уникального оборудования.

*Блок планирования развития производственной мощности.* Реализация задачи дальнейшей интенсификации производства осуществляется через планы технического развития. Эти планы разрабатываются в соответствии с научно-технической политикой конкретного предприятия по двум основным направлениям:

– повышение уровня конкурентоспособности продукции;

– совершенствование технической базы производства.

Традиционно планирование развития технической базы производства включает разработку комплекса организационно-технических мероприятий, направленных на внедрение прогрессивных способов изготовления продукции и обеспечение роста уровня конкурентоспособности в результате повышения качественных характеристик изделия, снижения машиноемкости (трудоемкости), материалоемкости, себестоимости. В условиях рыночной экономики, для которой характерна жесткая конкуренция, товаропроизводитель должен постоянно следить за уровнем прогрессивности процесса производства и качества продукции. Обеспечение соответствующего уровня конкурентоспособности производства не может быть достигнуто без совершенствования действующей технологии или разработки новой [16]. Разработка новой технологии осуществляется, исходя из производственных мощностей каждой единицы и групп

взаимозаменяемого оборудования с учетом размещения оборудования по цехам и участкам. Определение производственных мощностей и технологических возможностей оборудования позволяет создать наиболее прогрессивную технологию. Внедрение в производство новой технологии процедура весьма дорогая. Поэтому экономически оправдано заранее разрабатывать гибкую технологию, которая в дальнейшем без привлечения значительных капитальных вложений может быстро перестраиваться для изготовления вновь введенной номенклатуры [1].

Сущность блока финансового обеспечения состоит в составлении обоснованного бизнес-плана на осуществление инновационного проекта является весьма важным показателем не только высокой эффективности работы предприятия, но и настоящего профессионализма его создателей. В современных условиях бизнес-план служит для производителей надежным инструментом ведения бизнес-процессов, а для инвесторов – основным ориентиром при кредитовании и финансировании предстоящего проекта. Нарращивание и использование производственных мощностей диктуется объективными условиями экономического развития промышленного производства. Реализация этого важнейшего направления во многом зависит от объемов и темпов авансирования капитальных вложений. К направлениям использования капитальных затрат относят: совершенствование технологической и воспроизводственной структуры. Каждое из направлений обеспечивает наращивание и улучшение использования действующих производственных мощностей.

В условиях административно-командной системы управления капитальные вложения по характеру их формирования подразделяются на централизованные и децентрализованные. В настоящее время используются бюджетные ассигнования капитальных вложений, но их доля в реальной потребности не превышает 30%. Поэтому потребность в единовременных затратах каждое промышленное предприятие обеспечивает за счет собственных средств или путем привлечения частных инвесторов.

Блок контроля эффективностью УПМ. Важнейшей функцией производственного менеджмента является оперативный учет и контроль деятельности предприятия. Основными объектами оперативного учета и контроля производства являются многие планово-экономические показатели: от часовых или сменно-суточных заданий до годовых объемов производства [10]. Оперативный учет и контроль выполнения производственных планов производства должен способствовать правиль-

ному решению таких текущих задач, как обеспечение ритмичной работы во всех звеньях производства, сокращение перерывов в движении предметов труда по отдельным технологическим стадиям, повышение гибкости текущих планов выпуска и продажи продукции с учетом динамичного изменения требований рынка и т.д.

Принципиально важным является непосредственное формирование механизма управления ПМ с демонстрацией связей между ключевыми блоками и их составляющими, которые указаны выше. Такое формирование дает основание для комплексной оценки эффективности УПМ [4].

