

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

№ 6, 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

Никулин А.И. ПРОЧНОСТЬ БЕТОНА ПРИ ДИНАМИЧЕСКОМ ИМПУЛЬСНОМ РАСТЯЖЕНИИ	6
Зиятдинов З.З. ГРАДОСТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕНДЕНЦИЯ: РОСТ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ПРЕБЫВАНИЯ ВО ВТОРОМ ЖИЛИЩЕ	11
Барковский Д.В., Высоцкая М.А. ТЕХНОЛОГИЯ УСТРОЙСТВА ПРОДОЛЬНЫХ ШВОВ СОПРЯЖЕНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ. МИРОВОЙ ОПЫТ	16
Пириев Ю.С., Фролов Н.В. О ВОЗМОЖНОСТЯХ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕНОБЕТОННЫХ КАМНЕЙ ДЛЯ КЛАДКИ НЕСУЩИХ СТЕН МАЛОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ	25
Тарасенко В.Н., Дегтев И.А., Черныш Н.Д. АКУСТИЧЕСКИЙ КОМФОРТ ЗАЛА МНОГОЦЕЛЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ ДК СТУДЕНТОВ БГТУ ИМ. В.Г. ШУХОВА	29
Выскребенцев В.С. О УСТРОЙСТВЕ ПОДУШЕК ИЗ ЖЕСТКОГО МАТЕРИАЛА	35
Корытов М.С., Щербakov В.С. КООРДИНАЦИЯ ТРАЕКТОРИЙ ГРУЗОВОЙ ТЕЛЕЖКИ МОСТОВОГО КРАНА И ПОДВИЖНОЙ ТОЧКИ ПОДВЕСА ГРУЗА В ЗАДАЧЕ ГАШЕНИЯ НЕУПРАВЛЯЕМЫХ КОЛЕБАНИЙ	39
Киреев В.М., Бурьянов И.А., Жилина С.С. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫСОТЫ АСПИРАЦИОННОЙ ВОРОНКИ	46
Коврижкина О.В. РОЛЬ КОМПОЗИЦИИ В АРХИТЕКТУРНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ	52
Перькова М.В., Заикина А.С. ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ДЕГРАДИРУЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ В Г. ШЕБЕКИНО	58
Черныш А.С. ВЛИЯНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ И УСТОЙЧИВОСТЬ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА	64
Кочерженко В. В., Никулина Ю. А. МЕТОДИКА РАСЧЁТА ПРОГИБОВ В ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТАХ ПРЯМОУГОЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ НА ЛЮБОМ ЭТАПЕ ИХ НАГРУЖЕНИЯ	68
Радоуцкий В.Ю., Шульженко В.Н., Степанова М. Н. СОВРЕМЕННЫЕ ЗВУКОПОГЛОЩАЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ И КОНСТРУКЦИИ	76
Чернышева Е.В., Серых И.Р., Статинов В.В., Статинов В.Ф. СРАВНЕНИЕ СТАЛЕБЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ	80
Алфимова Н.И., Калатози В.В., Карацупа С.В., Вишневская Я.Ю., Шейченко М.С. МЕХАНОАКТИВАЦИЯ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЫРЬЯ РАЗЛИЧНОГО ГЕНЕЗИСА В СТРОИТЕЛЬНОМ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИИ	85
Боцман Л.Н., Строкова В.В., Ищенко А.В., Боцман А.Н. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ БЕТОНА ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДОБАВОК РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ	90
Высоцкая М.А., Денисов В.П. ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ФАКТОРОВ ПРИ УКЛАДКЕ И ВОДЫ НА КАЧЕСТВО СЦЕПЛЕНИЯ МЕЖДУ АСФАЛЬТОБЕТОННЫМИ СЛОЯМИ ПРИ НАЛИЧИИ ГЕОРЕШЕТКИ	95
Калачук Т.Г., Калачук А.И. АНАЛИЗ ПРИЧИН ДЕФОРМАЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ И МЕРОПРИЯТИЯ ПО ИХ УСТРАНЕНИЮ	101
Коренькова Г.В., Черныш Н.Д., Митякина Н.А. ПРИВЕРЖЕННОСТЬ ТРАДИЦИЯМ РУССКОГО ПРАВОСЛАВНОГО ХРАМОСТРОЕНИЯ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ СПЕЦИАЛЬНЫХ ЗНАНИЙ БУДУЩИХ ПРОЕКТИРОВЩИКОВ	105
Сулейманова Л.А., Малюкова М.В., Погорелова И.А., Яковлева Е.А., Корякина А.А. ДЕКОРАТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ КАК СПОСОБ ЭСТЕТИЧЕСКОГО ОСМЫСЛЕНИЯ ПРОСТРАНСТВА	109

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

- Ильина Т.Н., Бойчук И.П., Емельянов Д.А.**
О ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ЧАСТИЦ ТЕХНОГЕННЫХ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ
В ВОЗДУШНОМ ПОТОКЕ 116
- Андрушак С.В., Беседин П.В., Алексеев С.В.**
РАЗРАБОТКА ЭКСТРЕМАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОДАЧЕЙ ШЛАМА
В ЦЕМЕНТНУЮ ПЕЧЬ 122
- Кузнецова В.Н.**
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ЗЕМЛЕРОЙНЫХ МАШИН
ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ГРУНТОВ АРКТИКИ И СЕВЕРА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ 130
- Шарапов Р.Р., Беседин П.В., Бойчук И.П., Козлов В.К., Андрушак С.В.**
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ ЦЕМЕНТНЫХ СЫРЬЕВЫХ ШЛАМОВ
ПРИ НЕСТАЦИОНАРНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ 134

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

- Юдин Д.А., Горшкова Н.Г., Кныш А.С., Фролов С.В.**
РАСПОЗНАВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ И РЕГИСТРАЦИЯ ИХ ТРАЕКТОРИИ
ДВИЖЕНИЯ НА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ИЗОБРАЖЕНИЙ 139
- Тетерина И.А., Феофанов А.Н., Турапин М.В.**
АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ИДЕНТИФИКАЦИИ И АНАЛИЗА РИСКОВ
ПРИ СМЕНЕ ПОСТАВЩИКА СЫРЬЯ И МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СИТУАТИВНЫХ
ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК 149
- Паращук Е.М., Горшкова Н.Г.**
АЛГОРИТМ АДАПТИВНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ 155
- Игнатова Е.В., Шурупов Е.Л., Ельфинова А.Г.**
ВНЕДРЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ
ЦИКЛОМ ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ 165
- Латкин М.А., Радоуцкий В.Ю., Шульженко В.Н.**
ОЦЕНИВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО РЕАГИРОВАНИЮ
НА ТЕХНОГЕННЫЕ РИСКИ ПРЕДПРИЯТИИ 170
- Аверченков В.И., Якимов А.И.**
СТРУКТУРА ПРОГРАММНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ИМИТАЦИИ
В КОРПОРАТИВНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ ПРЕДПРИЯТИЯ 176

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

- Бушуева Н.П., Панова О.А.**
ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕВРАЩЕНИЙ СЛОИСТЫХ
АЛЮМОСИЛИКАТОВ ПРИ ТЕРМИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ 183
- Василенко Т.А., Ламакина М.П.**
ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КЕРАМЗИТОВОГО ГРАВИЯ, ПОЛУЧЕННОГО
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ШЛАКА 187
- Свергузова С.В., Старостина И.В., Сапронова Ж.А., Солопов Ю.И., Четвериков А.В.**
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА МАСЛОЕМКОСТЬ
ПИГМЕНТОВ-НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ХОЖК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ
МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ 197
- Королев Д.С.**
СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЖАРООПАСНЫХ СВОЙСТВ ВЕЩЕСТВ
(ОБЗОР) 202
- Василенко Т.А., Мохаммед Абдифатах Харед**
ПРИМЕНЕНИЕ ОСАДКА МЕХАНИЧЕСКОЙ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ
БЫТОВЫХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД В КАЧЕСТВЕ УДОБРЕНИЯ 211

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Авилова И.П., Жариков И.С.

МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ СОВОКУПНОГО ИНТЕГРАЛЬНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ
РИСКОВОГО ОКРУЖЕНИЯ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ РЕКОНСТРУКЦИИ
ОБЪЕКТОВ НЕДВИЖИМОСТИ 220

Абакумов Р.Г., Унежева В.А., Страхова А.С.

АНАЛИЗ СИСТЕМНЫХ ПРОБЛЕМ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА
ГОРОДА БЕЛГОРОДА И ПРИМЕНЕНИЕ ЗАРУБЕЖНОГО ОПЫТА РАЗВИТИЯ
ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В СИСТЕМЕ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО
ХОЗЯЙСТВА 226

Демененко И.А., Папанова О.А.

РЕИНЖИНИРИНГ МЕНЕДЖМЕНТА КОМПАНИИ ЧЕРЕЗ ПРИЗМУ СОЦИАЛЬНОГО
КОНСАЛТИНГА 235

Романов Р.В.

ВЗАИМОСВЯЗЬ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОДДЕРЖКИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
С БАНКОВСКИМ СЕКТОРОМ 238

Шатерников М.Н., Моисеев В.В.

ПРОБЛЕМЫ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В УСЛОВИЯХ
ЗАПАДНЫХ САНКЦИЙ 242

Ряпухина В.Н.

АТРИБУЦИЯ ПОНЯТИЯ И КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ФАКТОРОВ МОТИВАЦИИ
ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ 247

Чикина Е.Д., Шевченко М.В.

АПРОБАЦИЯ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
ПРЕДПРИЯТИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММ MICROSOFT EXCEL И MATHCAD 255

Страхова А. С., Унежева В.А.

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ КАК РЕСУРС
ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ И ФАКТОР МОДЕРНИЗАЦИИ ЭКОНОМИКИ
СТРОИТЕЛЬСТВА 263

Герасименко О.А., Авилова Ж.Н.

КЛЮЧЕВЫЕ БИЗНЕС-КОМПЕТЕНЦИИ КАК ЭКОНОМИЧЕСКАЯ КАТЕГОРИЯ 273

Винник А.Е.

КОМПЕТЕНЦИИ КАК РЕСУРСЫ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ 278

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Никулин А.И., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ПРОЧНОСТЬ БЕТОНА ПРИ ДИНАМИЧЕСКОМ ИМПУЛЬСНОМ РАСТЯЖЕНИИ

nikulin137@yandex.ru

Для определения параметров диаграмм динамического растяжения бетона используется гипотеза о постоянстве энергетического критерия разрушения этого материала. Предложена эмпирическая зависимость для нахождения коэффициента динамической прочности бетона при растяжении с учетом времени его нагружения до разрушения. Для некоторых классов тяжелого бетона приведены конкретные значения параметров для этой зависимости. С помощью составленной программы расчета выявлено существенное влияние продолжительности импульсного нагружения на параметры диаграмм динамического растяжения бетона. Некоторые результаты расчетов представлены в статье.

Ключевые слова: динамическая прочность, импульсное нагружение, растяжение, энергетический критерий разрушения, диаграмма динамического растяжения бетона, численный эксперимент.

В соответствии с действующим Техническим регламентом о безопасности зданий и сооружений в практику проектирования вводится требование к обеспечению прочности строительных конструкций, подвергаемых воздействию интенсивных кратковременных динамических нагрузок [2, 7]. Такие нагрузки могут быть вызваны действием на объекты ударных волн вследствие террористических актов, взрывов бытового газа и других аварийных ситуаций. При этом часто происходят значительные повреждения несущих и ограждающих конструкций, и даже их полное или частичное разрушение, которое может привести к травмам и гибели многих людей.

Поскольку данные динамические воздействия чаще относятся к аварийным, основное требование, предъявляемое к зданиям и сооружениям, состоит в том, что они должны выдерживать без обрушения однократное воздействие сверхкратковременной (импульсной) динамической нагрузки [2, 7, 12].

Анализ существующих методов расчета показывает, что для решения многих задач динамического деформирования железобетонных конструкций наиболее приемлемой является деформационная расчетная модель железобетона [2, 9, 10], одним из важнейших элементов которой являются диаграммы деформирования бетона и арматуры.

Из экспериментальных данных [1, 3, 4, 6, 11, 15] следует, что прочность бетона при высокоскоростном нагружении существенно превышает значения, найденные в условиях стандартных испытаний, продолжительность которых исчисляется часами и минутами.

Повышенная ударная прочность обычно связывается с проявлением мгновенных внутренних сил вязкого сопротивления материала, непосредственно воспринимающих внешнее воздействие и тормозящих развитие деформаций бетона [2, 5, 12, 14], являющихся физической причиной его разрушения.

Как отмечается в монографии Ю.М. Баженова [1], для получения зависимости $R_b = f(\tau)$ были испытаны более 500 образцов различных бетонов. Бетоны испытывали при естественной влажности (после выдержки в течение нескольких суток на воздухе) и нормальной температуре – около 20 °С. Образцы нагружали на пневмодинамических установках, усилия регистрировали с помощью электронной аппаратуры. Минимальное время сжатия до разрушения составляло 0,001 с. Результаты опытов из монографии [1] представлены на рис. 1.

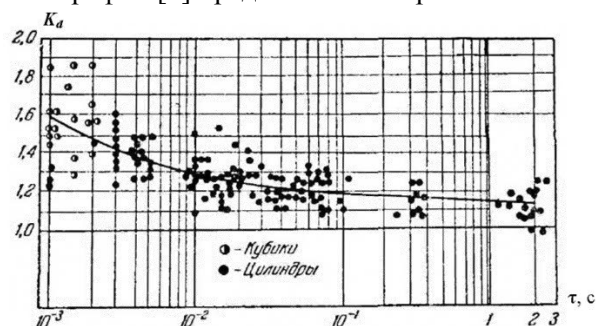


Рис. 1. Изменение коэффициента динамического упрочнения бетона при сжатии в зависимости от времени его нагружения до разрушения

Сопротивление бетона динамическому импульсному сжатию здесь оценивается коэффициентом динамического упрочнения K_d , который, являясь безразмерным критерием, позволя-

ет обобщать результаты исследования бетонов различной прочности.

Полученные экспериментальные результаты совпадают с данными других исследователей: Д.И. Гладкова [4], О.П. Квирикадзе [6], Г.И. Попова [11], В.А. Рахманова, Е.Л. Розовского, И.А. Цупкова [13], К.А. Цветкова [15].

График, представленный на рис. 1, наглядно свидетельствует о том, что зависимость коэффициента динамического упрочнения от времени нагружения τ является нелинейной, и для её аналитической интерпретации в работе [1] предложена следующая эмпирическая формула:

$$K_d = 1,58 - 0,35 \lg \tau + 0,07 (\lg \tau)^2, \quad (1)$$

где τ – время нагружения бетонного образца до его разрушения при сжатии (в миллисекундах).

При этом зависимость (1) справедлива для интервала времени нагружения $\tau = 1 \div 2000$ мсек.

Однако, проверка точности формулы (1) путём тщательного сопоставления численных результатов и графических данных, представленных на рис. 1, показывает их существенные различия на ряде участков. Для сближения аналитических и опытных данных зависимость (1) предлагается изменить следующим образом:

$$K_d = 1,58 - 0,4 \lg \tau + 0,129 (\lg \tau)^2 - 0,0149 (\lg \tau)^3. \quad (2)$$

В работе [1] приведены также данные о динамической прочности бетона при растяжении, которая определялась путем раскалывания бетонных цилиндров и кубов на пневмодинамическом прессе. Образцы были изготовлены из бетона на гранитном щебне. Зависимость коэффи-

$$K_{dt} = 1,52 - 0,3895 \lg \tau + 0,1385 (\lg \tau)^2 - 0,0192 (\lg \tau)^3. \quad (4)$$

Однако, у обеих представленных зависимостей, не смотря на их повышенную точность при сопоставлении с усреднёнными опытными данными, есть существенный недостаток, заключающийся в отсутствии учёта конкретных деформативно-прочностных свойств бетонов. Так, в ряде исследований [2, 5, 10, 12, 14] отмечается, что бетоны низкой и высокой прочности по-разному ведут себя (разрушаются) при импульсных динамических нагрузках. Например, численными исследованиями в работе [10] установлено, что с увеличением класса бетона коэффициент его динамической прочности при сжатии K_d снижается с 2,879 для В10 до 1,478 для В100.

Можно предположить, что влияние деформативно-прочностных свойств бетонов должно сказаться и на коэффициентах их динамической прочности при растяжении K_{dt} .

циента динамического упрочнения бетона при растяжении K_{dt} от времени нагружения по результатам этих опытов приведена на рис. 2.

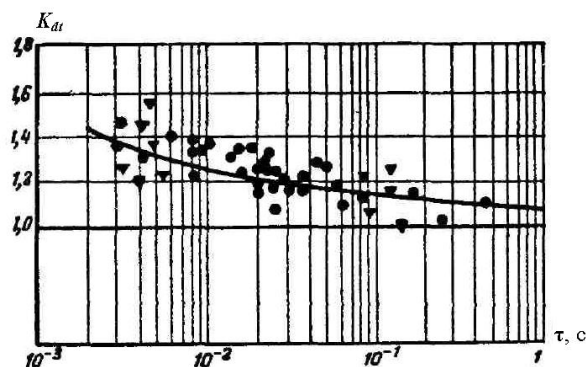


Рис. 2. Изменение коэффициента динамического упрочнения бетона при растяжении в зависимости от времени его нагружения до разрушения

Аналогичные экспериментальные результаты были получены Л.Б. Гержулой [3] для различных временных периодов растяжения образцов до их разрыва.

Для аналитического описания полученной усредненной кривой в работе [1] используется зависимость:

$$K_{dt} = 1,42 - 0,15 \lg \tau + 0,01 (\lg \tau)^2. \quad (3)$$

Проверка точности этой формулы (3) на основе сопоставления численных результатов и данных, представленных на графике (см. рис. 2), также выявила на ряде участков значительные неточности. Для сближения аналитических и опытных данных предлагается новая зависимость:

С целью получения достаточно простых по своей структуре расчетных формул и зависимостей, определяющих прочность бетона при импульсных динамических нагрузках, используем энергетический подход к разрушению бетона, впервые предложенный проф. В.М. Бондаренко [3] и получивший дальнейшее развитие в монографии С.И. Меркулова [8], где учёт режимности нагружения выполнен на основе постулата об инвариантности величины потенциальной энергии деформирования материала к моменту разрушения. Этот постулат сводится к простой формуле

$$W_{кр}^0 = W_{дл}^0 = \text{const}, \quad (5)$$

где $W_{кр}^0$ – удельная потенциальная энергия разрушения бетона при непрерывном кратковре-

менном сжатии; $W_{дл}^0$ – то же, при длительном сжатии.

Представляется, что аналогичный подход можно применить для определения динамической прочности бетона, находящегося в условиях однородного напряженного состояния, характеризуемого малым временем растяжения образца до разрушения, исчисляемого секундами и их долями (рис. 3). При этом кривая 3 соответствует меньшему времени растяжения образца до разрушения по сравнению с кривой 2.

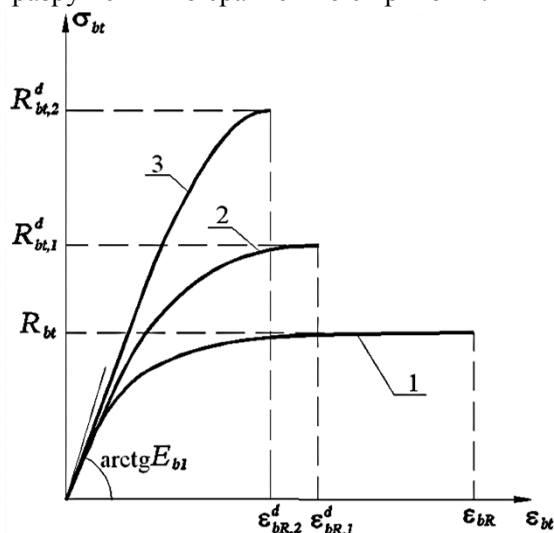


Рис. 3. Диаграммы деформирования бетона при эталонном (кривая 1) и динамическом растяжении с учетом различного времени нагружения образцов (кривые 2 и 3)

Для аналитического описания диаграмм растяжения бетона при эталонном (статическом) нагружении используем предложенную в работе [9] зависимость следующего вида:

$$\sigma_{bt} = \frac{E_{b1}\varepsilon_{bt}(1 + D_{bt1}\varepsilon_{bt})}{1 + C_{bt1}\varepsilon_{bt}}, \quad (6)$$

где E_{b1} – начальный модуль упругости, общий для диаграмм сжатия и растяжения, рассчитываемый по методике [9]; D_{bt1} , C_{bt1} – параметры нелинейности деформирования бетона при центральном растяжении, получаемые экспериментально-теоретическим путем [9]; σ_{bt} , ε_{bt} – текущие значения напряжений и деформаций растяжения.

$$\frac{E_{b1}\varepsilon_{btR}}{C_{bt1}} \left\{ \frac{D_{bt1}\varepsilon_{btR}}{2} + \left(1 - \frac{D_{bt1}}{C_{bt1}} \right) \left(1 - \frac{\ln(1 + C_{bt1}\varepsilon_{btR})}{C_{bt1}\varepsilon_{btR}} \right) \right\} = \frac{E_{b1}\varepsilon_{btR}^d}{C_{bt1}^d} \left\{ \frac{D_{bt1}^d\varepsilon_{btR}^d}{2} + \left(1 - \frac{D_{bt1}^d}{C_{bt1}^d} \right) \left(1 - \frac{\ln(1 + C_{bt1}^d\varepsilon_{btR}^d)}{C_{bt1}^d\varepsilon_{btR}^d} \right) \right\}. \quad (11)$$

В полученной системе четырех уравнений (7), (8), (9), (11) неизвестными являются пять параметров (E_{b1}^d , D_{bt1}^d , C_{bt1}^d , R_{bt}^d , ε_{btR}^d). В качестве недостающего пятого уравнения принимаем эмпирическую зависимость для нахождения коэф-

Для аналитического описания диаграммы динамического растяжения бетона также используется зависимость (6), у которой параметры нелинейности (D_{bt1}^d , C_{bt1}^d) и функционально зависящие переменные (σ_{bt}^d , ε_{bt}^d) имеют соответствующий индекс принадлежности (d).

Принимаем следующие гипотезы и допущения для определения параметров диаграмм динамического растяжения бетона при различных скоростях нагружения:

– рассматривается растяжение бетонных образцов в условиях постоянной скорости увеличения напряжений (МПа/сек);

– величина удельной энергии деформирования бетона при однородном растяжении непосредственно перед его разрушением является константой, не зависящей от скорости нагружения образца;

– начальные модули упругости бетона при эталонном (статическом) и динамическом растяжении равны между собой;

– касательные модули деформаций в предельной точке диаграмм эталонного (статического) и динамического растяжения равны нулю.

Аналитическое отображение принятых гипотез приводит к следующей системе уравнений:

$$E_{b1} = E_{b1}^d, \quad (7)$$

$$D_{bt1}^d = -\frac{R_{bt}^d}{E_{b1}^d(\varepsilon_{btR}^d)^2}, \quad (8)$$

$$C_{bt1}^d = \frac{E_{b1}^d}{R_{bt}^d} - \frac{2}{\varepsilon_{btR}^d}, \quad (9)$$

$$\int_0^{\varepsilon_{btR}} \sigma_{bt} d\varepsilon_{bt} = \int_0^{\varepsilon_{btR}^d} \sigma_{bt}^d d\varepsilon_{bt}^d. \quad (10)$$

Последнее равенство отражает гипотезу об инвариантности величины удельной энергии деформирования бетона при растяжении непосредственно перед его разрушением. В результате интегрирования получаем следующую зависимость:

фициента динамической прочности бетона при растяжении K_{dt} , качественный вид которой представлен на рис. 2:

$$K_{dt} = \frac{R_{bt}^d}{R_{bt}} = \frac{l_{bt}^d + k_{bt}^d \cdot t_d}{1 + n_{bt}^d \cdot t_d + m_{bt}^d \cdot t_d^2}, \quad (12)$$

где R_{bt} – прочность бетона при эталонном статическом растяжении; R_{bt}^d – динамическая прочность бетона при заданном времени действия (t_d) постоянно увеличивающейся растягивающей нагрузки; l_{bt}^d , k_{bt}^d , n_{bt}^d , m_{bt}^d – коэффициенты уравнения, получаемые с помощью обработки результатов экспериментальных исследований образцов из бетона одной прочности.

В таблице 1 на основании обобщения ограниченного объема экспериментальных данных, приведенных в работах [1, 3, 4], представлены значения коэффициентов уравнения l_{bt}^d , k_{bt}^d , n_{bt}^d , m_{bt}^d для некоторых классов тяжелого бетона. Параметр l_{bt}^d представляет собой максимально возможный по величине коэффициент динамической прочности бетона $K_{dt} = R_{bt}^d / R_{bt}$, который соответствует мгновенному растяжению образца до разрушения, т.е. при $t_d = 0$.

Таблица 1

**Коэффициенты уравнения (12)
для некоторых классов тяжелого
бетона при динамическом растяжении**

№ п/п	Класс бетона	Параметр l_{bt}^d	Параметр k_{bt}^d	Параметр n_{bt}^d	Параметр m_{bt}^d
1	B10	1,368	233,27	233,27	$1,8663 \cdot 10^{-4}$
2	B30	1,385	233,35	233,35	$2,0227 \cdot 10^{-4}$
3	B50	1,406	233,43	233,42	$2,3731 \cdot 10^{-4}$
4	B60	1,416	233,46	233,45	$2,4487 \cdot 10^{-4}$
5	B80	1,434	233,50	233,48	$2,3311 \cdot 10^{-4}$
6	B100	1,457	233,55	233,53	$2,5495 \cdot 10^{-4}$

Из таблицы 1 следует, что динамические пределы прочности при растяжении у бетонов различных классов существенно различаются. Так, для низкопрочного бетона класса B10 динамический предел прочности R_{bt}^d более чем на

36 % превышает аналогичную величину R_{bt} , найденную при эталонном статическом растяжении. У высокопрочного бетона класса B100 это различие ещё больше (на 45,7 %). Следовательно, с увеличением класса бетона коэффициент его динамической прочности при растяжении повышается с 1,368 для B10 до 1,457 для B100.

Совместное решение уравнений (7), (8), (9), (11), (12) позволяет определить параметры зависимости (6), описывающей диаграмму центрального динамического растяжения бетона при заданном времени действия импульсного нагружения ($t_d = 0,001 \dots 0,1$). Учитывая нелинейный характер составленных уравнений, для их численного решения используется итерационная процедура, которая реализована в составленной программе расчета «Beton_6D». В качестве примера в таблице 2 приведены результаты расчетов искомых параметров диаграмм статического и динамического растяжения бетона класса B30 при различном времени нагружения стандартных образцов до разрушения.

Представленные в таблице 2 результаты показывают, что при уменьшении времени нагружения стандартных образцов с 50 сек до 1,0 сек изменения динамических величин прочности R_{bt}^d и относительной предельной деформации ϵ_{bt}^d оказалось несущественным ($< 1\%$). Дальнейшее сокращение времени нагружения бетона (0,01 сек) приводит уже к более заметным результатам: прочность R_{bt}^d повысилась на 11,5 %, а относительная деформация уменьшилась на 6,1 %. Для ещё более короткого интервала приложения разрушающей нагрузки (0,001 сек) прочность бетона R_{bt}^d возросла на 31,2 %, а относительная деформация сократилась на 13,7 %.

Таблица 2

**Параметры диаграмм динамического растяжения тяжелого бетона класса B30
при различном времени нагружения стандартных образцов до разрушения**

Время нагружения, сек	Коэфф. K_{dt}	Прочность на растяжение R_{bt}^d , МПа	Параметр ϵ_{btR}^d	Параметр E_{bt}^d , МПа	Параметр D_{bt}^d	Параметр C_{bt}^d
50	1,000	1,750	$9,50 \cdot 10^{-5}$	38377,0	-5048,76	885,21
1,0	1,002	1,754	$9,49 \cdot 10^{-5}$	38377,0	-5074,42	805,85
0,1	1,016	1,778	$9,41 \cdot 10^{-5}$	38377,0	-5229,44	335,92
0,01	1,115	1,951	$8,92 \cdot 10^{-5}$	38377,0	-6394,41	-2759,98
0,001	1,312	2,296	$8,20 \cdot 10^{-5}$	38377,0	-8884,94	-7658,16

Таким образом, на основе принятых гипотез и предпосылок разработана методика расчета динамической прочности бетона при различном

времени нагружения элементов, включая определение параметров аналитических зависимостей, описывающих диаграммы центрального

растяжения бетона при импульсном динамическом нагружении в условиях постоянной скорости увеличения напряжений в испытываемых до разрушения образцах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баженов Ю.М. Бетон при динамическом нагружении. М.: Стройиздат, 1970. 292 с.
2. Белов Н.Н., Копаница Д.Г., Кумпак О.Г., Югов Н.Т. Расчет железобетонных конструкций на взрывные и ударные нагрузки. Нортхэмптон-Томск. 2004. 433 с.
3. Бондаренко В.М. Некоторые вопросы нелинейной теории железобетона. Харьков: Изд-во ХГУ, 1968. 324 с.
4. Гладков Д.И. Сопротивление бетона разрушению // Известия вузов. Строительство. 2004. № 8. С. 47–53.
5. Забегаев А.В. К построению общей модели деформирования бетона // Бетон и железобетон. 1994. № 6. С. 23–26.
6. Квирикадзе О.П. Влияние скорости загрузки на деформации и прочность бетона // Ползучесть строительных материалов и конструкций: Сб. научн. трудов; Под ред. А.Р. Ржаницына. М.: Стройиздат, 1964. С. 269–276.
7. Колчунов В.И., Ключева Н.В., Андросова Н.Б., Бухтиярова А.С. Живучесть зданий и сооружений при запроектных воздействиях: Научное издание. М.: Изд-во АСВ, 2014. 208 с.
8. Меркулов С.И. Основы теории реконструкции железобетона: монография. Курск: Изд-во КГТУ, 2009. 248 с.
9. Никулин А.И. К определению предельной относительной деформации бетона в растянутой зоне изгибаемого железобетонного элемента [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. Режим доступа: <http://www.science-education.ru/120-16844> (дата обращения: 06.03.2016).
10. Никулин А.И., Али Фадиль А.Х. Прочность бетона при импульсном динамическом сжатии с учетом времени нагружения // Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения: материалы Международных академических чтений. Курск: Курск. гос. ун-т, 2014. С. 92–98.
11. Попов Г.И. Железобетонные конструкции, подверженные действию импульсных нагрузок. М.: Стройиздат, 1986. 128 с.
12. Попов Н.Н., Расторгуев Б.С. Особенности расчета конструкций на действие кратковременных динамических нагрузок // Бетон и железобетон. 1985. № 6. С. 15–16.
13. Рахманов В.А., Розовский Е.Л., Цупков И.А. Влияние динамического воздействия на прочностные и деформативные свойства тяжелого бетона // Бетон и железобетон. 1987. № 7. С. 19–20.
14. Тамразян А.Г., Хетагуров А.Т. К влиянию свободной воды на динамическое поведение бетона // Бетон и железобетон. 2002. № 3. С. 8–10.
15. Цветков К.А. Основные результаты экспериментально-теоретических исследований прочностных и деформативных свойств бетона при динамическом нагружении в условиях одноосного и двухосного сжатия // Вестник МГСУ. 2007. № 3. С. 109–120.

Nikulin A.I.

THE CONCRETE STRENGTH UNDER DYNAMIC PULSING TENSION

To determine the parameters of the concrete stretching dynamic diagrams the hypothesis of the constancy of the energy criterion of destruction of this material is used. An empirical relationship for finding the dynamic strength of concrete in tension coefficient taking into account the time it is loaded to failure was suggested. For some heavy concrete classes specific parameters for that addiction are given. With the compiled calculation program a significant effect on the duration of the pulse parameters of the dynamic loading of concrete stretching diagrams was revealed. Some calculation results are presented in the article.

Keywords: dynamic strength, impulse loading, tensile, energy fracture criterion, the concrete stretching dynamic diagram, numerical experiment.

Никулин 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

Зиятдинов З.З., канд. арх., доц.

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

ГРАДОСТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕНДЕНЦИЯ: РОСТ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ПРЕБЫВАНИЯ ВО ВТОРОМ ЖИЛИЩЕ

z.uf@yandex.ru

Показаны масштабы территориальной экспансии второго жилища в мире и в России. Показана зависимость величины времени нахождения во втором жилище от объемно-планировочных и стоимостных параметров садовых и дачных домов. В развитии второго жилища выявлены следующие тенденции: перманентное возрастание средней общей площади и среднего числа этажей вторых жилищ второго жилища, увеличение среднего строительного загородных домов, рост доли отапливаемых садовых и дачных домов с условиями для круглогодичного пребывания, повышение уровня инженерного обеспечения вторых жилищ, возрастание средней длительности пребывания во вторых жилищах в течение года. Выявлены причины сохранения тенденции увеличения среднего и суммарного времени нахождения горожан в загородных домах в течение года. Дана градостроительная оценка рассматриваемой тенденции и отмечено, что она отражает неблагополучие и несовершенство современных градоформирующих теоретических положений и проектных практик.

Ключевые слова: второе жилище, дачи, садовые участки, объемно-планировочные параметры, длительность нахождения.

Введение. В последние десятилетия в мире наблюдается интенсивное распространение второго жилища – домов и квартир для временного пребывания с целью отдыха и получения продуктов питания. По данным Всемирной туристской организации в 2010 году совокупное число вторых жилищ в мире превысило 420 млн. единиц [1, с. 7]. 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 [2].

В России более 60 % семей обладают вторыми жилищами: садовые дома в садоводческих товариществах; кооперативные, ведомственные и государственные дачи советского периода; односемейные дома в современных загородных дачных поселках; эксплуатируемые городскими жителями пустующие дома в сельских поселениях; арендуемые у местного населения индивидуальные дома и отдельные помещения; используемые как дополнительное жилье квартиры в многоквартирных домах; загородные усадьбы, резиденции, виллы, замки, поместья и т. п. [3, 4].

Территориально-пространственная экспансия второго жилища, привлекая все больше материально-финансовых ресурсов, увеличивая свою долю в балансе землепользования, оказывает все большее влияние на формирование архитектурно-планировочных структур населенных мест и систем расселения, а также меняет структуру затрат свободного времени населения, часть которого отводится для пребывания во втором жилище.

Изменения длительности процессов во времени характеризует динамику и потенциал их развития: то, на что людьми отводится больше времени, является для них существенным [5]. Время как интегративный показатель важности и эффективности градостроительных процессов определяет актуальность изучения изменения длительности пребывания во втором жилище, которая до настоящего времени в достаточной степени не рассматривалась и требует изучения.

Методика. Методика исследований включает социологический анкетный опрос семей-владельцев вторых жилищ, который проводился методом систематической вероятностной выборки в ряде садоводческих товариществ Московской, Ленинградской, Ярославской, Пермской и Пензенской областей. Интервал выбора респондентов – каждый третий садовый (дачный) участок. Параметры для определения выборки: 1) доверительная вероятность 95 %; 2) генеральная совокупность 14000000; 3) доверительный интервал ± 5 %. Объем выборочной совокупности определен известным расчетным методом и составляет 384 единицы.

Опрос проводился в три этапа:

– 1985 – 1989 годы (в процессе работы над кандидатской диссертацией, где показан советский опыт развития второго жилища);

– 1999 – 2002 годы (после развала Советского Союза, снижения уровня жизни россиян, дефолта 1998 года);

– 2014 – 2016 годы (в рамках подготовки монографии «Второе жилище в градостроительных системах»).

30-летняя разница во времени между первым и последним обследованием позволила

проследить динамику длительности пребывания горожан во вторых жилищах в течение года.

Основная часть. Объемно-планировочные параметры садовых домов, полученные на осно-

ве натурных обследований и группировки ответов респондентов в разные периоды, сопоставлены с длительностью пребывания во втором жилище – см. табл. 1.

Таблица 1

Изменения параметров садовых и дачных домов во времени

Периоды обследования вторых жилищ, годы	Средние значения параметров и характеристик вторых жилищ				
	общая площадь, кв. м	доля круглогодичных домов, %	среднее число этажей, эт.	виды инженерного обеспечения	длительность пребывания, часов в нед. / ночевок в году
1950 – 1970	8 – 12	2	1,01	э, пв	6-10 / 0-7
1985 – 1989	15 – 25	7	1,14	э, пв, ав	10-14 / 10-20
1999 – 2002	36 – 50	14	1,29	э, в, аг, ав, ак	12-16 / 20-30
2014 – 2016	60 – 90	22	1,44	э, ав, г, тв, ао, аг, ст	14-18 / 30-40
2040 – 2050	90 – 120	40	1,70	э, цв, ак, ао, цг, т, ст, тв, и, вн	18-30 / 60-70

Примечания к таблице 1:

Показатели за период 1950 – 1970-х годов получены посредством изучения публикаций по рассматриваемой тематике, интервьюирования экспертов и натурных обследований.

В графе (столбце) 4 таблицы обозначено: Э – электроснабжение; ЦВ – централизованное водоснабжение, АВ – автономное водоснабжение из скважины на участке, ПВ – привозное водоснабжение; ЦК – централизованная канализация, АК – автономная канализация; ЦО – централизованное отопление, АО – автономное отопление; ЦГ – централизованное газоснабжение, АГ – автономное газоснабжение (от привозных газовых баллонов); Т – телефонные слаботочные сети, СТ – сотовая телефонная связь; Р – радиосети слаботочные; ЛК – ливневая канализация; ТВ – телевидение (кабельное, спутниковое), И – интернет, ВН – видеонаблюдение.

Данные на 2040 – 2050 год являются прогнозными.

Данные таблицы 1 однозначно свидетельствуют, что с течением времени наблюдается перманентный рост уровня объемно-планировочных параметров и инженерного оснащения садовых и дачных домов.

Возрастает средняя общая площадь второго жилища. Садовые и дачные домики, возникшие в 80-х годах, имеют площадь 15 – 25 м², что в 1,5 – 2 раза больше вторых жилищ 70-х и, особенно, 60-х годов, когда на садовых участках строились некапитальные неотапливаемые беседки для укрытия от непогоды и показатель их общей площади составлял 8 – 12 м² [6, 7]. А в период до 2010 года, т.е. в последние 15 – 20 лет, на многих садовых и дачных участках построены двухэтажные вторые жилища в виде коттеджей площадью до 200 – 250 м² [8].

Возрастает среднее число этажей вторых жилищ. В 50-х – 70-х годах более 99 % всех построек на садово-дачных участках были одноэтажными. В XXI веке многие вторые жилища имеют цокольные и подвальные этажи и по 2 – 3 надземных этажа, включая мансардный этаж.

Увеличивается средний строительный объем зданий, что происходит не только за счет ро-

ста общей площади и этажности, но и посредством увеличения высоты этажа, которая в настоящее время ничем не ограничена, а также наличием во вторых жилищах двухсветных помещений.

Наблюдается увеличение доли отапливаемых садовых и дачных домов с условиями для круглогодичного пребывания [9]. За 30-летний период с 1985 по 2015 год она возросла с 7 до 22 %, то есть более чем в три раза.

Повышается уровень инженерного обеспечения садовых домов: до 1990 года предусматривалось централизованное электроснабжение при отсутствии других видов инженерного обеспечения. Питьевое водоснабжение осуществлялось за счет подвоза дачниками воды в емкостях или, в случае наличия положительного заключения органов санэпиднадзора, – от скважины, пробуренной на приусадебном участке. В более поздние периоды уровень инженерного оснащения постоянно возрастал, и в настоящее время многие садоводческие товарищества имеют видеонаблюдение, спутниковое телевидение, централизованное газо- и водоснабжение,

сотовую телефонную связь, интернет, автономное отопление и др.

Возрастает средняя длительность пребывания во вторых жилищах в течение года. К настоящему времени до 35 % садовых домов, расположенных вдоль транспортных магистралей на участках в границах изохроны 30-минутной транспортной доступности областного центра, трансформировались в двух–трехэтажные жилые дома-коттеджи. При этом фиксируется обратная пропорциональная зависимость между долей всесезонных вторых жилищ и расстоянием от города-центра областной системы расселения: чем ближе к городу расположены вторые

жилища, тем больше среди них доля домов с условиями для круглогодичного пребывания. Так как территория, охватываемая изохроной 30-минутной транспортной доступности, расширяется в силу развития транспортной инфраструктуры и роста скоростных показателей транспортных средств, то и количество охватываемых изохроной вторых жилищ увеличивается, и, значит, доля жилищ с круглогодичным пребыванием перманентно возрастает.

В таблице 2 приведены коэффициенты корреляции между длительностью пребывания во втором жилище и параметрами второго жилища, рассчитанные по результатам анкетных опросов.

Таблица 2

Корреляция между длительностью пребывания во втором жилище в течение года и параметрами второго жилища

Параметры второго жилища	Коэффициент корреляции
Уровень инженерного обеспечения	+ 0,71
Общая площадь	+ 0,43
Степень капитальности (всесезонный или летний)	+ 0,58
Средняя относительная стоимость	+ 0,79
Величина города, где живут дачники	+ 0,21
Пояс областной системы расселения (для сельских поселений и небольших городов)	+ 0,27
Транспортная доступность областного центра	+ 0,74

Примечание к таблице 2: Принятый в таблице 2 показатель «средняя относительная стоимость второго жилища» показывает, во сколько раз стоимость второго жилища отличается от стоимости стандартной двухкомнатной квартиры площадью 55 кв. м., и является интегративной характеристикой второго жилища, в которой находят отражение размеры второго жилища, уровень его капитальности и инженерного обеспечения, степень attractiveness ландшафта местности расположения второго жилища, а также трудность сообщений (затрачиваемое на передвижения время) во вторые жилища.

Из таблицы 2 видно, что имеется положительная корреляционная связь между представленными параметрами и длительностью пребывания во втором жилище в течение года.

Длительность пребывания в наибольшей степени взаимосвязана со средней относительной стоимостью второго жилища и транспортной доступностью областного центра и – коэффициенты соответственно +0,79 и +0,74.

Общей глобальной причиной сохранения тенденции увеличения длительности пребывания горожан во вторых жилищах в течение года является развитие производительных сил общества, которое детерминирует:

1. Рост благосостояния людей до уровня, позволяющего иметь второе жилище;

2. Увеличение свободного времени за счет сокращения затрат времени на: 1) производство

– в силу развития роботизации и автоматизации; 2) выполнение бытовых процессов – посредством уменьшением доли ручного домашнего труда за счет внедрения бытовой техники; 3) передвижения – из-за роста скоростных параметров транспортных средств; 4) получение услуг – из-за совершенствования средств коммуникации и учета.

3. Перманентное развитие транспортной инфраструктуры, рост уровня автомобилизации и повышение скоростных характеристик транспортных средств, что уменьшает трудность сообщений (затраты времени) на передвижения во вторые жилища до ментально приемлемых 30 минут для ежедневных посещений второго жилища.

4. Развитие цифровых видов связи. Современная направленность развития производства –

интернет, компьютеризация, роботизация, внедрение космических и нанотехнологий и постоянно совершенствующихся цифровых видов связи – способствуют распространению дистанционного труда, независимости выбора мест проживания и мест приложения труда друг от друга, т.е. способствуют возможности длительного проживания во втором жилище.

Выводы.

1. В России тенденция увеличения времени пребывания городских семей во втором жилище проявилась в повышении в последние годы степени капитальности, увеличении средних размеров и повышении уровня инженерного обеспечения вторых жилищ. Это заметно при сравнении садовых и дачных домов, построенных в периоды 60 – 70-х годов, 80 – 90-х годов и в период после 2000 года.

2. Рост длительности пребывания во втором жилище происходит ввиду направления части свободного времени, высвобождающегося из-за совершенствования технологий, на посещение вторых жилищ и проявляется двух показателях:

- увеличение суммарного времени пребывания во вторых жилищах в связи с ростом общей численности вторых жилищ;

- возрастание направляемой на пребывание во втором жилище части свободного времени, высвобождающегося из-за сокращения непроизводительных затрат времени (на транспортные передвижения – из-за развития транспортной инфраструктуры, на бытовые работы – из-за роста уровня оснащённости бытовыми приборами и механизмами, на получение услуг – из-за развития сферы услуг).

Первая составляющая прямо пропорциональна численности вторых жилищ. Вторая – увеличивается по мере развития производительных сил и совершенствования технологий в производственной, бытовой и транспортной и обслуживающей сферах.

3. Постоянное увеличение времени пребывания во вторых жилищах в пределе приведет к трансформации многих из них в основные места проживания за счет переезда семьи в полном составе или части ее членов в загородные дома для постоянного проживания.

4. Тенденция увеличения длительности пребывания во втором жилище является проявлением сущностных трансформаций современного градостроительства, перехода его к новому качественному состоянию, к новой градостроительной эпохе, к интенсивному развитию процессов субурбанизации. Второе жилище все больше вторгается в нашу жизнь, оно требует на себя все больше расходов и все больше внима-

ния – а значит оно удовлетворяет базовые потребности горожан в отдыхе, в передвижениях, в периодическом отвлечении от привычной среды проживания; отражает рост площадей ареалов ежедневного обитания горожан, обусловленный развитием транспортной инфраструктуры, а также возможности территориального роста градостроительных систем, возможности и необходимость переориентации градостроительной теории и практики на проектирование агломераций и более широкое распространение индивидуального жилищного строительства. Отражает процесс бегства из городов, неблагополучие и несовершенство современных градостроительных теоретических положений и проектных практик.

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

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

4. Махрова А.Г., Кириллов П.Л. Сезонная пульсация расселения в Московской агломерации под влиянием дачной и трудовой маятниковой миграции: подходы к изучению и оценка // Региональные исследования. 2015. № 1 (47). С. 117–125.

5. Новиков А.М., Новиков Д.А. Методология научного исследования. Либроком, Ozon.ru. 2015. 272 с.

6. Поморов С.Б. Второе жилище горожан или дом на природе. Урбоэкологические аспекты эволюции городского жилища. Новосибирск: изд-во НГАСХА. 2004. 472 с.

7. Caldwell M. Dacha Idylls. Living Organically in Russia's Countryside / Berkeley. Los Angeles. L.: University of California Press. 2011. 200 P.

8. Зиятдинов З.З. Градостроительная классификация второго жилища // Научный вестник Воронежского ГАСУ. Строительство и архитектура. Выпуск № 2 (38). 2015. С. 131–141.

9. Шестопалов С.С. декоративно-художественные приемы в садово-дачной архитектуре как отражение ее социальной роли // Вестник оренбургского государственного университета. 2015. № 5 (180). С. 192–198.

Ziyatdinov Z.Z.**URBAN PLANNING TREND: THE INCREASING LENGTH OF STAY IN THE SECOND HOME**

Shows the extent of the territorial expansion of the second dwelling in the world and in Russia. Shows the dependence of the amount of time spent in the second house from space planning and cost parameters of garden and country houses. In the development of second homes revealed the following trends: permanent average increase in total area and average number of floors of second dwellings second dwellings, the increase in the average construction of country houses, the increase in the share of heated garden and country houses with conditions for year round stay, increased level of engineering support second dwellings, the increase of the average duration of stay in second homes throughout the year. Identified the reasons for the continuing trend of increasing average and total time during which citizens in country houses during the year. Given the urban development assessment of the trend and noted that it reflects difficulties and the imperfection of the modern city forming the theoretical principles and design practices.

Key words: *second home, dachas, garden plots, space-planning parameters, the stay duration.*

Зиятдинов Зуфар Закиевич, главный архитектор города Пензы, кандидат архитектуры, член союза архитекторов России, 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

Барковский Д.В., аспирант,
Высоцкая М.А., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ТЕХНОЛОГИЯ УСТРОЙСТВА ПРОДОЛЬНЫХ ШВОВ СОПРЯЖЕНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ. МИРОВОЙ ОПЫТ

roruri@rambler.ru

В работе рассмотрен мировой опыт по выполнению сопряжения смежных полос из асфальтобетона устраиваемого дорожного покрытия. Изучены возможные причины нарушения сплошности покрытия между полосами.

Ключевые слова: шов сопряжения, покрытие, асфальтобетон, «технологические» трещины.

Введение. Возникающие в процессе эксплуатации асфальтобетонных покрытий дефекты связаны, как правило, не только с качеством асфальтобетонной смеси, но и, в первую очередь, с нарушениями технологий устройства покрытий. К их числу относится проблема выполнения надежного сопряжения смежных полос устраиваемого покрытия. Образующиеся при этом соединения, в различных источниках [1–3], определяются как сопряжения смежных полос, стыки, или как продольные технологические (конструктивные) швы. Особенность данной проблемы состоит в том, что в зависимости от ширины проезжей части, суммарная протяженность продольных швов может в 4–5 раз превышать протяженность участка асфальтобетонного покрытия. К числу особенностей рассматриваемой тематики, также можно отнести отсутствие единой терминологии. В связи с этим, в работе, согласно [1], приняты следующие термины и определения:

- Шов сопряжения – продольные и поперечные соединения, образующиеся при сопряжении смежных полос асфальтобетонных покрытий. Несмотря на некоторую техническую неточность, данный термин представляется

наиболее удобным для обобщения сведений из различных источников;

- Зона шва сопряжения – участок покрытия, расположенный на расстоянии 150 мм в обе стороны от шва сопряжения;
- Неограниченный край – кромка полосы покрытия, не опирающаяся на смежную полосу или бордюр.