Производственная мощность формируется и используется в процессе целенаправленной организационно-управленческой деятельности. Поэтому, современный менеджмент, и корпоративный, и отраслевой, и общенациональный в особенности, должен рассматривать в качестве одной из своих базовых функций управление производственной мощностью.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алексеева М.М. Планирование деятельности фирмы. М.: Финансы и статистика, 2012. 370 с.
2. Арустамов Э.А., Андреева Р.С. Организация предпринимательской деятельности. М.: Дашков и К, 2009. 142 с.
3. Бухалков М.И. Планирование на предприятии. М.: Инфра-М, 2011. 416 с
4. Бухалков М.И. Организация и нормирование труда. М.: ИНФРА-М, 2008. 416 с
5. Водянов А.А., Гаврилова О.С., Маршова Т.Н. Производственные мощности российской промышленности в контексте задач экономического роста // Российский экономический журнал. 2010. №2. С. 3-12.
6. Горемыкин В.А. Планирование на предприятии. М.: «Высшее образование, 2012. 609 с.
7. Горфинкель В.Я., Поляк Г.Б., Швандар В.А. Предпринимательство. М.: ЮНИТИ, 2010. 238 с.
8. Горфинкель В.Я., Швандар В.А. Экономика предприятия. М.: ЮНИТИ, 2011. 670 с.
9. Дадалова М.В. Управление производственной мощностью на предприятиях стекольной промышленности: дис. ... канд. эконом. наук. Белгород. 2009. 175 с.
10. Зайцев Н.Л., Производственная мощность предприятия, М.; Экзамен, 2010. 413 с.
11. Магомедов М.Д., Куломзина Е.Ю., Чайкина И.И. Экономика и организация производства. СПб.: РАПП, 2013. 376 с.

12. Новицкий Н.И. Организация, планирование и управление производством. М.: ИНФРА-М, 2014. 385 с.

13. Титов В.И. Экономика предприятия: М.: Эксмо, 2012. 416 с.

14. Фатхутдинов Р.А. Производственный менеджмент: СПб.: Питер, 2010. 423 с.

15. Фатхутдинов Р.А. Организация производства. М.: Финансы и статистика, 2010. 379 с.

16. Филатов О.К., Рябова Т.Ф., Минаева Е.В. Экономика предприятий (организаций). М.: Финансы и статистика, 2011. 347 с.

---

**Dadalova M.V.**

**MANAGEMENT MECHANISM BY PRODUCTION CAPACITY ON INDUSTRIAL ENTERPRISE**

*The concept of management capacity, address related functions, the implementation of which is the management of production capacity, the stages of the development strategy for the management of the production capacity and the kinds of policies the managements by a production capacity in accordance with the possibilities of the company related to its current activities and future plans.*

**Key words:** *capacity, functions, management of production capacity, production capacity of the enterprise management strategy.*

---

**Дадалова Маргарита Всеволодовна**, кандидат экономических наук, доцент кафедры маркетинга. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.  
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, 46  
E-mail: margarita130466@rambler.ru

Доможирова О.В., канд. экон. наук, проф.,  
Несмеянова М.Н., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОПТИМИЗАЦИИ МАТЕРИАЛЬНЫХ ЗАТРАТ НА ПРЕДПРИЯТИИ

marina-1907@yandex.ru

Принимая во внимание жесткую конкуренцию на рынке и ограниченный спрос, основным условием увеличения прибыли предприятия является снижение себестоимости выпускаемой продукции, в частности, снижение издержек производства и сбыта продукции, поэтому организация и управление затратами являются приоритетной задачей для компании. В последнее время, в целом ряде отраслей промышленности значительно снижается количество используемых материалов и деталей, изготовленных из дорогостоящих цветных металлов и их сплавов. Их заменяют изделия, изготовленные из современных полимерных материалов, имеющих более низкую себестоимость, например, капролона, что позволяет значительно снизить материальные затраты предприятия и, соответственно, увеличить прибыль. При этом данный материал не уступает по качеству дорогим сплавам, позволяет расширить технические характеристики деталей, продлить их срок службы.

**Ключевые слова:** управление затратами, снижение себестоимости, материальные затраты, оптимизация затрат.

Достижения высоких результатов деятельности компании, максимизации прибыли и повышения эффективности производства невозможно добиться без эффективного управления затратами на производство и реализацию продукции. Основным финансовым результатом деятельности предприятия является прибыль, которая служит основой и источником средств для дальнейшего развития. Решить задачу максимизации прибыли можно двумя путями: наращивать объемы производства или цены на выпускаемую продукцию, но это не всегда возможно и целесообразно, либо сокращать затраты. Принимая во внимание жесткую конкуренцию на рынке и ограниченный спрос, основным условием увеличения прибыли предприятия является снижение себестоимости выпускаемой продукции, в частности, снижение издержек производства и сбыта продукции, поэтому организация и управление затратами являются приоритетной задачей для компании [3].