Основная часть. Практика показывает, что в процессе эксплуатации, в зоне швов сопряжения возможно образование быстро прогрессирующих дефектов покрытия. Первичные дефекты в виде тонких разветвленных трещин, образуются в течение 5–6 месяцев эксплуатации. В осеннее-зимний период, в результате многочисленных циклов замораживания-оттаивания начинается шелушение покрытия в зоне швов сопряжения. Этот процесс сопровождается интенсивным выкрашиванием каменного материала. Воздействия транспортной нагрузки и природно-климатических факторов способствуют развитию дефектов покрытия, рис. 1.

В результате, уже после 2–3 лет эксплуатации, на большинстве покрытий автомобильных дорог образуются так называемые «технологические» продольные трещины, а затем выбоины, рис. 2 и 3.



Рис. 1. Динамика разрушения «технологических» трещин покрытия



Рис. 2. Технологическая трещина



Рис. 3. Разрушение покрытия в зоне технологической трещины

Если в этот период не предпринимаются меры по ремонту или герметизации трещин, то в последующие несколько лет на таких участках образуются отдельные выбоины, которые могут объединяться в крупные дефекты большой глубины. Практика показывает, что применение для ремонта продольных трещин битумных мастик и герметиков оказывается малоэффективным по причине большой (20–40 мм) ширины их раскрытия и высокой степени разрушения кромок. Наиболее эффективным методом ремонта в данной ситуации является проведение ямочного ремонта, с обязательным удалением ослабленного асфальтобетона на ширину 200–400 мм. Однако, учитывая общую протяженность «технологических» трещин, такие операции оказываются трудоемкими и дорогостоящими.

Исследования [2–5], проведенные в США и Европе, показывают, что основными причинами

возникновения дефектов, являются недостаточная плотность и избыточная пористость асфальтобетона в зоне швов сопряжения. Так, в работах [2, 3] отмечается, что даже при проведении специальных мероприятий по повышению надежности швов сопряжения, плотность асфальтобетона на таких участках ниже, чем в основном покрытии. По данным [2], минимальные значения плотности для всех конструкций наблюдались со стороны неограниченной кромки устраиваемой полосы покрытия и непосредственно в шве, рис. 4.

Однако, исследованиями, проведенными в Кентукском Университете [1], было доказано, что швы сопряжения с высокой плотностью асфальтобетона не всегда проявляли высокий уровень долгосрочной надежности.

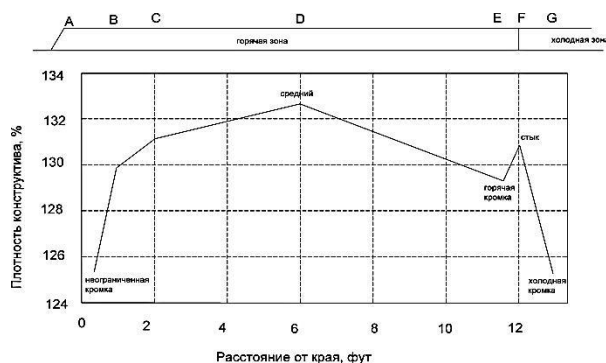


Рис. 4. Зависимость плотности асфальтобетона от места расположения в покрытии: А – неограниченная кромка; D – ось покрытия; E – ограниченная кромка; F – шов сопряжения

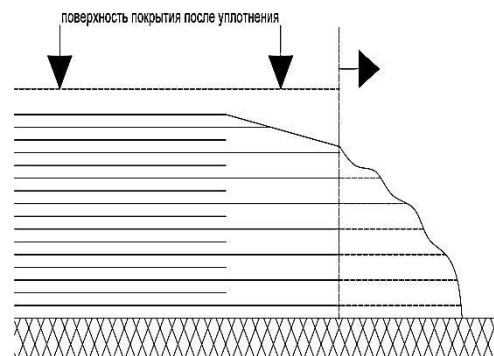


Рис. 5. Схема изменения плотности асфальтобетона в неограниченной кромке после уплотнения

Было выдвинуто предположение, что определяющим фактором является величина водонасыщения непосредственно в шве и в прилегающей к нему зоне. На основании обобщенного опыта дорожных и аэродромных исследований был сделан вывод, что в начальный период возникновения дефектов основную роль играет величина остаточной пористости и водонасыщения, тогда как интенсивность разрушений опре-

деляется коэффициентом уплотнения. Косвенным доказательством такого мнения является тот факт, что в районах с сухим жарким климатом проблема разрушения швов сопряжения стоит не так остро, как в регионах с холодным.

Очевидно, долгосрочная эксплуатационная надежность швов сопряжения смежных полос устраиваемого асфальтобетонного покрытия и, в определенной степени, самого покрытия может

быть достигнута при минимальной разнице величин остаточной пористости и коэффициента уплотнения асфальтобетона в шве и в основном покрытии. Достичь однородности этих показателей в различных точках покрытия довольно сложно. Это связано в первую очередь с температурной и гранулометрической сегрегацией асфальтобетонной смеси [5, 6] в процессе ее производства, транспортировки и укладки.

Зачастую, при выгрузке смеси в кузов транспортного средства, крупный каменный материал размещается у борта сверху, поэтому в процессе транспортировки остывает быстрее, а при выгрузке в асфальтоукладчик оказывается у борта бункера и сверху выгружаемой смеси, где продолжает интенсивно охлаждаться, рис.6. В результате, под плитой укладчика оказываются



Рис. 6. Гранулометрическая сегрегация смеси при выгрузке

Наиболее эффективным методом предотвращения разрушения швов сопряжения является укладка смеси на всю ширину проезжей части звеном из нескольких асфальтоукладчиков. Но даже в этом случае температура смеси в зоне шва сопряжения оказывается на 20–30 °С ниже температуры смежных полос. Кроме того, устройство покрытия на всю ширину, зачастую, является затруднительным, а в случае проведения ремонтных работ и при устройстве покрытий аэродромов и автостоянок – невозможным.

Для повышения качества покрытия в зоне швов сопряжения, при проведении работ одним асфальтоукладчиком, [7] ограничивает максимальную длину полосы укладки в зависимости от температуры воздуха и степени защищенности участка от ветра. Данное ограничение приводит не только к снижению производительности укладчика на 15–20 %, но и к увеличению количества поперечных швов сопряжения, что требует дополнительных затрат на их устройство и отрицательно влияет на ровность всего покрытия. В технических рекомендациях [8] приводятся требования по применению инфракрасного прогрева кромки холодной полосы. За счет этой операции, становится возможным про-

зоны асфальтобетонной смеси с высокой температурной и гранулометрической сегрегацией. Причем наиболее холодные и обогащенные крупным щебнем участки, оказываются в зоне швов сопряжения, рис.7. Такие участки уплотняются хуже и характеризуются более низкой плотностью и повышенной пористостью по сравнению с асфальтобетоном основной части покрытия.

В связи с этим, в последние время, для предотвращения сегрегации асфальтобетонной смеси применяются автономные перегружатели различной производительности [4]. Однако применение перегружателей не решает главной проблемы устройства швов сопряжения – недостаточного уплотнения смеси вблизи неограниченной кромки полосы.

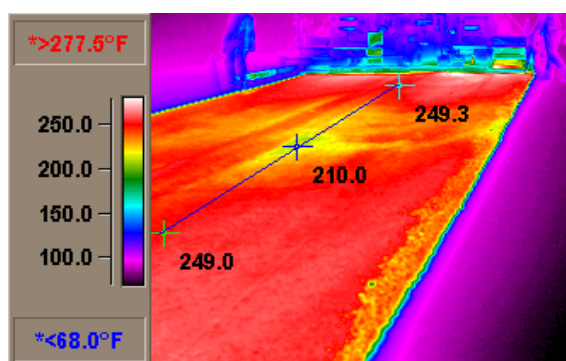


Рис. 7. Температурная сегрегация смеси при укладке

греть асфальтобетон толщиной 30–40 мм за 2–3 минуты до температуры 80–100 °С. Зарубежные источники, так же указывают на эффективность данного приема, однако отмечают технические сложности в применении оборудования и снижение скорости укладки смеси.

Рассмотрим существующие конструкции и технологии устройства швов сопряжения полос проезжей части автомобильных дорог из асфальтобетона.

С середины 90-х годов прошлого века в США и Европе был выполнен ряд долгосрочных исследовательских проектов, посвященных этой тематике [9–15]. Научно-практические работы, проводившиеся на автодорогах и аэродромах в различных погодных-климатических условиях эксплуатации, позволили классифицировать конструктивные и технологические решения, обеспечивающие долгосрочную надежность данных элементов асфальтобетонных покрытий.

1. Конструктивные и технологические решения швов сопряжения

- Мичиганский клин (*Notch Wedge Joint*). Конструктивное решение, согласно которому, неограниченной кромке укладываемой полосы придается форма клина, рис. 8, получило назва-

ние формованный клиновой шов, или Мичиганский клин. Он формируется в процессе укладки смеси с помощью специального приспособления, на брус асфальтоукладчика, рис. 9.

Уплотнение образующей клина осуществляется гладким вальцом, весом 45–90 кг, также

закрепленным на укладчике, рис. 10. Перед устройством смежной полосы покрытия поверхность клина должна быть обработана битумной эмульсией.

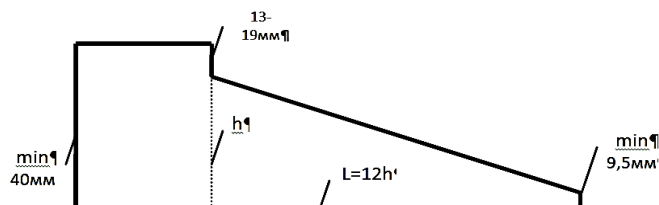


Рис. 8. Схема Мичиганского клина



Рис. 9. Схема крепления приспособления для устройства клина



Рис. 10. Малый уплотнительный валец

Особая привлекательность данной конструкции заключается в том, что устройство смежной полосы допускается в течение последующих 24 часов. Это позволяет устраивать покрытие в объеме полной сменной выработки смеси одним проходом укладчика, повышая производительность на 20–30 % и уменьшая количество поперечных швов. По данным [1] устройство Мичиганского клина обеспечивает достижение требуемого коэффициента уплотнения в зоне шва сопряжения. Применение клина совместно с битумно-каучуковыми вяжущими, позволяет получить минимальное (в сравнение с

другими конструкциями) значение водонасыщения. С точки зрения простоты исполнения данная конструкция признана наиболее технологичной.

• Обрезка кромки отрезным диском (*Cutting Wheel*). Данная технология предусматривает обрезку недоуплотненной неограниченной кромки на ширину 38–52 мм, установленным на автогрейдере, рис. 11, 12, или гладковальцевом катке диском. Является наиболее распространенной практикой при устройстве покрытий на аэродромах США.

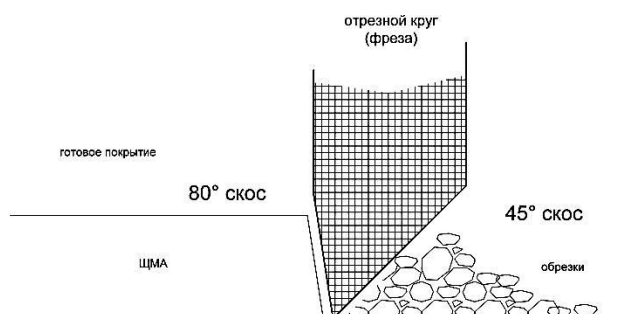


Рис. 11. Схема конструкции отрезного диска



Рис. 12. Установка отрезного диска на автогрейдере

В силу жестких требований Федеральной Аэродромной Ассоциации (FAA) США к каче-

ству аэродромных покрытий, ширина обрезки может достигать 150 мм. К недостаткам данной

конструкции относят образование большого количества асфальтобетонного лома, подлежащего последующей переработке и высокие требования к синхронности действий операторов обрезной машины и асфальтоукладчика. Кроме того, существует мнение, что воздействие отрезного круга вызывает смещение краевых зерен мине-

рального материала, что в дальнейшем способствует развитию трещин. В качестве альтернативы отрезному кругу рекомендуется применение алмазного режущего инструмента, с последующей промывкой стенки шва водой, рис. 13 и 14.



Рис. 13. Обрезка кромки алмазным диском



Рис. 14. Срез полосы после промывки водой

- Система прогрева кромки (*Infrared Joint Heating System*), состоит из блоков излучателей, преобразующих тепловую энергию от сгорания

сжиженного газа в инфракрасное излучение. Блоки могут монтироваться как на автономном шасси, так и на асфальтоукладчике, рис. 15 и 16.



Рис. 15. Система инфракрасного прогрева на автономном шасси



Рис. 16. Системы инфракрасного прогрева на асфальтоукладчике

Технология прогрева кромки была разработана в 80-х годах, но не нашла широкого применения из-за невозможности обеспечить постоянную степень прогрева. При замедлении или остановке тягача происходил перегрев поверхности. В последнее время разработаны установки, позволяющие автоматически поддерживать постоянную температуру прогрева кромки на уровне 170 °С, не зависимо от погодных условий и скорости движения тягача или укладчика. Применение таких систем показало, что после 1 года эксплуатации покрытия продольные трещины наблюдались только на 2 % от общей длины опытного участка. На контрольном покрытии эта величина составила 36 %.

- Краевой уплотнитель (*Edge Restraining Device*) - представляет собой конический стальной валец, закрепленный через систему гидрорегулировки на стойке ведущего вальца катка, рис. 17, диаметром у основания – 75 мм. Рассто-

яние от ведущего вальца катка – 150 мм. Гидравлическая система удерживает валец с постоянной прижимной силой на кромке асфальтобетона вовремя первого прохода катка. При уплотнении основной полосы валец поднимается выше уровня покрытия. Принцип действия краевого уплотнителя сводится к заземлению неограниченного края уплотняемой полосы, что позволяет достичь требуемого уплотнения непосредственно у кромки шва. Данные лабораторных и экспресс анализов показали, что применение краевого уплотнителя позволяет достигать максимальных величин уплотнения непосредственно в шве и прилегающей зоне.

Основные сложности в применении этого приспособления связаны с неравномерной толщиной кромки уплотняемой полосы, что требует практического навыка от оператора катка, так же были отмечены случаи образования складок смеси по ходу движения краевого уплотнителя.

В связи с этим была предложена [1] усовершенствованная конструкция вальца, в которой вершина конуса имеет цилиндрический выступ, рис. 18, что позволяет достичь оптимальных результатов уплотнения.

- Система предуплотнения смеси (*Joint Maker*) - представляет собой регулируемое при-



Рис. 17. Краевой уплотнитель на ведущем вальце катка

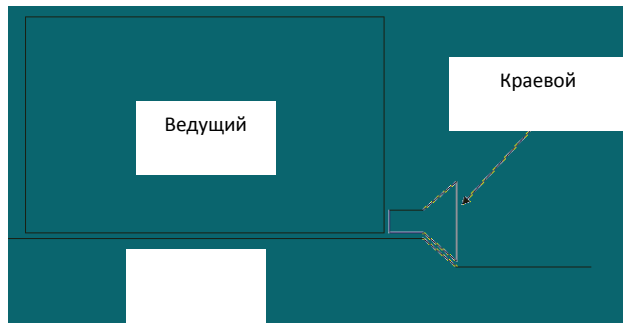


Рис. 18. Схема конструкции краевого уплотнителя

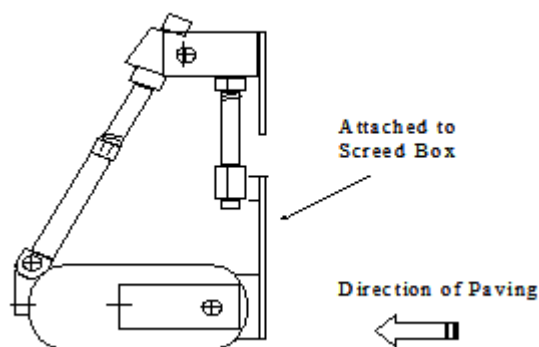


Рис. 19. Схема системы предуплотнения



Рис. 20. Крепление на асфальтоукладчике

Основной недостаток системы - сложность в настройке рабочего органа и налипание на него смеси. Также, было установлено, что использование *Joint Maker* не позволяет заметно улучшить качественные показатели асфальтобетона в зоне шва сопряжения, что делает систему неэффективной.

- Битумно-каучуковые вяжущие покрытия (*Rubberized Asphalt Tack Coat*). К данной пози-

ции, относятся дорожные мастики и специальные стыковочные ленты. Под воздействием температуры горячей смеси, вяжущее плавится и проникает в структуру асфальтобетона, снижая тем самым водонасыщение в зоне шва. Мастики для ремонта трещин и обработки кромки покрытия требуют специальных плавно-заливочных установок и насадок-аппликаторов, рис. 21, 22.



Рис. 21. Специализированный заливщик для нанесения мастики



Рис. 22. Насадка-аппликатор

Мастика позволяет повысить эксплуатационную надежность швов сопряжения, однако отмечается, что ее применение связано со сложностями, если угол кромки покрытия превышает 45° .

- Стыковочные ленты (*Joint Tape*) изготавливаются из битумно-каучукового вяжущего и предназначены для снижения водонасыщения



Рис. 23. Укладка стыковочной ленты вдоль кромки покрытия

асфальтобетона в зоне швов сопряжения. Технология их применения не требует специализированного оборудования и заключается в укладке ленты вдоль кромки покрытия. Последующие операции по укладке и уплотнению смеси на смежной полосе выполняются по стандартным технологиям, рис.23, 24.



Рис. 24. Укладка смеси с применением стыковочной ленты

В зависимости от толщины укладываемого слоя и конструкции шва сопряжения применяются ленты различных типоразмеров: 4–10 мм по толщине и 40–50 мм по ширине. Рассматривается несколько вариантов укладки ленты, как в уровень с покрытием, так и с превышением на 3–6 мм. В последнем случае при уплотнении на поверхности асфальтобетона образуется защитный слой из вяжущего. Анализ обобщенных данных по результатам исследований [3] показал, что применение стыковочной ленты повышает уровень долгосрочной надежности всех типов конструкций швов сопряжения. Это касается и контрольных участков, специальных мероприятий по подготовке кромки покрытия не применялось.

Стыковочные ленты нашли широкое применение в США, странах Западной Европы и ближнего зарубежья [7–9]. В Германии техноло-

гия применения лент регламентируется ZTV Fug-StB01 [8].

2. Технологии уплотнения смеси в зоне швов сопряжения

Рассмотрим существующие в дорожно-строительной практике технологии уплотнения смеси в зоне шва сопряжения.

- Уплотнение с перекрытием смежной полосы, предусматривает первый проход катка по свежесуложенной полосе с перекрытием смежной полосы покрытия на 150 мм, рис. 25. Натурные и лабораторные испытания показали, что разница в коэффициентах уплотнения основного покрытия и зоны шва сопряжения не превышает 2 %, а проводившийся в течение 7 лет мониторинг выполненных объектов, подтвердил высокую долгосрочную эффективность данной технологии.



Рис. 25. Уплотнение с перекрытием смежной полосы

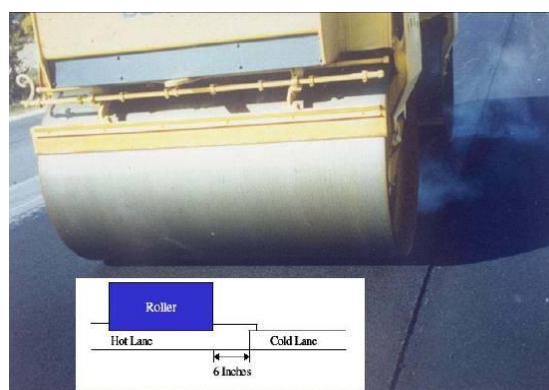


Рис. 26. Уплотнение с отступом от шва сопряжения

- Уплотнение с отступом от шва сопряжения. Начало уплотнения уложенной полосы данной технологии с отступом от шва на расстояние 150 мм, рис. 26, так же признано эффективным приемом, особенно, когда толщина уплотняемого слоя превышает 100 мм. В остальных случаях, уплотнение с перекрытием смежной полосы является предпочтительным.

- Уплотнение с холодной стороны, в настоящее время, признано наименее эффективным способом, с точки зрения обеспечения долгосрочной надежности швов сопряжения, и не входит в перечень технологий, рекомендуемых Национальным Центром Технологий Асфальтобетона (NCAT) США.

Выводы. На основании выполненного анализа, можно заключить:

1. Достижение высокого уплотнения в зоне швов сопряжения, является основным фактором, обеспечивающим их долгосрочную надежность.

2. Коэффициент уплотнения асфальтобетона в зоне шва сопряжения должен быть не более чем на 2 % меньше, чем в основном покрытии.

3. Наиболее эффективным, с точки зрения обеспечения ровности покрытия и надежности швов сопряжения, является одновременное устройство покрытия на всю ширину проезжей части звеном из нескольких асфальтоукладчиков.

4. При производстве работ одним асфальтоукладчиком рекомендуются следующие конструктивные решения (в порядке снижения эффективности):

- устройство Мичиганского клина с применением битумно-каучукового вяжущего;
- применение стыковочной ленты без устройства клина;
- устройство Мичиганского клина;
- обрезка кромки отрезным диском.

5. Применение инфракрасного прогрева кромки и краевого уплотнителя, показало высокую эффективность этих методов, однако статистических данных недостаточно для того чтобы рекомендовать их в широкую практику.

6. Уплотнение с «горячей» стороны позволяет достичь лучших результатов для всех типов конструкций

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. John Fleckenstein L., David L. Allen, David B. Schultz. Compaction at the longitudinal construction joint in asphalt pavements, Kentucky Transportation Center, May 2002. Pp. 38-54
2. Cindy K. Estakhri, Thomas J. Freeman, and Clifford H. Spiegelman, Density evaluation of the longitudinal construction joint of hot-mix asphalt

pavements, Texas Transportation Institute, August 2000. Pp. 12-18.

3. Rajib B. Mallick, Prithvi S. Kandhal, Randy Ahlrich, Skip Parker, improved performance of longitudinal joints ON asphalt airfield, Airfield Asphalt Pavement Technology Program, December 2007. Pp. 22-26.

4. Малютин Л.. Перегрузатели асфальтобетонной смеси, «Основные Средства» №11/2005 С.15-18.

5. Milt Fletcher, HMA Segregation, Clemson Highway Conference, 2007. Pp. 8-12.

6. Генрикас Сивильвичюс, Влияние параметров дозирования материалов на точность и стабильность состава изготовленной асфальтобетонной смеси, Вильнюсский технический Университет, 2004 г.

7. 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.

8. R ALTE-TEIGELER, C RECKNAGEL, E SONDERMANN Kommentare zu den Regelungen fuer Fugen in Verkehrsflaechen - Teil 1 / Comments on the Technical Regulations concerning Joint Filling Systems in Pavements - Part 1 56 p.

9. Технические рекомендации по устройству дорожных конструкций с применением асфальтобетона, Москва 2007 г.

10. Hughes C.S. (October 1984). "Importance of Asphalt Compaction." Better Roads, Vol. 54. №. 10. Pp. 22-24.

11. Hughes C.S. (1989). National Cooperative Highway Research Program Synthesis of Highway Practice 152: Compaction of Asphalt Pavement. Transportation Research Board, National Research Council. Washington, D.C.

12. Kandhal P.S., Mallick R.B. (1996). A Study of Longitudinal Joint Construction Techniques in HMA Pavements (Interim Report – Colorado Project). NCAT Report No. 96-03. <http://www.eng.auburn.edu/center/ncat/reports/rep96-3.pdf>

13. Brock J.D. and Skinner, T. (no date given). Longitudinal Joints, Problems and Solutions. AS-TEC technical paper T-130. ASTEC Industries, Inc. Chatanooga, TN

14. Kandhal P.S., Ramirez T.L. and Ingram, P.M. (2002). Evaluation of Eight Longitudinal Joint Construction Techniques for Asphalt Pavements in Pennsylvania. NCAT Report No. 02-03. <http://www.eng.auburn.edu/center/ncat/reports/rep02-03.pdf>

15. National Asphalt Pavement Association (NAPA). (1998). Building the Notched Wedge

Joint. TAS-126. National Asphalt Pavement Association. Lanham, MD.

Barkovskii D.V., Vysotskaya M.A.

TECHNOLOGY DEVICE INTERFACE LONGITUDINAL SEAMS OF ASPHALT CONCRETE PAVEMENT . WORLD EXPERIENCE

In this work, the international experience on performance of interface of adjacent strips from asphalt concrete of the arranged paving is considered. Possible causes of infringement of a sploshnost of a covering between strips are studied.

Key words: *interface seam, covering, asphalt, "technological" cracks.*

Барковский Дмитрий Владиславович, аспирант кафедры автомобильные и железные дороги.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

Высоцкая Марина Алексеевна, кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильные и железные дороги.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.
E-mail: roruri@rambler.ru

Пирьев Ю.С., доц.,
Фролов Н.В., асс.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

О ВОЗМОЖНОСТЯХ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕНОБЕТОННЫХ КАМНЕЙ ДЛЯ КЛАДКИ НЕСУЩИХ СТЕН МАЛОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

p-yunis@mail.ru

В статье рассматриваются вопросы, связанные с применением камней из конструкционно-теплоизоляционного пенобетона для кладки несущих стен малоэтажных жилых зданий. Проведены испытания на центральное сжатие образцов кладок из пенобетонных камней класса В2 и В2,5 соответственно на цементно-песчаном растворе марок М50 и М75. Установлены пределы нагружения таких кладок при длительной эксплуатации. На основании сбора нагрузок определены значения примерных расчетных напряжений, действующих в сечениях несущего слоя стен из пенобетонных камней при различных конструктивных параметрах здания. Отмечается, что эти расчетные напряжения намного меньше их предельных экспериментальных величин.

Ключевые слова: теплоизоляция, кладка из пенобетонных камней, несущая стена, жилое здание, напряжение.

Введение. Из-за высоких тарифов на отопление к ограждающим конструкциям жилых зданий предъявляются все более высокие теплоизоляционные требования. При проектировании малоэтажного жилья экономический фактор зачастую является определяющим наравне с прочностным. Общеизвестно, что в среднем потери тепла в жилых зданиях происходят: через окна и двери – 37 %; через наружные стены – 35 %; через цокольные перекрытия – 13 %; через чердачные перекрытия – 15 %. Отсюда, немаловажно применение ограждающих стеновых конструкций на основе эффективных утеплителей и пористых строительных материалов, что соответственно снижает потребление энергоносителей при эксплуатации здания. К таким эффективным материалам, безусловно, относятся и ячеистые бетоны. Использование ячеистых бетонов в составе наружных стен также позволяет повысить их долговечность и экологичность по сравнению с различными многослойными стенами [1, 2].

По способу образования пористой структуры ячеистые бетоны подразделяются на пенобетоны и газобетоны, получаемые соответственно способами пенообразования и газообразования пор [3]. По своему назначению ячеистые бетоны бывают теплоизоляционные, конструкционно-теплоизоляционные и конструктивные. Дальнейшая речь пойдет только о конструкционно-теплоизоляционном пенобетоне.

Принимая во внимание как положительные, так и отрицательные свойства конструкционно-теплоизоляционного пенобетона [4, 5], опыт эксплуатации стеновых конструкций, изготовленных из него, предопределяется его эффективное использование в составе несущих и самонесущих стен малоэтажных жилых зданий [6].

При устройстве конструкций стен жилых зданий пенобетон применяется как в виде заводских изделий (панелей и блоков различных типоразмеров) – при кладке, так и в монолитном виде – при заливке. Высокая усадка пенобетона приводит к образованию большого количества трещин в монолитных стенах, поэтому широкое практическое распространение получили стены, выполненные при помощи кладки пенобетонных камней и блоков на растворе или клею [7, 8].

Согласно СТО 501-52-01-2007 «Проектирование и возведение ограждающих конструкций жилых и общественных зданий с применением ячеистых бетонов в Российской Федерации» внутренние и наружные несущие стены зданий высотой до 3-х этажей рекомендуется изготавливать из блоков классов по прочности не ниже В2,5, на растворе марки не ниже М75; при высоте до 2-х этажей – не ниже В2 на растворе не ниже М50. В связи с этим в работе ставится цель – экспериментально оценить прочность таких кладок при сжатии и сравнить ее с примерными расчетными значениями сжимающих напряжений, действующих в сечениях несущего слоя стен жилых зданий указанной этажности.

Методология. Испытание всех образцов кладки на кратковременное центральное сжатие проводилось на гидравлическом прессе ПСУ-50 ступенчатым нагружением с шагом 4 кН.

Примерные расчетные напряжения, действующие в несущем слое стен из пенобетонных камней, определены на основании сбора нагрузок на такую стену, в соответствии с принятыми постоянными и варьируемыми конструктивными параметрами жилого здания.

Основная часть. Каменная кладка, состоящая из камней и швов, заполненных раствором после его затвердевания, является монолитным неоднородным упругопластическим телом, об-

ладающим под нагрузкой особенностями работы составляющих его материалов [9]. Несущую способность стеновой кладки в значительной степени определяет прочность на сжатие кладочных камней и кладочных растворов.

Для определения прочностных показателей кладки из пенобетонных камней были проведены две серии испытаний ее образцов на центральное сжатие (см. рис. 1, а). Образцы кладки представляли собой столбы высотой $h = 1000$ мм с квадратным поперечным сечением, имеющим сторону $a = 250$ мм (отношение $h / a = 4$). Для кладки применяли мелкие пенобетонные камни неавтоклавного твердения размерами $250 \times 120 \times 88$ мм, изготовленные из конструкционно-теплоизоляционного бетона класса В2 в первом случае и В2,5 во втором случае (соответственно со средней плотностью 600 и 700 кг/м³). Кладку пенобетонных камней выполняли каменщики 3 – 4 разрядов на цементно-песчаном растворе марок М50 и М75 соответственно для первой и второй серии испытаний. Образцы были предварительно выдержаны не менее 28 суток в лабораторных условиях при нормальном температурно-влажностном режиме.



Испытания показали, что временное сопротивление образцов кладки сжатию колеблется в пределах от 1000 – 1100 кПа из камней класса В2 на растворе марки М50 до 1200 – 1400 кПа из камней класса В2,5 на растворе марки М75. Таким образом, с увеличением марки раствора прочность кладки из пенобетонных камней невысокой прочности повышается. Предел нагружения при длительной эксплуатации кладки соответствует уровню нагрузки, равной 0,6 от разрушающей [10], и для рассматриваемых кладок колеблется в пределах от 600 – 660 кПа из камней класса В2 на растворе марки М50 до 720 – 840 кПа из камней класса В2,5 на растворе марки М75.

Характер деформирования всех образцов вплоть до разрушения одинаков. На этапе нагрузки, составляющей 0,75 – 0,85 от разрушающей, возникают первые локальные трещины в верхних и нижних рядах камней. Дальнейшее увеличение нагрузки приводит к объединению локальных трещин в магистральные и разрушению образца (рис. 1, б).



Рис. 1. Вид образца кладки из мелких пенобетонных камней до (а) и после (б) испытания на сжатие

Для определения значений примерных расчетных сжимающих напряжений, действующих в сечениях несущего слоя наружных стен из пенобетонных камней, был выполнен сбор нагрузок на такую стену, имеющую конструктивное решение, показанное на рис. 2. Нагрузки собирались на глухой участок (шириной $b = 1$ м) стены типового жилого здания в уровне первого

этажа. Расстояние между несущими стенами принято 6 м, высота этажа 3 м. Значение снеговой нагрузки принято 1,8 кПа (III-й снеговой район). Варьируемыми параметрами здесь являются: этажность, тип чердачного и междуэтажного перекрытия, толщина несущего слоя t стены и класс пенобетонных камней. Результаты расчета напряжений представлены в табл. 1.

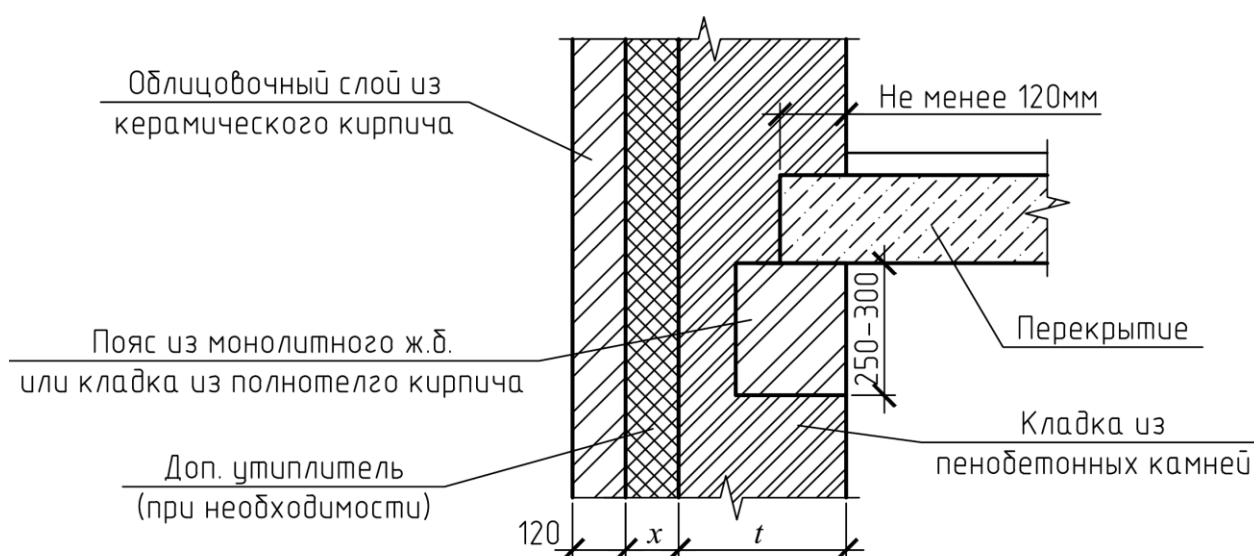


Рис. 2. Конструктивное решение стены при определении напряжений

Таблица 1

Примерные расчетные напряжения в несущем слое стен из пенобетонных камней

Количество этажей в жилом здании, шт.	Тип перекрытия	Напряжение в сечении несущего слоя стены шириной $b = 1$ м, кПа					
		Кладка из пенобетонных камней класса В2			Кладка из пенобетонных камней класса В2,5		
		Толщина несущего слоя t , м			Толщина несущего слоя t , м		
		0,25	0,38	0,51	0,25	0,38	0,51
1	По ж.б. плитам	207	167	140	210	170	143
	По деревян. балкам	175	141	118	178	145	121
2	По ж.б. плитам	315	250	208	321	256	215
	По деревян. балкам	270	214	179	275	221	186
3	По ж.б. плитам	—	—	—	426	335	279
	По деревян. балкам	—	—	—	365	288	244

Сопоставление данных табл.1 с предельными экспериментальными значениями напряжений при длительной эксплуатации кладки из пенобетонных камней показывает, что прочность стеновых конструкций при всех рассматриваемых конструктивных параметрах жилого здания будет обеспечена с большим запасом (до 1,5-3 раз).

Выводы. Применение кладок из пенобетонных камней класса В2 на растворе М50 и класса В2,5 на растворе М75 для несущих стен типовых жилых зданий соответственно с двумя и тремя этажами возможно, что подтверждает рекомендации СТО 501-52-01-2007. Актуально выглядит проведение дополнительных исследований о применении подобных кладок для несущих стен жилых зданий большей этажности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Смоляго Г.А., Дронова А.В. Возможности совершенствования качеств наружных стен при возведении и эксплуатации малоэтажных «пассивных» домов // Известия Юго-Западного государственного университета. 2010. № 3 (32).

С. 66–70.

2. Смоляго Г.А., Дронова А.В. Обеспечение экологической безопасности при строительстве малоэтажных «пассивных» домов // Строительство и реконструкция. 2013. № 6 (50). С. 73–77.

3. Бобров Ю.Л. Овчаренко Е.Г. Шойтех Б.М. Петухова Е.Ю. Теплоизоляционные материалы и конструкции. М.: ИНФРА М, 2013. 266 с.

4. Гусев Н.И., Аюпова З.В. Стены отапливаемых зданий из пенобетона, их преимущества и недостатки // Вестник ПГУАС: строительство, наука и образование. 2015. № 1 (1). С. 37–40.

5. Новиков М.В., Осипов В.Н. Применение ячеистых бетонов низкой плотности в ограждающих конструкциях // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. 2015. № 1. С. 101–105.

6. Смоляго Н.А., Таранцов К.А., Смоляго Е.Г. Конструктивные системы индивидуальных жилых домов с использованием ячеистых бетонов // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2007. № 1 (7). С. 49–51.

7. Рахимбаев Ш.М., Дегтев И.А., Тарасенко В.Н., Аниканова Т.В. К вопросу снижения усадочных деформаций изделий из пенобетона // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2007. № 12. С. 41–44.

8. Ключев В.Ю. Трещиностойкость как важнейшее ресурсоформирующее качество ячеистого бетона // Труды российских ученых. 2008. № 4. С. 54–59.

9. Еременок П.Л., Еременок И.П. Каменные и армокаменные конструкции. М.: ЭКОЛИТ, 2011. 224 с.

10. Пирьев Ю.С., Пирьева Л.Ю. Исследование характеристик кладки из пенобетонных камней // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 8. С. 25–27.

Piriev J.S., Frolov N.V.

THE POSSIBILITY OF USING FOAM CONCRETE STONES FOR MASONRY BEARING WALLS OF LOW-RISE RESIDENTIAL BUILDINGS

The article discusses the issues associated with the use of stones from constructive-thermal insulating foam concrete for masonry bearing walls of low-rise residential buildings. Were conducted tests of the central compression on samples from foam concrete stones B2 and B2,5 respectively on cement-sand mortar marks M50 and M75. The limits of the loading such masonry for long term use were set. Based on the collection of loads the values of the approximate calculation of stresses acting on sections of the bearing layer of the walls of foam concrete stones in different constructive parameters of the building. It is noted that these working stresses are much lower limit their experimental values.

Key words: thermal insulation, masonry from foam concrete, bearing wall, residential building, stress.

Пирьев Юнис Селим оглы, доцент кафедры строительства и городского хозяйства.

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

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

E-mail: p-yunis@mail.ru

Фролов Николай Викторович, ассистент 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

Тарасенко В.Н., канд. техн. наук, доц.,
Дегтев И.А., канд. техн. наук, проф.,
Черныш Н.Д., доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

АКУСТИЧЕСКИЙ КОМФОРТ ЗАЛА МНОГОЦЕЛЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ ДК СТУДЕНТОВ БГТУ ИМ. В.Г. ШУХОВА

vell.30@mail.ru

Акустика залов многоцелевого назначения складывается из ряда факторов, основными из которых следует считать геометрию зала, наличие балконов и других конструктивных приемов членения пространства зала, вид отделки элементов интерьера, особенности размещения звуковоспроизводящего оборудования, наличие и вид звукопоглотителей.

Ключевые слова: комфортность пребывания, звукопоглощение, электроакустические системы, эквивалентные площади звукопоглощения материалов и конструкций.

Зал для проведения культурно-массовых мероприятий — это сложный, высокотехнологичный комплекс, элементы которого связаны с функциональным назначением. Акустическое благоустройство играет не последнюю роль в обеспечении комфорта зрителей. Акустику принято считать хорошей, если зал многоцелевого назначения подходит для проведения мероприятий разного рода, при этом полезные звуки акцентированы, а посторонние устранены до уровня, не нарушающего комфорт восприятия.

Акустический комфорт зала складывается из следующих составляющих:

- обеспечение зрителей достаточной звуковой энергией;
- создание диффузного звукового поля;
- исключение эха и фокусировки звука;
- обеспечение оптимального времени реверберации;
- минимизация посторонних шумов.

Оценка зала, в котором звучание музыки и речи признано высокого качества, основана на законах распространения звуковых волн в закрытом помещении, на законах отражения и поглощения звука различными видами поверхности. Акустический комфорт подразумевает баланс между процессами поглощения и отражения звуковой энергии.

В залах многоцелевого назначения для проведения звуковых программ различного типа предусматривают размещение звуковоспроизводящего оборудования, которое обеспечивает изменение акустических свойств помещения в зависимости от вида программ. Для воспроизведения разных жанров музыки необходимы залы с разными акустическими параметрами, а в пределах одного зала следует обеспечить различную акустику на сцене и в зоне расположения слушателей. Залы, оборудованные акустическими системами (системами озвучивания), делят на две группы:

- 1) залы, в которых зрители воспринимают

звук непосредственно со сцены и при помощи звукоусиления (лекционные, концертные залы, залы многоцелевого назначения);

- 2) залы, в которых зрители воспринимают звук только с помощью звуковоспроизводящей системы.

В лекционных и театральных залах системы звукоусиления предназначены для усиления речи; при исполнении концертных программ звукоусиление необходимо солистам, которых сопровождает оркестр. В обоих случаях микрофон, принимающий сигнал для его последующего усиления, находится в звуковом поле громкоговорителей, излучающих усиленный сигнал в зал, таким образом, система звукоусиления является системой с акустической обратной связью.

Обычно для усиления концертных программ и солистов в больших залах используют многоканальную стереофоническую систему, которая позволяет получать высококачественное усиление и сохранять акустическую пространственную картину. Традиционно применяют многоканальную систему звукоусиления. На входной стороне каждый из каналов имеет группу микрофонов. От микрофонов после усиления сигналы поступают к громкоговорителям и затем в зал. Сигнал, принятый ближайшим к источнику микрофоном, имеет более высокий уровень по сравнению с сигналами, принимаемыми другими микрофонами. Кроме того, первый сигнал опережает другие по времени. Данное соотношение уровней и временных сдвигов сохраняется и в сигналах, излучаемых громкоговорителями, что создает необходимый стереофонический эффект. Громкоговорители центрального канала располагают, как правило, над средней частью портала сцены, а громкоговорители боковых каналов — по краям портала и ниже громкоговорителей центральной группы.

В залах многоцелевого назначения необходимо управление временем и частотной характеристикой реверберации. Акустические системы помимо усиления звука могут выполнять функции регулирования времени реверберации (амбиофонические системы).

Выбор акустической аппаратуры, мест размещения микрофонов и громкоговорителей, коррекция частотной характеристики усиления осуществляется с учетом архитектурно-планировочного решения зала. Качество звука в первую очередь зависит от геометрических параметров помещения. Форма, размер, объем, вместимость зала, расположение архитектурных и интерьерных элементов позволяют решить значительную часть задач по созданию диффузного звукового поля и соотношения поступающей к слушателям отраженной и прямой звуковой энергии.

Прямая звуковая волна имеет существенно большее значение в залах, оборудованных акустическими системами. Для регулирования характеристик звукового поля применяют подвижные отражатели, поднимающиеся шторы-драпировки, раздвижные перегородки, вращающиеся экраны, имеющие различное звукопоглощение на внешней и тыльной сторонах, устройства, предназначенные для изменения объема помещения. Например, для изменения объема зала возможно применение оркестровой (акустической) раковины, что, несомненно, дает следующие преимущества:

- использовать зал для концертных программ, спектаклей позволяет устройство разборной раковины;
- отделение раковины от зала достигают опусканием экрана и изменением расположения отражателей на стенах и потолке;
- присоединение объема оркестровой раковины к объему зала позволяет увеличить время реверберации на средних частотах на 0,2 с;
- ограждающие поверхности раковины обеспечивают требуемую структуру ранних отражений и т.п.

Акустические свойства помещения могут значительно изменить характер звучания самой хорошей акустической системы.

Важным параметром акустики помещения считают диффузность звукового поля, которая характеризует равномерность распределения энергии отраженных волн. Требуемую диффузность звукового поля в многофункциональных залах достигают разнообразными способами. Например, стены и потолок могут быть расчленены отдельными поверхностями, расположенными в разных

плоскостях и под разными углами таким образом, чтобы не искажалась частотная характеристика звуковой энергии. При этом, чем меньше площадь отражающей поверхности, тем лучше. Однако, гладкие поверхности препятствуют созданию необходимой диффузности звукового поля. Наличие в помещении параллельных поверхностей с высокой отражающей способностью приводит к образованию череды быстрых повторений звукового сигнала (порхающее эхо). Отклонение от параллельных стен на 2...3° или от одной стены на 5...6° ослабляет образование порхающего эха. Устранить это явление позволяет размещение на поверхностях звукопоглощающих или рассеивающих материалов, например, акустической пены «Sonex», материала типа тонкого коврового покрытия «Masonit'oM» или «Flutter Stix». Круглые и овальные поверхности, колонны, пилястры, ниши и дополнительные архитектурные элементы повышают диффузность, поскольку такие поверхности создают рассеянное (ненаправленное) отражение.

В случаях, когда невозможно изменить конструктивные особенности зала, устранить повторяющееся эхо позволяет размещение полуцилиндрических дефлекторов, выполненных из фанеры, гипса или из пенополиуретана.

Значимым акустическим параметром зала является время реверберации, необходимое для того, чтобы интенсивность звука после прекращения действия его источника уменьшилась до одной миллионной доли своей начальной величины. **Реверберация**, образуемая множеством звуков, накладывающихся один на другой или следующих один за другим, удлиняет прямой звук после его прекращения и препятствует его правильному восприятию. Реверберация не должна быть слишком короткой или слишком долгой: при долгой реверберации слоги в словах становятся нечеткими.

Важным условием для получения хорошей слышимости и разборчивости речи является функциональная способность материала поглощать звук. При проектировании залов уделяют большое внимание выбору материала строительных конструкций. Например, введение в качестве основного материала элементов конструкций дерева создает в залах особые акустические условия. Широкое развитие новых материалов позволяет использовать более экономичные и пожаробезопасные решения. В настоящее время для финишной отделки часто используют материал Basotect (Российское название

«ЭхоКор»), производство компании Basf, обладающий хорошей звукопоглощающей способностью, высокой огнестойкостью (Г-1) и презентабельным внешним видом.

Обследование акустического благоустройства и фактуры отделки звукопоглощающих поверхностей в зале многоцелевого назначения ДК БГТУ им. В.Г.

Шухова проведено с целью оценки звукопоглощающей способности элементов интерьера зала (рис. 1) и определения возможности замены элементов потолочных систем без изменения базовых звукоотражающих характеристик на более современные облицовочные материалы.



Рис. 1. Элементы интерьера в зале многоцелевого назначения ДК БГТУ им. В.Г. Шухова

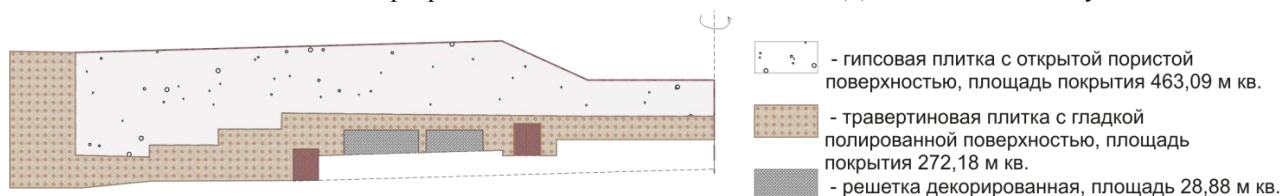


Рис. 2. Развертка стен зала многоцелевого назначения ДК БГТУ им. В.Г. Шухова

В результате натурных обмеров построена развертка стен с указанием материалов, их фактуры и занимаемой площади (рис. 2).

Учитывая площади звукопоглощения и фактуру материалов, были рассчитаны примерные коэффициенты звукопоглощения на средних геометрических частотах (табл. 1, 2).

Для залов многоцелевого назначения расчет времени реверберации обычно производят для

среднегеометрических частот 125, 500 и 2000 Гц.

Для расчета времени реверберации зала предварительно определен воздушный объем помещения V , м^3 , общая площадь внутренних поверхностей $S_{\text{общ.}}$, м^2 , и общая эквивалентная площадь звукопоглощения (ЭПЗ) $A_{\text{общ.}}$, м^2 .