Управление затратами – это процесс целенаправленного формирования затрат по их видам, местам и носителям при постоянном контроле и стимулировании их уменьшения, это умение экономить ресурсы и максимизировать отдачу от них. А говоря на быденном языке. Управление затратами – это умение тратить деньги организации [11].

Управление затратами является важной функцией экономического механизма любого предприятия. Как известно, все затраты, можно сгруппировать в связи с их экономическим содержанием по следующим элементам:

- материальные затраты;
- затраты на оплату труда;
- отчисления на социальные нужды;

- амортизация основных фондов;
- прочие затраты [9].

Для производственных предприятий самой значительной из перечисленных статей затрат являются материальные затраты. Их доля в общей сумме затрат составляет 60–90 % и поэтому на них следует обращать особое внимание [1].

Материальные ресурсы – один из важнейших элементов производственного цикла любого предприятия; они представляют собой предметы труда, которые используются для изготовления продукции, выполнения работ, оказания услуг. Они целиком потребляются в каждом производственном цикле, полностью перенося свою стоимость на стоимость производимой продукции [15].

Снижение показателей на единицу продукции (работ, услуг) – является одним из показателей эффективности работы предприятия. Оно может быть достигнуто путем:

- снижения норм расхода материалов;
- замены дорогостоящих материалов более дешевыми;
- сокращения транспортно-заготовительных расходов;
- рационального использования сырья и материалов;
- снижения стоимости сырья и материалов;
- сокращения потерь и отходов;
- оптимизация плана производства выпускаемой продукции;
- улучшение технического оснащения и технологии изготовления продукции [5].

Одним из эффективных путей снижения себестоимости продукции является замена дорогостоящих материалов более дешевыми (синтети-

ческими), но без снижения технических норм, потребительских качеств и свойств конечной продукции [2].

В последнее время, в целом ряде отраслей промышленности значительно снижается количество используемых материалов и деталей, изготовленных из дорогостоящих цветных металлов и их сплавов. Их заменяют изделия, изготовленные из современных полимерных материалов, имеющих более низкую себестоимость, что позволяет значительно снизить материальные затраты предприятия. Необходимость такой замены объясняется не только высокой ценой на цветные металлы, но и ограниченностью их запасов. Кроме того, современные полимеры позволяют расширить технические характеристики деталей, продлить их срок службы [8].

Одним из таких материалов, способным заменить сплавы, является капролон. Он пользуется большой популярностью и востребован многими промышленными предприятиями. Капролон – полимерный материал конструкционного и антифрикционного назначения [4]. Он применяется в различных отраслях промышленности для изготовления деталей широкой номенклатуры:

- 1) подшипников скольжения, втулок, облицовок, направляющих и вкладышей узлов трения, работающих при нагрузке до 20 МПа при смазке маслом, водой или всухую, которые снижают потери на трение;
- 2) шкивов, блоков, колес и роликов грузоподъемных механизмов с тяговым усилием

до 30 тонн, гидравлических тележек, кранбалок, транспортеров, конвейеров;

3) корпусов, кронштейнов для различных приборов и автоматов, ступиц колес тележек, вагонеток, вакуумных и карусельных фильтров к которым предъявляются повышенные требования по ударостойкости;

4) шестерен, звездочек и червячных колес для автоматов мойки бутылок, разлива и укупорки жидкостей, нанесения этикеток, комбайнов, приводов редукторов, которые снижают уровень шума и вибрации (до 15 ДБ);

5) деталей уплотнения (взамен фторопласта) для дозаторов, сепараторов, арматуры, оборуования для РТИ и манжет для систем высокого давления (до 500 атм);

6) досок из капролона для обвалочных и разделочных столов для пищевой промышленности;

7) деталей конвейерных линий рыбо- и мясоперерабатывающей промышленности, линий для производства напитков [7].

Капролон имеет низкий коэффициент трения в паре с любыми металлами, хорошо и быстро прирабатывается, в 6 – 7 раз легче бронзы и стали, взамен которых он устанавливается. Изделия из капролона в 2 раза снижают износ пар трения, повышая их ресурс. Не подвержен коррозии, допускается к контакту с пищевыми продуктами и питьевой водой, экологически чист [10].