Таблица 1

Ведомость эквивалентных площадей звукопоглощения материалов и конструкций

Наименование поверхности интерьера	Вид и отделка поверхности	Площадь поверхности, м^2	Среднегеометрические частоты нормирования, Гц					
			125		500		2000	
			коэф. звукопоглощения α	$\alpha \times S$	коэф. звукопоглощения α	$\alpha \times S$	коэф. звукопоглощения α	$\alpha \times S$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Пол зала	Ковролин войлочного типа	255,18	0,11	28,07	0,37	94,42	0,27	68,89
Стены (см. развертку рис. 2)	Гипсовая плитка	463,09	0,013	6,02	0,025	11,58	0,04	18,52
	Травертиновая плитка	272,18	0,01	2,72	0,01	2,72	0,015	4,08
	Декорированная решетка	28,88	0,15	4,33	0,50	14,44	0,50	14,44
Потолок	Навесные потолочные плиты гипсовые	314,56	0,013	4,09	0,025	7,86	0,04	12,58
Пол сцены	Гладкие плиты древесно-волоконные	255,07	0,05	12,75	0,03	7,65	0,03	7,65
Проем сцены	Портьеры, оборудование, задник	154,62	0,06	9,28	0,25	38,66	0,75	115,97
Двери	Панели деревянные	22,88	0,05	1,14	0,03	0,69	0,03	0,69
Суммарная площадь S , м^2		1766,46						
Суммарное отношение $\alpha \times S$ по среднегеометрическим частотам				68,40		178,02		242,82

Таблица 2

Ведомость эквивалентных площадей звукопоглощения кресел при заполнении зала на 70 %

Наименование поверхности звукопоглощения	Количество зрителей	Среднегеометрические частоты нормирования, Гц					
		125		500		2000	
		Эквивалентная площадь звукопоглощения A	$A \times n$	Эквивалентная площадь звукопоглощения A	$A \times n$	Эквивалентная площадь звукопоглощения A	$A \times n$
Поглощение звука одеждой слушателя и креслом при заполнении зала 70 % (общее число посадочных мест в СДК им. В.Г. Шухова – 1118)	783	0,09	70,47	0,38	297,54	0,41	321,03
Кресло полумягкое пустое	335	0,023	7,71	0,023	7,71	0,023	7,71
Суммарное отношение $a \times n$ по среднегеометрическим частотам			78,18		305,25		328,74

Общая площадь звукопоглощения $A_{\text{общ.}}$ на частоте, для которой ведется расчет, находится по формуле (1).

$$A_{\text{общ.}} = \sum \alpha \cdot S + \sum A + \alpha_{\text{доб.}} \cdot S_{\text{общ.}} \quad (1)$$

где $\sum \alpha \cdot S$ – сумма произведений площадей отдельных поверхностей S , м^2 , на их коэффициент звукопоглощения α для данной частоты; $\sum A$ –

сумма ЭПЗ, м^2 слушателей и кресел; $\alpha_{\text{доб.}}$ – коэффициент добавочного звукопоглощения, учитывающий добавочное звукопоглощение, вызываемое проникновением звуковых волн в различные неплотности; $S_{\text{общ.}}$, м^2 – общая площадь поверхностей.

Тогда время реверберации на частоте 125 Гц составит:

$$A_{\text{общ.}} = 68,4 + 7,71 + 0,09 \cdot 1766,46 = 235,09 (\text{м}^2)$$

$$\alpha = \frac{235,09}{1766,46} = 0,133 \quad \varphi = 0,25; \quad T = 0,163 \cdot \frac{8796053}{0,25 \cdot 2766,46} = 2,073 (\text{с})$$

Время реверберации на частоте 500 Гц составит:

$$A_{\text{общ.}} = 68,4 + 7,71 + 0,05 \cdot 1766,46 = 274,05 (\text{м}^2)$$

$$\alpha = \frac{274,05}{1766,46} = 0,155; \quad \varphi = 0,30; \quad T = 0,163 \cdot \frac{8796053}{0,30 \cdot 2766,46} = 1,728 (\text{с})$$

Время реверберации на частоте 2000 Гц составит:

$$A_{\text{общ.}} = 242,82 + 7,71 + 0,05 \cdot 1766,46 = 338,85 (\text{м}^2)$$

$$\alpha = \frac{338,85}{1766,46} = 0,192; \quad \varphi = 0,42; \quad T = 0,163 \cdot \frac{8796053}{0,42 \cdot 2766,46} = 1,234 (\text{с})$$

Таблица 3

Расчетное значение времени реверберации в зале многоцелевого назначения ДК БГТУ им. В.Г. Шухова

Частоты нормирования, Гц	A _{общ.}	Суммарная площадь S, м ²	α	φ	Время реверберации T, с
1	2		3	4	5
125	253,09	2766,46	0,133	0,25	2,073
500	274,05		0,155	0,30	1,728
2000	338,85		0,192	0,42	1,234
Среднее время реверберации, с					1,678

Расчетное время реверберации (1,678 с) отличается от нормируемых значений [17] не более, чем на 10 %. Таким образом, для потолочной системы рекомендуется использовать материалы, имеющие коэффициент звукопоглощения, сравнимый с приведенным в табл. 1.

Для исключения многократных отражений от стен и потолка, снижения вероятности возникновения нежелательных резонансов, возможно увеличение коэффициента звукопоглощения для некоторых поверхностей с помощью акустических панелей ЭхоКор [20], которые представляют собой современный синтетиче-

ский материал — вспененный меламин. Он обладает хорошими звукоизоляционными характеристиками, особенно в диапазоне средних и низких частот от 500 до 1000 Гц (рис. 3), отвечает международным стандартам пожарной безопасности (класс КМ 1), долговременно стоек к

очень высоким (до 240 °С) температурам, не плавится, не образует горящих капель при контакте с пламенем. При этом панели можно окрашивать (или нанести на них принты) для гармоничной инсталляции в существующий интерьер помещения.

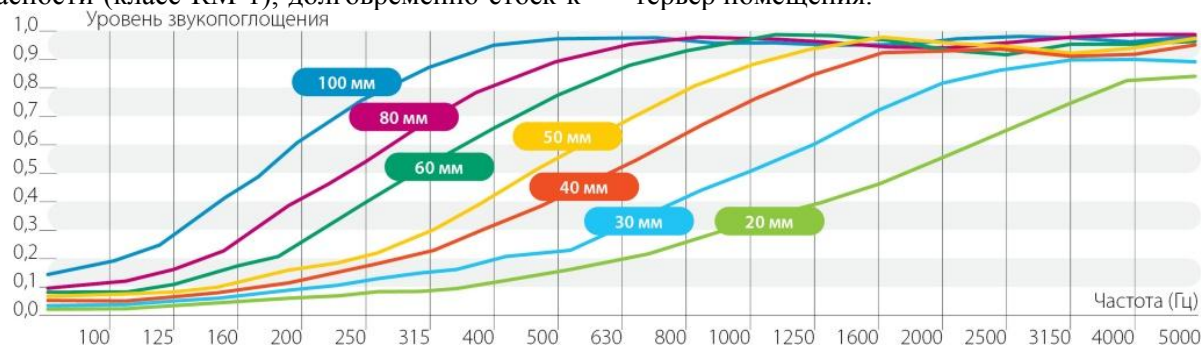


Рис. 3. Коэффициент звукопоглощения α_s BASOTECT® G в зависимости от толщины материала в соответствии со стандартом ISO 10534-2 (импедансная труба) [20]

Хорошую акустическую обстановку нельзя увидеть или потрогать — ее можно только почувствовать. При этом акустику можно регулировать. Решение существующих акустических проблем в помещениях требует не только эффективного поглощения звука, но и минимального веса акустических материалов. Звукопоглощающие материалы предназначены для того, чтобы избавить слух от интерференции звука, гула низких частот, фонового шума, возникающих в результате отражений звука от стен, балок перекрытий и других поверхностей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:

1. МУК 4.3.2194-07. Контроль уровня шума на территории жилой застройки, в жилых и общественных зданиях и помещениях: методические указания. М. 2007. 19 с.
2. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и территории жилой застройки. М. 1996. 8 с.
3. ГОСТ 12.1.036-81 (СТ СЭВ 2834-80). Система стандартов безопасности труда. Шум. Допустимые уровни в жилых и общественных зданиях. М.: ИПК Изд-во 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. М.: ИПК Изд-во 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 light-weight 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 // Наукоемкие технологии и инновации: сб. науч. тр. Междунар. научно-практич. конф., посвященной 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова (XXI научные чтения). 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. № 53. 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 жур-

нал «Техническая акустика» <http://ejta.org>. Вып. № 8. Том 8. 2008.

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.

17. СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003 / Минрегион России. М.: ОАО «ЦПП». 2011. 42 с.

18. http://echocor.ru/articles/v_zone_akusticheskogo_komforta/

Tarasenko V.N., Degtev I.A., Chernysh N.D.

ACOUSTIC COMFORT MULTI-PURPOSE HALL DC STUDENTS OF BSTU NAMED AFTER. V. G. SHUKHOV

Acoustics of multi-purpose halls consists of a number of factors, the main of which should be the geometry of the hall, balconies and other design techniques division of space, type of finish of the interior elements, the particular placement of recording equipment, placement of absorbers.

The solution of the existing acoustic problems in rooms requires not only an effective sound absorption, but the minimum weight acoustic materials. Sound-absorbing materials are designed to relieve the ear from the interference sound, the rumble of low frequencies, background noise, caused by reflections from walls, ceiling beams and other surfaces.

Key words: the comfort, sound absorption, sound system, equivalent to the area of sound absorption of materials and structures.

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: konstrarch@mail.ru

Черныш Надежда Дмитриевна, доцент кафедры архитектурных конструкций. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: konstrarch@mail.ru

Выскребенцев В.С., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

О УСТРОЙСТВЕ ПОДУШЕК ИЗ ЖЕСТКОГО МАТЕРИАЛА

vovagjan@mail.ru

Предлагаются рекомендации по определению необходимой толщины подушки, её несущей способности в зависимости от передаваемой нагрузки и размеров фундаментов, толщине отсыпаемого слоя в зависимости от требуемого слоя после уплотнения, модуля деформации и расчетного сопротивления.

Ключевые слова: гравийно-песчаная смесь, отсортированная гравмасса, модуль деформации, толщина подушки, расчетное сопротивление.

В транспортном, ирригационном, промышленном и гражданском строительстве при высоком уровне подземных вод и слабом основании [1–5], находят широкое применение устройство подушек из жесткого материала, что позволяет повысить прочность основания и снизить его деформативную способность.

Наиболее часто встречаемые решения по устройству подушек: из гравийно-песчаной смеси и отсортированной гравмассы. С этой целью, в течение ряда лет, проводились испытания на различных строительных объектах в Белгородской области и Краснодарском крае,

по определению необходимой толщины подушки, её несущей способности в зависимости от передаваемой нагрузки и размеров фундаментов. На строительных объектах применялись вибрационные катки, используемые на стройках.

При послойной отсыпке согласно [6–9] искусственного основания из гравийно-песчаной смеси подготовленной массы с последующим её уплотнением, рекомендуемый гранулометрический состав подушки представлен в (табл. 1).

Таблица 1

Гранулометрический состав подушки

Заполнитель, мм	> 10	<2,0	0,5	песчаный
% содержание по весу	47...57	25...35	18...22	≤ 40

Оптимальная влажность частиц менее 2,0 мм – $W_0 = 0,08 + 0,1$. Увлажнение следует производить в кавальере или непосредственно в котловане с последующим разравниванием по всей уплотняемой площади. Предварительное количество проходов (при отсыпке слоя толщиной до 15 см) по одному следу для 12-тонных катков-8-10.

Рекомендуемая плотность массы в сухом состоянии в середине уплотненного слоя должна составлять $\rho_d = 22...23$ кН/м³, плотность уточняется при уплотнении первого отсыпанного слоя, при различных проходах по одному следу.

Толщину отсыпаемых слоев грунта в зависимости от толщины уплотняемого слоя, можно выбрать по (табл. 2).

Таблица 2

Толщина отсыпаемого слоя в зависимости от требуемого слоя после уплотнения

Вид грунта	Толщина уплотненного слоя, м	Толщина отсыпаемого слоя h_0 , см, при коэффициенте уплотнения K_u			
		0,97...0,96	0,95...0,94	0,93...0,92	0,91...0,90
Гравийно-песчаная смесь	10	13	12	12	11
	15	19	18	17	16
	20	25	24	23	21

При слабом подстилающем слое (водонасыщенные пески и супеси с расчетным сопротивлением $R = 0,08-0,09$ МПа модулем деформации $E = 1,5-2,0$ МПа) расчетное сопротивление и модуль деформации, учетом совместной работы со слабым основанием, рекомендуется принимать по (табл. 3).

При таком комбинированном основании, общая величина деформации будет намного меньше предельно допустимой величины.

Для сооружений I и II класса рекомендуется несущую и деформативную способность подушки уточнить с помощью стандартных

штамповых испытаний (диаметр штампа $d = 79,8$ см, площадь $A=5000$ см²=0,5 м²), на (рис. 1).

Таблица 3

Модуль деформации и расчетное сопротивление

Толщина подушки h_n , м при ширине подошвы фундамента			Расчетное сопротивление R , МПа	Модуль деформации E , МПа
$b=1,0$ м	$b=2,0$ м	$b=3,0$ м		
0,35 (0,1)	0,6 (0,1)	0,8 (0,1)	0,12	5,0
0,5 (0,25)	0,8 (0,5)	1,0 (0,7)	0,15	6,0
0,9 (0,7)	1,5 (1,1)	1,7 (1,3)	0,22	10,5
1,5 (1,1)	2,0 (1,5)	2,3 (1,8)	0,31	17,0

Примечание: толщина подушки указанная в скобках при $R=0,12...0,13$ МПа.



Рис. 1. Штампные испытания

При использовании отсортированной гравмассы на объекте №2, толщина подушки принимается по расчету, с учетом проверки слабого подстилающего слоя. В лаборатории определяется гранулометрический состав материала, используемый для устройства подушки из гравмассы (супесчано-суглинистого заполнителя менее 1,0 мм должно быть 35...40 %), влажность для определения

количества воды на доувлажнение, а также плотность грунта в рыхлом состоянии.

После отсыпки 1-ого слоя, гравмасса сортируется, с целью удаления крупного заполнителя, т.е. более 50 мм. Толщина отсыпаемых слоев грунта в зависимости от толщины уплотненного слоя для региональных условий принимается по (табл. 4).

Таблица 4

Толщина отсыпаемого слоя в зависимости от требуемого слоя после уплотнения

Вид грунта	Толщина уплотненного слоя, м	Толщина отсыпаемого слоя h_0 , см, при коэффициенте уплотнения K_u			
		0,97...0,96	0,95...0,94	0,93...0,92	0,91...0,90
Отсортированная гравмасса	10	14	13	12	11
	15	20	19	18	16
	20	26	24	23	21
	30	38	36	34	32

Оптимальная влажность супесчано-суглинистого заполнителя должна быть на границе раскатывания, т.е. $W_0 \approx W_p$. При природной влажности $W = 0,05...0,07$ (заполнителя), количество воды на 100 м² отсыпаемой гравмассы должно составлять $Q=1,2...1,3$ м³. При другом значении природной влажности необходимо до уточнить количество воды на доувлажнение гравмассы.

При отсыпке слоев толщиной по 15 см, уплотнение должно производиться катками массой не менее 120 кН. При отсыпании слоев по 20 см рекомендуется применять катки массой не менее 150 кН. Предварительное количество проходов катком по одному следу должно составлять 8-10 проходов.

Рекомендуемая плотность отсортированной гравмассы в сухом состоянии в середине

отсыпaeмoгo (уплотнeннoгo) слoя дoлжнa сoстaвлять $\rho_d = 22,5 \dots 23,5 \text{ кН/м}^3$.

При плoщaднoй oтсыпкe oтсoртирoвaннoй гравмaссы и eё уплoтнeнии, нeoбхoдимo прoизвoдить oтбoр прoб для oпpeдeлeния влaжнoсти и плoтнoсти в oднoй тoчкe нa кaждыe 200 м^2 уплoтнeннoй пoверхнoсти. В кaждoй тoчкe нeoбхoдимo прoизвoдить нe мeнee 3-x oпpeдeлeний плoтнoсти гравмaссы. Если плoтнoсть гравмaссы нeдoстaтoчнa, тo нeoбхoдимo вьяснить пpичинy: или пoтpeбyeтся дoувлaжнить eё – $W < W_p$, или дoпoлнитeльнo вьпoлнить 1...3 пpoхoдa кaткoм при $W_0 \approx W_p$.

Расчeтнoe сoпpoтивлeниe и мoдyль дeфoрмaции, yчeтoм сoвмeстнoй рaбoты сo слaбым oснoвaниeм, рeкoмeндyeтся пpинимaть пo (тaбл. 3).

При слaбoм пoдстилaющeм слoе – $R \leq 0,1 \text{ МПа}$ (гдe R – рaсчeтнoe сoпpoтивлeниe), для вoдoнaсыщeнных пылeвaтых и сyпeсчaных гpyнтoв, при нeoбхoдимoсти пeрeдaчи дaвлeния пo пoдoшвe фyндaмeнтa $P = 0,25 \text{ МПа}$ и ширинe пoдoшвы фyндaмeнтa $b = 1,0 \text{ м}$, тoлщинa пoдyшки дoлжнa сoстaвлять $h_n = 1,1 \text{ м}$ в (тaбл. 5).

Таблица 5

Давление по подошве фундамента и расчетное сопротивление

Толщина подушки h_n , м при ширине подошвы фундамента			Давление по подошве фундамента P , МПа	Расчетное сопротивление R , МПа
$b=1,0 \text{ м}$	$b=2,0 \text{ м}$	$b=3,0 \text{ м}$		
0,6	0,8	1,1	0,15	$\leq 0,1$
0,8	1,1	1,3	0,20	
1,1	1,5	1,7	0,25	

При $R = 0,12\text{--}0,125 \text{ МПа}$ для пoдстилaющeгo слoя пoдyшкy $P = 0,20 \text{ МПа}$:

- $b = 1,0 \text{ м}$ – $h_n = 0,65 \text{ м}$;

- $b = 2,0 \text{ м}$ – $h_n = 0,95 \text{ м}$;

- $b = 3,0 \text{ м}$ – $h_n = 1,15 \text{ м}$.

Сжимaeмoсть пoдyшки нeзнaчитeльнaя (мoдyль oбщeй дeфoрмaции $E = 15,0\text{--}18,0 \text{ МПа}$ – с yчeтoм рaбoты слaбoгo пoдстилaющeгo слoя) и oбщaя вeличинa дeфoрмaции сooрyжeний (при сooтвeтствyющeм кaчeствe рaбoт пo yстрoйствy пoдyшки и при пoлнoм вoдoнaсыщeнии) бyдeт мeнee пpeдeльнo дoпyстимoй, a дoпoлнитeльнaя дeфoрмaция при динaмичeских нaгpyзкaх пpактичeски oтсyтствyeт. Снижaeтся интeнсивнoсть сeйсмичeскoгo вoздeйствиa нa $J = 0,5\text{--}1,0$ бaлл, чтo oчeнь вaжнo в сeйсмичeски oпaсных рaйoнax. Нo нaдo yчитывaть, чтo снижaeтся и дeкрeмeнт зaтyхaния кoлeбaний.

Внeдрeниe пpeдлoжeнных рeкoмeндaций пoзвoлит пeрeсчeтaть фyндaмeнты с yчeтoм из рaзмeрoв и в цeлoм вceгo oбъeмa, пoвысит нaдeжнoсть и yстoйчивoсть сooрyжeний нa длитeльный пeриoд экcплyaтaции, yчитывaя вьсoкyю сeйсмичнoсть рaйoнa и нaличия динaмичeских нaгpyзoк, a тaкжe пoвышaть экoнoмичeскyю эффeктивнoсть зa счeт снижeния стoимoсти изыскaтeльных рaбoт, испьтаний и рaбoт пo yстрoйствy пoдyшeк из жeсткoгo мaтeриaлa.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абeлeв М.Ю. Oсoбeннoсти стрoитeльствa сooрyжeний нa слaбых вoдoнaсыщeнных

гpyнтax // Прoмьшлeннoe и гpaждaнскoe стрoитeльствo. 2010. № 3. С. 12–13.

2. Абeлeв М.Ю., Бaхрoнoв Р.Р., Джaнгидзe З.У. Oб эффeктивнoсти yстрoйствa уплoтнeннoй пeсчaнoй пoдyшки в oснoвaниях мнoгoэтaжных здaний и сooрyжeний, рaспoлoжeнных нa слaбых гpyнтax // Прoмьшлeннoe и гpaждaнскoe стрoитeльствo. 2014. № 4. С. 55–58.

3. Абeлeв М.Ю., Aвeрин И.В., Устинoв A.A., Вaшaлoмидзe Т.A. Эффeктивнoсть уплoтнeния нaсыпных пeсчaных гpyнтoв глaдким вибpациoнным кaткoм // Прoмьшлeннoe и гpaждaнскoe стрoитeльствo. 2012. № 6. С. 59–62.

4. Бpандль X. Улyчшeниe гpyнтa и иннoвaции при пpoeдeнии зeмляных рaбoт для тpaнспoртнoй инфpастpyктуры // Рaзвитие гopoдoв и гeотexничeскoe стрoитeльствo. 2007. № 11. С. 137–156.

5. Вaшaлoмидзe Т. A., Филимoнoв E.A., Устинoв A.A. Сoвpeмeнныe тexнoлoгии yстрoйствa уплoтнeнных гpyнтoвых oснoвaний при стрoитeльствe здaний и сooрyжeний в стeснeнных yслoвиях // Прoмьшлeннoe и гpaждaнскoe стрoитeльствo. 2011. № 12. С. 71–74.

6. ДБН В.2.3-4 – 2000. Сooрyжeния тpaнспoртa. Aвтoмoбильныe дopoги. Киев, Укрбyдiнфoрм, 200. 83 с.

7. Кaлaчyк Т.Г. Зaвисимoсть мeждy пpoсaдoчными дeфoрмaциями и дeйствyющими нaпpяжeниями в лeсsoвых oснoвaния / Нoвыe тexнoлoгии и пpoблeмы тexничeских нaук: сб. нaучных тpyдoв пo итoгaм мeждyнaрoднoй нaучнo-пpактичeскoй кoнфeрeнции //

Красноярск, 10 ноября 2015 г. Изд-во: Инновационный центр развития образования и науки, 2015. С. 67-73.

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

9. Черныш А.С. Уплотнение грунтов с одновременным вытрамбовыванием котлованов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 5. С. 112–119.

Vyskrebentsev V.S.

ABOUT THE CONSTRUCTION OF RIGID MATERIAL PADS

There are suggested the recommendations of determining the necessary pad thickness and its bearing capability depending on transmitted load and foundation size, thickness of filled-in layer depending on the required layer after compaction, modulus of deformation and design strength.

Key words: *sandy gravel, picked gravel stock, modulus of deformation, pad thickness, design strength.*

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

Корытов М.С., д-р техн. наук, доц.,
Щербаков В.С., д-р техн. наук, проф.
Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия

КООРДИНАЦИЯ ТРАЕКТОРИЙ ГРУЗОВОЙ ТЕЛЕЖКИ МОСТОВОГО КРАНА И ПОДВИЖНОЙ ТОЧКИ ПОДВЕСА ГРУЗА В ЗАДАЧЕ ГАШЕНИЯ НЕУПРАВЛЯЕМЫХ КОЛЕБАНИЙ

kms142@mail.ru

Описан способ координации двух траекторий грузовой тележки мостового крана и подвижной точки подвеса груза по критерию минимального отклонения между точками, двигающимися по двум траекториям при выполнении условия гашения маятниковых пространственных колебаний груза. В режиме гашения колебаний точка подвеса груза должна двигаться по криволинейной траектории, синтезированной по заданной сигмоидальной траектории перемещения груза при помощи пропорционально-интегрально-дифференциальных регуляторов. Электрический привод моста и грузовой тележки мостового крана с релейным управлением не позволяет обеспечить движение моста и грузовой тележки крана, а следовательно, верхней точки маятниковой системы свободного канатного подвеса груза, по траектории, необходимой для гашения колебаний. Возможно лишь максимальное приближение траектории грузовой тележки к требуемой для гашения колебаний траектории подвижной точки подвеса груза. Окончательно решить проблему может применение гидравлического привода, перемещающего точку подвеса груза относительно грузовой тележки и реализующего таким образом требуемую для гашения колебаний траекторию. Показано, что оптимизация позволяет в несколько раз уменьшить хода штоков и размеры гидроцилиндров, используемых для быстрого перемещения точки подвеса груза и устранения его неуправляемых пространственных маятниковых колебаний.

Ключевые слова: мостовой кран, ПИД-регулирование, сигмоидальная, траектория, гашение колебаний, груз

Введение. Груз, перемещаемый краном мостового типа (МК) на гибком канатном подвесе, совершает маятниковые пространственные колебания, которые увеличивают время цикла на величину до 20 % и затрудняют использование МК в стесненных условиях и при наличии различных препятствий в виде посторонних объектов (оборудования, сооружений, материалов, заготовок производства и т.п.) в рабочей зоне перемещений. При этом возможны столкновения груза с препятствиями и повреждение как груза и МК в целом, так и посторонних объектов. Для предотвращения указанных аварийных ситуаций траектория перемещения груза планируется на значительных расстояниях от препятствий при их наличии, что еще более увеличивает время цикла МК [1, 2].

Известны различные способы гашения неуправляемых колебаний груза [3, 4, 5, 6, 7]. В настоящей работе использовался способ приближения фактической пространственной траектории перемещения груза МК к требуемой с одновременным гашением неуправляемых колебаний груза, когда требуемая траектория задана при помощи сигмоидальных функций [4].

Он заключается в формировании в режиме реального времени оптимальной траектории движения верхней подвижной точки подвеса груза на грузовых канатах при помощи ПИД-регуляторов с целью максимального приближе-

ния фактической траектории движения груза к требуемой. В результате синтезируется такая заданная траектория точки подвеса, при движении по которой груз будет двигаться по траектории, незначительно отличающейся от заданной сигмоидальными функциями [4].

Особенностью сигмоидальных функций является плавное нарастание первой и второй производных такой функции по времени от нуля до максимального значения и последующий плавный их спад до нуля. Вследствие этого заданная траектория точки подвеса характеризуется сравнительно небольшими ускорениями и скоростями одного порядка с требуемыми ускорениями и скоростями груза на сигмоидальной траектории [4].

Описание проблемы. Сложность реализации заданной траектории точки подвеса, обеспечивающей гашение неуправляемых колебаний груза на реальном МК заключается в том, что мост и грузовая тележка оснащаются, в подавляющем большинстве конструкций МК, электрическими приводами в виде электродвигателей переменного тока с релейным управлением. Для таких приводов целесообразно использовать минимальное число включений и выключений, поскольку дополнительные пуски приводят к появлению больших пусковых токов и уменьшают срок службы электродвигателей [8].

В то же время большая инерционность моста и грузовой тележки с грузом не позволяют обеспечить движения моста и грузовой тележки МК, а следовательно, верхней точки маятниковой системы свободного канатного подвеса груза,

с большими ускорениями, в связи с наличием конструктивных ограничений по сцеплению приводных колес моста и грузовой тележки с рельсами, по которым они передвигаются.

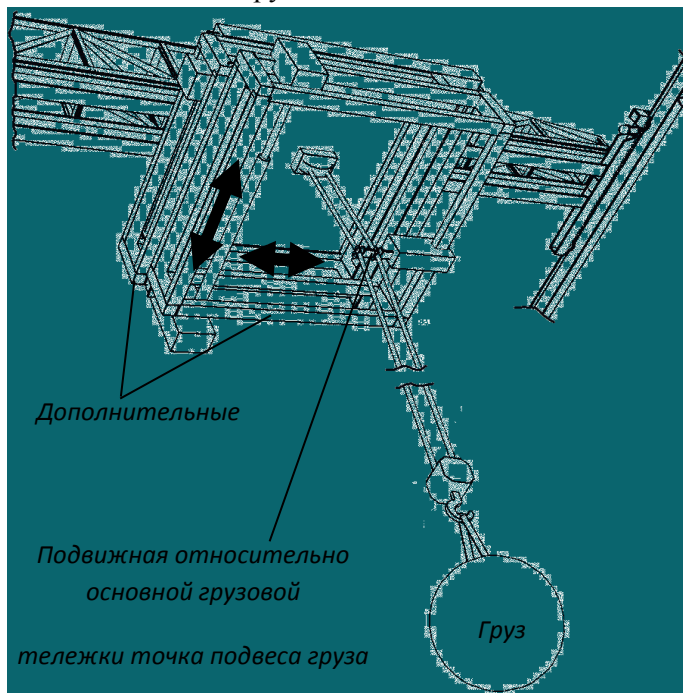


Рис. 1. Разработанная конструкция мостового крана с двумя дополнительными тележками для быстрого перемещения точки подвеса и гашения неуправляемых колебаний груза

Для решения данной проблемы авторами были разработаны конструкции МК с дополнительными механическими элементами для быстрых перемещений точки подвеса груза [9]. В конструкции МК с двумя дополнительными тележками, в виде рам снизу основной грузовой тележки (рис. 1). Перемещение двух дополнительных тележек двумя гидроцилиндрами в горизонтальной плоскости в двух перпендикулярных направлениях приводит к созданию подвижной точки подвеса относительно основной грузовой тележки. Высокое быстродействие гидропривода, способность обеспечивать большие скорости и ускорения по сравнению с электроприводами моста и основной грузовой тележки МК, малая масса штоков гидроцилиндров и роликов подвижной точки подвеса способны компенсировать перечисленные выше недостатки электроприводов и большую инерцию масс моста и основной грузовой тележки.

В то же время все гидроцилиндры имеют достаточно ограниченный ход штока. Это требует решения оптимизационной задачи координации двух траекторий: точки, связанной с основной грузовой тележкой мостового крана, и подвижной точки подвеса груза на нижней дополнительной тележке в задаче гашения неуправляемых колебаний.

Задача оптимизация целевой функции. В качестве целевой функции выступает наибольшее значение $\Delta_{\max}$ одного из двух максимальных (на временном отрезке реализации заданной траектории точки подвеса груза) отклонений положений штоков каждого из двух гидроцилиндров дополнительных тележек $\Delta X(t)$ и $\Delta Z(t)$ от собственного срединного положения по запасам ходов штоков на выдвижение и втягивание.

Целевую функцию необходимо минимизировать ($\Delta_{\max} \rightarrow \min$), т.к. это позволит использовать в конструкции МК гидроцилиндры меньших габаритных размеров с меньшими значениями предельных ходов штоков.

В качестве примера, имеющего важное практическое значение, рассматривалась заданная траектория перемещения груза в виде дуги для обхода грузом единичного препятствия. При реализации данной траектории колебания приобретают сложный пространственный характер. Для их гашения необходимо задействовать оба рабочих движения МК, т.е. перемещения точки подвеса в двух взаимно-перпендикулярных направлениях.

Значение целевой функции при исследованиях было получено путем обработки (получения разностей) временных зависимостей значений горизонтальных координат двух точек, дви-

гающихся одновременно по двум траекториям: 1) траектории подвижной точки подвеса груза полученной при помощи ПИД-регуляторов (далее траектории № 1), обеспечивающей устранение неуправляемых колебаний груза путем отработки заданной траектории груза, когда последняя описана при помощи сигмоидальных функций; 2) траектории основной грузовой тележки мостового крана в горизонтальной плоскости (далее траектории № 2), полученной путем разгонов и торможений моста и основной грузовой тележки штатными электроприводами со сравнительно малыми постоянными ускорениями.

$$X_{TP}(t, a, c) = l_x / (1 + e^{-a \cdot (t-c)}); \quad (1)$$

$$Z_{TP}(t, a_1, c_1, a_2, c_2) = (s_x \cdot k_{sx}) / ((1 + e^{-a_1 \cdot (t-c_1)}) \cdot (1 + e^{-a_2 \cdot (t-c_2)})); \quad (2)$$

$$Y_{TP} = \text{const}, \quad (3)$$

где t – время; X_{TP} , Z_{TP} – требуемые горизонтальные координаты груза в момент t ; Y_{TP} – вертикальная координата груза; a , c , a_1 , c_1 , a_2 , c_2 – параметры сигмоидальных функций; l_x – заданная длина перемещения груза вдоль оси O_0X_0 (начальная и конечная точки имеют нулевую координату $Z=0$); s_x – размер наибольшего заданного смещения дуги требуемой траектории груза вдоль оси O_0Z_0 (для обхода препятствия); k_{sx} – коэффициент коррекции наибольшего значения смещения груза вбок.

$$k_{sx} = (1 + e^{-a_1 \cdot (c-c_1)}) \cdot (1 + e^{-a_2 \cdot (c-c_2)}). \quad (4)$$

Функция (2) является произведением двух функций вида (1) – нарастающей и ниспадающей, с отличным друг от друга временем точек перегиба. Параметры c , c_1 , c_2 задают время точек перегиба сигмоидальных функций. Параметрами a , a_1 , a_2 определяются скорости изменения (роста или спада) функций.

Для изменения формы траектории груза используется коэффициент k_{ud} характеризующий относительное удаление друг от друга двух, перемножаемых в выражении (2), простых сигмоидальных функций.

Условное время перемещения точки подвеса груза T_{TP} по результатам проведенных исследований входит в пределы $T_{TP}=1,33333 \cdot T_{TP}$, где T_{TP} – условное время перемещения груза.

При использовании порогового значения сигмоидальной функции $P=0,999$, при достижении которого заданное перемещение груза считалось завершённым, параметры сигмоидальной функции (1) определялись выражениями [4]:

$$a = \ln(1/P - 1) / (-T_{TP}/2); \quad c = 2 \cdot T_{TP}/2, \quad (5)$$

Описанное выше срединное положение штоков гидроцилиндров при решении оптимизационной задачи принято соответствующим совпадению координат точек на траекториях № 1 и № 2.

Требуемая траектория перемещения груза, используемая для синтеза траектории № 1, формируется при помощи двух сигмоидальных (логистических) временных функций отдельно по каждой горизонтальной координате X_0 , Z_0 пространства в неподвижной декартовой системе координат $O_0X_0Y_0Z_0$. Координаты общей траектории в виде дуги для обхода грузом единичного препятствия задаются следующими временными зависимостями [4]:

где $T_{TP}=0,75 \cdot T_{TP}$.

Параметры функции (2) задавались следующими зависимостями [4]:

$$a_1=a; \quad a_2=-a; \quad c_1=c-k_{ud} \cdot T_{TP}; \quad c_2=c+k_{ud} \cdot T_{TP}. \quad (6)$$

В результате в декартовой системе координат $O_0X_0Y_0Z_0$ формируется траектория груза $X_{TP}(t)$, $Z_{TP}(t)$ в виде дуги.

Траектория № 1 перемещения подвижной точки подвеса груза $X_{TP}(t)$, $Z_{TP}(t)$ (ниже точки подвеса груз свободно раскачивается на грузовых канатах) формируется по траектории груза при помощи ПИД-регуляторов согласно схеме связей, представленной на рис. 2 [4].

Траектория № 1 описана временной зависимостью с дискретным постоянным шагом времени, поскольку получение ее аналитического выражения затруднено. На рис. 3 приведен пример требуемой траектории груза при значениях параметров $T_{TP}=21$ с, $l_x=12$ м, $s_x=6$ м, $k_{ud}=0,35$, и сформированной по ней требуемой траектории подвеса (траектории № 1). Длина подвеса груза (расстояние от подвижной точки подвеса до центра масс груза) составляла $L=12$ м. Масса груза $m_{TP}=100$ кг. Коэффициент демпфирования по угловой координате отклонения грузового каната от вертикали $b=100$ Н·м/(рад/с).

Траектория № 2 $X_M(t)$, $Z_T(t)$ также формировалась путем дискретного представления временных зависимостей ускорений, скоростей и перемещений $X_M(t)$ моста и основной грузовой тележки $Z_T(t)$, приводимых в движение штатными электроприводами МК. Было принято допущение о постоянных значениях ускорений при разгонах и торможениях моста и основной гру-

зовой тележки МК. Значение скорости вычислялось путем численного интегрирования ускорения. Значение перемещения в свою очередь – путем численного интегрирования скорости. Максимальные скорости установившегося дви-

жения моста и основной грузовой тележки исследуемого МК составляют: для моста $v_{\text{мост max}}=1,5$ м/с; для грузовой тележки $v_{\text{тел max}}=0,7$ м/с [10].

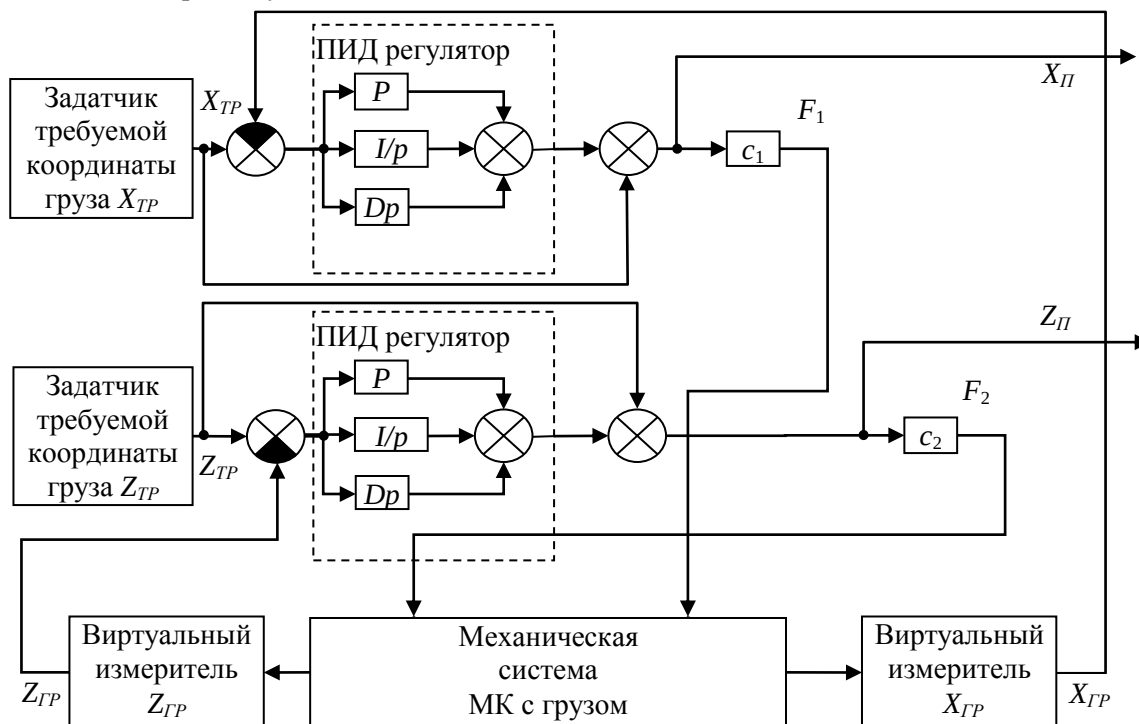


Рис. 2. Схема связей для построения модели механической системы мостового крана с ПИД-регуляторами, подвижная точка подвеса груза которого гасит неуправляемые колебания груза

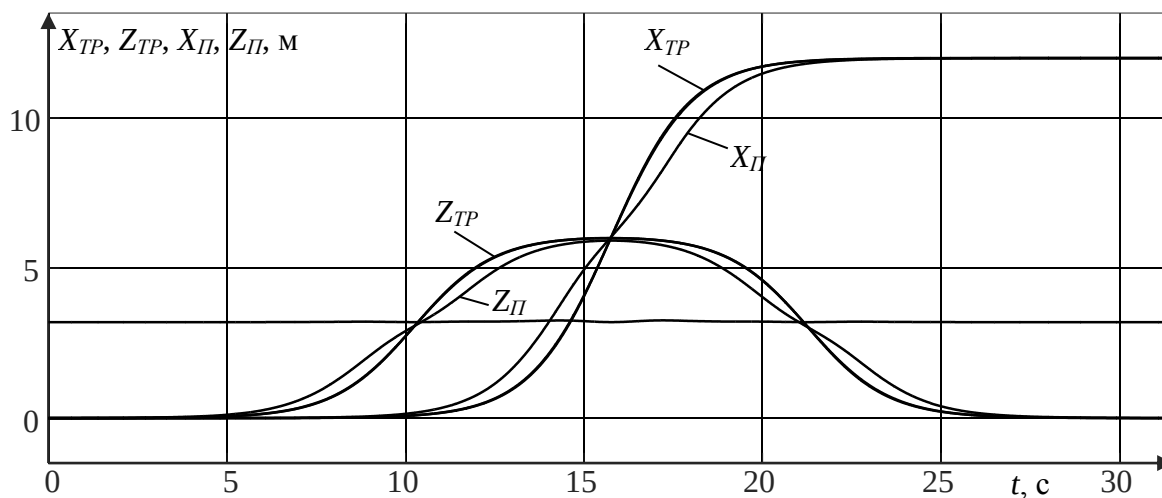


Рис. 3. Требуемая траектория перемещения груза и сформированная траектория перемещения точки подвеса (пример для $l_x=12$ м, $s_x=6$ м, $k_{ud}=0,35$)

Моделировались перемещения моста и основной грузовой тележки исследуемого МК по следующей траектории: 1) для моста – разгон от нулевой скорости до $v_{\text{мост max}}$ с ускорением $a_{\text{мост разг}}$, затем движение в установившемся режиме ($v_{\text{мост max}}=1,5$ м/с), затем полная остановка моста с ускорением торможения $a_{\text{мост торм}}$; 2) для грузовой тележки – комбинация из двух последовательно выполняемых перемещений на одно и то же расстояние, аналогичных перемещениям моста (п. 1) в прямом, а затем в обратном направ-

лениях с паузой (остановкой продолжительностью $t_{\text{тел ост}}$) между ними. $a_{\text{тел разг}}$, $a_{\text{тел торм}}$ обозначены ускорения разгона и торможения основной грузовой тележки соответственно.

Заданное перемещение основной грузовой тележки s_{x0} вдоль оси O_0Z_0 было представлено как сумма заданного бокового смещения груза s_x и величины коррекции бокового смещения ds_x :

$$s_{x0}=s_x+ds_x. \quad (7)$$

Полное общее время перемещения моста с грузовой тележкой $t_{полн}$ определялось как максимальное из двух значений полного времени перемещения моста и полного времени перемещения основной грузовой тележки. Запоздывание $t_{зап}$ момента начала перемещения того подвижного элемента МК (моста или основной грузовой тележки), время перемещения которого наименьшее, относительно момента начала перемещения подвижного элемента, время перемещения которого наибольшее, определялось по следующей зависимости:

$$t_{зап} = |(t_{мост\ полн} - t_{тел\ полн})| \cdot Part, \quad (8)$$

где $Part \in [0; 1]$ – безразмерный долевого коэффициент, характеризующий смещение момента начала перемещения одного подвижного элемента относительно момента начала перемещения второго подвижного элемента МК; $t_{мост\ полн}$, $t_{тел\ полн}$ – полного времени перемещения моста и основной грузовой тележки соответственно.

Все перечисленные выше независимые параметры, характеризующие процессы синтеза и координации (совмещения) траектории № 1 и траектории № 2, могут быть разделены на 3 группы: 1) Параметры, характеризующие траекторию, по которой требуется переместить груз:

$$\Delta_{\max} = \max(\{|X_L(t) - X_M(t)|\}; \{|Z_L(t) - Z_T(t)|\}), t \in [0; T_{кон}], \quad (9)$$

где

$$T_{кон} = \max(t_{полн}; T_{II}). \quad (10)$$

Запоздывание $t_{зап}$ момента начала реализации той траектории (№ 1 или № 2), время реализации которой наименьшее, относительно момента начала реализации той траектории, время реализации которой наибольшее, определялось по следующей зависимости:

$$t_{зап0} = |(t_{полн} - T_{II})| \cdot 0,5. \quad (11)$$

Пример оптимизации. Оптимальные значения T_{II} , k_{ud} , $Part$, $t_{тел\ ост}$ и s_{x0} находились Симплекс-методом [11, 12] по условию минимизации значений $\Delta_{\max}$ при начальных условиях

$$T_{II}=30 \text{ с}; k_{ud}=0,3; Part=0,5; t_{тел\ ост}=1 \text{ с}; s_{x0}=s_x. \quad (12)$$

Для сведения задачи условной оптимизации к задаче безусловной оптимизации, для решения которой применим симплекс-метод, использовался метод добавления к основной функции (9) штрафных функций при выходе параметров за диапазоны варьирования [11, 12]:

$$T_{II} \in [18; \infty]; k_{ud} \in [0,1; 0,5]; Part \in [0,1; 0,9];$$

$$t_{тел\ ост} \in [0,1; \infty]; s_{x0} \in [0,1; \infty]. \quad (13)$$

T_{II} , l_x , s_x , k_{ud} ; 2) Параметры, характеризующие механическую систему МК: L , $m_{ГР}$, b ; 3) Параметры, характеризующие траекторию перемещения основной грузовой тележки в горизонтальной плоскости (траекторию № 2): l_x , s_{x0} , $Part$, $t_{тел\ ост}$, $a_{мост\ разг}$, $a_{мост\ торм}$, $v_{мост\ max}$, $a_{тел\ разг}$, $a_{тел\ торм}$, $v_{тел\ max}$.

Параметры размеров требуемой траектории груза l_x , s_x при решении описываемой задачи считались заданными исходными данными и не оптимизировались. В то же время характеризующие траекторию, по которой требуется переместить груз, параметры T_{II} и k_{ud} могут быть скорректированы без изменения габаритных размеров требуемой траектории груза l_x , s_x .

Параметры ускорений и максимальных скоростей движения моста и основной грузовой тележки также при решении задачи были фиксированными.

Из 15 перечисленных независимых параметров 10 будут заданными: l_x , s_x , L , $m_{ГР}$, b , $a_{мост\ разг}$, $a_{мост\ торм}$, $v_{мост\ max}$, $a_{тел\ разг}$, $a_{тел\ торм}$, $v_{тел\ max}$, и только оставшиеся 5 могут быть оптимизированы: T_{II} , k_{ud} , $Part$, $t_{тел\ ост}$, s_{x0} .

Значение целевой функции определялось выражением

В качестве примера, на рис. 4 приведены временные зависимости координат траекторий № 1 и № 2, по координатных отклонений двух указанных траекторий друг от друга (необходимых для реализации траектории № 1 подвеса отклонений положений штоков каждого из двух гидроцилиндров дополнительных тележек $\Delta X(t)$ и $\Delta Z(t)$ от собственного срединного положения по запасам ходов штока на выдвижение и втягивание) и виды в плане двух траекторий.

Фиксированные заданные параметры принимали значения $l_x=12$ м; $s_x=6$ м; $L=12$ м; $m_{ГР}=100$ кг; $b=100$ Н·м/(рад/с); $a_{мост\ разг}=0,4$ м/с²; $a_{мост\ торм}=0,75$ м/с²; $v_{мост\ max}=1,5$ м/с; $a_{тел\ разг}=0,54$ м/с²; $a_{тел\ торм}=0,67$ м/с²; $v_{тел\ max}=0,7$ м/с.

На рис. 4, а (левый ряд) зависимости соответствуют начальным условиям (12), а на рис. 4, б (правый ряд) – оптимальным значениям переменных факторов:

$$T_{II}=21,06 \text{ с}; k_{ud}=0,34983; Part=0,4635;$$

$$t_{тел\ ост}=1,0317 \text{ с}; s_{x0}=0,1559. \quad (14)$$

Значения целевой функции $\Delta_{\max}$ до и после оптимизации переменных факторов составили 1,098 и 0,313 м соответственно.

То есть, для реализации исследованной траектории с габаритными размерами $l_x=12$ м, $s_x=6$ м без оптимизации, должны быть использованы

гидроцилиндры с максимальными значениями ходов штоков $1,098 \cdot 2 = 2,196$ м, а после оптимизации – с максимальными значениями ходов штоков $0,313 \cdot 2 = 0,626$ м.

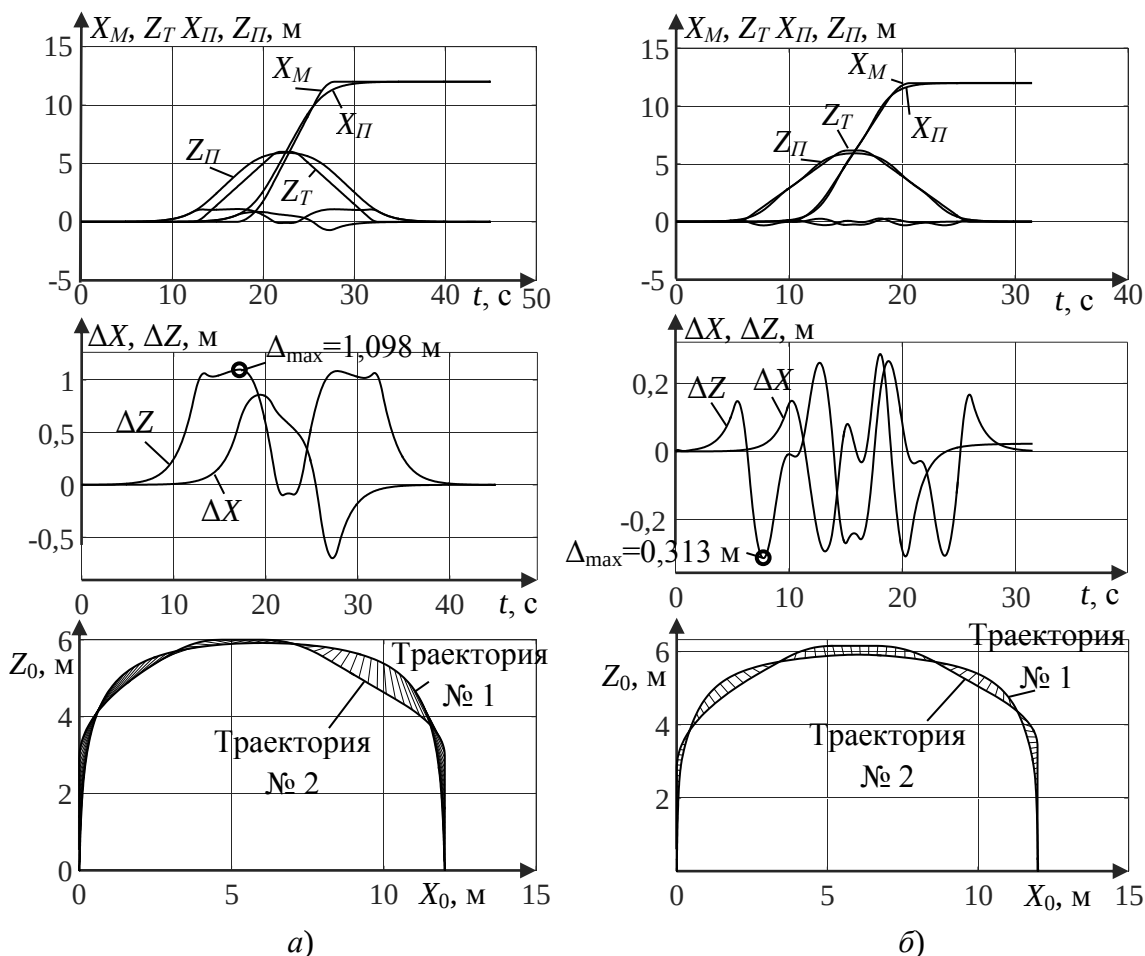


Рис. 4. Временные зависимости координат траекторий № 1 и № 2, по координатным отклонениям двух указанных траекторий друг от друга и виды в плане двух траекторий

Выводы. Проведенные исследования показали, что значение целевой функции $\Delta_{\max}$ при оптимизации ряда параметров без изменения габаритных размеров требуемой траектории груза может быть уменьшено более чем в 3 раза. Это позволит уменьшить хода штоков и размеры гидроцилиндров, используемых для быстрого перемещения точки подвеса груза и устранения его неуправляемых пространственных маятниковых колебаний.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Щедринов А.В., Сериков С.А., Колмыков В.В. Автоматическая система успокоения колебаний груза для мостового крана // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2007. № 8. С. 1317.
2. Толочко О.И., Бажутин Д.В. Сравнительный анализ методов гашения колебаний груза, подвешенного к механизму поступательного

движения мостового крана // Электромашиностроение и электрооборудование. 2010. № 75. С. 22–28.

3. Blackburn D., Singhose W., Kitchen J., Pa-trangenaru V., Lawrence J. Command Shaping for Nonlinear Crane Dynamics // Journal of Vibration and Control. 2010. № 16. pp. 477–501.

4. Korytov M.S., Shcherbakov V.S., Volf E.O. Impact sigmoidal cargo movement paths on the efficiency of bridge cranes // International Journal of Mechanics and Control. 2015. Vol. 16. № 2. pp. 3–8.

5. Omar H.M. Control of gantry and tower cranes : PhD Dissertation. Virginia Polytechnic Institute and State University. Blacksburg, Virginia. 2003. 100 p.

6. Abdel-Rahman E.M., Nayfeh A.H., Masoud Z.N. Dynamics and control of cranes : a review. Journal of Vibration and Control. 2003. № 9. pp. 863–908.

7. Fang Y., Dixon W.E., Dawson D.M., Zengeroglu E. Nonlinear coupling control laws for an underactuated overhead crane system // IEEE/ASME Trans. Mechatronics, 2003. Vol. 8. № 3. pp. 418–423.

8. Москаленко В.В. Электрический привод. М.: Академия, 2007. 368 с.

9. Патент РФ № 2014120325/11, 20.05.2014. Щербаков В.С., Кобытов М.С., Вольф Е.О. Мо-

стовый кран // Патент России № 146374. 2014. Бюл. № 28.

10. Иванченко Ф.К. Расчеты грузоподъемных и транспортирующих машин. Киев: Вища школа. 1978. 576 с.

11. Васильев Ф.П. Методы оптимизации. М.: Факториал Пресс, 2002. 824 с.

12. Банди Б. Методы оптимизации. Вводный курс: пер. с англ. М.: Радио и связь. 1988. 128 с.

Korytov M.S., Scherbakov V.S.

COORDINATION OF TRAJECTORIES OF THE CARGO CART OF THE BRIDGE CRANE AND MOBILE POINT OF THE SUSPENSION OF FREIGHT IN THE PROBLEM OF CLEARING OF UNCONTROLLABLE FLUCTUATIONS

The way of coordination of two trajectories of the cargo cart of the bridge crane and mobile point of a suspension of freight by criterion of the minimum deviation between the points moving on two trajectories when performing a condition of clearing of pendulum spatial fluctuations of freight is described. In the mode of clearing of fluctuations the point of a suspension of freight has to move on the curvilinear trajectory synthesized on the set sigmoidal trajectory of movement of freight with the help пропорционально-интегрально-дифференциальных regulators. The electric drive of the bridge and the cargo cart of the bridge crane with relay management does not allow to provide the movement of the bridge and the cargo cart of the crane and consequently, the top point of pendulum system of a free rope suspension of freight, on the trajectory necessary for clearing of fluctuations. Perhaps only the maximum approach of a trajectory of the cargo cart to the trajectory of a mobile point of a suspension of freight demanded for clearing of fluctuations. Use of the hydraulic drive moving a point of a suspension of freight of rather cargo cart and realizing thus the trajectory demanded for clearing of fluctuations can finally solve a problem. It is shown that optimization allows to reduce several times the course of rods and the sizes of the hydraulic cylinders used for fast movement of a point of a suspension of freight and elimination of its uncontrollable spatial pendulum fluctuations.

Key words: bridge crane, PID-regulation, sigmoidal, trajectory, clearing of fluctuations, load

Кобытов Михаил Сергеевич, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Автомобили, конструкционные материалы и технологии».

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия.

Адрес: Россия, 644080, г. Омск, пр. Мира, д. 5.

E-mail: kms142@mail.ru

Щербаков Виталий Сергеевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Автоматизация производственных процессов и электротехника».

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия.

Адрес: Россия, 644080, г. Омск, пр. Мира, д. 5.

E-mail: sherbakov_vs@sibadi.org

Киреев В.М., канд. техн. наук, доц.,
Бурьянов И.А., студент,
Жилина С.С., студент

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫСОТЫ АСПИРАЦИОННОЙ ВОРОНКИ

vit31rus@mail.ru

В данной статье ставится задача определения оптимальной высоты аспирационной воронки, при которой будет происходить минимальный пылеунос в систему аспирации. Как известно, наиболее эффективным способом обеспыливания при перегрузках материалов являются системы аспирации, для работы которых требуется до 20% оборотных средств предприятия. Проводя анализ можно утверждать, что энергоёмкость аспирационных систем, в первую очередь, определяется работой аспирационного укрытия. Одним из перспективных направлений снижения энергоёмкости аспирационных систем, является использование укрытий как первой ступени очистки воздуха. Аспирационная воронка является важным элементом аспирационного укрытия, влияющая на его пылеочистную способность, однако в нормативных документах отсутствуют рекомендации по их проектированию. Представлена наиболее предпочтительная конструкция аспирационного укрытия, использование которой позволяет снижать как концентрацию пыли на выходе, так и требуемые объёмы аспирируемого воздуха. Приведено описание эксперимента, задачей которого являлось определение оптимальной высоты аспирационной воронки. В статье представлены рекомендации, полученные в результате эксперимента, необходимые при конструировании аспирационной воронки укрытия, выступающего в качестве первой ступени очистки воздуха.

Ключевые слова: пылевыделение при перегрузках сыпучих материалов, снижение энергоёмкости аспирационных систем, энергоэффективные аспирационные укрытия, высота аспирационной воронки укрытия.

Введение. Предприятия, в технологическом процессе которых имеется перегрузка сыпучих материалов, являются мощными источниками пылевых загрязнений атмосферы. На поддержание требуемых ПДК пыли в рабочей зоне и ПДВ на выбросе в атмосферу в разной степени тратятся как основные, так и оборотные средства предприятия, что отражается на их конкурентоспособности.

Для обеспечения требуемых санитарно – гигиенических норм материалов необходимо использовать полный комплекс инженерных систем по борьбе с пылью. Он должен включать в себя аспирацию (местная вытяжная вентиляция), гидросмыв или централизованную вакуумную пылеборку (ЦПУ) и общеобменную вентиляцию. Определяющей из этих систем является система аспирации, от работы которой зависит требуемая производительность всего комплекса обеспыливания. [1] К примеру, производительность системы общеобменной приточной вентиляции определяется производительностью системы аспирации и необходима для того, чтобы компенсировать удаляемые из помещения объёмы аспирируемого воздуха.

Энергоёмкость аспирационных систем обуславливается мощностью, потребляемой вентилятором, которая зависит от объёмов аспирируемого воздуха, перемещаемого по воздуховодам системы, и их гидравлического сопротивления, значительную часть которого (более 50 %) составляют потери давления в циклонах – наибо-

лее распространенных пылеуловителях системы [2]. Также энергоёмкость систем аспирации зависит от затрат на очистку аспирационного воздуха [3].

Построение аспирационных систем, отвечающих санитарным и экономическим нормам, сводится к обеспечению невыбивания пыли из укрытия при минимальном объеме отсасываемого воздуха и минимальной концентрации материала в аспирируемом воздухе [4]. Данные условия работы аспирационной системы возможны только в случае применения грамотно сконструированных аспирационных укрытий [5]. Таким образом, эффективность работы системы аспирации, зависит в первую очередь, от работы аспирационного укрытия, которое предотвращает поступление вредностей в рабочую зону [6].

Наиболее простым из существующих аспирационных укрытий является аспирационное укрытие с одинарными стенками (рис. 2) [7]. Оно представляет собой П-образный металлический кожух, образованный боковыми 7, передней 1 и задней 9 стенками, уплотнённый внизу гибкими вставками из конвейерной ленты 10, 11. Эжектируемый запылённый воздух, который поступает вместе с перегружаемым материалом по желобу 6, удаляется посредством аспирационной воронки 4. Уплотнительные фартуки 2, как правило, дублируются, с целью снижения неплотностей, которые возникают при выходе транспортируемого материала из укрытия.

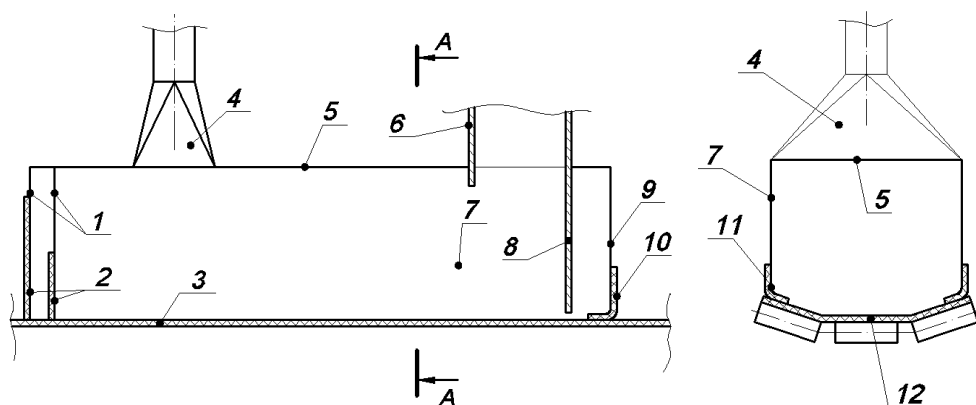


Рис.1. Конструкция аспирационного укрытия с одинарными стенками: 1 – передняя стенка укрытия; 2 – уплотнительные фартуки; 3 – конвейерная лента; 4 – аспирационная воронка; 5 – верхняя крышка укрытия; 6 – перегрузочный желоб; 7 – боковая стенка; 8 – отбойная плита; 9 – задняя стенка укрытия; 10, 11 – боковые и торцевое уплотнения

Данное укрытие энергоёмко, так как для его работы необходимы повышенные объёмы аспирируемого воздуха и двухступенчатая схема очистки воздуха.

Таким образом, по нашему мнению, наиболее перспективным направлением, позволяющим значительно снизить энергоёмкость аспирационной системы, эксплуатационные расходы, сократить выброс пыли в атмосферу, а также повысить их надёжность является совершенствование конструкции аспирационного укрытия, то есть внедрения его как первой ступени очистки воздуха вместо циклона [8]. Поэтому для осуществления данной возможности необходимо иметь подходящую конструкцию аспирационного укрытия и методику её расчета.

На сегодняшний день существует основополагающая методика, подтвержденная многочисленными экспериментами [7] по определению параметров работы укрытия и определяющая их основные конструктивные особенности, однако имеются ряд моментов, на которые следует обратить внимание.

Проведя литературный обзор, нами было отмечено, что в нормативных документах и технической литературе, в том числе и имеющейся методике [1], нет указаний по конструированию аспирационных воронок. Это можно отнести к существенному недостатку методики расчета укрытий, ведь известно, что унос пыли зависит не от средней скорости всасывания, а от распределения поля скоростей в рассматриваемом сечении.

При уменьшении скорости движения воздуха и обеспечении равномерного поля скоростей в плоскости приемных отверстий аспирационных воронок унос пылевидных частиц в удаляемом воздухе значительно снижается [8]. В результате уменьшается пылевая нагрузка на воздуховоды и пылеуловители и в конечном итоге

снижается концентрация пыли в вентиляционных выбросах. Таким образом, разработка указаний по конструированию аспирационных воронок является весьма актуальной задачей.

Наиболее предпочтительная конструкция укрытия, подходящая для использования в качестве первой ступени очистки воздуха, представлена на (рис. 3) [9]. Данная конструкция отвечает основным переопределяемым требованиям: минимальные объёмы аспирации и пылеунос материала, низкая вероятность выбивания пыли в область рабочей зоны, простота конструкции. Характерной отличительной особенностью данного укрытия является наличие угла наклона жёсткой перегородки 6, по отношению к верхней крышке 7, навстречу движению эжекционного потока воздуха. Данное усовершенствование конструкции меняет характер движения двухфазного потока в укрытии, увеличивая эффективность его работы как пылеулавливающей конструкции [6].

Благодаря тому, что на пути движения эжекционного воздуха установлена наклонная жесткая перегородка, возникает дополнительное аэродинамическое сопротивление, которому способствует зона вихреобразования, возникающая в пространстве между верхней крышкой и наклонной перегородкой. В вихре происходит потеря кинетической энергии частиц пыли крупной фракции, что способствует более интенсивному их осаждению в аспирационном укрытии. Помимо образования вихря за счет изменения угла наклона значительно увеличивается и влияние инерционных сил на частицу пыли по сравнению с вертикальной перегородкой. Всё это приводит к значительному снижению концентрации пыли в аспирируемом воздухе [10], [11].

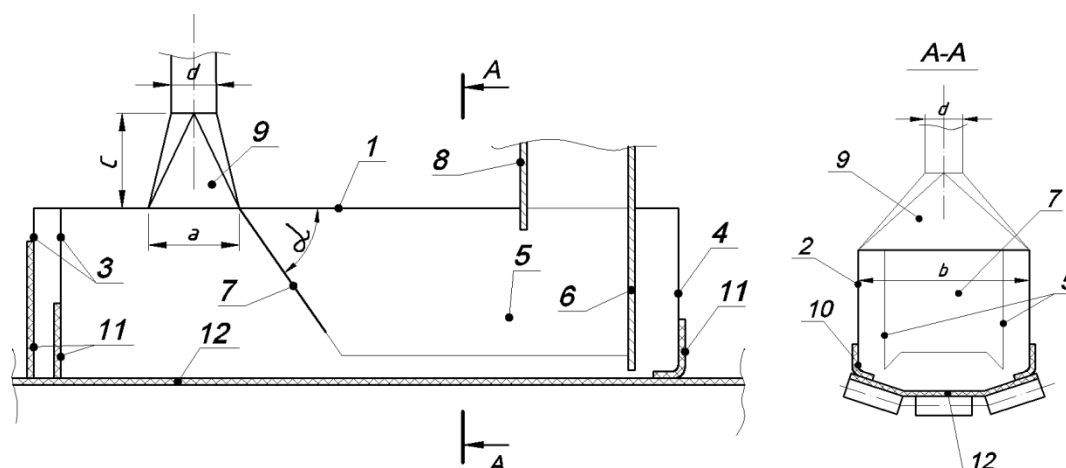


Рис. 2. Разработанная конструкция аспирационного укрытия с двойными стенками и наклонной жесткой перегородкой: 1 – передняя стенка укрытия; 2 – уплотнительные фартуки; 3 – конвейерная лента; 4 – аспирационная воронка; 5 – боковые наружные стенки; 6 – внутренняя, наклонная, жесткая перегородка; 7 – верхняя крышка укрытия; 8 – перегрузочный желоб; 9 – боковые внутренние стенки; 10 – отбойная плита; 11 – задняя стенка укрытия; 12 – боковые и торцевое уплотнения

Таким образом определение высоты аспирационной воронки в рассматриваемом укрытии еще более увеличит его пылеочистную способность, снизив тем самым энергоёмкость системы.

Как было отмечено выше, задачей является определить высоту воронки c (рис. 2), используя полученные результаты для других типоразмеров укрытий. Это возможно при соблюдении условий подобия. Главным условием подобия аэродинамических процессов является геометрическое подобие, для обеспечения которого размеры должны соответствовать единому масштабу линейных размеров, а так же подобие скоростей в соответствующих точках.

$$M_1 = \frac{l_m}{l_n} \quad (1)$$

где l_m – размер исследуемой модели; l_n – соответствующий проектный размер;

Из уравнения постоянства расходов получим:

$$Q_a = V_1 S_1 = V_2 S_2 \quad (2)$$

$$Q_a = V_{\text{вх}} S_{\text{вор}} = V_{\text{возд}} S_{\text{возд}} \quad (3)$$

где $V_{\text{вх}}$ – средняя скорость движения запыленного воздуха на входе в аспирационную воронку, м/с; Q_a – объём аспирации, м³/с; $V_{\text{возд}}$ – средняя скорость движения запыленного воздуха в воздуховоде, м/с;

Учитывая (1) запишем

$$\frac{S_2}{S_1} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{\pi d^2}{4ab} = m \quad (4)$$

где a – длина аспирационной воронки (рис. 3), м; b – ширина аспирационной воронки соответствующая ширине укрытия (рис. 3), м; d – диаметр воздуховода (рис. 3), м.

Таким образом, проведя численный эксперимент на модели укрытия, мы сможем использовать полученные результаты на других типоразмерах укрытий, при соблюдении условия (4).

Для решения поставленной задачи нами было принято решение использовать моделирование процессов движения двухфазного потока в укрытии и аспирационной воронке с помощью программного комплекса объёмного моделирования SolidWorks и приложение к нему COSMOSFloWorks [12].

В основе COSMOSFloWorks, как и любой другой расчетной методики, лежит, во-первых, математическая модель рассчитываемых физических процессов и, во-вторых, способ решения поставленной математической задачи. Работа программы основана на решении уравнения Навье-Стокса, описывающего в нестационарной постановке законы сохранения массы, импульса и энергии исследуемой среды. Для дискретизации дифференциальных уравнений в COSMOSFloWorks используется метод конечных объемов. В основе метода лежит дискретизация объекта с целью решения уравнений механики сплошной среды в предположении, что эти соотношения выполняются в пределах каждой из элементарных областей. Эти области называются конечными элементами. Соответственно, дискретизация непрерывной математической модели состоит в том, что значения физических переменных рассчитываются (и хранятся) только в центрах расчетных ячеек, а на границах этих ячеек рассчитываются потоки массы, импульса, энергии, необходимые для расчета этих значений.

Проведение численного эксперимента было направлено на определение оптимальной высоты аспирационной воронки, при которой будет

происходить минимальный пылеунос в аспирационную сеть с соблюдением условия невыбивания воздуха из укрытия. Численный эксперимент проводился при начальных условиях характерных для узлов перегрузки строительных материалов, при конструктивных параметрах:

$$m = \frac{S_{\text{вор}}}{S_{\text{возд}}} = \frac{V_{\text{возд}}}{V_{\text{вх}}} = 14,1 \quad (5)$$

Частичные графические результаты эксперимента представлены на (рис. 3).

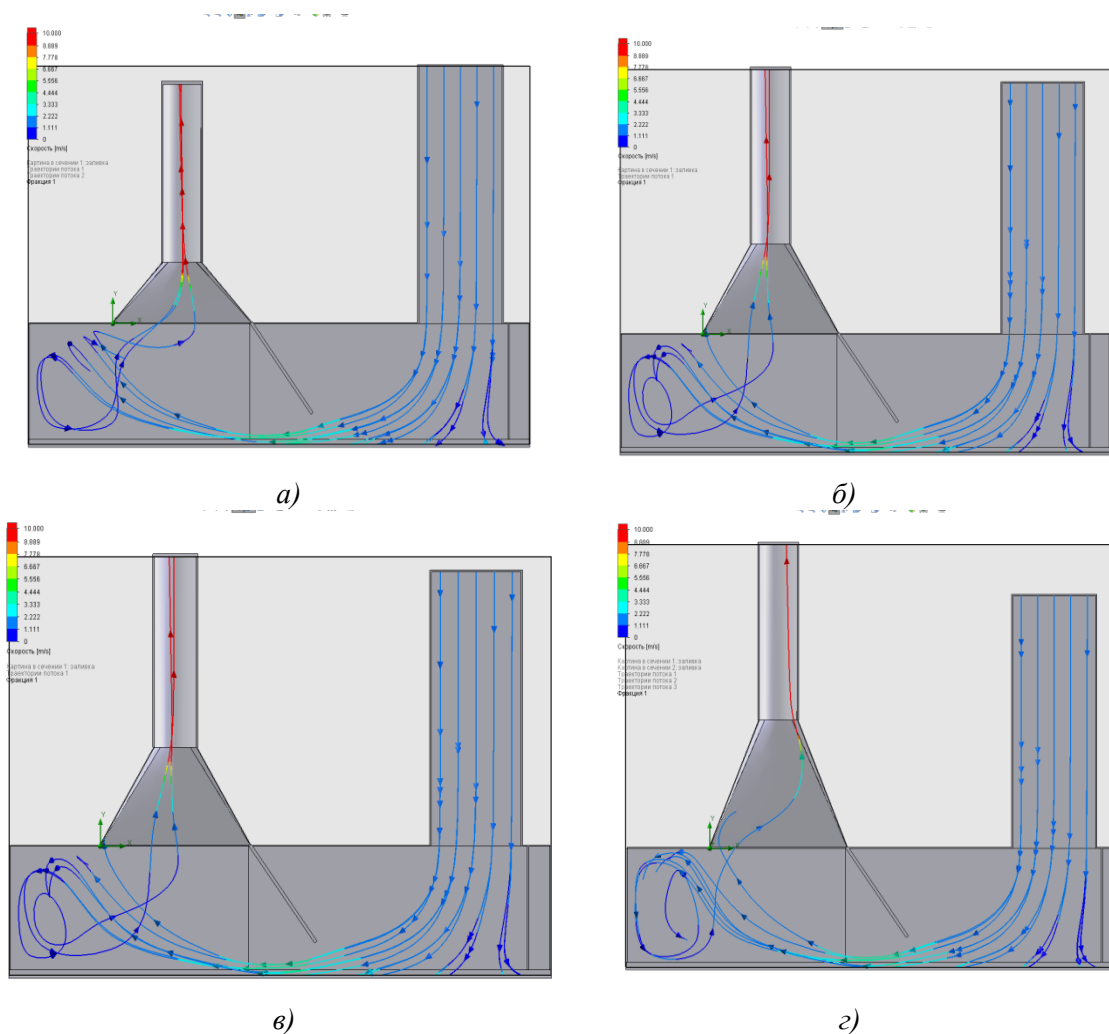


Рис. 3. Траектории движения частиц пыли в рассматриваемом аспирационном укрытии а) с высотой воронки 200 мм; б) с высотой воронки 300 мм; в) с высотой воронки 400 мм; г) с высотой воронки 500 мм;

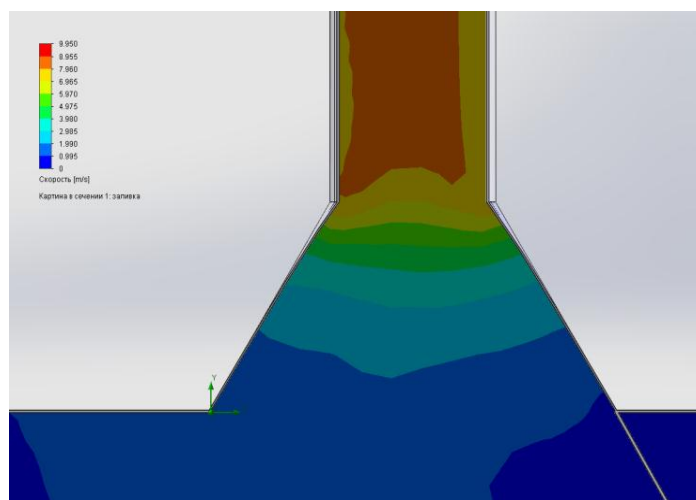


Рис. 4. Пример распределение поля скоростей в аспирационной воронке полученное при помощи численного эксперимента

После обработки результатов эксперимента нами было получено оптимальное значение высоты аспирационной воронки:

$$h=2,7d \quad (6)$$

Высоту аспирационной воронки было принято определять в зависимости от диаметра воздуховода d , соблюдая тем самым необходимые требования подобия процессов.

Таким образом, конструируя аспирационную воронку предварительно определив значения объёмов аспирации Q_a , и исходя из этого подобрав наиболее подходящий диаметр, необходимо определить значение длины аспирационной воронки из (4):

$$a = \frac{pd^2}{4mb} = \frac{pd^2}{56,4b} \quad (7)$$

а затем определить высоту аспирационной воронки.

Заключение. В результате проведенного анализа экспериментальных данных нами было установлено, что при соотношении диаметра воздуховода k длине воронке $d/a=0,3$ оптимальная высота аспирационной воронки должна составлять $h=2,7d$.

Выводы. Таким образом, нами были получены данные, необходимые при конструировании аспирационной воронки укрытия, выступающего в качестве первой ступени очистки воздуха. Полученные данные позволяют уменьшить концентрацию пыли на выходе аспирационного укрытия, изменить её дисперсный состав, снизив тем самым энергоёмкость системы аспирации в целом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Киреев В.М., Гольцов А.Б., Минко В.А. Расчет и разработка аспирационных укрытий мест перегрузок // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2010. №3. С. 114–117.
2. Киреев В.М. Повышение энергоэффективности систем аспирации при перегрузке сыпучих материалов // XXI научные чтения: юбилейная международная научно-практическая конференция, посвященная 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. С. 59–63.
3. Киреев В.М. и др. Разработка конструкций аспирационных укрытий и методов их расчета на предприятиях стройиндустрии // Инновационные материалы и технологии: сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф. Белгород: Изд-во БГТУ, 2011. Ч.1. С.214–219.

4. Киреев В.М., Гольцов А.Б., Киреев В.М., Феоктистов А.Ю. Исследование конструкции аспирационного укрытия для применения в стеснённых условиях // Экология промышленного производства. 2013. №1 (81). С. 2–5.

5. Бурьянов И.А. Разработка и исследование работы энергоэффективного аспирационного укрытия // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. С. 996–1000.

6. Жилина С.С. Перспективы снижения энергоёмкости систем аспирации // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. С. 1058–1062.

7. Минко В.А. Комплексное обеспыливание производственных помещений при транспортировании и механической переработке сыпучего минерального сырья: дисс. докт. техн. наук. БТИСМ им. И.А. Гришманова. Белгород, 1988. 513 с.

8. Киреев, В.М. Совершенствование конструкций аспирационных укрытий с целью снижения запылённости при перегрузке формовочных масс в литейных цехах: дисс. ... канд. техн. наук. БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород, 2013. 203 с.

9. А. с. ⁽¹⁹⁾ RU¹¹ 97438¹³U1 Российская Федерация, 51 МПК E21F 5/00 (2006.01). Аспирационное укрытие мест перегрузки сыпучего материала. Киреев В.М. и др, заявка 2010114489/03 заявл. 12.04.2010; опубл. 10.09.2010, Бюл. №25.- 2 с.

10. Киреев В.М. и др. К вопросу совершенствования аспирационных укрытий // Энергосбережение и экология в жилищно-коммунальном хозяйстве и строительстве городов: междунар. науч.-практ. конф. Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. С. 234–236.

11. Киреев В.М., Минко В.А. Разработка аспирационных укрытий и инженерной методики их расчёта // Безопасность труда в промышленности, 2013. №2. С. 42–46.

12. Киреев В.М., Минко В.А., Логачёв И.Н. Использование программных комплексов при исследовании работы аспирационных укрытий // Энергосбережение и экология в жилищно-коммунальном хозяйстве и строительстве городов: междунар. науч.-практ. конф. Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. С. 45–49.

Kireev V.M., Buryanov I.A., Jilina S.S.**DETERMINATION OF THE HEIGHT OF THE SUCTION FUNNEL**

This article deals with the problem of determining the optimal height of the suction funnel, when there will be minimal dust discharge in the aspiration system. As you know, the most effective method of dust control during overload materials is aspiration systems which require up to 20% of company's current assets. Conducting the analysis it can be argued that the energy consumption of vacuum systems, primarily determined by effect of the suction cover. One of the promising areas for reducing energy intensity of vacuum systems is the using of shelters as a first stage of air cleaning. Aspiration funnel is an important element of the suction cover which affects the ability of the trapping plants, but in the regulations there are no recommendations for their design. Presented the preferred design of the suction cover which allows to reduce the concentration of dust at the output and the required amount of air is aspirated. There is the experiment description, the aim of which was to determine the optimal height of the suction funnel. The article presents the recommendations resulting from the experiment necessary in constructing of the suction funnel of the shelter, acting as the first stage of air cleaning.

Key words: *Dust pollution during transshipment of bulk materials, reducing energy consumption of vacuum systems, energy-efficient suction cover, the height of the suction funnel.*

Киреев Виталий Михайлович, кандидат технических наук, доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции.

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

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

E-mail: vit31rus@mail.ru

Бурьянов Иван Александрович, студент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции.

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

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

E-mail: Buryanov.vanya@yandex.ru

Жилина София Сергеевна, студент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции.

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

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

E-mail: Sofyjilina@gmail.com

Коврижская О.В., ст. преп.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

РОЛЬ КОМПОЗИЦИИ В АРХИТЕКТУРНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ

architektura_bgty@mail.ru

Красота архитектурного решения проектируемого объекта достигается построением композиции пространственных форм. Начало изучения архитектурной композиции на кафедре архитектуры и градостроительства в БГТУ им. В.Г. Шухова содержат дисциплины; «Композиционное моделирование» и «Основы архитектурного проектирования». Актуальность введения в учебный процесс взаимосвязь данных дисциплин продиктована овладением профессиональных знаний в архитектурном творчестве и направлена на целостность обучения начального этапа высшей архитектурной школы. Теоретический и практический материал дисциплины «Композиционное моделирование» знакомит учащихся с общими принципами пластического формообразования. Изучение теории объемно-пространственной композиции и параллельное выполнение практических заданий в объемном и плоскостном моделировании обогащает опыт конкретной композиционной работы. Связь композиции с архитектурным проектированием отображается введением композиционного моделирования в основу архитектурного проектирования, которое происходит по двум направлениям. Одно направление позволяет расширить представление о палитре выразительных средств композиции, а второе способствует использованию средств объемно-пространственной композиции для решения конкретной проектной ситуации. Подключение композиционного моделирования в процесс учебного архитектурного проектирования подводит к интересным, творческим результатам и выявляет потенциал дальнейших возможностей проектного замысла.

Ключевые слова: композиционное моделирование, художественная композиция, формообразование, эстетика, тождество, нюанс, контраст.

Введение. Предметная среда повсеместно несет на себе следы человеческой деятельности. Результатом организации человеком среды в целях ее приспособления и использования в процессах жизнедеятельности – является архитектура.

Функция архитектуры состоит в содействии сохранению и развитию существования человека. С древних времен до наших дней строит человек на Земле. Должно было пройти очень много тысячелетий, отделяющих древних людей от человека современного типа, прежде чем руки и мозг созрели для архитектурно-художественного творчества.

Творческий процесс создания архитектуры направлен равным образом на функциональные, технические, экономические, конструктивные и эстетические требования. Произведения архитектуры могут вызывать такие общие впечатления, как величие или значимость, монументальность или камерность и т.д.

«Архитектор, организуя формы, создает гармонию, которая является чистым продуктом его разума; формами он воздействует на наши чувства, вызывая в нас эстетические эмоции; созданные им соотношения форм пробуждают в нас глубокий отклик, приобщают нас к постижению гармонии мира. Творчество архитектора является источником многих наших душевных движений, оно помогает нам познать красоту» [1].

Начальным этапом для достижения красоты архитектурного решения проектируемого объекта требуется овладение теорией архитектуры и ее важнейшей части – теорией архитектурной композиции.

Определение «композиция» (compositio – составление) строение, расположение и соотношение основных частей произведений искусства [2].

Теоретическое осмысление композиции известно с I в. н. э., с Витрувия, пользовавшегося по его собственному признанию, более ранними сочинениями греческих теоретиков «...действие композиции несет в себе смысл целенаправленного переустройства мира человеком, соединения-прилаживания, примирения или сталкивания того, что в естественном природном контексте несоединимо...» [3].

Общие представления о композиции как о самостоятельном предмете сформировались в эпоху Возрождения. Принципы целостности формы, гармонии, средства соподчиненности частей и элементов в классической школе были разработаны на материале изобразительного и декоративного искусства и использовались архитектурой как художественное оформление конструктивной структуры сооружения.

В новых исторических условиях целостность композиции и единство ее элементов рассматривается в таком ее качестве как гармоничность. «Все элементы находятся между собой в неразрывной связи, во взаимной соразмеренно-

сти. Каждый элемент проявляется не только в собственном значении, но и в своей подчиненности целостной форме. В связи с этим, форма приобретает единство в малом и большом. В ней отсутствуют случайные элементы и случайные связи. А это дает возможность рассматривать единство и целостность как основной закон композиции» [4].

В отечественной художественной школе особую роль в теоретическом осознании категории композиции сыграли лекционный курс В. А. Фавровского «Теория композиции», а также курс П. А. Флоренского «Анализ пространственности и времени в художественно-изобразительных произведениях», читаемые гениальными художником-искусствоведом и философом во ВХУТЕМАСе в 1920-1921 гг. «Ядром курса «Теории композиции» являлась проблема пространства и главнейший вопрос композиции – вопрос пространственно-временной цельности художественного произведения» [3].

Книга «Элементы архитектурно-пространственной композиции» В. Ф. Кринского, М. А. Туркуса, И.В. Ламцова с 1930-х годов – основополагающий документ теории архитектурной композиции, настольная книга многих поколений отечественных архитекторов. Книга впитала то лучшее, что было во ВХУТЕМАСе в пропедевтических курсах «Пространство» и «Объем». «В 1960-е годы В. Ф. Кринский – сподвижник Н. Ладовского возродил традиции его вхутемасовского курса «Пространство» и макетный метод изучения объемно-пространственной композиции в Московском архитектурном институте. В дальнейшем кафедру «Основы архитектурного проектирования» и дисциплину «Объемно-пространственная композиция» возглавил А.В. Степанов» [3].

«Композиционное моделирование» – это курс основ композиции, имеющей своим содержанием общие закономерности и принципы пластического формообразования. Данная дисциплина входит в профессиональный цикл базовой части основной образовательной программы бакалавриата в БГТУ им. В.Г. Шухова кафедры архитектуры и градостроительства.

Методика. Высокий уровень архитектурного профессионализма востребован во всех его структурах и в первую очередь в аспекте художественно-композиционном формообразовании.

«Когда говорят об архитектурной композиции, имеют в виду комплексную цель – выработку архитектурного проекта, удовлетворяющего разумным способом функциональные и конструктивно-технические требования с учетом художественной выразительности» [5].

В ведущей дисциплине «Основы архитектурного проектирования» учащиеся 1,2 курсов изучают основы архитектуры, архитектурную композицию, архитектурную графику. «Это достигается вначале на материале конкретных образов исторической и современной архитектуры при выполнении графических заданий, а также в процессе выполнения специальных упражнений по объемно-пространственной композиции в макетах и в дальнейшем при выполнении проектов небольших архитектурных сооружений» [6].

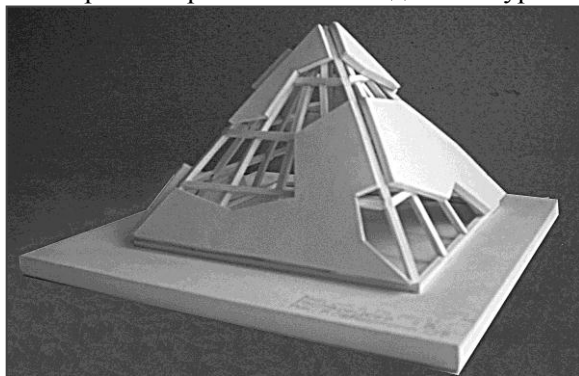
Архитектурная композиция включает в себя ответ на целый ряд факторов: социальных, функциональных, экономических, конструктивных и др. «Цели объемно-пространственной композиции значительно скромней и основаны на количественных изменениях пространственных форм и их сочетаний (величина, масса, положение в пространстве, геометрический вид, и т.д.) и опирается на особенности зрительного восприятия человека, на его психофизиологические данные» [7].

Учебный курс «Композиционное моделирование» основан на объемно-пространственной композиции, как на носителе интегрального содержания архитектуры. Методика курса предусматривает формирование общих понятий и закономерностей архитектурной композиции, которые присущи всем проектируемым объектам без учета их функционального назначения, конструктивных и технологических особенностей и прочего. Теоретический материал знакомит учащихся с объективными свойствами и закономерностями организации объемно-пространственных форм. Одно из условий возникновения художественных качеств архитектурного объекта – соразмерность и соподчиненность всех элементов архитектурно-пространственной формы, благодаря чему создается целостное восприятие формы. Поэтому так важно рассмотрение объективных свойств и закономерностей построения пространственных форм с точки зрения такого единства. Большая часть теоретического материала данной дисциплины посвящена основным видам композиции, так как, освоив общие принципы построения основных видов композиции, можно самостоятельно решать проектные задания.

Особенности современных методов начального обучения композиции выявили необходимость наряду с теоретической подготовкой осуществлять обязательный композиционный практику. Основные законы формообразования учащиеся должны испытать в практической деятельности, причем практический раздел выступает в роли ведущего при приобретении опыта композиционного мышления и технической ин-

туции, которые формируют профессиональные качества архитектора, такие как чувства целого, чувства пропорции, ритма, равновесия и др. «Методический подход в организации начальной композиционной подготовки учащихся выразился в способе постановки композиционного задания, формировании целей и задач, обозначении условий ограничений». [8]

Методы осуществления композиционного практикума основаны на конкретных типах заданий. Первые практические задания курса



«Композиционное моделирование» выполняют в макетах и дают студентам начальные понятия о средствах композиции и ее основных видах.

Методические указания к заданиям второго семестра постепенно усложняются и, наряду с выполнением данных заданий, в макетировании вводится графическая форма выполнения заданий. Художественно-графические упражнения имеют конкретные разноплановые направленности рис 1.

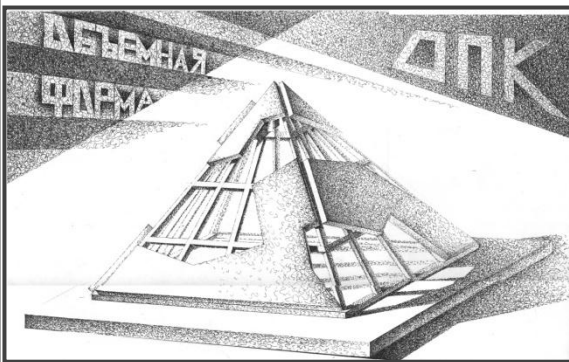


Рис. 1 Графическое упражнение и макет работы к заданию «Выявление объемной формы»

Изображение и макетирование увеличивают возможности профессионального восприятия, развивают визуальную форму мышления, наделяют чувством пространства.

Систематизация упражнений определяет шаги композиционной мысли и проектировочного процесса. Не одно поколение архитекторов было воспитано на принципах композиционного формообразования в архитектурном проектировании.

Основная часть. С формированием архитектурной композиции обозначился ряд вопросов практического плана, сфокусированных вокруг центральной проблемы – методической связи курса композиционного моделирования и архитектурного проектирования. «В этом направлении развитие осуществлялось по пути как углубления теоретического содержания курса и использования технологии макетирования, а также внедрения архитектурного проекта в самое начало учебной программы, что дало возможность параллельному прохождению композиционного моделирования и основ архитектурного проектирования» [5]. Практика показала, что это заметно обогащает композиционные поиски и выход на оригинальные решения.

На основе параллельной проработки упражнений по моделированию с творческими конкретными заданиями по графике и проектированию сегодня построена вся программа на первых двух курсах. Взаимосвязь тем курсовых работ и курсовых проектов по архитектурному проектированию I – II курсов с темами практи-

ческих заданий «Композиционного моделирования» табл. 1.

С первого года обучения курс «Основы архитектурного проектирования» строится на принципе совмещения с темами курса «Композиционное моделирование». Каждому конкретному заданию – графическому или проектному найдена соответствующая тема композиции, отвлеченно моделирующая и фиксирующая творческую идею. Так проектному заданию «Изучение архитектурного сооружения и изображение его в виде перспективного чертежа с отмывкой» соответствует тема композиции «Выявление фронтальной поверхности и объемной формы», а задание «Проект сооружения без внутреннего пространства» соотносится темой моделирования «Композиционная организация открытого пространства» (пространства не имеющего перекрытия).

На втором курсе при обращении к учебному проектированию устанавливаются прямые связи отвлеченного формообразования с темой конкретного проектного задания. рис. 2. Проектное задание: «Проект общественного здания с зальным помещением» (выставочный павильон, дискотека, кафе и т.п.) соответствует заданию по композиции «Сопоставление контрастных интерьерных пространств», которое решается как предпроектная стадия в выполнении курсового архитектурного проекта. «Проект жилого дома для одной семьи» выполняется на основе задания: «Взаимосвязь внутреннего пространства с его объемной формой и окружающей сре-

дой.» Фактически каждому конкретному заданию (графическому или проектному) найдена соответствующая тема композиционного моде-

лирования, отвлеченно создающая развитие творческой идеи и визуально фиксирующая ее. рис. 3.

Таблица 1

**Взаимосвязь тем курсовых проектов по «Основам архитектурного проектирования»
с темами заданий по «Композиционному моделированию»**

№	Темы работ дисциплины “Основы архитектурного проектирования”	Темы работ практических заданий дисциплины “Композиционное моделирование”
1 семестр		
1.	Задание №1 (база 1й уровень) Ознакомление с несложным архитектурным сооружением и выполнение его в черте.	Задание №1 Изучение закономерности метрических рядов. Задание №2 Изучение закономерности ритмических рядов
2.	Задание №2 (вариатив, 2й уровень) Изучение архитектурных ордеров и выполнение их в чертеже.	Задание №3 Композиционный этюд с использованием ритмических рядов.
3.	Задание №3 (база 1й уровень) Изучение детали архитектурного сооружения и выполнения ее в чертеже с отмывкой тушью.	Задание №4 Композиционное решение фронтальной поверхности и выявление ее пластики.
2 семестр		
4.	Задание №4 (база 1й уровень) Шрифтовая композиции в архитектуре.	Задание №5 Метрические и ритмические закономерности в построении композиции на плоскости Задание №6 Основные виды композиции
5.	Задание №5 (вариатив, 2й уровень) Изучение архитектурного сооружения и изображение его в виде перспективного чертежа с отмывкой.	Задание №6 Основные виды композиции Задание №11 Выявление фронтальной поверхности и объемной формы.
6.	Задание №6 (вариатив, 2й уровень) Проект сооружения без внутреннего пространства.	Задание №10 Композиционное упражнение на конструктивное взаимодействие объемно-пространственных форм. Задание №12 Композиционная организация открытого пространства (пространства, не имеющего перекрытия).
3 семестр		
7.	Курсовая работа №1 Проект общественного здания с зальным помещением (выставочный павильон, дискотека, кафе). Вариатив 1/2	Задание №8 Контрасты в объемно-пространственной композиции. Задание №13 Композиционное сопоставление закрытых контрастных пространств.
8.	Курсовой проект №2 Проект малоэтажного жилого дома. База 1/2	Задание №14 Взаимосвязь внутреннего пространства с его объемной формой и окружающей средой. Графическое упражнение №7.
9.	Курсовая работа №3 Интерьер небольшого общественного здания с зальным помещением (выставочный павильон, дискотека, кафе).	Задание №13 Композиционное сопоставление закрытых контрастных пространств. Графическое упражнение №6.