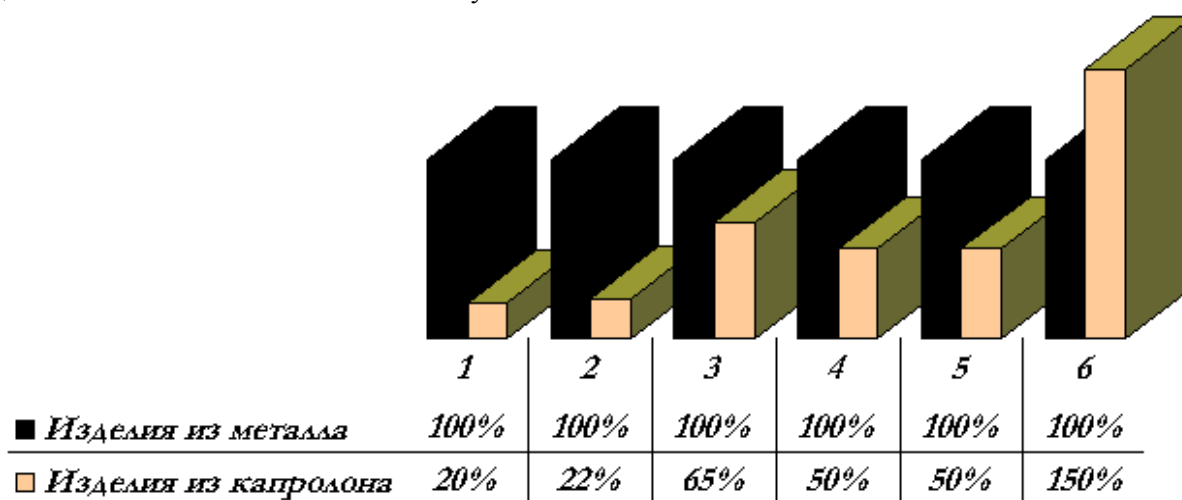


Рис. 1. Эффективность капролона по сравнению с металлом

1 – Масса; 2 – Материалоемкость; 3 – Трудоемкость изготовления; 4 – Стоимость; 5 – Износ вала; 6 – Срок службы изделия

Капролон имеет целый ряд важных характеристик:

- низкая себестоимость;
- высокая износостойкость;
- продолжительный срок эксплуатации;

– материал не окисляется, не подвержен коррозии;

– устойчив к механическому воздействию.

Именно эти и другие, не менее важные качества, обеспечили материалу высокую попу-

лярность в различных отраслях промышленности. С самого начала использования, капролон прочно занял лидирующие позиции [12].

Исходя из вышеизложенного и рисунка 1, можно сделать вывод, что использование капролона вместо металла более эффективно и рационально. Благодаря замене дорогостоящих металлов на более дешевые синтетические, такие, как, например, капролон, существенно снижаются материальные затраты, что, соответственно приведет к увеличению прибыли предприятия.

В современных условиях перед российскими предприятиями все более остро возникает проблема эффективного управления материальными затратами. Умение планомерно и рационально сокращать затраты повышает шансы на увеличение прибыли. Все это возможно делать тогда, когда на предприятии внедрена продуманная система управления затратами. Основной целью управления затратами является экономия ресурсов и повышение эффективности их использования для уменьшения себестоимости продукции и, как следствие, увеличения прибыли и рентабельности [6].