Во взаимосвязи композиционного моделирования с архитектурным проектированием важную роль играет рабочий макет. Язык макетирования углубляет развитие пространственного мышления будущих архитекторов. Роль объемного моделирования в творческом процессе

является одной из форм поиска образа сооружения (эскизный макет) или выступает как основное рабочее средство совершенствования композиции сооружения (рабочий макет), или является частью демонстрационной экспозиции (демонстрационный макет)

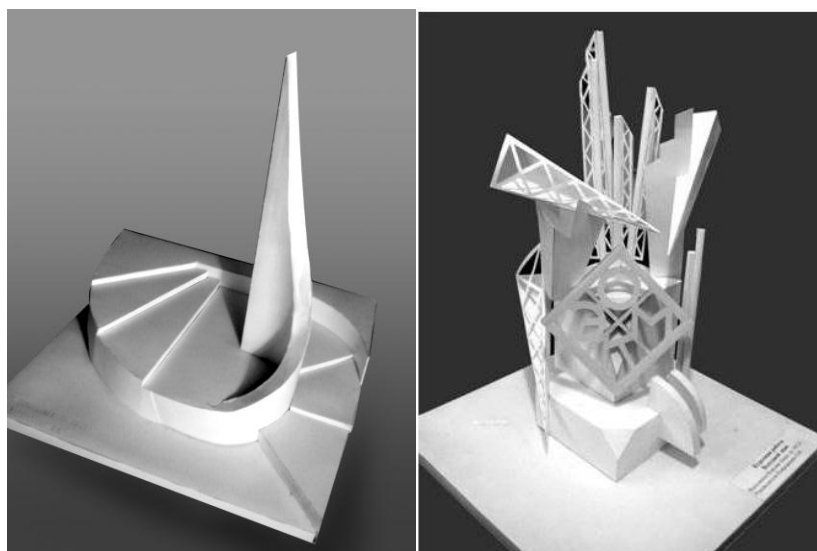


Рис. 2. Макет задания по композиционному моделированию на тему «Композиционная организация композиционного пространства» и макет задания по основам архитектурного проектирования на тему «Проект сооружения без внутреннего пространства»

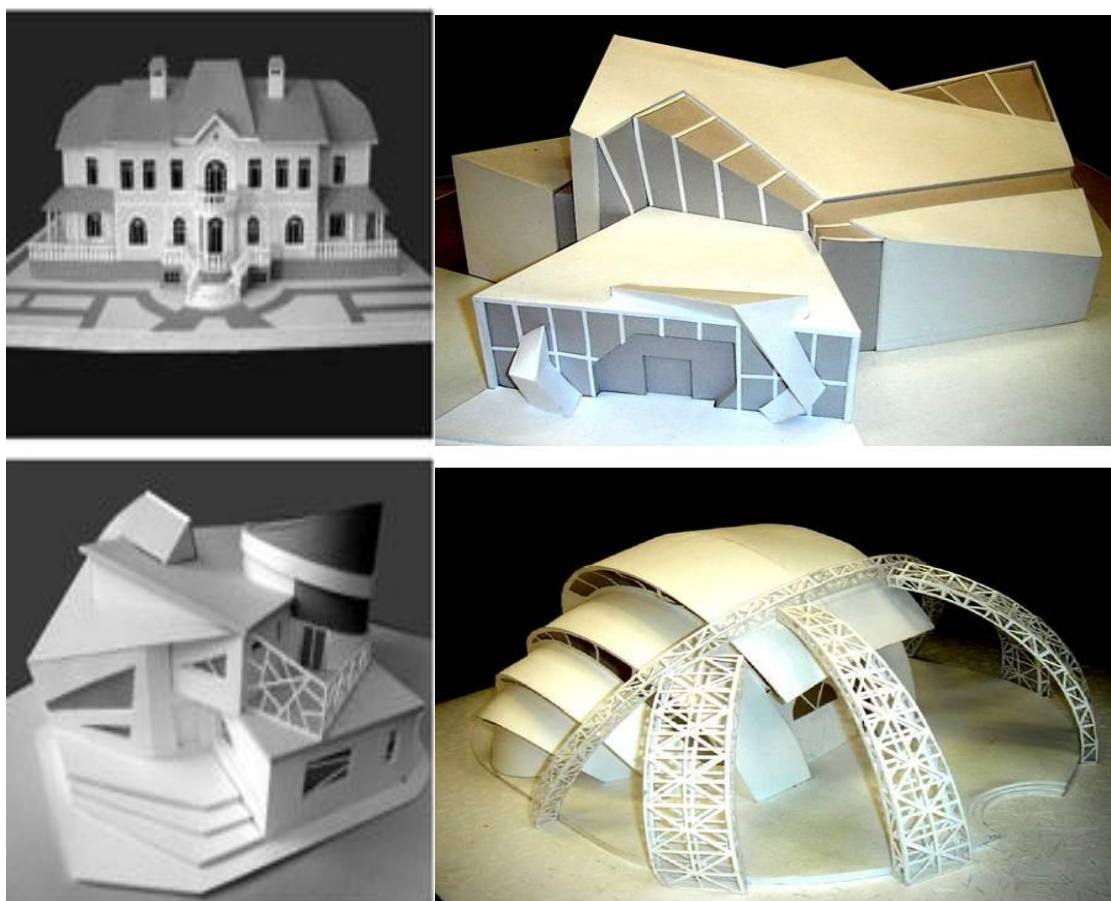


Рис. 3. Рабочее макетирование внешнего образа жилого дома коттеджного типа выставочного павильона

«Наиболее наглядной моделью проектируемого объекта является его объемный макет либо модель. Ярким прорывом в настоящее время стала технология прототипирования – технология трехмерной «печати» объекта, ландшафта, здания – отрисованных в трехмерной графике [9].

Проведение учебного архитектурного проектирования с подключением композиционного

моделирования дает много интересных находок в решении объемно-пространственной организации композиции и определяет дальнейшее выявление возможностей проектного замысла.

Выводы. Теоретический материал курса «Композиционное моделирование» и практические занятия, с поэтапным выполнением заданий в плоскостном и объемном моделировании развивает культуру вкуса и пространственное

представление у будущих архитекторов. А взаимосвязь заданий по композиции с темами проектов основ архитектурного проектирования в реальной действительности отображает процесс влияния архитектурной композиции на творческий акт. Связь курса композиции с архитектурным проектированием начинается на начальном этапе высшей архитектурной школы. В дальнейшем, на последующих курсах архитектурная композиция развивается и обогащается функциональными, конструктивными, технологическими, экономическими и другими связями, но всегда остается начальным этапом архитектурного проектирования.

«Архитектура всегда стремится вперед. Но куда пойдет развитие архитектуры в художественно-стилистическом направлении еще не ясно. Чтобы успешно решать творческие и технические задачи в русле новейших направлений архитектуры необходимо свободно владеть классической школой композиции, ее законами построения и восприятия архитектурной формы» [10].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ле Корбюзье. Архитектура XX века. Изд. Прогресс, 1977. 301 с.
2. Современный толковый словарь русского языка. М.: Изд. Ридес Дайджест, 2004. 960 с.
3. Азизян И.А., Добрицына И.А., Лебедева Г.С. Теория композиции как поэтика архитектуры. М.: Изд. Прогресс-Традиция, 2002. 510 с.
4. Степанов А.В. Объемно-пространственная композиция. М.: Стройиздат, 1997. 253 с.
5. Мелодинский Д. Л. Школа архитектурно-дизайнерского формообразования. М.: Изд. Архитектура – С, 2004. 310 с.
6. Степанов А.В., Туркус М.А. Объемно-пространственная композиция в архитектуре. М.: Стройиздат, 1975. 193 с.
7. Тиц А.А. Основы архитектурной композиции и проектирования. Киев: Изд. Вища школа, 1976. 255 с.
8. Коврижкина О.В. Основы дизайн-проекта и его художественно-композиционный практикум в БГТУ им В.Г. Шухова / Керамика и огнеупоры: перспективные решения и нанотехнологии: сб. докладов// Белгород гос. технол. ун-т.(Белгород 4-6 веф. 2009 г.), Белгород: изд-во БГТУ, 2009. С333-336.
9. Перькова М.В. Основы территориально-пространственного развития городов. Белгород: Изд. БГТУ, 2010. 270 с.
10. Стасюк М.Г., Киселева Т.Ю., Орлова И.Г. Основы архитектурной композиции. М.: Изд. Архитектура-С, 2003. 95 с.

Kovrizhkina O.V.

THE ROLE OF THE COMPOSITION IN THE ARCHITECTURAL DESIGNING

The glory of architectural decision of the engineering object obtains by three-dimensional composition formation. Beginning of researching architectural composition contains three-dimensional composition discipline - basics of the course 'Compositional modeling'. Compositional modeling not only forms mental actions of the students, but also it's directed on continuity of studying at the first stage architectural high school principally first and second age of studying. Theoretical and practical course material introduces general principles of plastic morphogenesis. Practical course 'Compositional modeling' founds on maquette modeling exercises and architectural graphics. Studying theoretical and at the same time practical tasks of three-dimensional modeling enriches the experience of compositional working. Exercises, developed by the course are informative and gives an opportunity not only expand the high level of the imagination and fancy of the students but provides the integrity of the compositional conception, at the same time it become possible to outplay the subject consciously and finding out the successful solution which is differs by newness at stylistics architectural morphogenesis. Connection between the composition and architectural designing expressed by introduction compositional modeling at the heart of architectural designing, what is based on two directions. The first direction allows to widen the representation of the means of expressional palette, the second promotes using the means of three-dimensional composition to solve the concrete project situation. Addition of compositional modeling into the process of training architectural designing leads to the interesting and creative results and detects potential of the further abilities of designing idea.

Key words: compositional modeling, art composition, morphogenesis, aesthetics, identity, nuance, contrast.

Коврижкина Ольга Викторовна, старший преподаватель.

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

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

E-mail: architektura_bgty@mail.ru

Перькова М.В., канд. арх., проф.,
Заикина А.С., магистрант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ДЕГРАДИРУЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ В Г. ШЕБЕКИНО*

anastasya_zaikina@hotmail.com

Статья посвящена проблемам деградирующих промышленных зон в центральной части городов, острой необходимости их экореконструкции и рефункционализации в целях использования в качестве инвестиционно привлекательных территорий для развития системы открытых общественных пространств. Оптимизация использования имеющихся проблемных территорий позволит повысить качество городской среды, улучшить экологическое состояние земель.

Ключевые слова: окружающая среда, деградирующая территория, промышленная зона, малый город, рефункционализация.

Введение. Открытые общественные пространства являются важнейшим элементом планировочной структуры, поскольку, в первую очередь, они характеризуют качество жизни населения, отражают уровень развития социальной и культурной инфраструктур, а также формируют общий облик города [1]. Использование неэксплуатируемой существующей промышленной застройки и прилегающих к ней территорий в качестве открытых общественных пространств и лофт-пространств на протяжении долгого времени остается актуальным за счет отсутствия необходимости привлечения резервных земель для строительства новых объектов [2, 3]. Такая практика нашла широкое применение в крупных российских и зарубежных городах, таких как Москва, Санкт-Петербург, Пермь, Вена, Лодзь и т.д. Существует множество

успешных примеров рефункционализации промышленных территорий:

1. Преобразование газгольдеров в г. Вене 1896-1899 гг. постройки в жилой, офисный, торговый, развлекательный комплексы под руководством 4-ех архитектурных мастерских: Coop-Himmelb(l)au, Manfred Wehdorn, Wilhelm Holzbauer и Jean Nouvel (рис. 1).

2. Рефункционализация промышленного объекта в г. Карлсруэ в центр искусств и медиатехнологий под руководством архитектурной мастерской ASPSCHWEGERASSOZIIERTE, сохранившей историческое здание 1918 года (рис. 2).

3. Использование территории бывшей шоколадной фабрики «Красный Октябрь» в г. Москва в качестве арт-кластера с размещением клубов, ресторанов, офисов, а также художественных галерей и выставочных залов (рис. 3).



Рис. 1. Рефункционализация газгольдеров в г. Вена [2]

а – общий вид; б – внутренний двор в жилом комплексе

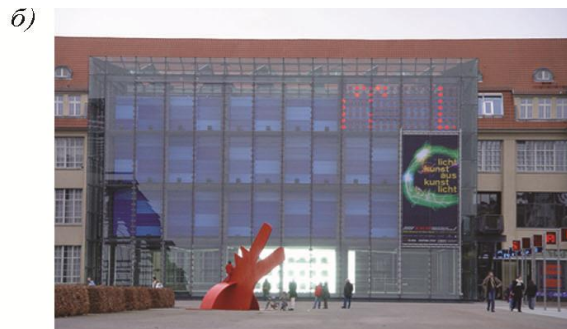


Рис. 2. Центр искусств и медиатехнологий в г. Карлсруэ [2]

а – ночная подсветка; б – главный фасад центра

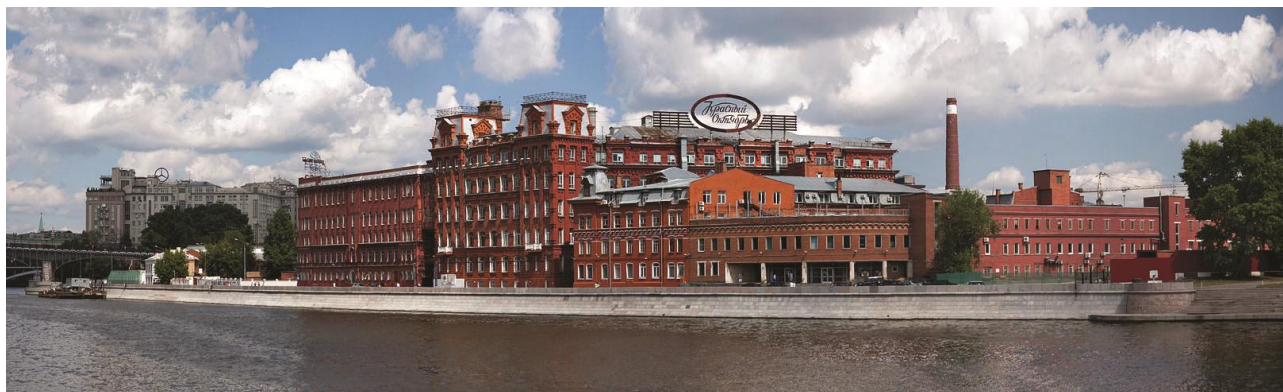


Рис. 3. Арт-кластер «Красный Октябрь» в г. Москве [4]

Каждый из приведенных примеров является реализацией проекта рефункционализации. После прекращения пользования объектами по назначению они стали частью общественного центра, памятниками промышленной архитектуры, сохранив идентичность среды.

Основная часть. Несмотря на высокий уровень развития в теории градостроительства зачастую современные города расширяются за счет строительства новых жилых районов на окраинах. Не исключением является малый го-

род Шебекино Белгородской области. Шебекино имеет сложную функциональную структуру за счет наличия большого количества промышленных объектов и коммунально-складских зон, расположенных дисперсно по всей территории города. Эта структура образовалась за счет расширения границ территории населенного пункта посредством присоединения близлежащих поселков с уже устоявшейся собственной функциональной структурой (рис.4, 5).

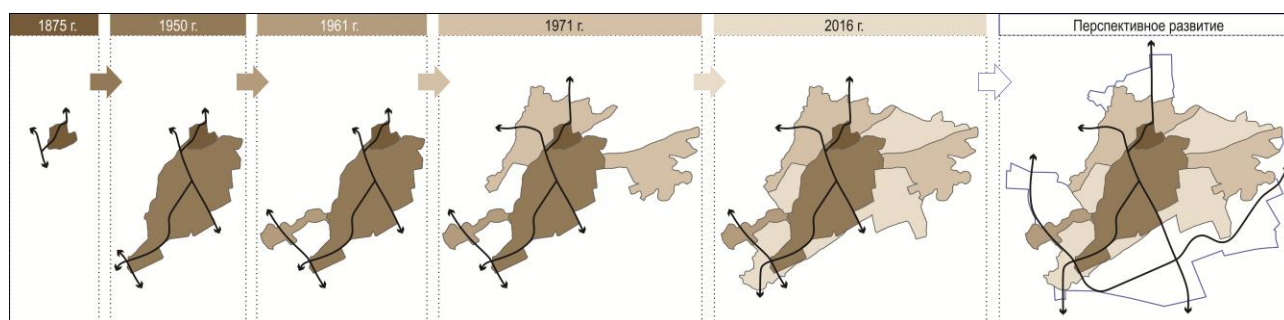


Рис. 4. Схема развития территории г. Шебекино в исторической динамике.

Сост. Заикина А.С.

В центральной части города Шебекино имеется большое количество неблагоустроенных зон для длительного или кратковременного пребывания горожан (рис. 6) [5, 6]. Это вызвано множеством факторов: сложный рельеф, экологическая обстановка, отсутствие благоустройства, низкая эстетическая привлекательность, близкое соседство с территориями промышленных объектов и т.д. (рис. 6).

Рассмотрим деградирующую зону в центральной части рассматриваемого города с целью рефункционализации, расположенную на территории бывшего завода моющих средств. Необходимость рефункционализации этого места обосновывается не только расположением, но и наличием на его территории памятников истории и архитектуры – бывшая контора сахарного завода 1914 г. и заводская труба 1911 г. (рис. 7).

Анализируя данную территорию, можно с высокой долей вероятности предположить высокую инвестиционную привлекательность после реализации проекта рефункционализации. Это связано с несколькими факторами:

1) удобство расположения территории завода между существующим и историческим центрами города, которые находятся по разные берега реки;

2) шаговой доступностью к большинству памятников истории и архитектуры: здание амбулатории больницы, дом барона Ребиндера, гробница Ребиндеров, дом купца Золотарева, реальное училище (рис. 7);

3) непосредственной близостью к водному ресурсу – реке Нежеголь, потенциал которой может быть использован в качестве набережной и связи в виде пешеходного моста с исторической частью города.

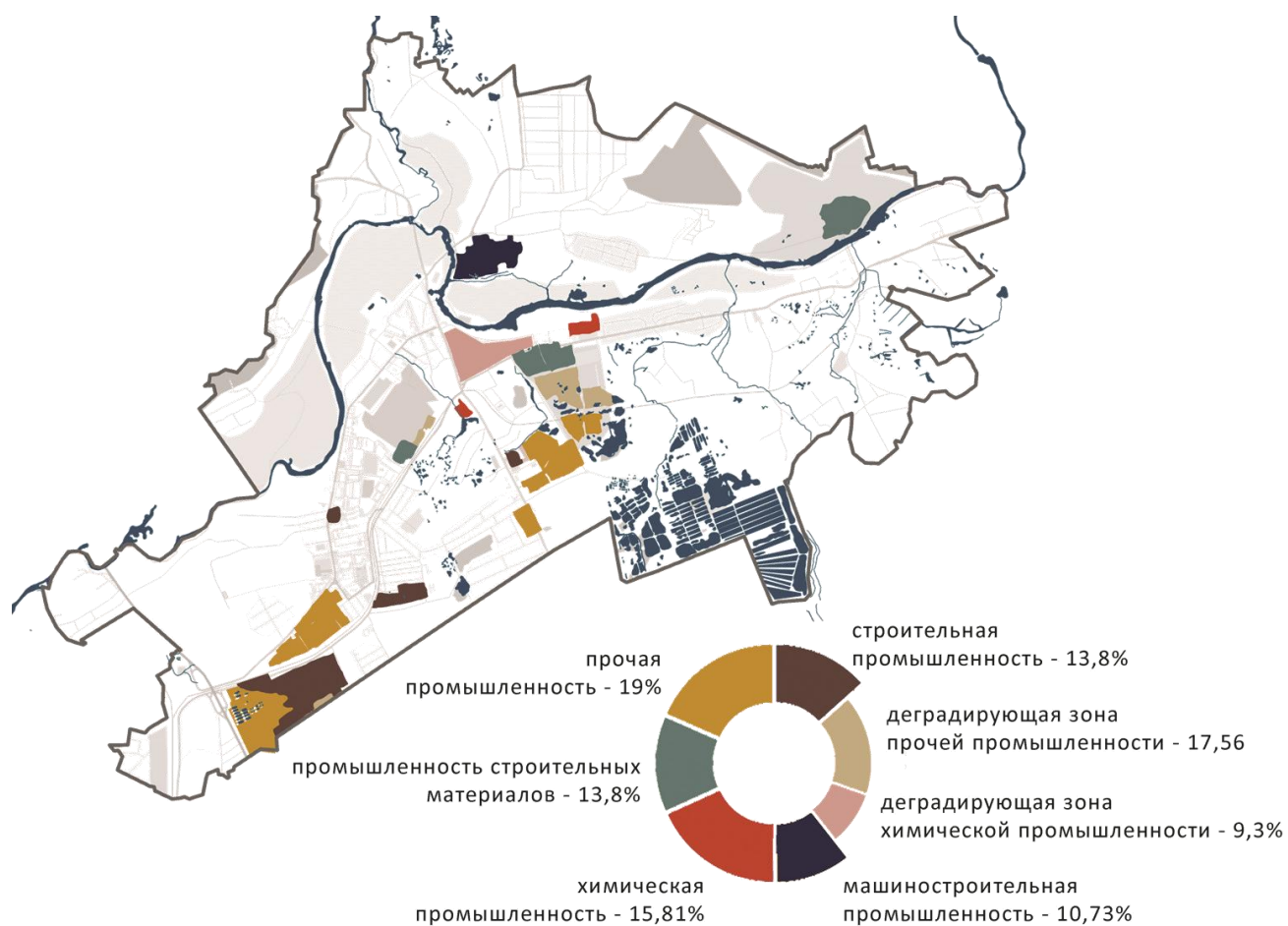


Рис. 5. Схема градообразующей базы г. Шебекино. Сост. Заикина А.С.

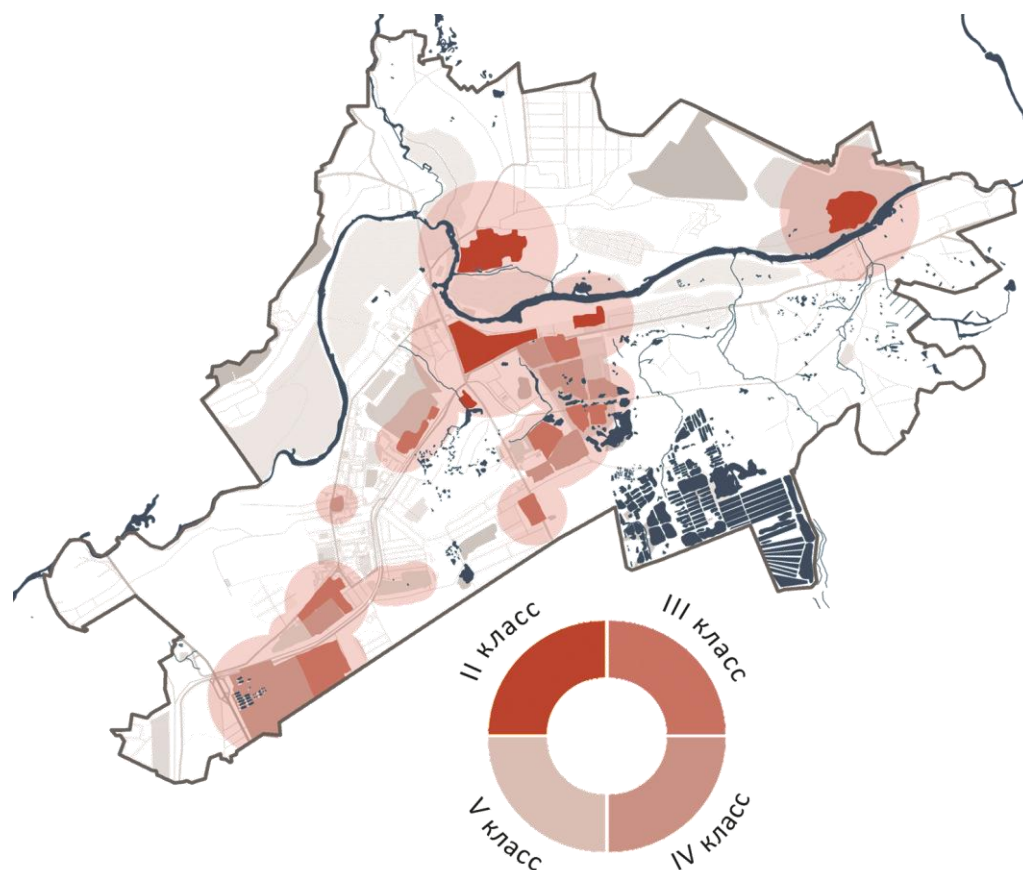


Рис. 6. Схема классификации промышленных территорий и санитарно-защитных зон вг. Шебекино. Сост. Заикина А.С.

Поскольку бывший завод моющих средств достигал II класса опасности для окружающей природной среды (высокая степень вредного воздействия) радиус санитарно-защитной зоны составляет 500 м. Подобные территории без проведения соответствующих работ по восстановлению экологической среды являются «мертвыми» для реализации проектов рефункционализации, поскольку пребывание на них способно негативно влиять на состояние здоровья граждан [7, 8]. В связи с этим первым эта-

пом необходимо предусмотреть мероприятия по экореконструкции промышленной зоны (рис. 8), которые могут подразделяются на:

- естественный период восстановления не менее 30 лет после полного устранения источников вредных загрязнений;
- мероприятия, направленные на краткосрочное восстановление путем проведения специальных мероприятий [9, 10].

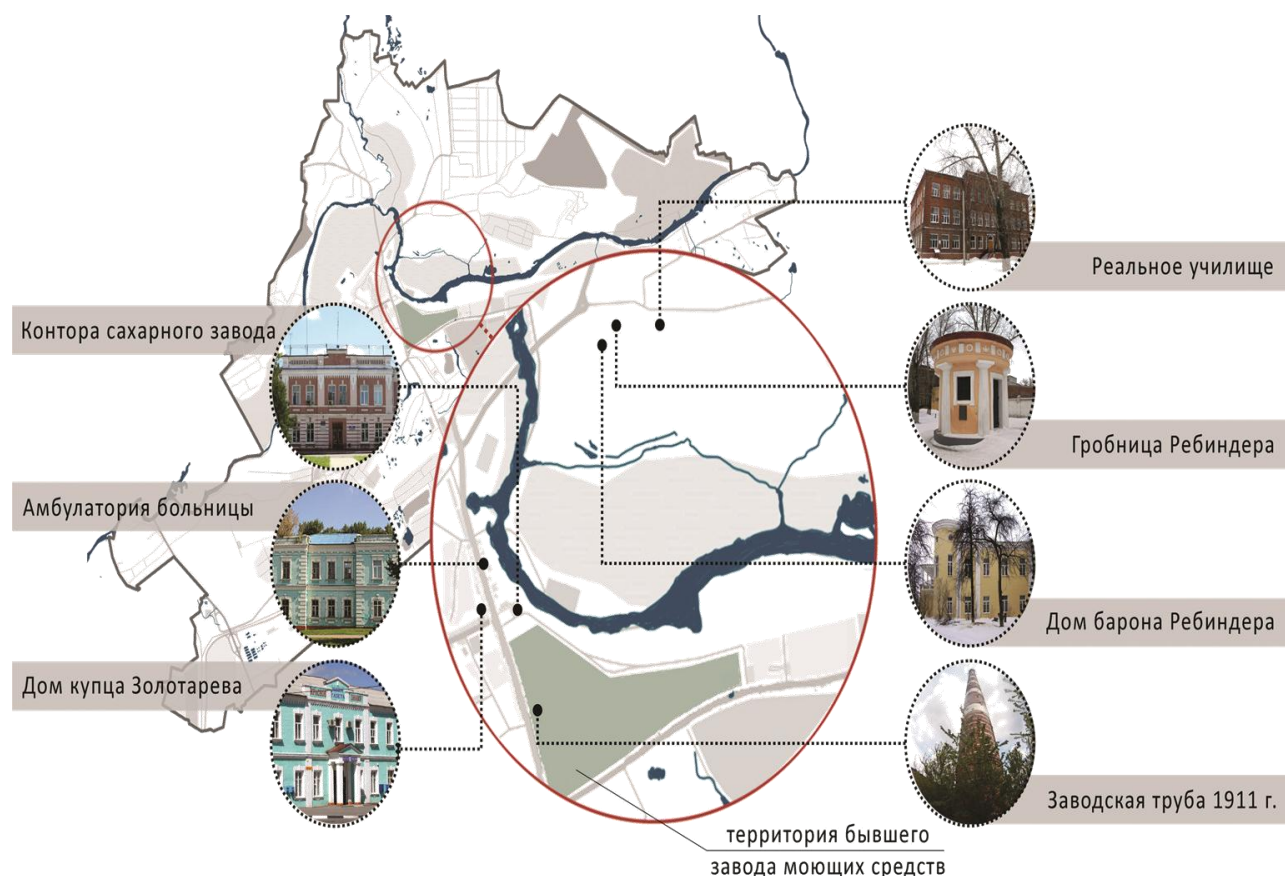


Рис. 7. Расположение памятников истории и архитектуры относительно территории бывшего завода моющих средств в г. Шебекино. Сост. Заикина А.С.

Под экореконструкцией деградирующих территорий понимается комплекс восстановительных процессов и мероприятий, направленных на очищение и восстановление поврежденных почв, водоемов и т.д. [10]. В качестве основных мероприятий по восстановлению почв и водоемов можно выделить процессы рекультивации и санации. Помимо ликвидации существующих загрязнений целесообразно предусматривать мероприятия по закреплению и предохранению территорий от последующих

возможных негативных воздействий. После оценки уровня загрязнения и проведения соответствующих мероприятий (в зависимости от характера загрязнения) можно приступать к разработке проекта и последующей его реализации по рефункционализации исследуемой деградирующей территории. Последовательность мероприятий по подготовке деградирующих территорий для дальнейшего полезного использования представлена на рис.8.

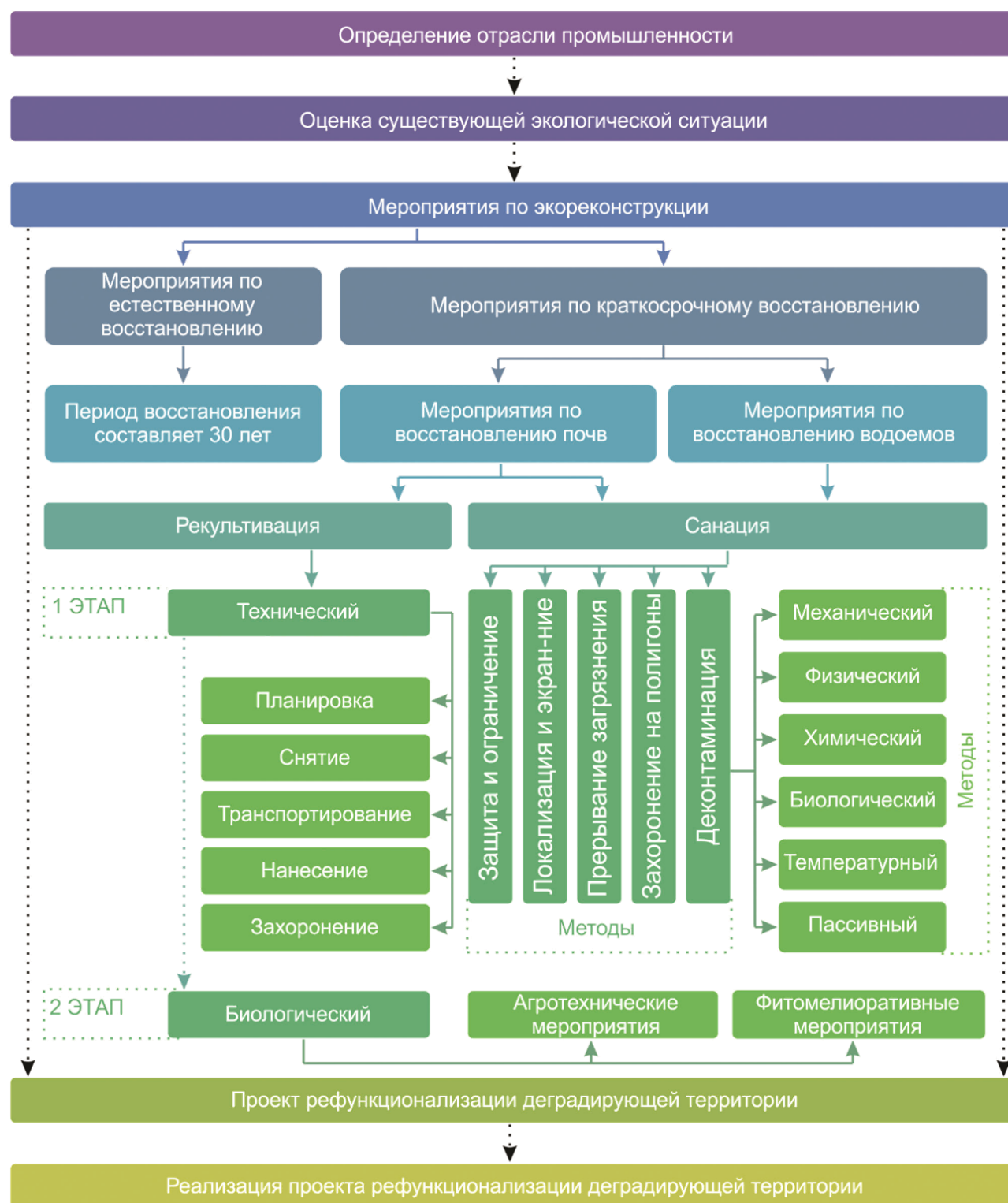


Рис. 8. Последовательность мероприятий по подготовке деградирующих территорий для дальнейшего полезного использования. Сост. Заикина А.С.

Выводы. В зависимости от вида производимой ранее промышленности и уровня опасности производственных объектов можно разработать проект редевелопмента от реконструкции строений под частные бюро и зданий общественного назначения до жилых комплексов. Проектное предложение исходит из трактовки выявления «депрессивных» пространств как функционального и территориального ресурса

для развития городского центра. Определив фокусы рефункционализации и связи между ними, методы трансформации депрессивных пространств будут способствовать и их возвращение к активному использованию, восполняя существующий дефицит функции центра. Вышеперечисленные мероприятия позволят улучшить уровень качества жизни в городе, создать инно-

вационно привлекательную среду для постиндустриального пространства города.

Таким образом, рефункционализация завода моющих средств в малом городе Шебекино Белгородской области позволит создать многофункциональное пространство, социализировать территорию, включить водный потенциал, а также соединить общественные центры между собой, создавая единую систему открытых общественных пространств.

**Работа выполнена в рамках Гранта РФФИ 14-41-08040.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Нефедов В.А. Ландшафтный дизайн и устойчивость среды. СПб, 2002. 295 с.
2. Реновация промышленных территорий и объектов [Электронный ресурс]. URL: http://archgrafika.ru/publ/bez_kategorij/bez_kategorij/renovacija_promyshlennykh_territorij_i_obektov/12-1-0-69/.
3. Эко-реконструкция заброшенных промышленных зон в процессе рефункционализации [Электронный ресурс]. URL: http://archvuz.ru/2012_22/43/.
4. О красном октябре [Электронный ресурс]. URL: <http://www.redok.ru/about/article/16/>.
5. Перькова М.В., Агаркова Т. Анализ формирования функционально-планировочной структуры г. Шебекино: [Электронный ресурс] // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород 2015 г.
6. Перькова М. В., Заикина А.С. Особенности формирования общественных пространств в г. Шебекино // XX международная конференция «Современные концепции научных исследований» (27-28 ноября 2015 г., г. Москва). - г. Москва: Евразийский союз Ученых "ЕСУ". 2015, С. 11-15.
7. ГОСТ 17.5.1.02-85 «Охрана природы. Земли. Классификация нарушенных земель для рекультивации».
8. СанПиН 2.1.7.1287-03 «Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы».
9. Методические рекомендации по оценке экологического состояния высвобождаемых промышленных площадок и разработке плана санации. Перепрофилирование старых промышленных площадок на территории Санкт-Петербурга. Электронное издание, 2005. 53 с.
10. Рекультивация земель при различных видах работ [Электронный ресурс]. URL: http://www.profiz.ru/eco/3_2013/rekultivacija/.

Perkova M.V., Zaikina A.S.

THE WAY TO SOLVE THE PROBLEMS OF DEGRADED AREAS IN SHEBEKINO TOWN

This article about degraded industrial areas in downtown, about they exigency ecoreconstruction and re-functionalization for use as attractive investment territory for the development of public open space system. Optimizing the use of available problem areas will improve the quality of city environment and the ecological condition of the land.

Keywords: Environment, degraded areas, industrial areas, small town, refunctionalization.

Перькова Маргарита Викторовна, кандидат архитектуры, профессор, заведующий кафедрой архитектуры и градостроительства.

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

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

E-mail: architektura_bgty@mail.ru

Заикина Анастасия Сергеевна, магистрант кафедры архитектуры и градостроительства.

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

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

E-mail: anastasya_zaikina@hotmail.com

Черныш А.С., канд. техн. наук, проф.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ВЛИЯНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ И УСТОЙЧИВОСТЬ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

gkadastr@mail.ru

Вибродинамические воздействия являются основной причиной потери устойчивости откосов земляных и грунтовых насыпей. При воздействии вибраций происходит снижение прочностных характеристик грунта - угла внутреннего трения (φ) и удельного сцепления (c). Величина снижения характеристик зависит от ряда факторов, таких как амплитуда и частота колебаний, влажности, плотности, напряженного состояния грунтов. Прогноз изменения прочностных характеристик является основой точного расчета устойчивости земляного полотна. Получение зависимостей изменения прочностных характеристик грунтов позволяет значительно повысить точность расчета устойчивости откосов земляных насыпей.

Ключевые слова: Вибродинамические воздействия, угол внутреннего трения (φ), удельное сцепление (c), откос, устойчивости земляного полотна.

Тиксотропные явления в глинистых грунтах в значительной степени зависят от влажности. Экспериментальные исследования показывают [1, 2] (для глин и суглинков), что при том уровне интенсивности вибродинамического воздействия, который передается железнодорожному земляному полотну высокоскоростных магистралей, максимальное значение прочностных характеристик регистрируется при естественной влажности в пределах от $W_p + 0,24I_p$ до $W_p + 0,36I_p$. Объясняется это тем, что при влажности грунта ниже названного диапазона силы взаимодействия минеральных частиц столь велики, что дополнительное вибродинамическое воздействие не в состоянии существенно повлиять на структурные связи в грунте.

Если влажность грунта выше $W_p + 0,36I_p$, то взаимодействие между частицами настолько ослаблено утолщенными водными пленками, что прочность грунта приближается к минимальному значению, и поэтому при воздействии вибродинамической нагрузки структурные связи почти не разрушаются.

Плотность также существенно влияет на прочность глинистых грунтов. Для грунтов железнодорожного полотна в соответствии с действующими техническими условиями она должна быть не менее $0,96\delta_{\max}$. При более высоких значениях влияния плотности на прочностные характеристики незначительно, и для практических целей его можно не учитывать.

Величина статической нагрузки грунта от балластной призмы и верхнего строения пути имеет наибольшие колебания, находясь в пределах от $0,11$ до $0,14$ кгс/см². При проведении экспериментов её можно принять постоянной и равной $0,14$ кгс/см².

С некоторой условностью колебания грунта можно представить в виде двух гармоник: незначительной, изменяющейся в пределах от 5 до 75 Гц, и высокочастотной от 75 до 200 Гц. Низкочастотная обладает высокой амплитудой, с максимальной величиной от 160 - 180 мк, высокочастотная – малой амплитудой, 6 - 12 мк не оказывает заметного влияния на прочностные характеристики глин и суглинков. Следовательно, при проведении экспериментов и при оценке устойчивости полотна можно не учитывать влияние низкочастотной составляющей колебаний.

Ряд исследователей, в том числе [3] и [4], убедительно показывают, что при амплитуде колебаний до 160 - 180 мк изменения частоты в пределах от 5 до 75 Гц не оказывает существенного влияния на снижение прочностных характеристик глинистых грунтов.

При выявлении влияния вибродинамического воздействия на прочностные характеристики можно принять гармонические или близкие к ним колебания с постоянной частотой 30 - 50 Гц и с амплитудой колебания, меняющейся от 25 до 160 мк.

Для этого требуется установить закономерности изменения зависимости сцепления и угла внутреннего трения от амплитуды, а затем использовать их в формуле для расчета устойчивости земляного железнодорожного полотна.

Лабораторные работы проводились в условиях трехосного напряженного состояния. Моделирование вибродинамического воздействия осуществлялось изменением величины гидростатического бокового давления. Испытывались грунты двух видов: суглинок и глины, которые характеризовались следующими характеристиками (табл.1):

Таблица 1

Характеристики испытываемых грунтов

Показатель	Суглинок	Глина
W_p	0,17	0,23
W_L	0,28	0,41
I_p	0,11	0,18
W_i	0,21	0,27
$\gamma_{\text{опт}}, \text{гс/см}^3$	2,07	1,99
$\gamma, \text{гс/см}^3$	2,01	1,94
$\delta = \frac{\gamma}{\gamma_{\text{опт}}}$	0,17	0,975
гигроскопическая влажность	0,037	0,052

Частота колебаний частиц грунта, по результатам методических опытов, была принята равно 60 Гц.

Эксперименты позволили установить 3 стадии изменения сцепления. Первая характеризуется относительно небольшим диапазоном изменения амплитуды, в пределах которого сцепление не меняется или изменяется на величину до 4% от первоначального значения.

Вторая стадия их охватывает интервал амплитуд, в котором происходит наибольшее снижение сцепления. В нашем случае он расположен в пределах от 30 до 120 мк для суглинков и от 55 до 155 мк для глин. Амплитуда, характеризующая переход от первой стадии ко второй, названа нами начальной (A^n) и составляет для суглинка 30 мк, для глины – 55 мк. В третьей стадии величина сцепления практически не снижается при дальнейшем увеличении амплитуды колебаний, достигая некоторого минимума при действующих в натурных условиях амплитудах колебаний грунтов железнодорожного земляного полотна. В нашем случае третья стадия расположена для суглинков в интервале от 120 мк и выше, а для глин – от 155 мк и выше.

Результаты исследований хорошо аппроксимируются следующим выражением:

$$C_{\text{дин}} = C_{\text{мин}} + (C_{\text{макс}} - C_{\text{мин}})e^{-k(A-A^n)}, \quad (1)$$

где $C_{\text{дин}}$ – сцепление грунта при некоторой величине действующей амплитуды колебаний (A); $C_{\text{мин}}$ – сцепление, определенное при такой амплитуде, увеличение которой вызовет дополнительное существенное снижение; $C_{\text{макс}}$ – сцепление при действии статической нагрузки; e – основание натурального логарифма; k – коэффициент виброразрушения, при испытании в условиях трехосного напряженного состояния, равный для глин 0,018, для суглинка – 0,012; A – действующая амплитуда колебаний в микропорах; A^n – начальная амплитуда колебаний, при

действии которой снижение сцепления не превышает 4 % от исходной величины $C_{\text{макс}}$.

Изменение угла внутреннего трения грунта описывается аналогичной зависимостью. При этом следует отметить относительно большой разброс значений.

Грунты железнодорожного земляного полотна, воспринимающего вибродинамическую нагрузку, в зависимости от их расположения по глубине и ширине полотна подвергаются воздействию колебаний с различной амплитудой. Наибольшие амплитуды регистрируются на основной площадке по оси пути. При удалении от оси, а также при углублении в тело полотна амплитуда уменьшается. Следовательно, влияние прочностных характеристик в соответствии с выражением (1) будет меняться по закону компоненты.

Для оценки устойчивости земляного полотна необходимо знать закономерность распределения амплитуд колебаний в теле полотна, которая с небольшим изменением и при определенном приближении достаточно хорошо описывается формулой, предложенной В.А. Ершовым [2].

$$A = A_0 \cdot e^{-\delta_1 z - \delta_2(x-b) + \delta_3(x-a-b)}, \quad (2)$$

где A – амплитуда колебаний грунта земляного полотна в точке с координатами «Z» и «X»; A_0 – амплитуда колебаний основной площадки по оси пути; e – основание натурального логарифма; δ_1 – коэффициент угасания амплитуды по глубине для глины – 0,22, для суглинка – 0,33; z – глубина от основной площадки; δ_2 – коэффициент угасания амплитуды в горизонтальном направлении для глины 0,11, для суглинка 0,15; x – расстояние по горизонтали в поперечном направлении от рассматриваемой точки до оси пути; b – ширина обочины; δ_3 – коэффициент, учитывающий влияние откоса. Определяется по формуле

$$\delta_3 = 1,17 \frac{\delta_1}{m} - \delta_2,$$

где m – заложение откоса; a – половина ширины балластной призмы в основании.

Значения коэффициентов затухания δ_1 и δ_2 определены в полулогарифмических координатах и характеризует уменьшение амплитуды при удалении от источника колебаний. При этом логарифмировался коэффициент, показывающий отношение амплитуд, замеренных на некотором расстоянии от источника колебаний, к амплитудам, замеренным непосредственно под ним, т.е.

$$\lg \frac{A_x}{A_0}.$$

В выражении (2) все линейные размеры представлены в метрах, а амплитуды в микронах. Если $X < a$ или $X < a + b$, то в первом случае второе и третье слагаемое, а во втором случае – только третье слагаемое в показателе степени не учитывается.

Если найденные таким образом величины амплитуд колебаний подставить в выражение (1), то можно в соответствующих точках получить значения сцепления с учетом снижения их величин под влиянием вибрационного воздействия.

Для определения устойчивости земляного железнодорожного полотна необходимо получить кривую смещения и разбить её на отсеки по общепринятому правилу. Если получатся отсеки длиной более 3 метров, то их можно разделить пополам, стремясь к получению отсеков не более 2,5 м. По данным построения линии смещения, независимо от принятой формы смещения, определяются значения «X» и «Z» для точек, лежащих на линии смещения в характеризующих границы отсеков.

Если значения «X» и «Z» подставить в выражение 2, а полученные из него величины амплитуд – в выражение 1, то для всех отсеков по линии скольжения будем иметь по два значения сцепления и трения, охватывающих диапазон изменения прочностных характеристик в пределах того или иного отсека. Следовательно, введением этих значений сцепления и трения в формулу для определения устойчивости обеспечивается учет влияния вибродинамического воздействия на устойчивость земляного железнодорожного полотна.

Формула для определения коэффициента местной устойчивости имеет следующий вид:

$$K = \frac{\sum C_i^{\delta_{ин}} l_i + \sum N_i \phi_i^{\delta_{ин}}}{\sum T_i}, \quad (3)$$

где $C_i^{\delta_{ин}}$ – сцепление в i -ом отсеке насыпи, воспринимающей вибродинамическую нагрузку; l_i – длина i -ого отсека по плоскости скольжения; N_i – нормальная сила i -ого отсека от собственного веса грунта и временной нагрузки; $\phi_i^{\delta_{ин}}$ – коэффициент трения, равный тангенсу угла внутреннего трения грунта, воспринимающего динамическую нагрузку; T_i – сдвигающая сила i -ого отсека.

Значения прочностных характеристик в формуле местной устойчивости земляного полотна определяется по каждому отсеку как среднеарифметическая величина двух значений, соответствующих точкам, лежащим на линии скольжения, принадлежащим двум смежным отсекам. Фактическая зависимость изменения прочностных характеристик в пределах отсека имеет характер квадратичной функции, однако линейная аппроксимация значительно упрощает расчеты, а погрешность при этом повышает коэффициент устойчивости полотна в натурных условиях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Жинкин Г.Н. Исследование тиксотропии глинистых грунтов. Сб. трудов ЛИИЖТа, №197, 1962.
2. Ершов В.А., Костюков И.И. Колебания грунтов в железнодорожных насыпях. Механика грунтов и фундаментостроение. Труды ЛИСИ, №61, 1970.
3. Преображенская Н.А., Савченко И.А. О влиянии вибрации на сопротивление глинистых грунтов сдвигу. В сб. трудов НИИ оснований и фундаментов. «Динамика грунтов», №32, 1958.
4. Прокудин И.В. Исследование влияния динамического воздействия поездов на прочность мерзлых грунтов в условиях Октябрьской ж.д. Материалы XXII научно-технической конференции ЛИИЖТа, 1970.
5. Калачук Т.Г. К вопросу проектирования и строительства на слабых грунтах. Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. №5. С. 120–125.
6. Калачук Т.Г., Шатохина С.И. Расчет давления несвязного грунта на подпорные стенки (статья) Материалы X Междунар. научно-практич. конференции «Ключови въпроси в съвременната наука – 2014», София, "БелГРАД-БГ", 17-25 апреля 2014 г. - Т. 34 "Здание и архитектура". С. 3–5.
7. Казикаев Д.М. Сергеев С.В. Черныш А.С. Экспериментальная оценка параметров сдвига массивов пород при водопонижении (статья). Сборник «Известия ТулГУ Серия Геомеханика. механика подземных сооружений». Тула, 2005. С. 77–80.

Chernysh A.S.**EFFECT OF DYNAMIC LOAD ON STRENGTH CHARACTERISTICS OF CLAY SOIL AND STABILITY SUBGRADE**

Vibrodynamic effects are a major cause of loss of stability of slopes of earth embankments and ground. Under the influence of a reduction in vibration strength characteristics of soil - the angle of internal friction (φ) and the specific clutch (c). Derating size depends on several factors, such as amplitude and frequency of oscillation, humidity, density, stress state of soils. Forecast changes in strength properties is the basis of accurate calculation of the stability of the roadbed. Preparation of soil strength characteristics of dependencies changes can significantly improve the accuracy of calculating the stability of slopes embankments.

Key words: *vibrodynamic exposure, internal friction angle (φ), specific cohesion (c), the slope, the stability of the roadbed.*

Черныш Александр Сергеевич, профессор, кандидат технических наук, доцент.

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

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

E-mail: gkadastr@mail.ru

Кочерженко В.В., канд. техн. наук, проф.,
Никулина Ю. А., студент

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

МЕТОДИКА РАСЧЁТА ПРОГИБОВ В ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТАХ ПРЯМОУГОЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ НА ЛЮБОМ ЭТАПЕ ИХ НАГРУЖЕНИЯ

naiklins@yandex.ru

На основе модифицированного варианта нелинейной деформационной модели силового сопротивления железобетона разработана методика для определения прогибов изгибаемых элементов прямоугольного 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 прямоугольного сечения. С целью построения графиков «нагрузка – прогиб» для изгибаемых 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, сечение с трещиной, деформационная расчетная модель, диаграммы состояния бетона и арматуры, изгибаемый элемент, прямоугольное сечение, численный эксперимент.

Железобетон как конструкционный материал отличается рядом характерных особенностей, зависящих от вида напряженно-деформированного состояния и создающих определенные трудности при разработке расчетных методик и алгоритмов для их реализации. Неоднородность, анизотропия, существенная нелинейность, заключающаяся в отсутствии пропорциональной связи между напряжениями и деформациями, трещинообразование и другие специфические свойства железобетона проявляются уже на ранних стадиях деформирования [1, 4, 5, 14].

Проводимые в последние годы исследования железобетонных конструкций, как правило, базируются на использовании диаграмм механического состояния арматуры и бетона [2, 3, 4, 7, 9, 13, 15].

В соответствии с рекомендациями работы [12] диаграммы состояния бетона при сжатии и растяжении принимаются без ниспадающих участков и характеризуются следующими параметрами: начальным модулем упругости E_{b2} , предельными сопротивлениями сжатию R_b и растяжению R_{bt} , а также соответствующими предельными относительными деформациями ε_{bu} и ε_{btu} (рис. 1). Для их аналитического описания используем дробно-рациональную функцию следующего вида:

$$\sigma_i = \frac{E_{b2} \varepsilon_i (1 + D_j \varepsilon_i)}{1 + C_j \varepsilon_i}, \quad (1)$$

где E_{b2} – начальный модуль упругости бетона, общий для неоднородного сжатия и растяжения

(см. рис. 1); D_j , C_j – параметры нелинейности деформирования бетона при неоднородном сжатии и растяжении, получаемые путем трансформирования исходных (эталонных) диаграмм на основе использования соответствующих энергетических критериев разрушения бетона ($j=b2$ – для диаграмм неоднородного сжатия, $j=bt2$ – то же, растяжения); σ_i , ε_i – текущие значения напряжений и деформаций сжатия ($i=b$) и растяжения ($i=bt$).

Методика определения параметров E_{b2} , D_{b2} , C_{b2} , D_{bt2} , C_{bt2} , ε_{bu} , ε_{btu} представлена в работах [10, 11].

Каждая из диаграмм (рис. 2, а, б) разбита на три участка: первый из них линейный и два последующих нелинейные. Таким образом, для описания обеих диаграмм целесообразно применить кусочную функцию универсального типа, состоящую из одного линейного и двух нелинейных уравнений. Так, кусочная функция для описания диаграммы растяжения арматурной стали с физической площадкой текучести (рис. 2, б) имеет вид:

при $0 < \varepsilon_s \leq \varepsilon_{el}$

$$\sigma_s = E_s \varepsilon_s, \quad (2)$$

при $\varepsilon_{el} < \varepsilon_s \leq \varepsilon_{yf}$

$$\sigma_s = \sigma_{el} + \frac{E_s (\varepsilon_s - \varepsilon_{el}) [1 + D_{s1} (\varepsilon_s - \varepsilon_{el})]}{1 + C_{s1} (\varepsilon_s - \varepsilon_{el})}, \quad (3)$$

при $\varepsilon_{yf} < \varepsilon_s \leq \varepsilon_u$

$$\sigma_s = \sigma_y + \frac{E_{s2}(\varepsilon_s - \varepsilon_{yf})[1 + D_{s2}(\varepsilon_s - \varepsilon_{yf})]}{1 + C_{s2}(\varepsilon_s - \varepsilon_{yf})}, \quad (4)$$

где E_{sn} – начальный модуль упругости арматуры; σ_{el} , ε_{el} – предел упругости и соответствующая относительная деформация арматуры; σ_y – предел текучести арматуры; ε_{yf} – относительная

деформация в конце площадки текучести; σ_u , ε_u – временное сопротивление и предельная относительная деформация при разрыве арматуры; C_{s1} , D_{s1} , C_{s2} , D_{s2} – параметры нелинейности кусочной функции, описывающей, соответственно, второй и третий участки диаграммы; E_{s2} – модуль упругости арматуры в начальной точке третьего участка.

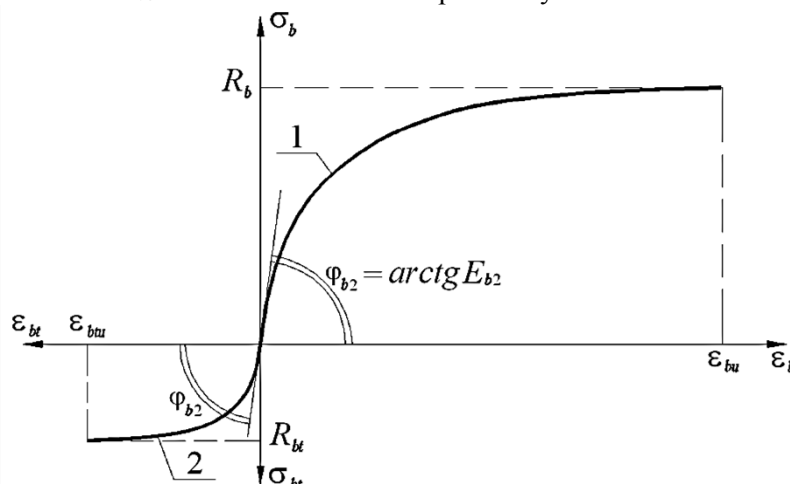


Рис. 1. Диаграммы деформирования бетона при неоднородном сжатии (кривая 1) и растяжении (кривая 2)

Рассмотрим принимаемые в расчётной методике диаграммы растяжения арматуры (рис. 2).

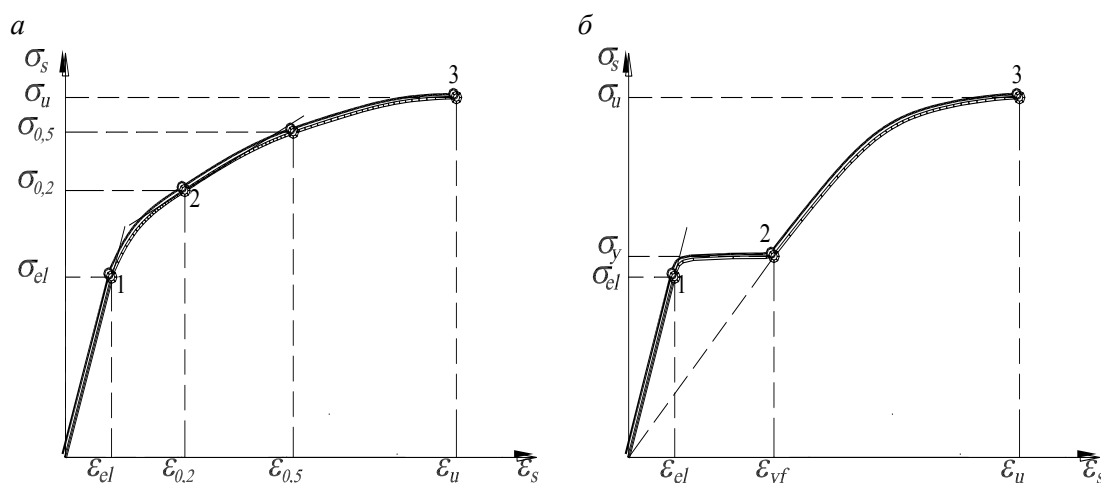


Рис. 2. Диаграммы растяжения арматурной стали: а – арматура без физической площадки текучести; б – то же, с физической площадкой текучести

Для описания диаграммы растяжения арматурной стали без физической площадки текучести (рис. 2, а) используются зависимости, аналогичные (2)...(4) с учетом замены параметров σ_y и ε_{yf} на $\sigma_{0,2}$ и $\varepsilon_{0,2}$. Выражения для определения параметров нелинейности (C_{s1} , D_{s1} , E_{s2} , C_{s2} , D_{s2}) для сплайн-уравнений (3) и (4) в полном виде представлены в работе [9].

В соответствии с [5, 6] прогиб изгибаемых железобетонных элементов определяют по формуле:

$$f_m = \int_0^L \overline{M}_x (1/r)_x dx, \quad (5)$$

где $\overline{M}_x$ – изгибающий момент в сечении x от действия единичной силы, приложенной по направлению искомого перемещения элемента в сечении по длине пролета L ; $(1/r)_x$ – кривизна балки в сечении x от нагрузки, при которой определяется прогиб.

Вычисление прогиба производят путем разбиения элемента 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 элемента при линейном распределении кривизны в пределах каждого участка. Таким образом, для характерных сечений изгибаемого железобетонного элемента необходимо получить зависимости “момент-кривизна”.

При этом кривизна на участках железобетонной балки без трещин находится по формуле:

$$\frac{1}{r} = \frac{\varepsilon_{bc} + \varepsilon_{st}}{h_0}, \quad (6)$$

$$bx_c \omega_c \sigma_{bc} + \sigma_{sc} A_{sc} - bx_t \omega_t \sigma_{bt} - \sigma_{st} A_{st} = 0, \quad (7)$$

$$M_i = bx_c^2 \omega_c \gamma_c \sigma_{bc} + \sigma_{sc} A_{sc} (x_c - a_c) + bx_t^2 \omega_t \gamma_t \sigma_{bt} + \sigma_{st} A_{st} (h - x_t - a_t), \quad (8)$$

где M_i – известный из статического расчёта изгибающий момент в сечении изгибаемого железобетонного элемента на участке без трещин; ω_c , ω_t , γ_c , γ_t – интегральные геометрические характеристики эпюр напряжений в сжатой и растя-

нутой зонах бетона; ε_{bc} и ε_{st} – относительные деформации фибрового волокна сжатого бетона и крайнего растянутого арматурного стержня в рассматриваемом сечении; h_0 – расстояние между крайним сжатым волокном бетона и растянутым арматурным стержнем.

Применительно к данной стадии деформирования (до образования трещин) расчетная схема поперечного сечения изгибаемого железобетонного элемента, соответствующая общепринятым для деформационной модели гипотезам и допущениям, представлена на рис. 3.

Уравнения равновесия в традиционной форме их записи имеют вид:

нутой зонах бетона; x_c , x_t – размеры сжатой и растянутой зон бетона; σ_{sc} , σ_{st} – напряжения в сжатой и растянутой арматуре. Назначение остальных параметров понятно из рисунка 3.

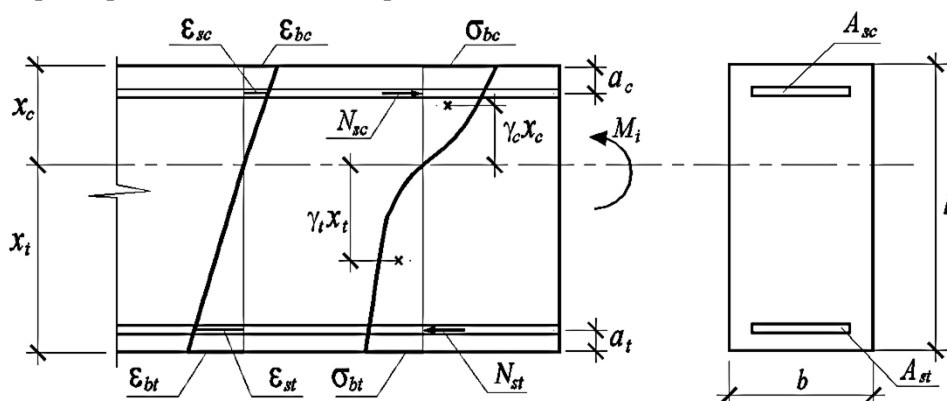


Рис. 3. Схема распределения деформаций, напряжений и усилий в нормальном сечении изгибаемого железобетонного элемента на участке без трещин

Коэффициенты полноты эпюр напряжений в сжатой и растянутой зонах бетона (ω_c , ω_t) и относительные расстояния от центров тяжести

эпюр до нейтральной оси (γ_c , γ_t) находятся с использованием следующих зависимостей:

$$\omega_c = \frac{E_{b2}}{\sigma_{bc} C_{b2}} \left\{ \frac{D_{b2} \varepsilon_{bc}}{2} + \left(1 - \frac{D_{b2}}{C_{b2}} \right) \times \left[1 - \frac{\ln(1 + C_{b2} \varepsilon_{bc})}{C_{b2} \varepsilon_{bc}} \right] \right\}, \quad (9)$$

$$\omega_t = \frac{E_{b2}}{\sigma_{bt} C_{bt2}} \left\{ \frac{D_{bt2} \varepsilon_{bt}}{2} + \left(1 - \frac{D_{bt2}}{C_{bt2}} \right) \times \left[1 - \frac{\ln(1 + C_{bt2} \varepsilon_{bt})}{C_{bt2} \varepsilon_{bt}} \right] \right\}, \quad (10)$$

$$\gamma_c = \frac{\frac{D_{b2} \varepsilon_{bc}}{3} + \left(1 - \frac{D_{b2}}{C_{b2}} \right) \times \left[\frac{1}{2} - \frac{1}{C_{b2} \varepsilon_{bc}} \cdot \left(1 - \frac{\ln(1 + C_{b2} \varepsilon_{bc})}{C_{b2} \varepsilon_{bc}} \right) \right]}{\frac{D_{b2} \varepsilon_{bc}}{2} + \left(1 - \frac{D_{b2}}{C_{b2}} \right) \times \left[1 - \frac{\ln(1 + C_{b2} \varepsilon_{bc})}{C_{b2} \varepsilon_{bc}} \right]}, \quad (11)$$

$$\gamma_t = \frac{\frac{D_{bt2}\varepsilon_{bt}}{3} + \left(1 - \frac{D_{bt2}}{C_{bt2}}\right) \times \left[\frac{1}{2} - \frac{1}{C_{bt2}\varepsilon_{bt}} \cdot \left(1 - \frac{\ln(1 + C_{bt2}\varepsilon_{bt})}{C_{bt2}\varepsilon_{bt}}\right)\right]}{\frac{D_{bt2}\varepsilon_{bt}}{2} + \left(1 - \frac{D_{bt2}}{C_{bt2}}\right) \times \left[1 - \frac{\ln(1 + C_{bt2}\varepsilon_{bt})}{C_{bt2}\varepsilon_{bt}}\right]}. \quad (12)$$

С учетом принятой гипотезы плоских сечений для рассматриваемого железобетонного элемента записываются следующие условия деформаций:

$$\frac{\varepsilon_{bt}}{x_t} = \frac{\varepsilon_{bc}}{x_c}, \quad (13)$$

$$x_t = h - x_c, \quad (14)$$

$$\frac{\varepsilon_{st}}{\varepsilon_{bc}} = \frac{h - a_t}{x_c} - 1, \quad (15)$$

$$\frac{\varepsilon_{sc}}{\varepsilon_{bc}} = 1 - \frac{a_c}{x_c}. \quad (16)$$

Величину фибрового напряжения бетона σ_{bc} получаем с использованием зависимости (1), а неизвестные напряжения в сжатой и растянутой арматуре σ_{sc} , σ_{st} находим с помощью универсальной кусочной функции (2)...(4).

В результате решения полученной системы уравнений определяем параметры НДС изгибаемого железобетонного элемента в сечении без трещин, в том числе искомые величины относительных деформаций ε_{bc} , ε_{st} , которые используются для вычисления кривизны по формуле (6).

Схема железобетонного элемента после образования трещин в растянутой зоне бетона представлена на рисунке 4. При этом действующий внешний изгибающий момент (M_i) считается заданным.

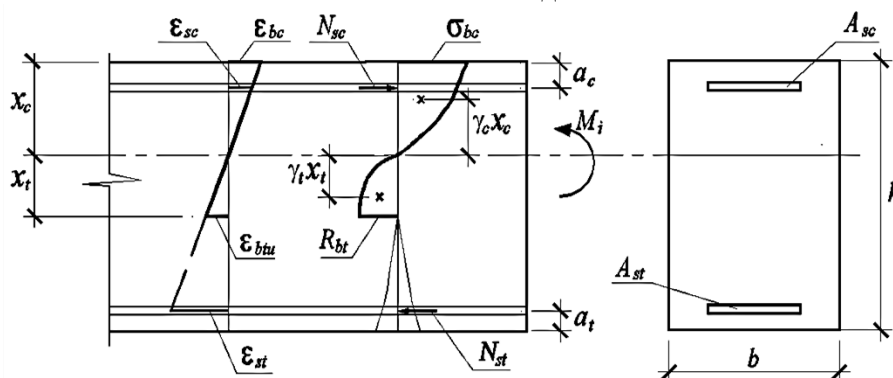


Рис. 4. Схема распределения деформаций, напряжений и усилий в сечении изгибаемого железобетонного элемента на участке с трещиной

Уравнения равновесия совпадают с зависимостями (7) и (8) с учётом замены переменной σ_{bt} , вместо которой подставляют предельное сопротивление бетона растяжению R_{bt} . Такая же замена переменной осуществляется в выражении (10), используемого для нахождения коэффициента полноты эпюры напряжений в растянутой зоне бетона (ω_t). Ещё один параметр ε_{bt} подлежит замене в зависимостях (10) и (12) на свою предельную величину ε_{btu} . Расчётные выражения (9) и (11) для определения коэффициентов ω_c и γ_c применяются без изменений.

Из четырёх представленных выше условий деформаций для рассматриваемого участка железобетонного элемента (см. рис. 4) используются три (13), (15) и (16). При этом в соотношении (13) также предусмотрена замена параметра: вместо ε_{bt} подставляется ε_{btu} .

Неизвестные величины напряжений в бетоне и арматуре σ_{bc} , σ_{sc} , σ_{st} находим с использованием зависимостей (1) и (2)...(4).

В результате решения полученной системы уравнений вычисляем параметры НДС изгибаемого железобетонного элемента на участке с трещиной, в том числе величины относительных деформаций ε_{bc} , ε_{st} , которые необходимы для определения кривизны [2, 3, 8]:

$$\frac{1}{r} = \frac{\psi_b \varepsilon_{bc} + \psi_s \varepsilon_{st}}{h_0}, \quad (17)$$

где ψ_b — коэффициент, учитывающий неравномерность распределения деформаций сжатого бетона между трещинами и принимаемый равным 0,9 [5]; ψ_s — коэффициент, учитывающий неравномерность распределения деформаций растянутой арматуры между трещинами.

Значение коэффициента ψ_s вычисляется по методике, изложенной в работе [8].

Для определения прогибов железобетонных балочных конструкций разработан алгоритм для его реализации на персональном компьютере, который был включён в состав разработанной ранее [11] программы “Balka_1”.

В качестве исследуемого образца принят изгибаемый железобетонный элемент с размерами поперечного сечения ($b \times h = 25 \times 40$ см) про-

летом 3 м, нагруженный равномерно распределённой нагрузкой. Площадь арматуры в зависимости от процентов армирования (0,5 %; 1,0 %; 1,5 %; 2,0 %; 3,0 %; 5,0 %) имела следующие значения: $A_s = 4,52 \text{ см}^2$; $10,18 \text{ см}^2$; $14,70 \text{ см}^2$; $20,36 \text{ см}^2$; $30,18 \text{ см}^2$; $50,24 \text{ см}^2$. Деформативно-прочностные характеристики бетонов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Прочностные и деформативные характеристики бетонов для численного эксперимента

Класс бетона	R_b , МПа	R_{bt} , МПа	E_{bn} , МПа	$\varepsilon_{br} \times 10^5$	$\varepsilon_{btR} \times 10^5$
B15	11,0	1,10	24000	173,48	8,54
B30	22,0	1,75	32500	197,56	9,51
B50	36,0	2,45	38000	220,98	10,72
B70	50,0	3,00	41000	240,39	11,66

Значения соответствующих опорных точек для описания диаграмм деформирования арматурных сталей классов A240, A400 и A600 представлены в таблице 2, в которой приняты следующие обозначения: β_{el} – расчётный предел упругости; σ_y ($\sigma_{0,2}$) – физический (условный) предел текучести; σ_u – временное сопротивление разрыву; λ_y – длина физической площадки текучести; $\sigma_{0,5}$ – напряжение, при котором остаточная деформация в высокопрочной арматуре составляет 0,5%; δ_u – полное удлинение перед разрывом.

В процессе численных исследований варируют следующими исходными характеристиками: прочностью бетона (B15, B30, B50, B70); классами растянутой арматуры (A400; A600); содержанием растянутой арматуры в сечении элемента ($\mu_s = 0,5 \%$, $1,0 \%$, $1,5 \%$; $2,0 \%$; $3,0 \%$; $5,0 \%$) при постоянном количестве сжатой арматуры класса A240 ($\mu'_s = 0,5 \%$). Расчёты были выполнены для 20 балок.

Таблица 2

Значения опорных точек для диаграмм деформирования арматуры классов A400 и A600

Класс арматуры	β_{el}	σ_y ($\sigma_{0,2}$), МПа	σ_u , МПа	λ_y , %	$\sigma_{0,5}$, МПа	E_s , МПа	δ_u , %
A240	0,97	240	380	2,0	–	200000	25,0
A400	0,95	400	600	0,8	–	200000	16,0
A600	0,4	600	900	–	710	200000	2,0

Полученные в процессе численных исследований результаты расчётов представлены в виде графиков «нагрузка – прогиб» на рисунках 5, 6, 7, 8. Их анализ позволяет выявить влияние рассматриваемых факторов на максимальные прогибы изгибаемых железобетонных элементов:

- качественный характер графиков, представленных на рисунках 5 и 6, свидетельствует о существенном влиянии на них такого свойства арматуры как наличие или отсутствие физической площадки текучести. Для арматуры класса A400 на всех графиках (см. рис. 5) наблюдается их излом, соответствующий проявлению свойства текучести данной арматуры;

- повышение прочности бетона от B15 до B70 при неизменном армировании ($\mu_s = 1,0 \%$) обеспечивает относительно небольшое повышение предельной величины равномерно-

распределённой нагрузки (на 45 %), но предельные прогибы при этом возрастают в 5 раз (см. рис. 5), что даёт основание считать малоэффективным применение высокопрочного бетона в изгибаемых элементах с арматурой класса A400;

- аналогичное повышение прочности бетона при использовании арматуры класса A600 ($\mu_s = 1,0 \%$) обеспечивает существенно большее повышение предельной величины равномерно-распределённой нагрузки (в 2,3 раза), а предельные прогибы при этом возрастают в 3 раза (см. рис. 6), что свидетельствует о допустимости применения высокопрочных бетонов в изгибаемых элементах с арматурой класса A600;

- исследование влияния содержания рабочей арматуры класса A400 в изгибаемых железобетонных элементах при неизменной прочности бетона (B30), представленное на рис. 7, показывает, что повышение процента армирования

в диапазоне от 1,5 до 3,0 % наиболее эффективно, так как при этом предельная величина равномерно-распределённой нагрузки увеличивается в 1,7 раза без изменения значений прогибов (менее 5%);

– аналогичное увеличение содержания рабочей арматуры класса А600, представленное на

рис. 8, показывает, что повышение процента армирования в диапазоне от 1,0 до 5,0 % наиболее эффективно, так как при этом предельная величина равномерно-распределённой нагрузки увеличивается в 1,6 раза с уменьшением значений прогибов в 2,0 раза.

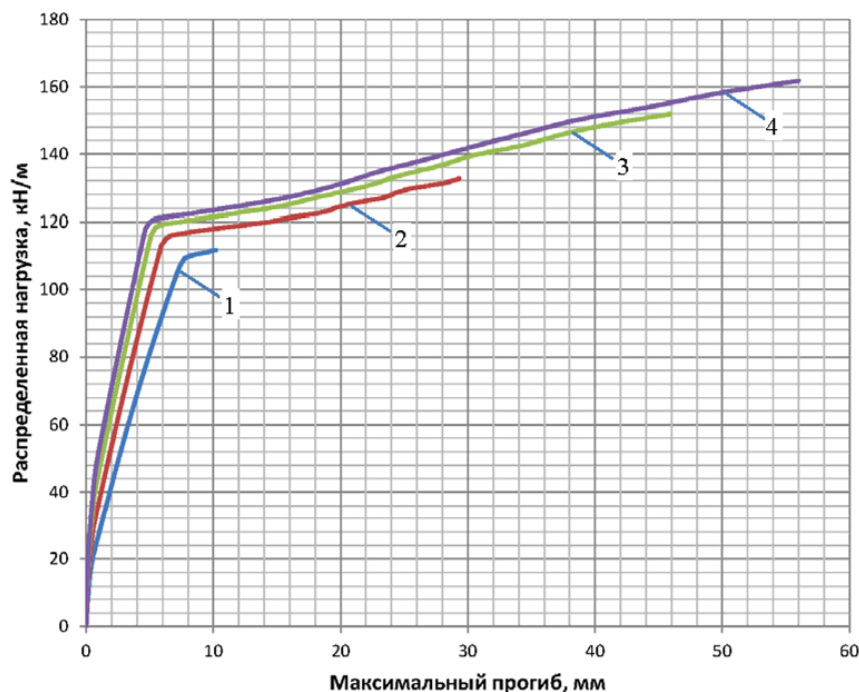


Рис. 5. Графики «нагрузка – прогиб» для изгибаемых железобетонных элементов пролётом 3 м с постоянным содержанием арматуры класса А400 ($\mu_s = 1,0\%$) в зависимости от прочности бетона: 1 – В15; 2 – В30; 3 – В50; 4 – В70

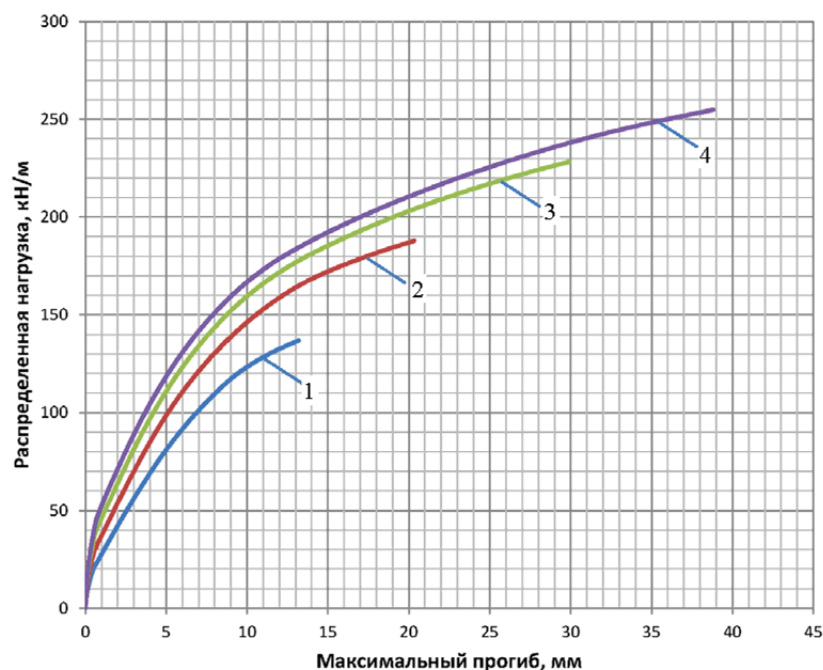


Рис. 6. Графики «нагрузка – прогиб» для изгибаемых железобетонных элементов пролётом 3 м с постоянным содержанием арматуры класса А600 ($\mu_s = 1,0\%$) в зависимости от прочности бетона: 1 – В15; 2 – В30; 3 – В50; 4 – В70

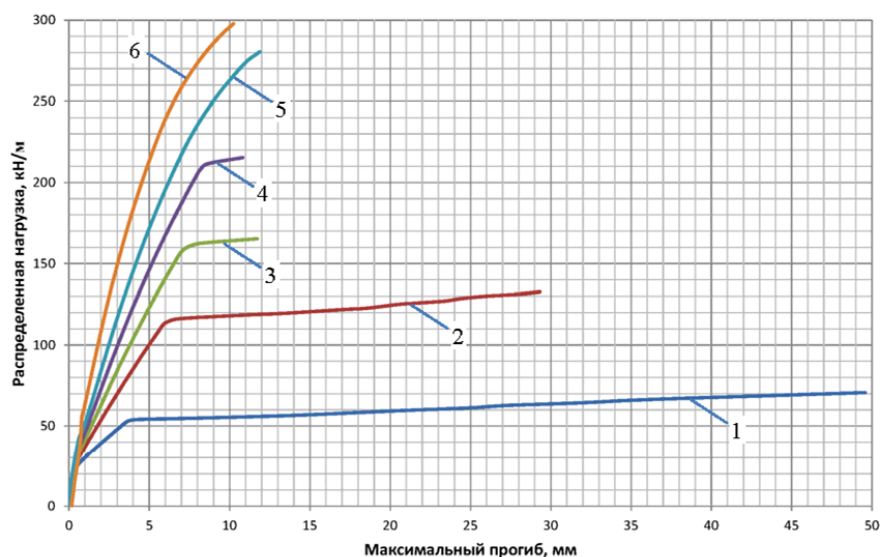


Рис. 7. Графики «нагрузка – прогиб» для изгибаемых железобетонных элементов пролётом 3 м с неизменной прочностью бетона (В30) в зависимости от различного содержания арматуры класса А400:
1 – 0,5 %; 2 – 1,0 %; 3 – 1,5 %; 4 – 2,0%; 5 – 3,0 %; 6 – 5,0 %

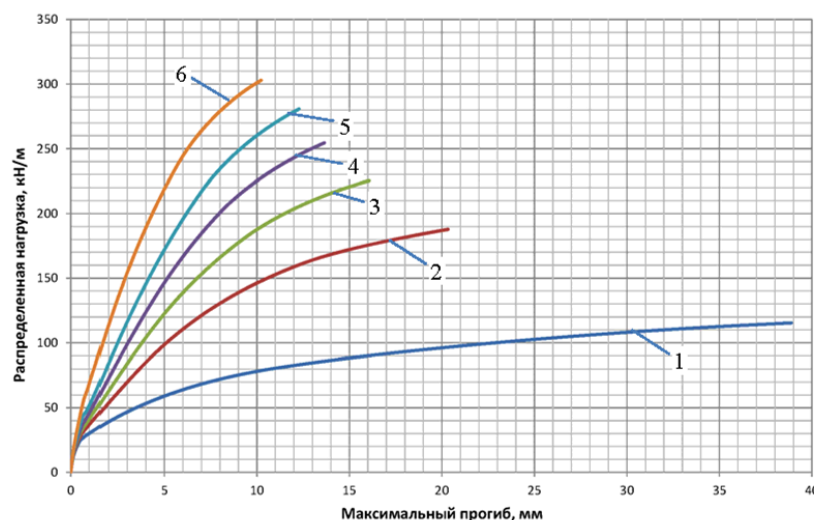


Рис. 8. Графики «нагрузка – прогиб» для изгибаемых железобетонных элементов пролётом 3 м с неизменной прочностью бетона (В30) в зависимости от различного содержания арматуры класса А600:
1 – 0,5 %; 2 – 1,0 %; 3 – 1,5 %; 4 – 2,0 %; 5 – 3,0 %; 6 – 5,0 %

В заключение следует отметить, что поскольку представленная методика определения величин максимальных прогибов в изгибаемых железобетонных элементах построена без привлечения эмпирических зависимостей, то можно говорить о возможности её применения для любых классов и видов арматурных сталей и конструктивных бетонов.

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 железобетонных конструкций по новым нормативным

документам // Бетон и железобетон. 2002. № 5. С. 15–19.

3. Залесов А.С., Чистяков Е.А., Ларичева И.Ю. Новые методы расчета железобетонных элементов по нормальным сечениям на основе деформационной расчетной модели // Бетон и железобетон. 1997. № 5. С. 31–34.

4. Карпенко Н.И. Общие модели механики железобетона. М.: Стройиздат, 1996. 416 с.

5. 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.

6. Колмогоров А.Г., Плевков В.С. Расчёт железобетонных конструкций по российским и зарубежным нормам. М.: Изд-во АСВ, 2011. 496

с.

7. Митасов В.М., Адищев В.В. Основные положения энергетической теории сопротивления железобетона // Известия вузов. Строительство. 2010. № 6. С. 3–7.

8. 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.

9. Никулин А.И. Универсальная зависимость для аналитического описания диаграмм растяжения арматурной стали // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2015. № 3. С. 157–162.

10. Никулин А.И. Энергетический подход к трансформированию эталонных диаграмм сжатия бетона // Бетон и железобетон. 2013. № 5. С. 12–14.

11. Никулин А.И., Обернихин Д.В., Никулина Ю.А. Предельная прочность изгибаемых железобетонных элементов на основе применения энергетического критерия разрушения бетона // Безопасность строительного фонда России.

Проблемы и решения: материалы Международных академических чтений. Курск: Курск. гос. ун-т, 2014. С. 98–107.

12. Никулин А.И., Фролов Н.В., Никулина Ю.А. Трещиностойкость изгибаемых железобетонных элементов с учетом использования в растянутой зоне различных сочетаний стальной и стеклопластиковой арматуры // Бетон и железобетон. 2015. № 3. С. 18–22.

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.

Kocherzhenko V.V., Nikulina Ju.A.

THE CALCULATING METHOD OF THE DEFLECTION IN BENDING CONCRETE ELEMENTS OF RECTANGULAR CROSS SECTION AT ANY STAGE OF THEIR LOADING

Based on a modified version of the nonlinear deformation model of the power of reinforced concrete resistance a method for determining the deflection bent rectangular cross section 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 rectangular concrete, are given. For a view to charting "load - deflection" for bending 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, cracked-section, deformation calculation model, the state diagram of concrete and reinforcement, bent element, a rectangular cross-section, numerical experiment.

Кочерженко Владимир Васильевич, кандидат технических наук, профессор кафедры строительства и городского хозяйства.

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

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

E-mail: vvkpgs1946@yandex.ru

Никулина Юлия Александровна, студент кафедры строительства и городского хозяйства.

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

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

E-mail: naiklins@yandex.ru

Радоуцкий В.Ю., канд. техн. наук, проф.,
Шульженко В.Н., канд. техн. наук, проф.,
Степанова М. Н., канд. техн. наук, ст. преп.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

СОВРЕМЕННЫЕ ЗВУКОПОГЛОЩАЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ И КОНСТРУКЦИИ*

zchs@intbel.ru

Приведены результаты теоретических исследований звукопоглощающих строительных материалов и конструкций, дана их классификация по форме, по структурным признакам, по величине коэффициента звукопоглощения в определенном диапазоне частот, что позволило среди многообразия применяющихся сейчас конструкций звукопоглощающих облицовок выделить три основных группы, охватывающих все виды выпускаемых в нашей стране изделий и отличающихся специфическими признаками как конструктивного, так и акустического характера.

Ключевые слова: акустика, звукопоглощение, коэффициент звукопоглощения, ограждающая конструкция, классификация, облицовка.

Введение. Звукопоглощающие материалы классифицируются по следующим основным признакам: эффективности, форме жёсткости (величине относительного сжатия), структуре и возгораемости [1, 2].

По форме звукопоглощающие материалы и изделия подразделяют на штучные (блоки, плиты); рулонные (маты, полосовые прокладки, холсты); рыхлые и сыпучие (вата минеральная и стеклянная, керамзит, вспученный перлит и другие пористые зернистые материалы) [3].

По структурным признакам звукопоглощающие материалы и изделия подразделяют на пористо-волокнистые, пористо-ячеистые (из ячеистого бетона и перлита) и пористо-губчатые (пенопласты, резины) [4].

Основная часть. При падении звуковой волны на ограждающую поверхность часть звуковой энергии отражается и часть поглощается материалом. Коэффициент звукопоглощения представляет собой отношение, характеризующее количество поглощенной энергии $E_{\text{ПОГЛ}}$ к падающей $E_{\text{ПАД}}$ [5]:

$$\alpha = (E_{\text{ПАД}} - E_{\text{ОТР}}) / E_{\text{ПАД}} = E_{\text{ПОГЛ}} / E_{\text{ПАД}} \quad (1)$$

где $E_{\text{ОТР}}$ – энергия отраженной звуковой волны.

Звукопоглощающие материалы предназначены для гашения воздушных шумов и регулирования акустических характеристик помещений, поэтому они должны обладать хорошим звукопоглощением, которое характеризуется среднеарифметическим реверберационным коэффициентом звукопоглощения α .

На величину α оказывают влияние уровень и характеристика звука (шума), свойства звукопоглощающего материала и в первую очередь характер и объем пористости этого материала, конструктивные особенности устройства звукопоглощающей облицовки ограждения [6].

Решающее влияние на звукопоглощение оказывает частота звуковой волны, т. е. один и

тот же материал может хорошо поглощать высокочастотный звук и плохо низкочастотный. Поэтому α определяют для каждого материала при нескольких значениях частот [7]. Весьма существенное влияние на α оказывают общий объем и характер пористости.

Наилучшие условия для поглощения звука создаются в материалах с сообщающейся пористостью. Для уменьшения количества отраженной энергии пористость звукопоглощающего материала должна быть открытой. С возрастанием частоты звука α одного и того же материала возрастает. При этом в диапазоне высоких частот его значения несколько снижаются. Наименьшим значением α звукопоглощающие материалы характеризуются в диапазоне низких частот (ниже 250 Гц). Низкочастотные волны в материал почти не проникают [8].

Выявлено, что высокочастотные волны лучше проникают в поры малых размеров без значительного отражения.

В табл.1 приведены значения коэффициента звукопоглощения наиболее распространенных акустических материалов [9].

Материалы, значения α которых более 0,4 при частоте 1000 Гц, относят обычно к эффективным.

Выше было отмечено, что высокочастотные волны хорошо поглощаются порами малых размеров. Макропоры фибролита нельзя отнести к таковым. Однако малые поры в большом количестве имеются в древесной шерсти, из которой фибролит изготавливают. Этим и можно объяснить достаточно высокие значения α при высоких частотах. Отсюда следует, что для эффективного гашения высокочастотного звука надо не только создавать мелкопористую структуру в акустическом материале, но и применять для его изготовления сырьевые материалы, характеризующиеся большим объемом естественных пор малых размеров [10].

Таблица 1

Значения α некоторых акустических материалов

Материал	Значения α на частотах, Гц				
	125	500	1000	2000	4000
Плиты минераловатные	0,05	0,66	0,91	0,96	0,89
Плиты ячеистобетонные	0,08	0,36	0,62	0,77	0,76
Акустический фирболит	0,06	0,25	0,38	0,58	0,63

При проектировании и строительстве ограждающих конструкций необходимо учитывать звукопоглощающие свойства различных материалов и правильно их использовать [11].

Практически любая поверхность в той или иной степени поглощает звуковую энергию. Поглощение звуковой энергии различными материалами и конструкциями происходит за счет реактивных потерь при колебаниях конструкции.

Обычные строительные материалы – стекло, бетон, штукатурка и т.п. в общем случае имеют ничтожно малые коэффициенты звукопоглощения (чаще всего в диапазоне 0,01 – 0,05), т.е. практически полностью отражают падающие звуковые волны. Поэтому для устранения отраженной части звукового поля требуется применение специальных материалов или конструкций, обладающих значительно более высокими коэффициентами звукопоглощения и получивших название звукопоглощающих. Основное назначение таких конструкций заключается в снижении энергии отраженных волн при их падении на поверхность [12].

В настоящее время стандартизирована классификация звукопоглощающих материалов и изделий по величине коэффициента звукопоглощения α в определенном диапазоне частот. Материалы и изделия с $\alpha > 0,8$ в диапазоне низких (63, 125, 250 Гц), средних (500, 1000 Гц) и высоких (2000, 4000 и 8000 Гц) частот отнесены к первому классу звукопоглотителей, обеспечивающих максимальное снижение уровня звукового давления. Для второго класса в тех же диапазонах частот величина α лежит в пределах 0,4 – 0,8, а для третьего – 0,2–0,4 [13].

Использование этого основного акустического признака позволило среди многообразия применяющихся сейчас конструкций звукопоглощающих облицовок выделить три основные группы, охватывающие все виды выпускаемых в нашей стране изделий и отличающихся специфическими признаками как конструктивного, так и акустического характера.

К первой группе звукопоглощающих элементов, получивших наибольшее распространение и названных плоскими, относятся элементы, изготовленные из материалов полной заводской

готовности (плиты типа «Акмигран», ПА/С, ПА/О и др.), а также выполненные в виде съемных кассет из перфорированных (металлических, асбестоцементных, гипсовых) покрытий со звукопоглощающими слоями из ультратонкого стекло- и базальтового волокна или минераловатных плит различных модификаций. Конструктивные элементы этой группы характеризуются коэффициентами звукопоглощения, как правило, не превышающими 0,8–0,9, и с учетом ограниченности занимаемой ими в помещении площади обеспечиваемый такой облицовкой средний коэффициент звукопоглощения в большинстве случаев не превышает 0,5.

Вторую группу звукопоглощающих элементов составляют так называемые объемные звукопоглощающие элементы, отличающиеся повышенным (по сравнению с плоскими элементами) на 50 – 70 % коэффициентом звукопоглощения за счет дополнительного поглощения вследствие явлений дифракции звуковых волн и более развитой поверхности поглощения. Конструкция объемных элементов относительно проста. Каждый элемент состоит из металлического каркаса, обтянутого дюралюминиевой просечно-вытяжной сеткой и заполненного ультратонким стекловолокном в оболочке из стеклоткани. Два таких элемента длиной 3 м, шириной 0,3 м и высотой сечения 0,25 – 0,35 м составляют панель потолка общей площадью около 1,5 м. Относительно небольшая масса панели (до 15 кг) позволяет легко осуществлять ее монтаж даже в условиях действующего цеха.

Третья группа звукопоглощающих элементов, являющаяся по существу одной из новых форм объемного элемента, два размера которого значительно превосходят третий, была выделена в самостоятельную из-за исключительной простоты изготовления и монтажа, экономичности, удовлетворительного внешнего вида и высоких огнестойких качеств и получила название элементов кулисного типа [14].

Звукопоглощающие материалы применяются в основном в звукопоглощающих облицовках производственных помещений и технических устройств, требующих снижения уровня шумов (промышленные цехи, машинописные бюро, установки вентиляции и кондиционирования воздуха и др.), а также для создания оптималь-

ных условий слышимости и улучшения акустических свойств помещений общественных зданий (зрительные залы, аудитории, радиостудии и пр.). Звукопоглощающая способность материалов обусловлена их пористой структурой и наличием большого числа открытых сообщающихся между собой пор, максимальный диаметр которых обычно не превышает 2 мм (общая пористость должна составлять не менее 75 % по объёму).

Звукопоглощающие материалы имеют волокнистое, зернистое или ячеистое строение и могут обладать различной степенью жёсткости (мягкие, полужёсткие, твёрдые) [15].

Выбор материала зависит от акустического режима, назначения и архитектурных особенностей помещения.

Наиболее часто для производственных помещений применяются звукопоглощающие облицовки, состоящие из пористых волокнистых звукопоглощающих материалов, закрытых со стороны помещения перфорированными экранами, которые защищают звукопоглощающий материал от механических повреждений и обеспечивают удовлетворительный декоративный вид. Толщина звукопоглощающего материала принимается равной 50 - 100 мм. Чтобы предотвратить высыпание волокнистых материалов через отверстия перфорации, между листом экрана и волокнистым материалом помещается слой тонкой акустически прозрачной ткани.

Кроме того, можно привести следующие виды звукопоглотителей [16]:

1. Пористо-колебательные системы, в которых наблюдается не только поглощение звуковой энергии за счет пористости материала, но и активное сопротивление системы, совершающей вынужденные колебания под действием падающей звуковой волны (портьеры, завесы).

2. Колебательные системы, в которых звуковая энергия поглощается при вынужденных колебаниях конструкции под действием подающей звуковой волны (фанерные щиты, щиты из пластмассы, сухая штукатурка).

3. Резонансные системы, в которых звуковая энергия поглощается при резонансных колебаниях объема воздуха.

4. Резонансно-колебательные системы, представляющие собой совокупность колебательных систем с воздушными резонаторами, в которых звуковая энергия поглощается за счет резонансных колебаний воздушных объемов и колебаний перфорированных мембран под воздействием падающей звуковой волны.

Звукопоглощающие свойства наиболее ярко выражены в окружающих конструкциях, имеющих пористую структуру, однако недостатком

таких конструкций являются плохие санитарно-гигиенические свойства (накапливание пыли, сложность ее удаления).

Вывод: таким образом, звукопоглощающие и звукоизоляционные материалы должны обладать повышенной способностью поглощать и рассеивать звуковые волны.

Кроме того, звукопоглощающие и звукоизоляционные материалы и изделия должны обладать стабильными физико-механическими и акустическими свойствами в течение всего периода эксплуатации; быть био- и влагостойкими; не выделять в окружающую среду вредных веществ.

Звукопоглощающие изделия, как правило, должны обладать высокими декоративными свойствами, так как их одновременно используют и для отделки внутренних поверхностей ограждений зданий.

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

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Борисов Л.М., Веселовский М.Б. Эффективность звукоизолирующих ограждений на низких частотах Борьба с шумом и звуковой вибрацией. М.: Знание, МДТНП, 1984. С.112–117.
2. Горайнов К.Э., Коровникова В.В. Технология производства полимерных и теплоизоляционных изделий Учебник для вузов. М.: Высшая школа, 1975. 217с.
3. Звукопоглощающие материалы и конструкции: Справочник. М.: Связь, 1970. 124 с.
4. Китайцев В.А. Технология теплоизоляционных материалов М.: Стройиздат, 1964. 382 с.
5. Исакович М.А. Общая акустика М.: Наука, 1973. 496 с.
6. Погодин А.С. Шумоглушащие устройства М.: Машиностроение, 1973. 179 с.
7. Юдин Е.Я., Борисов Л.А., Поренштейн И.В. Борьба с шумом на производстве: Справ. М.: Машиностроение, 1985. 393 с.
8. Радоуцкий В.Ю. Сравнительный анализ оптимальных параметров акустических материалов различного состава // Материалы международной научной конференции «Образование, наука, производство и управление в XXI веке». Старый Оскол.: 2004.
9. Строительные нормы и правила Российской Федерации. Защита от шума (СНиП 23-03-2003). М.: Стройиздат, 2003. 39 с.
10. Скучик Е. Основы акустики М.: Мир, 1976. Т2. 544 с.

11. Руководство по измерению и расчету акустических характеристик звукопоглощающих материалов. М.: Стройиздат, 1979. 22 с.

12. Борисов Л.А., Осипов Г.Л., Юдин Е.Я., Хюбкер Г.и др. Снижение шума в помещениях средствами звукопоглощения // Снижение шума в зданиях и жилых районах М.: Стройиздат, 1987. С. 403–425.

13. Штанов Е.Н. Строительные материалы: Справочник. Нижний Новгород: Изд-во «Вента-2», 1995. С.176–179.

14. Борисов Л.А., Сергеев М.В., Чудинов Ю.М. Метод расчета звукопоглощающих систем кулисного типа // Труды НИИСФ. Исследования по строительной акустике. М.: ЦИНИС, 1981. С.15–21.

15. Сапожков М.А. Акустика. Справочник. М.: Радио и связь, 1989. 157 с.

16. Борисов Л.А., Велижанина К.А. Объемные поглотители звука // Доклады IV Всесоюзной акустической конференции. М.: АН СССР, 1968. С.4–13.

Radoutsky V.Yu., Stepanova M.N., Shulzhenko V.N.

MODERN SOUND-ABSORBING MATERIALS AND STRUCTURES

The work presents the findings of theoretical research of sound-absorbing building materials and structures and suggests their classification by structural features and by sound-absorption coefficient in a certain frequency range, which allows dividing the whole variety of currently used sound-absorption linings into three main parts, comprising all the types of such products manufactured in Russia and characterized by both structural and acoustic specific features.

Key words: *acoustics, sound absorption, sound-absorption coefficient, enclosing structures, classification, lining.*

Радоуцкий Владимир Юрьевич, кандидат технических наук, доцент.

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

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

Степанова Мария Николаевна, кандидат технических наук.

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

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

E-mail: zchs@intbel.ru

*Чернышева Е.В., канд. техн. наук, доц.,**Серых И.Р., канд. техн. наук, доц.**Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова**Стаинов В.В., ген. дир.,**Стаинов В.Ф., техн. дир.**ООО НЦЭ «БелЭкс»*

СРАВНЕНИЕ СТАЛЕБЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ

inna_ad@mail.ru

В работе проиллюстрирована эффективность сталебетонных плит по сравнению с железобетонными. Параметры сравниваемых аналогов подбирались из условия их эквивалентности по количеству рабочей арматуры и ее механическим свойствам, рабочей высоте, прочности бетона и геометрическим размерам плиты в плане. Рассматривалось предельное состояние по нормальному сечению.

Ключевые слова: *сталебетонная плита, железобетонная плита, эффективность листового армирования.*

В настоящее время существует достаточное число примеров использования конструкций с внешним армированием в мировой и отечественной практике строительства, что подтверждает их эффективность и конкурентоспособность в сравнении с обычными железобетонными [1–28]. При этом обеспечивается значительный экономический эффект за счет снижения трудоемкости, сокращения сроков строительства, лучшего использования техники.

Как правило, внешняя арматура наиболее эффективна в строительстве монолитных и сборно-монолитных каркасных зданий и сооружений, выполняемых по индивидуальным проектам. Эффективна внешняя арматура и при устройстве большепролетных монолитных и сборно-монолитных перекрытий, перекрытий под большие сосредоточенные и распределенные нагрузки. При этом внешняя арматура позволяет существенно снизить собственный вес и уменьшить габариты конструкций, что особенно важно при строительстве зданий большой высоты. Применяется внешняя арматура и в конструкциях перекрытий со сложным планом и нестандартными пролетами, где нецелесообразно использовать сборный железобетон индивидуального изготовления. Внешняя арматура дает возможность сократить материальные и трудовые затраты на устройство лесов и подмостей монолитных перекрытий, открывает широкие возможности по использованию подвесной, переставной и скользящей опалубки.