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бехтерева Е.В., Бехтерева Е.В. Себестоимость. Рациональный и эффективный учет расходов: Учебник. М.: Омега-Л, 2010. 160 с.
2. Бочоришвили М.М. Себестоимость продукции, как важнейший инструментарий, определяющий издержки предприятия // Концепт. – 2014. – Современные научные исследования. Выпуск 2. – ART 54632. – URL: <http://e-koncept.ru/2014/54632.htm>. – Гос. рег. Эл No ФС 77-49965. – ISSN 2304-120X.
3. Доможирова О.В. Актуальные проблемы формирования затрат на нефтепродукты в современных условиях развития рынка: монография. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. 160 с.
4. Кржижановский В.К. Пластмассовые детали технических устройств. Москва: Научные основы и технологии, 2013. 456 с.
5. Кузьмина М.С. Учет затрат, калькулирование и бюджетирование в отраслях производственной сферы. М.: КноРус, 2013. 248 с.
6. Ляшко И.И., Еременко Е.Н. Актуальные проблемы управления затратами в предпринимательской деятельности // Теоретические и практические аспекты экономики и интеллектуальной собственности. 2012. №1. С. 271–274.
7. Молчанов В.И. Применение капролона в приводах сельскохозяйственных машин // Вестник Орловского государственного аграрного университета. 2011. №4. С. 69–71.
8. Орлова В.С. Поиск резервов снижения затрат на материальные ресурсы // Молодой ученый. 2014. №4.2. С. 141–143.
9. Покропивный С.Ф. Экономика предприятия: Учебник. К.: КНЕУ, 2003. 608 с.
10. Рогов В.А., Соловьев В.В., Копылов В.В. Новые материалы в машиностроении. Москва: РУДН, 2008. 324 с.
11. Рудычев А.А., Слабинская И.А., Доможирова О.В. Проблемы оптимизации затрат на предприятиях с комплексным использованием сырья: монография. Гавриловская. Белгород: Изд-во БГТУ, 2011. 143 с.
12. Слабинский Д.В., Слабинская И.А. Управленческий учет: учебное пособие. Белгород: Изд-во. БГТУ, 2012. 175с.
13. Сысо Т.Н. Оптимизация управления затратами предприятия // Вестник Омского университета. Серия «Экономика». 2014. №4. С. 135–143.
14. Федорцов Д.Р. Применение полимеров в машиностроении // Современная техника и технологии. 2014. №7 [Электронный ресурс]. URL: <http://technology.snauka.ru/2014/07/4191>
15. Харина О.В. Анализ себестоимости продукции: для чего он нужен?:// Ольга Харина//Справочник экономиста. 2015. №2. С. 87–95.

---

**Domozhirova O.V., Nesmeyanova M.N.**

#### **METHODIC ASPECTS OF MATERIAL COST OPTIMIZATION ON THE ENTERPRISE**

*According to stiff market competition and limited demand the main condition of the enterprise profit increasing is reducing of the production costs in particular the reduction of the expenses of production and distribution costs. That's why organization and management of the costs is the priority for the company. Currently in some industries the quantity of using materials and parts produced from high-priced nonferrous metals and their alloys is significantly reduced. The substitutes for them are goods produced from modern polymer materials that have lower cost, i.e. Caprolon. Such substitution allows to greatly reduce material costs of the enterprise and accordingly to increase the company profit. Furthermore Caprolon is highly competitive with high-priced alloys, allows to extend technical characteristics of details, to extend their lifetime.*

**Key words:** cost management, reduction costs, material cost, cost optimization.

---

**Доможирова Ольга Владимировна**, кандидат экономических наук, профессор кафедры экономики и организации производства

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова,

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46

E-mail: levaolga@mail.ru

**Несмеянова Марина Николаевна**, департамент закупок.

ООО «Белэнергомаш-БЗЭМ».

Адрес: Россия, 308017, Белгород, ул. Волчанская, д. 165

E-mail: marina-1907@yandex.ru

Научное издание

**«Вестник БГТУ имени В.Г. Шухова»  
№ 5, 2016 г.**

Научно-теоретический журнал

**Ответственный за выпуск Н.И. Алфимова  
Компьютерная верстка А.В. Федоренко  
Дизайн обложки Е.А. Гиенко**

**Учредитель журнала** – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова»  
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

Журнал зарегистрирован Министерством РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовой информации ПИ №ФС77-26533

Сдано в набор 1.03.16. Подписано в печать 01.05.16. Формат 60×84/8

Усл. печ. л. 28,71. Уч.-изд. л. 30,86

Тираж 1000 экз. Заказ 136. Цена договорная.

Все публикуемые материалы представлены в авторской редакции.

Адрес редакции: г. Белгород, ул. Костюкова, 46, оф. 336 Лк.

Номер сверстан в редакции научно-теоретического журнала

«Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова».

Отпечатано в РИЦ БГТУ им. В.Г. Шухова