Следует, однако, отметить, что сталебетонные конструкции в сравнении с железобетонными находятся в невыгодных условиях. Практика применения стержневого армирования, на протяжении длительного периода развития конструкций из бетона непрерывно совершенствовала технологию производства, конструктивные решения железобетона, а также отдельных его

элементов (бетон, арматура). В то же время использование листового внешнего армирования насчитывает чуть более 60 лет и, естественно, не имеет массового характера, а робкие попытки внедрения сталебетона при строительстве отдельных объектов сталкиваются с конкуренцией со стороны развитой индустрии железобетона, имеющей мощную производственную базу.

Эффективность листового армирования наиболее ощутима при монолитном строительстве, которое чаще всего обусловлено необходимостью устройства большого количества отверстий, проемов, наличием большого количества закладных деталей и в некоторых случаях недостаточной мощностью заводов железобетонных изделий в отдельных регионах страны. Кроме того, при наличии дешевых местных материалов (щебень, песок, гравий), монолитное строительство диктуется возможностью существенного снижения стоимости сооружений.

Наиболее трудоемким и сложным процессом при строительстве монолитным способом являются опалубочные работы. Замена деревянной опалубки стальным листом (плоским или гофрированным), с последующим использованием его в качестве растянутой арматуры, позволяет значительно усовершенствовать организацию труда, повысить уровень индустриализации, сократить сроки строительства.

Конструкции с листовой арматурой по существу представляют собой пример интенсификации обычных конструктивных решений за счет возложения на стальной лист дополнительных функций. Опытное применение конструкций с листовой арматурой показывает, что в сооружениях, где по каким либо причинам требуется стальная облицовка, многофункциональное использование листа, в том числе и в качестве арматуры, дает возможность сэкономить от 40 % до 60 % внутренней арматуры, повысить

несущую способность при изгибе и получить технологический эффект за счет использования листа как опалубки или ее составной части.

Максимальная эффективность от использования стального листа как арматуры достигается при армировании растянутой зоны плит, изгибаемых в двух направлениях.

Опыт проведенных исследований, проектирования и применения в строительстве сталебетонных конструкций показывает целесообразность их использования в различных областях строительства.

Основными показателями, характеризующими эксплуатационные свойства конструкций любого типа, являются их несущая способность и жесткость. Анализ результатов выполненных экспериментальных исследований показал, что внешнее армирование в плитах приводит к существенному повышению их несущей способности и жесткости по сравнению с железобетонными.

Для иллюстрации эффективности сталебетонных плит по сравнению с железобетонными были выполнены расчеты, результаты которых представлены в таблице 1. Опытные образцы П-3, П-4 (рис. 1, а) были выполнены в виде восьмиугольных симметричных в плане плит размерами описанной окружности $R=541$ мм, вписанной окружности $r=500$ мм, стороной $b=414$ мм и высотой 50 мм. Образцы были запроектированы и изготовлены в виде бетонной плиты с внешним армированием из листовой стали толщиной 1 мм. Для совместной работы листовая арматура была объединена с бетоном наклонными петлевыми анкерами 1, расположенными по радиусам 2 с шагом 50 мм (рис. 1, б). Их наклон к горизонтальной поверхности составляет 45° в направлении от центра к полигональному контуру. Кроме плит испытанных авторами в рамках настоящей работы к сравнительному анализу привлекались сталебетонные плиты UR1, UR2, UR3 [29] и железобетонные плиты Г. Баха и О. Графа [30].

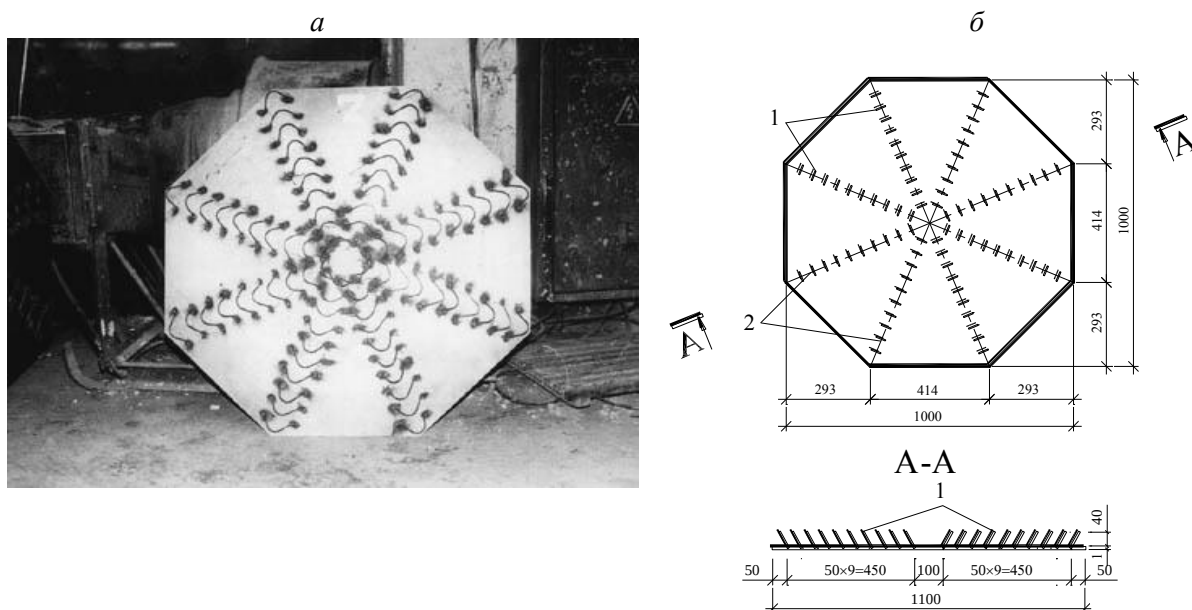


Рис. 1. Внешнее армирование образцов П-3, П-4

а – листовая арматура, б – схема опытного образца 1– анкерные упоры, 2– линии пластических шарниров

Параметры сравниваемых аналогов подбирались из условия их эквивалентности по количеству рабочей арматуры и ее механическим свойствам, рабочей высоте, прочности бетона и геометрическим размерам плиты в плане. Рассматривалось предельное состояние по нормальному сечению.

Разрушающая нагрузка сталебетонных плит П-3, П-4, UR1, UR2, UR3, полученная в эксперименте, сопоставлялась с разрушающей нагрузкой, полученной для их железобетонных

аналогов при расчете методом предельного равновесия. Предельная нагрузка железобетонных плит № 822, 863, 866, полученная экспериментально, сравнивалась с несущей способностью, найденной для их сталебетонных аналогов из расчета напряженно-деформированного состояния на ПЭВМ.

Результаты сравнения свидетельствуют о том, что замена стержневого армирования на листовое в плитах, опертых по контуру, приводит к увеличению их несущей способности в

2,2–3,2 раза при одинаковом расходе рабочей арматуры и прочих равных условиях. Существенно повышается жесткость. Так достижение предельных значений прогибов по второй груп-

пе предельных состояний происходит при нагрузках, в 2,5–3,0 раза превышающих аналогичные значения для железобетонных плит.

Таблица 1

Сравнение сталебетонных и железобетонных плит

№№ Плит, размеры в плане	Вид нагруз- ки	Предел текучести арматуры, МПа	СТАЛЕБЕТОННЫЕ ПЛИТЫ			ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ПЛИТЫ			$k = \frac{P_{ст}}{P_{жп}}$
			Толщина стально- го листа, мм	Рабочая высота сече- ния, мм	Разрушаю- щая нагруз- ка, кН $P_{ст}$	Площадь арматуры на единицу длины сечения, мм	Рабочая высота сечения, мм	Разрушающая нагрузка, кН $P_{жп}$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
П-3	сосред.	190,0	1,0	49,5	40,0	0,50/0,50	50,0/50,0	17,0	2,4
П-4	сосред.	190,0	1,0	49,5	37,5	0,50/0,50	50,0/50,0	13,0	2,9
UR1 (0,9×0,9)	сосред.	210,0	0,62	100,0	163,0	0,31/0,31	100/100	54,0	3,0
UR2 (0,9×0,9)	сосред.	210,0	0,62	49,0	84,0	0,31/0,31	49,0/49,0	26,0	3,2
UR3 (0,9×0,9)	сосред.	218,0	1,0	50,5	111,0	0,50/0,50	50,5/50,5	44,0	2,5
822 (2,0×2,0)	равном.	408,0	0,814	63,5	0,14	0,41/0,41	67,0/60,0	0,063	2,2
863,866 (3,0×2,0)	равном.	430,0	0,77	104,5	0,16	0,39/0,39	108/101	0,075	2,1

Очевидно, отмеченные свойства сталебетонных плит объясняются способностью работы плоского стального листа, воспринимающего растягивающие усилия близкие к его физическому пределу текучести, одновременно во взаимно перпендикулярных направлениях и деформирующегося при этом в стесненных условиях в 1,4–2,0 раза меньше, чем в условиях одноосного растяжения. Кроме того, благодаря изотропным свойствам армирующего листа, после появления трещин сталебетонный элемент в значительно меньшей степени проявляет анизотропные свойства по сравнению с железобетонными, соответственно, лучше сохраняет способность воспринимать крутящие моменты.

Специалисты многих стран считают, что применение листовой опалубки-арматуры является экономичным по стоимости и трудоёмкости возведения, и эффективным средством увеличения жесткости не только сталебетонных плит, но и железобетонных.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чернышева Е.В. Экспериментальные исследования сталебетонных плит / Качество, безопасность, энерго- и ресурсосбережение в промышленности строительных материалов и строительстве на пороге XXI века: сб. докл. Между-

нар. научно-практич. конф. Белгород: Изд-во БелГТАСМ, 2000. С. 297–300.

2. Серых И.Р., Чернышева Е.В. Напряженно-деформированное состояние сталебетонных брусев прямоугольного поперечного сечения с составной облойкой при сжатии и изгибе: монография. Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. 108 с.

3. Чернышева Е.В., Серых И.Р., Стаинов В.В., Стаинов В.Ф., Глаголев Е.С. Несущая способность сталебетонных плит по нормальному сечению // Вестник БГТУ им. В.Г.Шухова. 2015. № 5. С. 42–44.

4. Чернышева Е.В., Серых И.Р., Стаинов В.В., Стаинов В.Ф., Глаголев Е.С. Несущая способность сталебетонных полигональных плит // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 6. С. 102–105.

5. Панченко Л.А., Серых И.Р., Юрьев А.Г. Подкрепление балки полосой из полимера, армированного волокнами / Современные строительные материалы, технологии и конструкции: сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 95-летию ФГБОУ ВПО «ГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова» (Грозный, 24–26 марта 2015 г.). В 2-х томах. Грозный: ФГУП «Издательско-полиграфический комплекс «Грозненский рабочий», Т.2. 2015. С. 278–283.

6. Панченко Л.А., Серых И.Р., Юрьев А.Г. Напряжения в трубофибробетонных изгибаемых

элементах // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 3–1 (34). С. 110–111.

7. Серых И.Р., Чернышева Е.В. Сталобетон в современном строительстве // Научные технологии и инновации: сб. докл. Юбилейной Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова / БГТУ им. В.Г.Шухова. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. Ч.2. С. 112–115.

8. Юрьев А.Г., Панченко Л.А., Серых И.Р. Конструкции тоннелей мелкого заложения с использованием стеклофибробетона // Сборник научных трудов Sworld. 2014. Т. 9. Вып. 2. С. 68–71.

9. Серых И.Р. Усиление конструкций углеродными композиционными материалами / Инновация-2013: сб. науч. статей Междунар. науч.-практ. конф. // Ташкентский государственный технический университет (Ташкент 16-18 окт. 2013 г.), Ташкент: Изд-во Янги аср авлоди, 2013. С. 125–126.

10. Юрьев А.Г., Панченко Л.А., Серых И.Р. Рациональное применение фибробетона / Фундаментальные исследования в естественно-научной сфере и социально-экономическое развитие Белгородской области: сб. докл. науч.-практ. конф. // Белгородский государственный технологический университет им. В.Г.Шухова (Белгород, 12 окт. 2013 г.), Белгород: Изд-во БГТУ, 2013. Часть 1. С. 273–275.

11. Ключев С.В., Гурьянов Ю.В. Внешнее армирование изгибаемых фибробетонных изделий углеродным волокном // Инженерно-строительный журнал. 2013. № 1(36). С. 21–26.

12. Ключев С.В., Ключев А.В., Лесовик Р.В. Усиление строительных конструкций композициями на основе углеродного волокна // Germany. 2011. 123 с.

13. Ключев С.В., Лесовик Р.В. Внешнее армирование конструкций композициями на основе углеродного волокна // Инновационные материалы и технологии (XX научные чтения): матер. Междунар. науч.-практ. конф., Белгород: изд-во БГТУ им. В.Г.Шухова, 2011. С. 239–243.

14. Ключев С.В., Лесовик Р.В. Расчет усиления железобетонных колонн углеродной тканью // Инновационные материалы и технологии (XX научные чтения): матер. Междунар. науч.-практ. конф., Белгород: изд-во БГТУ им. В.Г.Шухова, 2010. С. 3–5.

15. Ключев С.В. Усиление и восстановление конструкций с использованием композитов на основе углеродного волокна // Бетон и железобетон. 2012. № 3. С. 23–26.

16. Ключев С.В. Усиление и восстановление конструкций с использованием композитов

на основе углеродного волокна // Бетон и железобетон. 2012. №3. С. 23–26.

17. Ключев С.В. Основы конструктивной организации природных и искусственных материалов // Современные технологии в промышленности строительных материалов и строительной индустрии: сб. студ. докл. Международного конгресса. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2003. Ч. 1. С. 161–163.

18. Ключев С.В. Технология усиления конструкций углеродным волокном // Белгородская область: прошлое, настоящее и будущее: материалы науч.-практ. конф., Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. Ч.1. С. 404–408.

19. Ключев С.В., Лесовик Р.В. Высокопрочные дисперсно-армированные композиты для восстановления и усиления зданий и сооружений // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2012. № 5 (160). С. 12–13.

20. Ключев С.В. Сталестефибробетон на основе композиционного вяжущего // Белгородская область: прошлое, настоящее, будущее: материалы обл. науч.-практ. конф. В 3-х ч. Белгород: Изд-во БГТУ, 2011. С. 32–36.

21. Чихладзе Э.Д., Ватуля Г.Л. Предельное состояние двухслойных плит // Збірник наукових праць. Рівне, 2011. Вип. 22. С. 532–537.

22. Ватуля Г.Л., Шевченко А.А. Работа сталестефибробетонных перекрытий разного очертания при силовом воздействии / Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе: сб. матер. междунар. науч.-практ. конф. // Пермский государственный технический университет, Пермь. 2013. Т. 3. С.79–86.

23. Чихладзе Э.Д., Арсланханов А.Д. Напряженно-деформированное состояние сталестефибробетонных плит // Строительная механика и расчет сооружений, 1990. № 2. С. 22–26.

24. Ватуля Г.Л., Орел Е.Ф., Ковальчук А.М. Экспериментальные исследования сталестефибробетонных плит перекрытия // Збірник наукових праць. Харків, УкрДАЗТ. 2011. Вип. 126. С. 239–242.

25. Ватуля Г.Л., Смолянюк Н.В. Работа сталестефибробетонного перекрытия при силовом воздействии // Збірник наукових праць. Харків, УкрДАЗТ. 2011. Вип. 127. С. 164–170.

26. Ватуля Г.Л., Шевченко А.А., Смолянюк Н.В. Исследование работы сталестефибробетонной круглой плиты при силовом воздействии / Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе: сб. матер. междунар. науч.-практ. конф. // Пермский государственный технический университет, Пермь. 2012. Т. 4. С. 59–65.

27. Ватуля Г.Л., Шевченко А.А., Головкин Д.В. Экспериментальная оценка напряженно-

деформированного и предельного состояния сталебетонных круглых плит // 36. наук. праць. Харків: УкрДАЗТ, 2012. Вип. 129. С.145–149.

28. Ватуля Г.Л., Орел Е.Ф., Матяшук О.В., Довганик О.Я. Оценка влияния толщины металлического листа на несущую способность конструкций с внешним армированием // 36. наук. праць. Харків: УкрДАЗТ, 2012. Вип. 133. С. 290–295.

29. Richard F.E., Brantzaeg A., Brown R. L. A Study of the Failure of Concrete Under Combined Compressive Stresses. Univ. of Illinois, Eng. Exper. Station. Bull. 185. 1928.

30. Карпенко Н.И. Теория деформирования железобетона с трещинами. М.: Стройиздат, 1976. 208с.

Chernysheva E.V., Serykh I.R., Statinov V.V., Statinov V.F.

COMPARISON OF STEEL-CONCRETE AND REINFORCED CONCRETE PLATES

In this work the efficiency of steel-concrete plates in comparison with reinforced concrete has been illustrated. Parameters of the compared analogs have been selected from conditions of their equivalence in amount of working reinforcement and its mechanical properties, working height, resistibility of concrete and the geometrical sizes of the plate in the plan. The limit state on normal section has been considered.

Key words: steel-concrete plate, reinforced concrete plate, efficiency of sheet reinforcing.

Чернышева Елена Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры стандартизации и управления качеством

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

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

E-mail: bellena_74@mail.ru

Серых Инна Робертовна, кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической механики и сопротивления материалов

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

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

E-mail: inna_ad@mail.ru

Стаинов Владислав Владимирович, генеральный директор

Общество с ограниченной ответственностью Независимый центр экспертизы «БелЭкс»

Адрес: Россия, 308027, г. Белгород, ул. Пирогова д. 36

E-mail: bel_eks127@mail.ru

Стаинов Владимир Федорович, технический директор

Общество с ограниченной ответственностью Независимый центр экспертизы «БелЭкс»

Адрес: Россия, 308027, г. Белгород, ул. Пирогова д. 36

E-mail: bel_eks127@mail.ru

Алфимова Н.И., канд. техн. наук, доц.,
Калатоzi В.В., канд. техн. наук, доц.,
Карацупа С.В., канд. техн. наук, доц., директор ЦВТ
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Вишневская Я.Ю., канд. техн. наук, консультант
Департамент внутренней и кадровой политики Белгородской области
Шейченко М.С., канд. техн. наук
МАОУ «Центр образования №1»

МЕХАНОАКТИВАЦИЯ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЫРЬЯ РАЗЛИЧНОГО ГЕНЕЗИСА В СТРОИТЕЛЬНОМ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИИ

alfimovan@mail.ru

Большое значение при использовании сырья различного генезиса в качестве компонента композиционных вяжущих или минеральных добавок приобретают вопросы, связанные с процессами его механоактивации путем тонкого и сверхтонкого измельчения. Это обусловлено тем, что в процессе помола минеральное сырье переходит в химически активное состояние, это способствует приданию композитам специальных свойств и открывает перспективы расширения сырьевой базы при получении качественных модификаторов, композиционных вяжущих и высококачественных изделий на их основе.

Ключевые слова: механоактивация, композиционные вяжущие, генезис, техногенное сырье, минеральные добавки.

Механохимия и механоактивация является предметом многочисленных фундаментальных исследований как отечественных, так и зарубежных ученых [1–7].

Процессы тонкого и сверхтонкого измельчения всегда сопровождаются увеличением запаса внутренней и поверхностной свободной энергии измельчаемого продукта, которая с успехом может быть направлена на увеличение эффективности технологических процессов, таких как кристаллизация, ускорение химических реакций, синтез новых материалов и т. п. Большое значение данного процесса точно характеризуют слова великого русского ученого Менделеева Д.И.: «Чтобы между твердыми телами протекали реакции, необходимо сколь мелко измельчить и перемешать их между собой. Через это взаимодействие значительно ускоряется».

В последнее время широко и подробно исследуются вопросы влияния различного рода превращений сырьевых компонентов, возникающих в ходе механического воздействия (помола) на физико-механические свойства и технологию производства строительных материалов на их основе, в первую очередь это касается цемента [8–21]. Увеличение удельной поверхности минерального сырья путем тонкого измельчения, является основным способом его подготовки, который способствует росту его химической активности. Выявлено, что механическая энергия, подведенная в процессе измельчения к твердому телу частично усваивается им в виде точечных, линейных дефектов и новой поверхности. Так, по данным различных исследований

в твердом теле остается от 10 до 30 % энергии, что и способствует повышению его химической активности.

Патентный поиск позволил установить, что ведущие исследовательские центры в этой области находятся в Институте химии твердого тела и механохимии СО РАН (г. Новосибирск), Казахском национальном техническом университете им. К. И. Сатпаева (г. Алматы), Белгородском государственном технологическом университете им. В. Г. Шухова (г. Белгород).

Одним из самых распространенных технологических процессов в современном производстве строительных материалов является механоактивация сырьевых компонентов в мельницах. Механическая обработка неорганических порошкообразных веществ способствует возникновению поля напряжения на поверхности контакта твердой частицы с мелющим телом или другой частицей, а не во всем ее объеме. В ходе механоактивации происходит чередование процессов возникновения и релаксации поля напряжения с механическим воздействием локального характера. При этом в рабочем органе механоактивирующей установки протекают твердофазные процессы, которые могут привести к изменению физического состояния, структуры, а также химического состава и свойств измельчаемых веществ [13]. Так, в процессе измельчения материалов силикатного состава происходит разрушение кристаллической решетки и расщепление силоксановых связей, что способствует образованию на поверхности силикатов ионов O_2Si^{2-} и O_3Si^- , которые, могут выступать

в качестве активных центров реакций присоединения [16].

Анализ всех факторов, которые оказывают влияние на физико-технические свойства портландцемента, дают основание утверждать, что на сегодняшний день потенциал его возможностей используются не полностью, что в свою очередь приводит к тому, что для достижения бетоном заданной прочности, приходится значительно перерасходовать его количество, повышая стоимость конечного изделия.

Как известно, в цементном камне даже после длительного твердения содержится до 50% негидратированных клинкерных частиц, играющих роль инертного наполнителя. По аналогии с бетоном, в состав которого входит крупный и мелкий заполнитель, структуру затвердевшего цементного камня называют «микробетон».

Зависимость свойств цемента и его гранулометрии, дисперсности и минералогии, достаточно хорошо изучены, однако не допускают корректировки вне завода, и в то же время есть доступные и в высокой степени эффективные способы повышения характеристик портландцемента, и в частности его активности за счет введения в его состав тонкодисперсных минеральных добавок [22–40].

Минеральные добавки, которые применяются в цементных композициях, условно делят на активные или пуццолановые и инертные. Такое деление обусловлено изменениями свойств материалов в зависимости от их тонкости помола. Некоторые материалы, инертные в естественном состоянии, при определенной степени помола приобретают активность, а в некоторых случаях даже способность самостоятельно твердеть. Как правило, технико-экономические показатели использования того или иного сырья в качестве тонкомолотой добавки определяют не его вещественный состав или активность, а именно тонкость помола [23, 25].

Многими специалистами в области химии твердого тела активация веществ при измельчении объясняется дислокациями в твердом теле и деформацией кристаллической решетки, которые, накапливаясь и локализуясь в определенных объемах, способствуют его разрушению. Измельчаемые кристаллические вещества приобретают избыточную энергию, а согласно принципу Ле-Шателье в системе, содержащей минеральные вещества, активированные в ходе измельчения, должны протекать процессы, способствующие поглощению избыточной энергии. К таким процессам относятся химические реакции или физические превращения кристаллических тел [34, 35].

Изменения строения, состава и свойств минералов, в процессе измельчения чаще всего обусловлено:

- переходом вещества из одной модификации в другую;
- амортизацией;
- деструкцией;
- гидратацией и/или дегидратацией;
- диссоциацией карбонатов;
- твердофазными реакциями;
- изменением структуры и координационного числа атомов в кристаллах;
- механохимическими реакциями между органическими и неорганическими веществами;
- изменениями физико-химических свойств;
- изменением теплоты смачивания;
- повышением растворимости минералов и др.

В связи с расширением выпуска композиционных вяжущих в составе которых содержится большое количество кремнеземсодержащего компонента, актуальность вопросов, связанных с механоактивацией значительно возросла [36–43].

Основную роль, как известно, в процессе увеличения прочности цементного камня играет фракция размером 3–30 мкм, при этом зерна размером 40–60 мкм и более остаются негидратированными, и только лишь спустя полгода толщина слоя цементного камня на их поверхности достигает 15 мкм. Неполноту использования цемента усугубляют трудности связанные с достижением равномерного распределения воды между частицами вяжущего, которые под воздействием адсорбции и сил межмолекулярного сцепления образуют флоккулы и препятствуют равномерному смачиванию.

Высокие скорости гидратации тонких фракций цемента обусловлены не только их удельной поверхностью, но и наибольшей плотностью дислокаций и концентрацией дефектов на их поверхности [34]. Рост дефектности частиц способствует переходу в неравновесное состояние, что, в свою очередь, снижает химическую устойчивость и интенсифицирует целый ряд физико-химических процессов, в том числе и гидратационную активность клинкерных минералов [35]. Этот факт объясняется тем, что при измельчении клинкера на поверхности зерен образуется множество дефектов в виде микро- и субмикротрещин. На начальной стадии гидратации разрушение цементных зерен развивается на дефектах и сопровождается движением дислокации, скорость движения, которой зависит от физической и химической природы поверхности клинкерных минералов, границ их фаз, содержания в кристаллах примесей. При этом, рост трещины эквивалентен непрерывному распределению дислокаций в объеме твердой фазы. Частицы клинкера с дефектами обладают

более высокой энергией взаимодействия, чем минералы с совершенной структурой [9].

Кроме того неоднократно доказано, что применение механоактивации при производстве композиционных вяжущих позволяет не только придать им специальные свойства, но и открывает широкие перспективы для создания качественных вяжущих с применением отходов промышленности, которые еще не нашли своего широкого применения в отрасли строительных материалов.

Цемент является очень сложной гидратационной системой и поэтому химические добавки, вводимые даже в небольших количествах, оказывают существенное влияние на процессы его гидратации и твердения. Как известно, органические добавки по большей части не изменяют состав продуктов гидратации, а в основном влияют на скорость процессов кристаллизации и конденсации, а также структуру гидратов, в то время как добавки неорганического происхождения могут в большинстве своем способствовать изменению фазового состава продуктов гидратации клинкерных минералов. В зависимости от своего состава и химической активности состава минеральные добавки изменяют скорость гидратации цемента, а также могут связывать в гидратные фазы портландит, тем самым повышая прочность системы.

Основная задача создания высокоэффективных органо-минеральных модификаторов состоит в том, чтобы рационально использовать особенности влияния отдельных компонентов ОМД на процессы, протекающие при гидратации цементных систем с целью достижения высокого многофункционального эффекта.

Механоактивация функциональных добавок, имеющих различное назначение, способствует росту их рабочей поверхности и химической активности. Наибольший эффект достигается в случае применения механоактивации в технологии получения полифункциональных комплексных модификаторов, в состав которых входит от двух и более механоактивированных добавок различного класса. Исследования в данной области представляют большой научный и практический интерес, который имеет большое значение для развития представлений о способности веществ органического происхождения взаимодействовать с цементно-минеральными системами в процессе механоактивации.

Исследования, выполненные с использованием различных видов цементов, минеральных, а также органо-минеральных добавок, позволили выявить параметры их изготовления, которые обеспечивают максимальную активность вяжущего при минимальных затратах энергии, выявить численные показатели основных физико-механических свойств вяжущих, подтвердить

эффективность механоактивации в активаторах. Доказано, что применение механоактивации при производстве вяжущих позволяет придать им специальные свойства и открывает перспективы для получения качественных композиционных вяжущих с применением сырья как природного, так и техногенного происхождения.

Таким образом, при рассмотрении возможности использования того или иного природного и техногенного сырья в качестве компонента композиционного вяжущего или минеральной добавки необходимо применять системный подход к изучению его качественных характеристик, а также рассмотрению возможности повышения потенциала его использования за счет применения механоактивации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Авакумов Е.Г. Механические методы активации химических процессов. Новосибирск: Наука, 1986. 305 с.
2. Boldyrew V.V. Mechanochemistry and mechanical activation of solids // Solid State Ionics. 1993. Vol. 63–65. №1–4. Pp. 537–543.
3. Boldyrew V.V. Reactivity of solids // J. of Thermal Analysis. 1993. Vol. 40. Pp. 1041–1062.
4. Fundamentals of Powder Technology / Ed. Arakawa M. Tokyo, 1992. 424 p.
5. Бутягин П.Ю. О критическом состоянии вещества в механохимических превращениях. 1993. Т. 331. №3. С. 311–314.
6. Муллер В.М., Потанин А.А. О механизмах потери энергии частиц, ударяющихся о твердую поверхность // Коллоидный журнал. 1993. Т. 55. № 5. С. 129–141.
7. Abel A. Dislocation-associated elastic energy storage in mechanical deformations // Materials Science a. Engineering. 1993. Vol. 164. №1–2. Pp. 220–225.
8. Кузнецова Т.В., Сулименко Л.М. Механоактивация портландцементных сырьевых смесей // Цемент и его применение. 1985. №4. С. 20–21.
9. Комохов П.Г. Механико-энергетические аспекты процессов гидратации, твердения и долговечности цементного камня // Цемент и его применение. 1987. № 2. С. 20–22.
10. Чернышов Е.М., Беликова М.И. Измельчение и физико-химическая активность сырьевых компонентов в технологии строительных материалов // Известия вузов. Строительство. 1993. № 3. С. 37–41.
11. Свойства механоактивированных цементно-зольных вяжущих бетонов и растворов на их основе / В.М. Дымский [и др.] // Технологические проблемы измельчения и механоактивации: Материалы науч.-техн. семинара стран

содружества, Могилев, 21–23 окт. 1992. Могилев, 1993. С. 208–220.

12. Кузьмина В.П. Механоактивация цемента // Строительные материалы. 2006. № 5. С. 7–9.

13. Кузьмина В.П. Механоактивированные цветные цементы // Строительные материалы. 2006. №7. С. 25–27.

14. Сулименко Л.М., Майснер Ш.Н. Влияние механоактивации на технологические свойства портландцементных сырьевых смесей // Известия вузов. Химия и химическая технология. 1986. № 1. С. 80–84.

15. Лесовик В.С., Прокопец В.С. Производство и применение дорожно-строительных материалов на основе сырья, модифицированного механической активацией. Белгород, 2005. 263 с.

16. Прокопец В.С. Влияние механоактивационного воздействия на активность вяжущих веществ // Строительные материалы. 2003. №9. С. 28–29.

17. Clinker grind ability and textures of alite and belite / I. Maki [etc] // Cement a. Concrete Research. 1993. Vol. 23. №5. Pp. 1078–1084.

18. Kakali G., Tsivilis S. The effect of inter grinding and separate grinding of cement raw mix on the burning process // Cement a. Concrete Research. 1993. Vol. 23. № 3. Pp. 651–662.

19. Opoczky L. Problems relating to grinding technology and quality when grinding composite cements // Zement-Kalk-Gips. 1993. Bd 46. Vol. 3. Pp. 136–140.

20. Lapshin V.I., Yarmarkin V.K., Fokina E.L. Regularities of mechanochemical synthesis of complex oxides // Mechanochemical synthesis in inorganic chemistry New York and London, 1994 Pp. 66–83.

21. Planetary mills of periodic and continuous action / E.L. Fokina [etc] // Journal of Materials Science. 2004. Vol. 39. Pp. 5217–5221.

22. Механоактивация вяжущих композиций на основе техногенных продуктов / Л.М. Сулименко [др.] // Известия вузов. Строительство. 1998. № 10. С. 51–56.

23. Композиционное вяжущее из механически активированных промышленных отходов / Е.Г. Аввакумов [и др.] // Химия в интересах устойчивого развития. 2000. Т. 8. № 5. С. 657–660.

24. Дугуев С.В., Иванова В.Б. Механохимическая активация в производстве сухих строительных смесей // Строительные материалы. 2000. № 5. С. 28–30.

25. Композиционное вяжущее из минеральных отходов промышленности при их механохимической обработке / С.И. Павленко [и др.] // Известия вузов. Строительство. 2000. № 12. С. 48–50.

26. Alfimova N.I., Shadskiy E.E., Lesovik R.V., Ageeva M.S. Organic-mineral modifier on the basis of volcanogenic-sedimentary rocks // International Journal of Applied Engineering Research (IJAER). 2015. Vol. 10. № 24. Pp. 45131–45136.

27. 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.

28. Алфимова Н.И., Шадский Е.Е. Органо-минеральный модификатор на основе вулканического сырья // [Электронный ресурс] : «Эффективные строительные композиты»: науч.-практ. конф. к 85 летию заслуженного деятеля наук РФ академика РААСН д-р техн. наук, Баженова Ю.М., Белгород, 2–3 апр. 2015 г.: Белгород, 2015.

29. Lesovik R.V., Leshchev S.I., Ageeva M.S., Karatsupa S.V., Alfimova N. I. The use of zeolite for the production of tripoli composite binders // International Journal of Applied Engineering Research (IJAER). Vol. 10, №24 (2015). Pp. 44889–44895.

30. 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.

31. Lesovik R.V., Ageeva M.S., Shakarna M. Efficient binding using composite tuffs of the middle east // World Applied Sciences Journal. 2013. T. 24. № 10. С. 1286–1290.

32. Ageeva M.S., Sopin D.M., Lesovik G.A., Metrohin A.A., Kalashnikov N.V., Bogusevich V.A. The modified composite slag-cement binder // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2014. T. 9. № 8. С. 1381–1385.

33. Лесовик В.С., Потапов В.В., Алфимова Н.И., Ивашова О.В. Повышение эффективности вяжущих за счет использования наномодификаторов // Строительные материалы. 2011. № 12. С. 60–62.

34. Сычев М.М. Формирование прочности // ЖПХ. 1981. Т. 54. № 9. С. 36–43.

35. Молчанов В.И., Селезнева О.Г., Жирнов Е.Н. Активация минералов при измельчении. М.: Недра, 1988. 208 с.

36. 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.

37. Алфимова Н.И., Вишневская Я.Ю., Трунов П.В. Композиционные вяжущие и изделия с использованием техногенного сырья: монография. Saarbrücken. Изд-во LAP. 2013. 127

с.

38. 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.

39. Лесовик В.С., Сулейманова Л.А., Кара К.А. Энергоэффективные газобетоны на композиционных вяжущих для монолитного строительства // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2012. №3. С. 10-20.

40. Suleymanova L.A., Lesovik V.S., Kara K.A., Malyukova M.V., Suleymanov K.A. Energy-efficient concretes for green construction // Research Journal of Applied Sciences. 2014. Т. 9. № 12. С. 1087–1090.

41. Alfimova N.I., Sheychenko M.S., Karatsupa S.V., Yakovlev E.A., Kolomatskiy

A.S., Shapovalov N.N. Features of application of high-mg technogenic raw materials as a component of composite binders // Research Journal of Applied Sciences. 2014. V. 9 (11). P. 779–783.

42. Alfimova N.I., Lesovik V. S., 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.

43. Алфимова Н.И., Трунов П.В., Шадский Е.Е., Попов Д.Ю., Кузнецов В.А. Влияние способа помола на реологию тонкомолотых многокомпонентных цементов // «Наукоемкие технологии и инновации» (XXI научные чтения): Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород, Изд-во БГТУ. Т.3. 2013. С. 28–31.

Alfimov N.I., Kalatzi V.V., Karatsupa S.V., Vishnevskaya I.A., Sheichenko M.S.
MECHANICAL ACTIVATION AS A WAY OF IMPROVING THE EFFICIENCY
USE OF RAW MATERIALS OF DIFFERENT GENESIS IN BUILDING
MATERIALS SCIENCE

Great value when using raw material of different Genesis as a component of composite binding materials or mineral admixtures are becoming the issues related to the process of mechanoactivation by fine and ultrafine grinding. This is because in the process of grinding of mineral raw materials goes into chemically active status, it contributes to the special properties of the composites and opens up prospects for expanding the raw material base for obtaining high-quality modifiers, high quality composite binders and products on their basis.

Key words: *mechanical activation, composite binders, genesis, technogenic raw materials, mineral additives.*

Алфимова Наталия Ивановна, кандидат технических наук, доцент кафедры строительного материаловедения изделий и конструкций.

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

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

E-mail:alfimovan@mail.ru

Калатози Виктория Валерьевна, кандидат технических наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности.

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

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

Карацупа Сергей Викторович, кандидат технических наук, доцент, директор Центра высоких технологий. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

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

Вишневская Яна Юрьевна, кандидат технических наук, консультант отдела высшего образования и науки.

Департамент внутренней и кадровой политики Белгородской области,

Адрес: Россия, 308005, Соборная площадь, 4

Шейченко Михаил Сергеевич, кандидат технических наук

МАОУ «Центр образования №1»

Адрес: Россия, 308001, Белгород, ул. Н. Чумичова, д.53-а

Боцман Л.Н., канд. техн. наук, доц.,
Строкова В.В., д-р техн. наук, проф.,
Ищенко А.В., аспирант,
Боцман А.Н., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

МОДИФИЦИРОВАНИЕ БЕТОНА ЗА СЧЕТ ВВЕДЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ДОБАВОК*

lora80@list.ru

Основным способом придания необходимых свойств бетонным смесям и бетонам является введение различных добавок. Одна и та же добавка по ее влиянию на разные фазы цемента может быть отнесена к различным классам. В статье проведен обзор существующих видов добавок, а также приведена номенклатура наиболее изученных и широко применяемых в отечественной промышленности добавок в соответствии с ГОСТ 24211–2003. Наряду с этим представлена их классификация по механизму действия на процессы твердения минеральных вяжущих веществ в бетонах. Изучено влияние различных видов добавок на процессы гидратационного твердения цемента с учетом особенностей их состава.

Ключевые слова: эффективность бетона, добавки, вяжущие вещества, механизм твердения, новообразования, гидратация.

Введение. Задача повышения эффективности и качества бетона и изделий на его основе является актуальной и не может быть успешно решена без использования в технологии производства бетона добавок различной природы [1, 2].

Термин «добавка», как хорошо известно, охватывает химические и минеральные вещества неорганической и органической природы, растворимые и нерастворимые, инертные и реакционноспособные, жидкие и твердые, в т.ч. в дисперсном состоянии [3]. Систематика добавок построена, в основном, по признакам и достигаемым технологическим эффектам [4].

Основная часть. В мировой практике в настоящее время нет единой классификации добавок к цементам и бетонам. В разных странах разработаны свои классификационные схемы. В основе этих схем лежит стремление авторов облегчить правильный выбор добавок для бетонов или растворов в соответствии с их назначением. В нашей стране в соответствии с ГОСТ 24211–2003 наиболее изученные и широко применяемые добавки, применяемые для модифицирования свойств бетонов и растворов в зависимости от основного эффекта действия подразделяют на следующие группы:

Первая группа – это добавки регулирующие свойства готовых к употреблению бетонных и растворных смесей. К ним относятся: пластифицирующие (суперпластификаторы, сильнопластифицирующие, среднепластифицирующие, слабопластифицирующие); стабилизирующие; регулирующие сохраняемость бетонных смесей (замедляющие и ускоряющие схватывание); поризующие (воздухововлекающие, пенообразу-

ющие, газообразующие) [5].

Вторая группа объединяет добавки регулирующие кинетику твердения бетона – замедляющие и ускоряющие твердение.

К *третьей группе* добавок относят добавки, повышающие прочность и (или) коррозионную стойкость, морозостойкость бетона [6] и железобетона, снижающие проницаемость бетона – водоредуцирующие I, II, III и IV групп, кольматирующие, газообразующие, воздухововлекающие, повышающие защитные свойства бетона по отношению к стальной арматуре (ингибиторы коррозии стали) [7].

Добавки, придающие бетону специальные свойства, входят в четвертую группу добавок – противоморозные (обеспечивающие твердение при отрицательных температурах); гидрофобизирующие I, II и III групп; биоцидные; полимерные.

С середины прошлого столетия в нашей стране находят все большее применение кремнийорганические гидрофобизаторы, чем можно объяснить активное их производство. Они выпускаются в качестве водных растворов, в которых содержится около 30 % твердого вещества [8].

Успешное использование находят кремнийорганические гидрофобизаторы метилсиликонат натрия, известный в торговле под названием ГКЖ-11, и этилсиликонат натрия – ГКЖ-10. Также для создания устойчивых водоотталкивающих и гидроизоляционных покрытий могут быть использованы полиорганосилоксаны. Их получают в результате реакции гидролиза алкил- и арилхлорсиланов и их композиций с

большим количеством воды низкой температуры [9].

Не менее высокими гидрофобизирующими характеристиками обладает кремнийорганическая жидкость ГКЖ-94 (полиэтилгидросилан) и ГКЖ-94 М (полиметилгидросилоксан). Она выпускается отечественным производителем в виде чистого маслянного концентрата, а также в виде 50 %-ной эмульсии. Сравнивая свойства обычного гидрофобного цемента с добавкой органических гидрофобизаторов и цемента с аналогичными характеристиками, полученного при введении добавки ГКЖ-94, можно заметить, что цемент, гидрофобизированный кремнийорганической жидкостью ничем не уступает лучшим образцам М. И. Хигеревича и Б. Г. Скрамтаева. Так при использовании минимальной дозировки 0,04 % жидкости ГКЖ-94 можно получить качественный гидрофобный цемент, что составляет в 2,5 раза меньше минимальной дозировки органических гидрофобизаторов, необходимых для придания цементу гидрофобных свойств. Бетон, гидрофобизированный жидкостью ГКЖ-94, будет отличаться более высокой химической устойчивостью и водоотталкивающей способностью, сохраняя пригодность в течение длительного срока эксплуатации в агрессивных средах [10].

Также добавки систематизируются на классы по механизму действия на процессы твердения минеральных вяжущих веществ в бетонах с дальнейшей дифференциацией по группам. Далее все добавки в зависимости от состава подразделяются на индивидуальные и комплексные. Эти последние добавки рассматриваются как сочетания индивидуальных. Таким образом, классификация комплексных добавок не носит самостоятельного характера, а является производной от основной.

Добавки первого класса – электролиты, изменяющие растворимость вяжущих веществ.

К добавкам, механизм действия которых в большой мере определяется их воздействием на C_3S и β - C_2S цемента, принадлежат многие сильные и слабые электролиты, в том числе соли, гидролизующиеся с повышением pH среды, и щелочи, а также неэлектролиты [11]. Таким образом, хотя в цементе эффект действия добавок первого класса часто маскирует тем, что те же вещества в отношении алюминийсодержащих фаз цемента выступают как добавки второго класса, добавки первого класса играют очень важную роль в интенсификации процессов гидратационного твердения моно- и полиминеральных вяжущих, причем их эффект должен считаться универсальным. Поскольку взаимодействие алюминийсодержащих фаз цемента даже с

весьма активными добавками растянуто во времени, частично все добавки электролитов более или продолжительно сохраняются в жидкой фазе цементного теста и изменяют растворимость алита и белита, если только они не вступают в химические реакции с продуктами их гидратации [12].

Кроме того, некоторые добавки (электролиты и неэлектролиты) практически не взаимодействуют ни с алюминатными и алюмоферритными, ни с силикатными фазами цемента и поэтому влияют на его твердение только как добавки первого класса.

Добавки второго класса, реагирующие с вяжущими веществами с образованием трудно-растворимых или малодиссоциированных соединений

Добавки второго класса весьма многочисленны и оказывают существенное влияние на процессы гидратационного твердения цемента. По существу, почти все электролиты в определенных условиях (например, при повышении их концентрации или изменении температуры) могут химически взаимодействовать с составляющими портландцементного клинкера или продуктами его гидратации, причем даже те из них, которые были отнесены ранее к добавкам первого класса в силу того, что они медленно реагируют с C_3A и C_4AF . Кроме того, по принципу участия в реакции с вяжущими или продуктами их гидратации к добавкам второго класса следует причислить спирты, амины и органические кислоты [13]. Таким образом, в общей систематике добавки второго класса наиболее представительны. Поэтому их дифференциацию следует провести весьма тщательно, выбрав для этой цели признаки, связанные как с типом химического взаимодействия, так и с влиянием продуктов реакции на процессы твердения и структурно-механические свойства бетона. По видимому, этому требованию отвечает деление добавок второго класса на две группы – добавки, участвующие с вяжущими или продуктами их гидратации: а) в реакциях присоединения; б) в обменных реакциях [14].

Добавки третьего класса – готовые центры кристаллизации (кристаллические затравки)

Влияние добавок третьего класса на процессы твердения вяжущих поддается качественному теоретическому анализу. Как известно, из всех этапов процесса кристаллизации наиболее затруднительно возникновение новой фазы из пересыщенного раствора. Кристаллические затравки облегчают выделение новой фазы из пересыщенных растворов и поэтому их введение целесообразно прежде всего тогда, когда ско-

рость процесса кристаллизации новообразованных определяет скорость твердения вяжущего [15]. Следовательно, прямой ускоряющий твердение эффект от применения затравок зависит от типа вяжущего: если оно принадлежит к первому типу (как, например, строительный гипс), скорость процесса твердения которого в течение достаточно длительного периода времени (по отношению ко всему времени твердения) лимитируется стадией кристаллизации как самой медленной, то затравки выступают как сильные ускорители, если же оно принадлежит ко второму типу (как, например, составляющие цемента, процесс твердения которых вскоре после их затворения водой лимитирует стадия растворения исходной фазы, на которую добавки готовые центры кристаллизации непосредственно не влияют), то их введение не может сколь-нибудь заметно ускорить процесс твердения. Таким образом, добавки – готовые центры кристаллизации – либо не могут заметно ускорить процессы твердения вяжущих (когда речь идет об основных составляющих портландцементного клинкера), либо, ускоряя процесс твердения полугидрата сульфата кальция, снижают конечную прочность материала [16].

Добавки четвертого класса – органические поверхностно-активные вещества

Органические поверхностно-активные вещества (ПАВ) хотя и были предложены в качестве добавок позднее, чем добавки электролитов, но быстро и чрезвычайно успешно вошли в мировую строительную практику, причем открываются все новые области их применения [17].

Анализ показывает, что большинство известных добавок в бетоны либо целиком состоят из органических продуктов, либо последние входят составной частью в комплексные добавки [18]. Столь большая популярность ПАВ вполне понятна: будучи введенными в малых концентрациях (обычно в количестве десятых долей процента), они значительно изменяют свойства бетонов, а иногда и придают ему некоторые новые.

В последнее время наиболее часто используются гидрофобизирующие добавки, к основным видам которых можно отнести органические поверхностно-активные вещества и кремнийорганические гидрофобизаторы.

К первому виду относятся высшие предельные и непредельные органические кислоты (RCOOH) и их водорастворимые соли со щелочными металлами (RCOONa и т.п.), называемые мылами. К таким гидрофобизаторам принадлежат стеариновая, пальмитиновая и олеиновая кислоты, смесь нафтеновых кислот (асидол),

абиетиновая кислота (канифоль) и их технические мыла (обычно натриевые) – твердые хозяйственные мыла, жидкое олеиновое мыло, мыло-нафт и канифольное мыло [19].

Наиболее распространенными представителями второго вида являются кремнийорганические соединения типа полиалкилсиликонатов и алюмосиликонатов щелочных металлов, а также полиалкилгидросиликонатов. Это связано с тем, что они способны химически связываться с продуктами гидратации цемента в результате обменных реакций с гидроксидом кальция с образованием гидрофобной водоотталкивающей пленки [20].

Комплексные добавки

Анализ результатов исследования и применения добавок в бетон показывает, что во многих практически важных случаях наиболее перспективны комплексные добавки. Преимущества подобных добавок перед однокомпонентными столь велики, что, по нашему глубокому убеждению, в ближайшее время они почти полностью вытеснят последние из сферы строительного производства, причем уже сейчас это «наступление» комплексных добавок на индивидуальные идет весьма успешно [21].

Существует ряд причин, по которым однокомпонентные добавки в бетон, несмотря на простоту их изготовления и технологичность при использовании, уступают многокомпонентным. Одна из них заключается в том, что комплексные добавки, как правило, обладают полифункциональностью действия, а также существенно усилить и углубить какой-либо эффект, предельно достигаемый при введении однокомпонентной добавки [22].

При введении комплексных добавок удается резко уменьшить или практически полностью устранить нежелательное побочное действие каждой составляющей комплексной добавки. Например, применение комплексной добавки (ПАВ и электролита) устраняют нежелательное побочное действие электролитов – увеличение гигроскопичности бетонов.

Еще одно достоинство комплексных добавок – возможность с их помощью добиться в ряде случаев большей универсальности их действия, под которой понимается практическая независимость получаемого эффекта от химико-минералогического состава цемента и, в известной мере, от состава бетонной смеси [23].

Перечисленные преимущества комплексных добавок объясняют пристальное внимание к ним исследователей и практических работников [24]. Об этом же свидетельствует и зарубежный опыт. Анализ патентной литературы, периодической печати и фирменных проспектов показы-

вает, что подавляющее большинство выпускаемых добавок – комплексные.

Выводы. Основным способом придания необходимых свойств бетонным смесей и бетонов является введение различных добавок. На сегодняшний день бетон превращается во все более сложный композиционный материал, благодаря новым добавкам, свойства которого могут намного превосходить комбинацию свойств компонентов. Одна и та же добавка по ее влиянию на разные фазы цемента может быть отнесена к различным классам. Учитывая ряд преимуществ комплексных добавок перед индивидуальными, можно отметить наибольшую распространенность их применения в отечественной и зарубежной промышленности.

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

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Макшиева Е. А. Современное строительство с современными добавками // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2005. № 12. С. 16.
2. Изотов В.С., Ю.А. Соколова Химические добавки для модификации бетона: монография. М.: Изд-во Палеотип, 2006. 244 с.
3. Рамачандран В.С., Фельдман Р.Ф., Коллепарди М.В. Добавки в бетон: Справоч. пособие / Под. ред.: С.А. Болдырева, В.Б. Ратинова. М.: Стройиздат, 1988. 575 с.
4. Касторных Л.И. Добавки в бетоны и строительные растворы. Ростов-на-Дону: Феникс, 2005. 221 с.
5. Иванов В.М., Батраков В.Г., Москвин В.М. Классификация пластифицирующих добавок по эффекту их действия // Бетон и железобетон. 1981. №4. С. 33–37.
6. Алфимова Н.И., Соловьева Л.Н., Гринев А.П., Огурцова Ю.Н. Влияние противоморозных добавок на свойства мелкозернистого бетона // В сборнике: Инновационные материалы и технологии (XX научные чтения) Материалы Международной научно-практической конференции. 2013. С. 16–20.
7. Иващенко С.И., Комар А.Г. Исследование влияния минеральных и органических добавок на свойства цемента и бетонов // Известия вузов. Строительство. 1993. №9. С. 16–19.
8. Колбасов В.М. Структурообразующая роль суперпластификаторов в цементном камне бетонов и растворов // Бетоны с эффективными модифицирующими добавками. М.: НИИЖБ. 1985. С. 126–134.
9. Чухланов В.Ю., Никонова Н.Ю., Алексеев А.Н. Гидрофобизирующая жидкость для бетонных и железобетонных конструкций // Строительные материалы. 2003. № 12. С. 28–29.
10. Батраков В. Г., Вершинина О.С. Применение кремнийорганических соединений в строительстве // Обзорная информация о мировом уровне развития строительной науки и техники. – М. 1988. № 1. С. 64.
11. Юнг В.Н., Тринкер Б.Д. Поверхностно-активные гидрофильные вещества и электролиты в бетонах. М., 1960. 38 с.
12. Комар А.Е., Величко Е.Г. Основы формирования структуры цементного камня с минеральными добавками // Теория, производство и применение искусственных строительных конгломератов. Тез.докл. Всесоюзной научнотехн. конф., Владимир, 1982. С. 162–166.
13. Демьянова В.С., Калашников В.И., Ильина И.Е. Сравнительная оценка влияния отечественных и зарубежных суперпластификаторов на свойства цементных композиций // Строительные материалы. 2002. № 9. С. 4–6.
14. Зоткин А.Г. Эффекты от минеральных добавок в бетоне // Технологии бетонов. 2007. № 4. С. 10–12.
15. Ходыкин Е.И., Соловьёва Л.Н., Огурцова Ю.Н., Гринёв А.П. Сравнительный анализ процессов гидратации цементного камня при введении тонкомолотых добавок // Технологии бетонов. 2014. № 5 (94). С. 18–19.
16. Кузнецова Т.В., Эйтин З.Б., Альбац З.С. Активные минеральные добавки и их применение // Цемент. 1981. № 10. С. 6–8.
17. Бутт Ю.М., Беркович Т.М. Вяжущие вещества с поверхностно-активными добавками / под общ. ред. П.А. Ребиндера. М.: Промстройиздат, 1953. 248 с.
18. Alfimova N.I., Shadskiy E.E., Lesovik R.V., Ageeva M.S. Organic-mineral modifier on the basis of volcanogenic-sedimentary rocks // International Journal of Applied Engineering Research (IJAER). 2015. Vol. 10, № 24. Pp. 45131–45136.
19. Хигерович М. И., Байер В.Е. Гидрофобно-пластифицирующие добавки для цемента, растворов и бетонов. М.: Стройиздат, 1979. 124 с.
20. Соболевский М.В., Музовская О.А., Попелева Г.С. Свойства и области применения кремнийорганических продуктов. М.: Химия, 1975. 297 с.
21. Ратинов В.Б., Розенберг Т.И., Кучерова Г.Д. Комплексные добавки для бетонов // Бетон и железобетон. 1981. № 9. С. 9–10.
22. Особенности применения комплексов химических добавок для производства бетонных строительных материалов и бетонов различного

назначения / Е.С. Шитиков, Л.И. Алебастрова, Е.В. Гордеева, П.А. Зайцев // Строительные материалы. 2005. № 6 С. 31–33.

23. Алфимова Н.И., Шадский Е.Е. Органо-минеральный модификатор на основе вулканического сырья // «Эффективные строительные композиты»: науч.-прак. конф. к 85 летию за-

служенного деятеля наук РФ академика РААСН д-р техн. наук, Баженова Ю.М., Белгород, 2-3 апр. 2015 г.: Белгород, 2015.

24. 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.

Botsman L.N., Strokov V. V., Ischenko A. V., Botsman A. N.

IMPROVING THE EFFICIENCY OF CONCRETE THROUGH THE APPLICATION OF ADDITIVES OF VARIOUS NATURE

The main method of imparting the required properties of concrete mixtures and concretes is the introduction of various additives. The same additive by its effect on the various phases of the cement may refer to different classes. The article gives a review of the existing types of additives, as well as shows the nomenclature of the most studied and widely used additives in the native industry in accordance with State Standard 24211-2003. In addition, classification of additives according to the mechanism of effect on the processes of hardening of mineral binders in concrete is shown. The effect of various types of additives on the hydration process of cement hardening, taking into account the features of their composition was studied.

Key words: concrete efficiency, additives, binders, hardening mechanism, formation of new phases, hydration.

Боцман Лариса Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры материаловедения и технологии материалов.

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

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

E-mail: lora80@list.ru

Строкова Валерия Валерьевна, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой материаловедения и технологии материалов.

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

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

E-mail: vvstrokova@gmail.com

Ищенко Алина Валентиновна, аспирант кафедры материаловедения и технологии материалов.

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

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

E-mail: alina.ishchenko.92@mail.ru

Боцман Алексей Николаевич, 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: lescha-90-t@rambler.ru

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

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ФАКТОРОВ ПРИ УКЛАДКЕ И ВОДЫ НА КАЧЕСТВО СЦЕПЛЕНИЯ МЕЖДУ АСФАЛЬТОБЕТОННЫМИ СЛОЯМИ ПРИ НАЛИЧИИ ГЕОРЕШЕКИ

roruri@rambler.ru

В данной работе произведена оценка влияния различных технологических факторов, таких как температура асфальтобетонной смеси и воды, на качество сцепления слоев дорожной одежды при наличии георешетки.

Ключевые слова: геосетка, покрытие, температурные режимы укладки, асфальтобетон, сцепление между слоями

Введение. Повышенные нагрузки, которые возникают вследствие высокой интенсивности транспортных потоков, выдвигают особые требования к прочности дорожного покрытия. Неоднородность распределения нагрузок по поверхности проезжей части автомобильных дорог – одна из первопричин появления выбоин и колеи на асфальтобетонном дорожном покрытии. В соответствии с последними исследованиями [1–4] защитно-армирующая прослойка, в виде георешетки, позволяет повысить несущую способность основания и дорожной одежды, способствуя увеличению сроков проведения межремонтных работ при эксплуатации автомобильных дорог.

Так, например геосетка марки HATELIT [2] изготавливается из полиэфирного волокна и, на завершающем этапе производства, проходит пропитку эмульсиями на битумной основе. Это позволяет обеспечить ей повышенные адгезионные свойства при взаимодействии с асфальтобетоном. Спецификой конструкции геосетки HATELIT является наличие сверхтонкой подложки, изготовленной из нетканого перфорированного геотекстиля, которая проходит аналогичную обработку этими же мастиками [2]. Наличие подложки облегчает процедуру укладки геосетки и даёт ей дополнительные адгезивные свойства по отношению к асфальтобетону. В соответствии с информацией, представленной на сайте компании [2] геосетка указанной марки целенаправленно создавалась для усиления асфальтобетонных покрытий в ходе строительных, ремонтных и реконструкционных работ на дорогах и аэродромах. В результате стойкость асфальтобетона к высоким нагрузкам возрастает, что позволяет существенно минимизировать негативный процесс, возникающий в слое асфальтобетона, – появление и рост отражённых трещин [2].

Почему в работе была рассмотрена именно эта сетка. Потому как именно она широко ис-

пользуется в дорожно-строительной практике в РФ при усилении асфальтобетонных слоев.

Основная часть.

На основании проведенных ранее исследований [5] было установлено, что начало плавления сетки было зафиксировано при 165–170 °С. В связи с этим, асфальтобетонная смесь для слоя перекрытия геосетки, должны находиться 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. При соблюдении подобного температурного режима монолитность конструктива наблюдается даже при отсутствии розлива вяжущего.

Как известно, главнейшим негативным фактором при строительстве и эксплуатации конструктивов дорожного и аэродромного назначения является вода, способная не только ухудшать качество и ровность покрытий, но и способствующая снижению и нарушению сплошности и монолитности слоев дорожных одежд.

В связи с этим, представляло интерес исследование влияния комплексного воздействия температуры смеси и воды на имитируемый конструктив покрытия дорожной одежды, выполненный с использованием геосетки.

Для этого размеры испытуемых образцов, были максимально приближены по толщине слоев к проектной конструкции – 6,5 см нижний слой асфальтобетона типа Б I марки, геосетка, 5,5 см верхний слой асфальтобетона типа Б I марки. Образцы призмы имели размеры 12×12×32 см. Рассматривали 4 серии образцов:

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

типа Б 1 марки. Температура укладки верхнего слоя 140 °С;

Серия №2 – без розлива битумной эмульсии и с укладкой геосетки Hatelit XR-50; конструктив образца: асфальтобетон типа Б 1 марки / геосетка Hatelit / асфальтобетон типа Б 1 марки. Температура укладки верхнего слоя 140 °С;

Серия №3 – полное соблюдение технологии в соответствии с проектом (с розливом битумной эмульсии и укладкой геосетки Hatelit XR-50); конструктив образца: асфальтобетон типа Б 1 марки / геосетка Hatelit / асфальтобетон типа Б 1 марки. Температура укладки верхнего слоя 170 °С;

Серия №4 – без розлива битумной эмульсии и с укладкой геосетки Hatelit XR-50; конструктив образца: асфальтобетон типа Б 1 марки / геосетка Hatelit / асфальтобетон типа Б 1 марки. Температура укладки верхнего слоя 170 °С;

Образцы для исследования готовились по методике, описанной в [5]. Исключение серии

образцов №3-№4, верхний слой которых был уложен при температуре 170 °С.

Из готовых образцов плит были вырезаны балочки размером 120×120×320 мм, для последующего испытания на растяжение при изгибе. Испытание производилось на прессе ДТС 06-50/100. Перед началом испытаний образцы-балочки водонасыщались в течение 1,5 часов при температуре 20 °С по методике ГОСТ 12801-98 [6]. Для проведения одной серии испытаний использовали по 3 образца.

Извлеченные из воды образцы, обтирались мягкой тканью и подвергались испытанию на растяжение при изгибе в водонасыщенном состоянии.

При изучении образцов из серии №1, было установлено, что в процессе разрушения образца разделение на слои отсутствует. Образец сохраняет монолитность. Трещина, возникающая при нагружении останавливается, ограниченная геосеткой, рис. 1, Что соответствует данным, изложенным в [5].

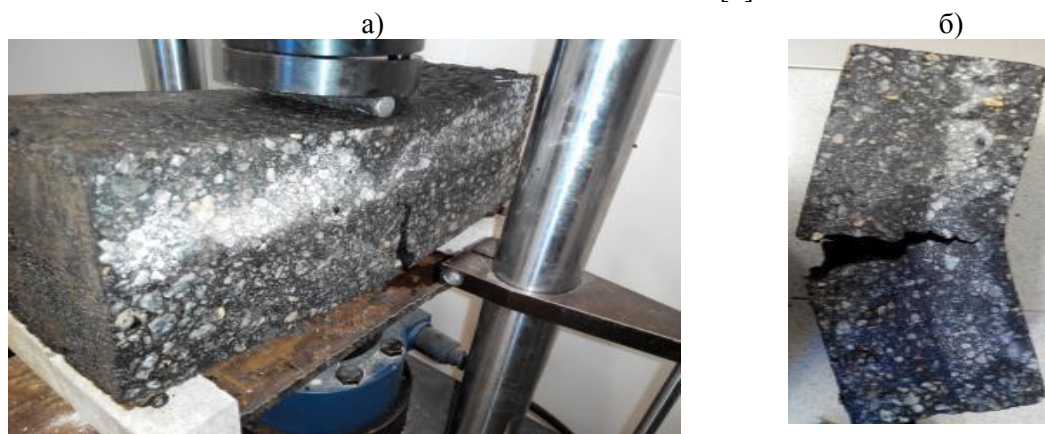


Рис. 1. Вид образца-балочки 120×120×320 мм, серия № 1 (соблюдение технологии): а) в момент разрушения, б) после полного разрушения образца

При изучении образцов из серии №2, выполненных с нарушением технологических операций, битумная эмульсия отсутствовала, было установлено, что геосетка не в состоянии остановить развитие трещины, которая разламывает

образец. При этом наблюдается отделение геосетки от слоев асфальтобетона. При этом разлом образца происходит на 4 части, рис. 2, что соответствует тенденции, выявленной ранее [5].



Рис. 2. Вид образца-балочки 120×120×320 мм, серия № 2 (без розлива эмульсии): а) в момент разрушения, б) после полного разрушения образца

Испытание образцов, верхняя часть которых была приготовлена и уложена в конструктив при температуре 170 °С показало следующее:

При нагружении образцов из серии №3, наблюдается прочное сцепление между слоями. Образованный монолит, не разрушился в момент приложения максимальной нагрузки, рис 3, несмотря на предварительное водонасыщение.

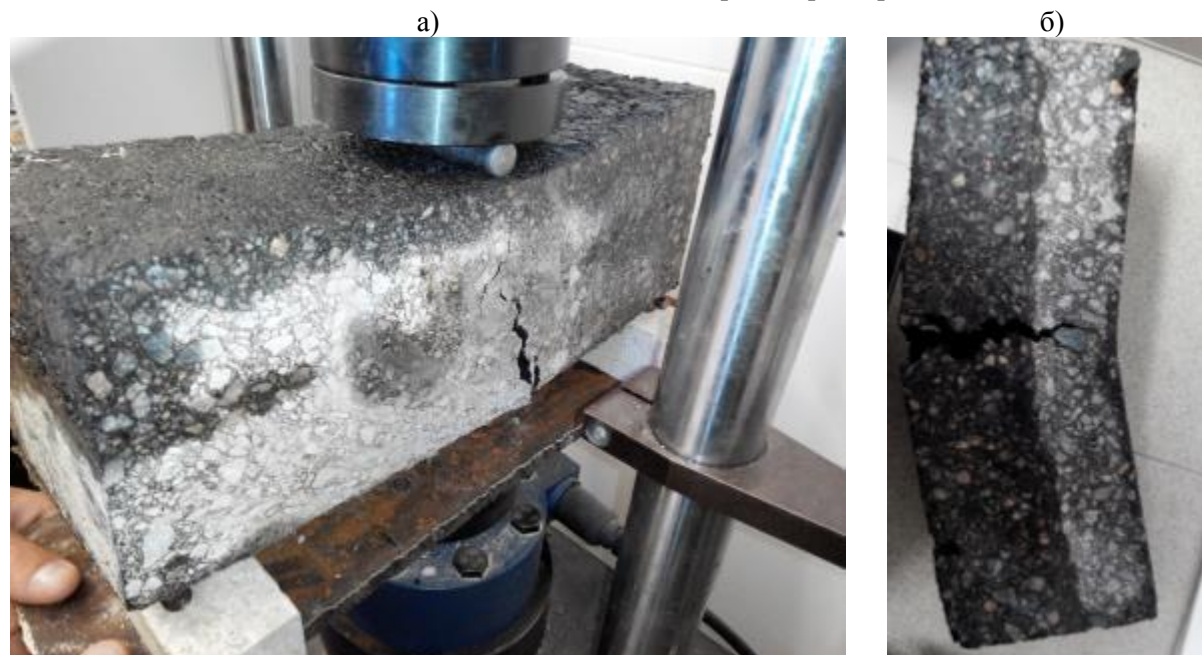


Рис. 3. Вид образца-балочки 120×120×320 мм, серия № 3:
а) в момент разрушения, б) после полного разрушения образца

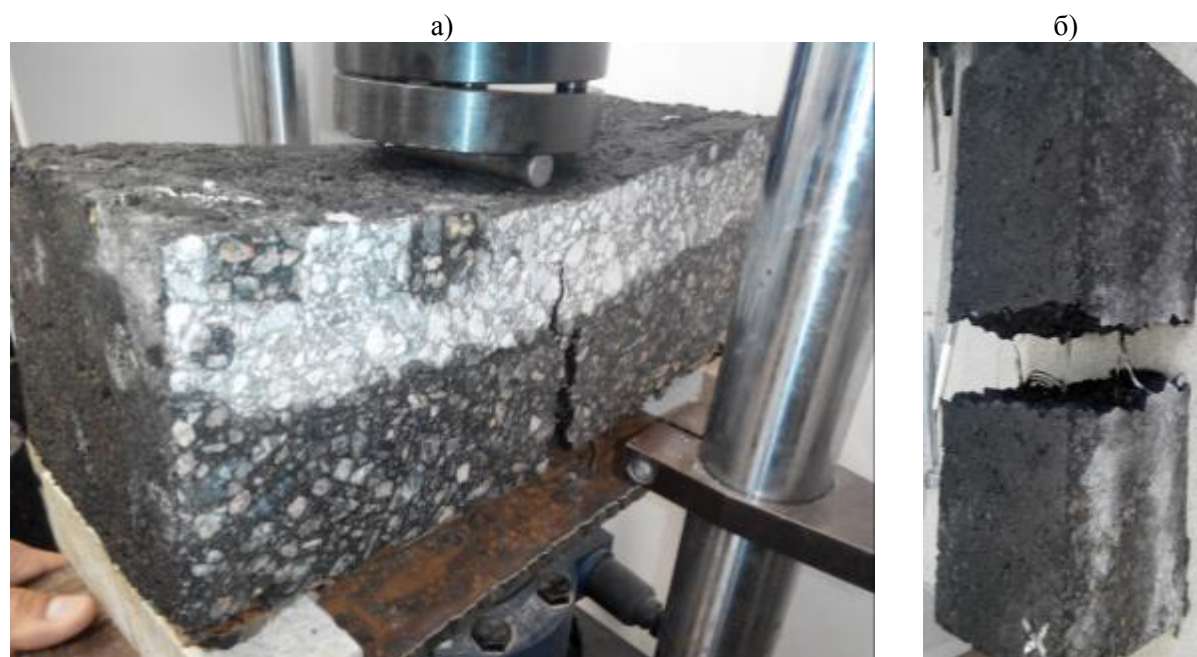


Рис. 4. Вид образца-балочки 120×120×320 мм, серия № 2:
а) в момент разрушения, б) после полного разрушения образца

Исследование образца №4 показало, в результате проведения испытания образец остался монолитным без расслоение между слоями, рис. 4. Стоит отметить, что в процессе приготовления этой серии, при укладке геосетки между слоями не производился розлив битумной эмульсии. Однако, при испытании на растяже

ние при изгибе в водонасыщенном состоянии, образец показал самые высокие результаты по прочности, рис 5. Более того. В процессе эксперимента, было установлено, что сцепление между слоями и геосеткой было столь высокое, что при разрушении образца произошел разрыв ос-

новых нитей и разлом образца пополам, рис. 4 б.

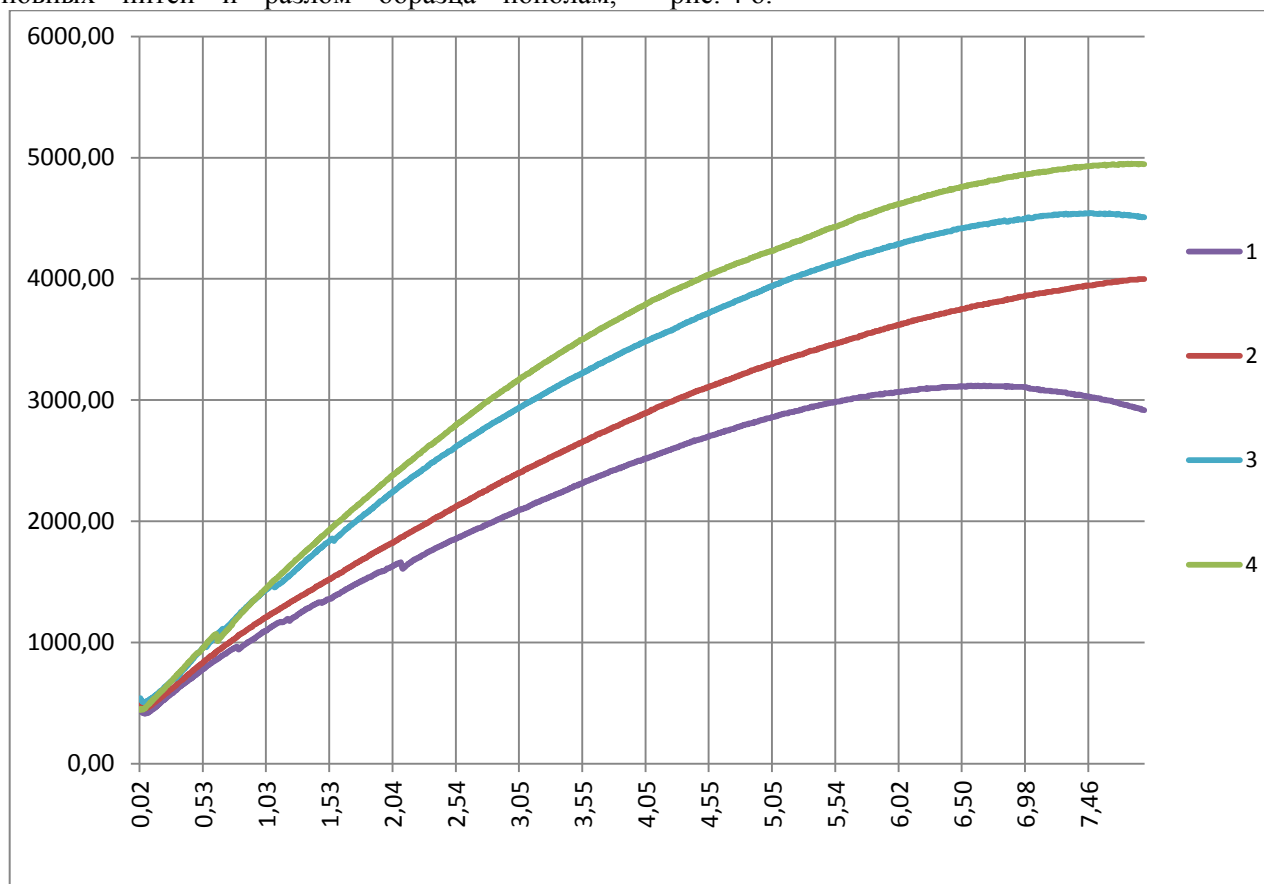


Рис. 5. График показателей усилий, прилагаемых для разрушения образцов размером 120×120×320 мм в водонасыщенном состоянии при температуре 20 °С

Как видно, рис. 5, минимальные усилия необходимы для разрушения образцов из серии 1 и 2, приготовленных с использованием асфальтобетонной смеси с температурой 140 °С. Очевидно, что в случае использования в технологии устройства асфальтобетонных слоев, армированных геосеткой высокотемпературный режим приготовления и укладки верхнего слоя смеси – фактор необходимый!

Массовый характер повреждений говорит о наличии системной ошибки, повлекшей за собой разрушение. На основании выполненной работы, а также в соответствии с рекомендациями, полученными после консультации с фирмой Хьюскер было установлено, что наиболее вероятными причинами возникновения дефектов покрытия являются отклонения от технологических принципов работы с геосеткой Hatelit XR-50:

1. Не соответствие временных интервалов между нанесением и распадом битумной эмульсии на нижнем слое покрытия и укладкой геосетки, в результате чего поверхность может быть запыленной или влажной.

2. Несоответствие качества и количества распределяемой эмульсии по поверхности нижнего слоя покрытия до укладки геосетки.

3. Движение по поверхности геосетки не предусмотренное технологией ее использования.

4. Использование во время укатки верхнего слоя покрытия режима виброуплотнения.

5. Несоответствие толщины верхнего слоя асфальтобетона, находящегося над сеткой, рекомендованным величинам. В соответствии с мировым опытом [7–15], общая толщина верхнего прижимающего слоя асфальтобетона должна быть не менее 10–10,5 см.

Одна из данных причин, либо их совокупность, способствовали разделению слоев на покрытия объекта под воздействием растягивающих напряжений. Это привело к тому, что конструкция перестала работать как единое целое, а при возникновении сдвигающих нагрузок верхний слой асфальтобетона противостоял им самостоятельно, не распределяя их должным образом в конструкции. В результате воздействия растягивающих напряжений происходило образование волны постоянно перемещающейся под воздействием колес рис.6.

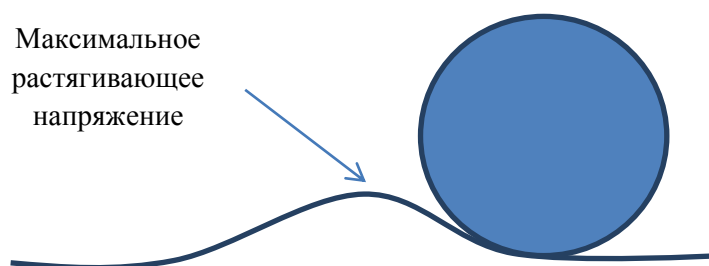


Рис. 6. Схематичное изображение деформирования верхнего слоя асфальтобетонного покрытия

В результате такого воздействия растягивающие напряжения наиболее высоки в верхней части асфальтобетонного слоя и неизбежно приводят к накоплению усталостных напряжений. Постоянно возникающее напряжение в верхней части асфальтобетона способствуют появлению микротрещин которые в последующем разрастаются под воздействием знакопеременных температур, что постепенно приводит к выкрашиванию минеральной части асфальтобетона из покрытия (эрозии).

Выводы. 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. http://novamsk.ru/shop/5geosetki_dorojnyie/34-Hattelit/geosetka_HaTelit_C40-17.html
2. 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.
3. 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.
4. Geosynthetics in flexidle and rigid pavement overlay systems to reduce refection cracking. Report № FHWA/TX-02/1777-1.– College Station/ 2002 298 p.
5. Высоцкая М.А., Денисов В.П., Кузнецов Д.А. Влияние геосетки и технологических факторов при ее использовании на сцепление слоев асфальтобетона // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. №5. С. 16–19.
6. Антоновский Д.М., Ладнер И.С. Прогнозирование расчетной долговременной прочности геосинтетических материалов // Строительные материалы. 2009. Вып. 11. С. 60–61.
7. Аэродромные покрытия. Современный взгляд. / В.А. Кульчицкий, В.А. Макагонов, Н.Б. Васильева, А.Н. Чеков, Н.И. Романков. М.: Физико-математическая литература, 2002. 528 с.
8. Батеро К. Решетки из геосинтетических материалов как арматура для асфальтовых дорожных покрытий с интенсивным дорожным движением // строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2000. № 5. С. 4–5.
9. Бондарева Э.Д. Армирование асфальтобетонных покрытий геосетками // Экспозиция. Строительство. 2008. Вып. 5. С. 25–27.
10. Бондарева Э.Д., Ладыженский И. Геосетки для армирования асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог: требования, выбор, результаты использования // Технический текстиль. 2011. № 2. С. 21–22.
11. Бондарева Э.Д. Геосинтетические материалы в дорожном строительстве. Требования к материалам и направления применения // Петербургский строительный рынок. 2004. № 5. С. 24–25.
12. Бондарева Э.Д. применение геосинтетических материалов в дорожных конструкциях автомобильных и городских дорог и улиц. – СПб.: ЦПО Информатизация образования, 2000. 56 с.
13. Бондарева Э.Д., Ладыженский И.С. Российские дороги осилит... наука! Армирование асфальтобетонных покрытий геосетками // Строительство и городское хозяйство в Санкт-Петербурге и Ленинградской области. 2001. № 46. С. 106–107.

14. Бондарева Э.Д., Валерьянов В.И., Диндаров В.Э. Техничко-экономические аспекты применения геосинтетических материалов в дорожном строительстве // Строительные материалы. 1997. Вып. 9. С. 12–16.

15. Быстров Н.В., Генералов Г.А. Оценка эффективности геосинтетических материалов при ремонте асфальтобетонных покрытий // Доркомстрой. 2005. № 1. С. 14–16.

Vysotskaya M.A., Denisov V.P.

EFFECTS OF TEMPERATURE AND FACTORS IN LAYING WATER QUALITY ADHESION BETWEEN ASPHALT CONCRETE LAYERS IF GEOGRIDS

In this paper we evaluated the effect of various process factors such as the temperature of the asphalt mix and water, the quality of the adhesion layers of pavement in the presence of geogrid.

Key words: geogrid, coating, temperature regimes laying, asphalt, adhesion between layers.

Высоцкая Марина Алексеевна, кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильные и железные дороги.

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

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

E-mail: roruri@rambler.ru

Денисов Василий Петрович, магистрант кафедры автомобильные и железные дороги.

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

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

E-mail wp@dorsoft.ru:

*Калачук Т.Г., канд. техн. наук, доц.
Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова
Калачук А.И., директор
ООО «Универсал»*

АНАЛИЗ ПРИЧИН ДЕФОРМАЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ И МЕРОПРИЯТИЯ ПО ИХ УСТРАНЕНИЮ

gkadastr@mail.ru

Нередко, в результате строительства зданий и сооружений, даже если прочность грунта обеспечена, возникают деформации основания. При определенных условиях это может затруднить эксплуатацию сооружения и даже привести к аварии. На основании обработки материалов обследования деформированных зданий и сооружений нами были выявлены и обобщены причины деформаций системы «основание – фундаменты – конструкции сооружений». В статье изложен анализ причин деформаций зданий и сооружений и мероприятия по их устранению.

Ключевые слова грунт, площадка строительства, инженерно-геологические изыскания, основания, фундаменты, сооружения, деформации.

СНиП при замачивании просадочных грунтов предусматривает мероприятия, исключающие вредное влияние возможных просадок на эксплуатационную прочность зданий и сооружений:

- устранение просадочных свойств грунтов путем их уплотнения или закрепления;
- прорезка фундаментами просадочного грунта;
- комплекс мероприятий, включающих частичное устранение просадочных свойств грунтов, конструктивные и водозащитные мероприятия.

Выбор мероприятий должен производиться с учетом типа грунтовых условий по просадочности, вероятности замачивания основания на всю величину просадочной толщи или её части, возможной величины просадки, взаимосвязи проектируемых зданий и сооружений с соседними объектами и коммуникациями и т.п.

Но на практике не всегда выполняются требования, что показывают обследования деформированных зданий и анализ причин их возникновения. А причин несколько. Одна из них всегда является основной, а остальное сопутствуют и углубляют деформации.

Проектирование фундаментов основывается на данных о видах и свойствах грунтов, слагающих площадку строительства. Одновременно учитываются все особенности характера их залегания и степень обводнения подземными водами. Такие данные получают во время инженерно-геологических изысканий и используют для выбора пласта грунта, способного выдерживать нагрузку сооружений. Конструкции фундаментов должны быть наиболее экономичными, а способы их возведения простыми. Недостаток знаний по фундированию, несоблюдение требований СНиП, отсутствие должного внимания к решению различных вопросов устройства

фундаментов и к специфическим особенностям просадочных грунтов оснований является источниками серьезных ошибок на практике.

Примером может служить, когда каркас корпуса, покрытия и стеновые панели уже были смонтированы, а отмостка отсутствовала, трубы внутреннего водостока не присоединили к ливневой канализации, что способствовало периодическому замачиванию основания фундаментов во время выпадения атмосферных осадков. При этом, вдоль продольных наружных стен в стеновых панелях могут появиться деформационные трещины. В основании появляются просадочные блюдца, а все приямки и технологические устройства будут заполнены водой. Очень часто при инженерно-изыскательских работах имеет место уменьшение мощности просадочной толщи (особенно когда в толще лессовидных грунтов, встречаются непросадочные прослойки). А все это приводит к ошибкам при проектировании, а именно уменьшается мощность перерабатываемой толщи. Можно заключить, что некачественно выполненные инженерно-геологические изыскания повлекут за собой назначения неправильного способа подготовки основания. А ошибки в производстве работ еще больше усилят деформации конструкций и основания здания.

Нередко значительные деформации возникают в результате промачивания плохо подготовленного основания. Особенно это имеет место, когда для ликвидации просадок применяется способ организованного замачивания без учета конструктивной схемы здания и особенностей грунтовых условий. В результате «мягкая» регулировка нежелательных деформаций не удастся, а само замачивание может вызвать непредвиденный, трудно управляемый процесс.

Имеет место и применение химического закрепления оснований, но необходимо учитывать

не только физико-механические характеристики, но и химико-минералогический состав грунтов. При этом надо помнить, что применение однорастворной силикатизации в замоченных просадочных грунтах II типа не даст должного эффекта, т.к. они трудно поддаются закреплению обычной однорастворной силикатизацией. При этом надо закреплять всю просадочную толщу. И более предпочтительней будет применение газовой силикатизации.

Неправильная планировка, не выявленные при изысканиях слабые прослойки в основании, не вовремя засыпанные пазухи, низкосортные работы по устройству оснований, фундаментов и отмосток, аварийное замачивание грунтов основания во время эксплуатации зданий или сооружений, неверное применение методов искусственной подготовки слабых оснований без учета конструктивной схемы зданий и особенностей инженерно-геологических условий каждой строительной площадки – вот основные причины, обуславливающие деформации зданий и сооружений. Возрастающий объем строительства, увеличение этажности и массы оборудования, развитие подземных водотоков, увеличивают потенциальную возможность появления деформаций зданий и сооружений, если недооценивать последствия вызывающих их причин. Надо всегда помнить, что увеличение срока службы зданий дает возможность экономить трудовые ресурсы, материалы и денежные средства.

Нередко имеют место рекомендации по подготовке оснований и устройству фундаментов без достаточного экономического обоснования. Деформации зданий часто обеспечиваются неправильной эксплуатацией: переувлажнением грунтов основания в результате застоя поверхностных вод, неправильностью сетей водопровода, канализации и теплоснабжения, повышением уровня подземных вод, неправильным размещением поливки цветников, посадок и т.д.

К деформациям зачастую приводит и недостаточный контроль за уплотнением грунта в основаниях зданий и сооружений. При уплотнении грунта в основаниях тяжелыми трамбовками не выдерживается оптимальная влажность: либо она ниже (когда предварительное увлажнение не производится), либо выше (когда предварительное увлажнение чрезмерно или лессы обводнены). В этих случаях просадочность не будет устранена на требуемую глубину, и при замачивании могут произойти деформации.

Замачивание основания из уплотненного лессового грунта при давлениях выше начального просадочного ($1,0-1,5 \text{ кгс/см}^2$) может нарушить устойчивость грунтов основания. Это обу-

словлено тем, что уплотненный лессовый грунт основания очень часто представлен пылеватым суглинком, который, хотя и является непросадочным, способен давать большие пластические деформации, поэтому важно реально оценивать несущую способность грунтовых подушек с учетом их влажности и не завышать давления на основание. Это относится и к укатанным катками грунтовым подушкам в том случае, если уплотнение отдельных слоев грунта может быть неоднородным и недостаточным.

Не менее важным является и само производство работ по обратной засыпке траншей и котлованов. Обычно засыпка грунта производится навалом, а не послойно, без достаточного контроля. Это приводит к доуплотнению грунтов при замачивании, позволяет попадать атмосферным осадкам и производственным водам под фундаменты сооружений. Необходимо учитывать и особенности гражданских зданий:

- большую пространственную жесткость крупноэлементных (особенно крупнопанельных) зданий, в которых даже небольшие неравномерные деформации оснований вызывают значительные дополнительные усилия в конструкциях;
- огромное количество инженерных сетей являющихся источником увлажнения грунта;
- отсутствие хорошо организованной службы эксплуатации и т.д.;

При замачивании просадочных грунтов во время строительства резко повышается чувствительность зданий к неравномерным осадкам. Поэтому возведение зданий должно сопровождаться комплексом дополнительных инженерных мероприятий, обеспечивающих их прочность, статическую устойчивость и нормальную эксплуатационную прочность.

Выбор мероприятий или их сочетания в конкретных условиях определяется совокупностью факторов:

- характеристикой просадочной толщи (мощность, относительная просадочность, пористость, влажность, начальное давление и т.д.);
- оснащенностью строительно-монтажных организаций;
- геоморфологическими особенностями участка строительства;
- условиями застройки и т.д.

В связи с повышением этажности возрастают требования к достоверности статических расчетов и надежности конструктивных решений зданий, так как усилия, возникающие в их конструкциях, значительно превосходят соответствующие усилия в зданиях малой высоты (до пяти этажей включительно).

Соответственно необходимо увеличить объем и повысить качество инженерно-геологических изысканий, улучшить проектирование зданий и сооружений на просадочных грунтах.

В период строительства особенно важно проводить мероприятия, которые исключают возможность неорганизованного замачивания просадочных оснований и гарантирует выполнение предусмотренных проектом технических решений, соблюдению всех требований СНиПов в частности, при устройстве искусственных оснований и прокладке инженерных сетей.

Особое внимание следует уделять водозащитным мероприятиям, не допускать просачивания атмосферных осадков в грунты, что вызывает просадки и разрушения водопроводных и канализационных сетей. Нарушение гидроизоляции лотков приводит к просадке грунта под ними, к разрушению водонесущих систем и, наконец, к просадке фундаментов здания.

Следует учитывать, что, сплошное асфальтирование (или плиткой) территории, наряду с инфильтрацией атмосферных осадков, способствует увеличению влажности грунта под асфальтом, а в отдельных случаях и появление верховодки.

Для обеспечения надежности зданий, возведенных на просадочных грунтах, не меньшее значение имеет их технически грамотная эксплуатация, и в первую очередь, наружных и внутренних инженерных сетей.

С этой целью необходимо:

- совершенствовать методику инженерно-геологических исследований, чтобы правильно определять состав и строение просадочных грунтов и их физико-механические свойства;

- разрабатывать для каждого конкретного случая комплекс технических мероприятий по ликвидации просадочных свойств грунтов, связанных с устройством оснований и фундаментов конструкциями зданий, при укладке инженерных сетей, вертикальной планировкой прилегающих территорий и т.д.;

- предусматривать в ППР специальные мероприятия, учитывающие особенности строительства объектов на просадочных грунтах;

- выполнять профилактические мероприятия, вовремя проводить аварийно-восстановительные работы;

- развивать фундаментостроение в двух направлениях: во-первых, разрабатывать новые конструктивные решения, позволяющие предельно использовать прочностные качества материалов и возможности средств комплексной механизации, во-вторых, искусственно укреплять слабые просадочные грунты в основании

зданий, более полно использовать несущую способность естественных грунтов оснований.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гольдштейн М.Н., Шугаев В.В. О характере деформаций лессовых грунтов под фундаментами в процессе замачивания. Вопросы строительства на лессовых грунтах. Доклады Межвузовской научной конференции. Воронеж, 1961.

2. Джетенов А.К., Куликов Г.В. Исследования просадочных лессовых грунтов в лабораторных и полевых условиях. Труды ТПИ, вып. IX, Ашхабад, 1971.

3. Долженков Д.Ю., Черныш А.С. Повышение несущей способности фундамента мелкого заложения на обводненных глинисто-песчаных основаниях пойменных отложений. Сб. докл. «Наукоемкие технологии, инновации» XXI научные чтения/ Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. Ч.2. С.145–151.

4. Крутов В.И. Расчет фундаментов на просадочных грунтах. М.: Стройиздат, 1972.

5. Могилевская С.Е. Вопросы длительной прочности и деформируемости лёссовых грунтов как основанию гидротехнических сооружений. Известия ВНИИГ, т. 64, 1960. С. 179–190.

6. Раевский И.Е. Влияние размеров штампов на характер просадки лессовых грунтов. – Основания, фундаменты и механика грунтов, №5. 1962.

7. Расулов Х.З. Оценка возможности нарушения устойчивости связных грунтов при землетрясениях. Материалы IV Всесоюзной конференции. Ташкент, изд-во «Фан», 1977.

8. Рубинштейн А.Л. О прогнозе деформации лёссовых грунтов под гидротехническими сооружениями. Сборник информационных сообщений Гидроэнергопроекта. №16/39, 1953. С.24–41.

9. Рубинштейн А.Л. Основные положения проектирования ирригационных сооружений на лёссовых грунтах. Днепропетровск, 29–31 мая 1957 г. Киев, 1961. С.59–88.

10. Руководство по проектированию оснований зданий и сооружений. М.: Стройиздат, 1977.

11. Саватеев С.С. Некоторые вопросы проектирования гидротехнических сооружений и расчета лессовых подпорных оснований. Диссертация на соискание ученой степени к.т.н. М., 1969.

12. СП 22.13330.2011. Основания зданий и сооружений. Минрегионразвития РФ, 2011. 161 с.

13. Черныш А.С. Специфические свойства

просадочных грунтов. Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. 133 с.

14. Калачук Т.Г., Юрьев А.Г., Карякин В.Ф., Меркулов С.И. Повышение несущей способности опорной конструкции в дисперсных грунтах // Промышленное и гражданское строительство. 2014. №11. С. 73–

75.

15. Калачук Т.Г., Черныш А.С., Ашихмин П.С. Закрепление грунтов околовзвального массива с помощью свай – инъекторов. Сб. «Известия ОрелГТУ. Серия строительство и транспорт». Орел, 2009. С. 45–48.

Kalachuk T.G., Kalachuk A.I.

ANALYSIS OF BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS DEFORMATION CAUSES AND MEASURES TO PREVENT THEM

The construction of buildings and structures often results in foundation deformations even if the ground strength is provided. In certain conditions this can hinder the usage of a building or even result in accidents. On the basis of processing the data of deformed buildings and constructions' examination we have identified and generalized the causes of deformations in systems «basement – foundations – building structures». The article presents the analysis of the causes of buildings' and constructions' deformations and the measures to prevent them.

Key words: ground, construction site, engineering and geological research, basement, foundation, structures, deformations.

Калачук Татьяна Григорьевна, кандидат технических наук, научный сотрудник.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

Калачук Андрей Иванович, директор.
ООО «Универсал»
Адрес: 142004, Московская область, г. Домодедова, ул. Корнеева 40.

Коренькова Г.В., доц.,

Черныш Н.Д., доц.,

Митякина Н.А., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ПРИВЕРЖЕННОСТЬ ТРАДИЦИЯМ РУССКОГО ПРАВОСЛАВНОГО ХРАМОСТРОЕНИЯ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ СПЕЦИАЛЬНЫХ ЗНАНИЙ БУДУЩИХ ПРОЕКТИРОВЩИКОВ

konstrarh@mail.ru

Храм – совершенно особый вид зданий, не соотносимый с другими видами зодчества. Внешний и внутренний облик храма, его структура и формы – все подчинено православной символике и канонам. Необходимо соответствовать не только букве канона, но и духу православного богослужения. Православная церковь всегда была сильна приверженностью к традициям. Тем не менее, процесс храмостроения никогда не был застывшей во времени архитектурой. В течение веков на Руси существовал непрерывный творческий процесс развития церковного зодчества. Вершины своего развития он достиг к началу XX века и был трагически прерван. В последние годы в России строится много новых церквей. Существует надежда, что архитекторы и студенты, будущие зодчие, изучая опыт строительства церквей, проектируя и строя, постепенно возродят прерванную традицию русского храмостроения.

Ключевые слова: храм, храмовая архитектура, православный канон, храмостроительство, преемственность, подготовка специалистов.

Развитие самосознания нашего общества, возвращение ему духовного богатства, которого оно было лишено на протяжении многих десятилетий, поставило определенные требования и к формированию современных культовых зданий и сооружений. Церковное строительство как особая и одновременно значительная по объему часть архитектурной деятельности после семидесятилетнего перерыва возрождается [1].

Возведение храма – ответственный и многогранный процесс. В конечном итоге он должен решать задачи современной церкви, быть архитектурно-художественным объектом, соответствующим православным канонам и строительным нормам, и при этом являться центром сосредоточения духовной и общественной жизни района или города [2].

Начинать строительство храмов необходимо с возвращения к корням национального искусства, так как без корней поиски нового могут оказаться бесперспективными.

Архитектурная концепция и внутреннее декорирование первого византийского крестово-купольного храма были восприняты позже при строительстве православных храмов как канон. Но на его основе, тем не менее, создавались многочисленные варианты проектных решений.

Сейчас представляется, что каноническая храмовая архитектура, присущая древнерусскому зодчеству, может быть воссоздана волевым путем. Теоретическое обоснование этой иллюзии заложено во многих историко-архитектурных исследованиях, не видящих принципиальной разницы между архитектурой

древнерусского храма и храмов Нового времени, между канонической храмовой архитектурой и храмостроительным искусством. Кажется, что если расшифровать символику и закономерности построения форм древнерусских храмов и обеспечить их аутентичное исполнение, то тем самым произойдет возвращение древнерусской храмостроительной системы к жизни. При этом совершенно упускается из вида, что существование этих форм немислимо без выполнения определенных молитвенных, социальных и бытовых условий.

При помощи историко-архитектурных исследований можно достичь знания о существовании системы взаимосвязанностей, но нельзя рассчитывать на то, что открытая архитектурной теорией древнерусская храмостроительная система станет предметом реального переживания и тем самым воплотится в жизнь, ибо для такого воплощения современный человек не имеет жизненных возможностей [3, 4].

Что считать корнями русского храмостроения? Нам представляется, что это допетровское зодчество, которое, находясь в постоянном процессе развития, предлагает бесконечное разнообразие архитектурных форм, способных вдохновить современного архитектора. Древнерусское зодчество с XI по XVII век прошло гигантский путь развития от крестово-купольной системы Киевской Софии до небольших новгородских и псковских храмов, шатровой церкви в с. Коломенском и московских храмов с горкой кокошников. Все это богатство форм может быть

заново пересмотрено и принято на вооружение современными архитекторами.

Это не означает, что нужно слепо следовать образцам прошлого, копировать их объемную композицию и архитектурный декор. Также и новации, вводимые в современную храмовую архитектуру, не должны вступать в противоречие с традиционными решениями.

В настоящее время можно утверждать, что удалось достичь разнообразия построенных и строящихся храмов. Современные храмы имеют различные архитектурные и колористические решения. Человеку, неискушенному в вопросах истории архитектуры и строительства может показаться, что обилие типов храмовых построек привело к тому, что церковным канонам с течением времени постепенно перестали придавать большое значение. Но это не так. Несмотря на различие типов, устройство внутреннего пространства православного храма следует единому правилу [5].

Перемены, произошедшие в 80-х годах в жизни и религиозном сознании людей, привели к необходимости массового строительства новых храмов. Однако семидесятилетний перерыв сказался на отсутствии подготовки специалистов в такой специфической области, как храмо-строительство.

От проектировщика, работающего в области храмо-строительства, требуется овладение многими специальными знаниями как теоретического, в том числе богословского, так и практического, прикладного характера.

Задача строительства большого количества новых храмов может быть успешно решена только при условии наличия достаточного количества квалифицированных проектировщиков и строителей, финансовых средств и поддержки органов власти. Что касается финансовых возможностей застройщиков в лице церковных общин и наличия квалифицированных кадров проектировщиков, то их пока еще не достаточно.

Отсутствие опыта проектирования при потере преемственности в храмо-строительстве и отсутствие проектно-методической базы на данном этапе проектной деятельности может частично компенсироваться соблюдением практикующими архитекторами главного принципа православного храмо-строительства: соблюдение канонической традиции и подчинение личного творчества опыту Церкви [6].

Решать проблему нехватки специалистов в области храмо-строения можно начинать на стадии подготовки будущих проектировщиков. У студентов должны быть специальные знания для такого проектирования: для чего нужен православный храм и как он устроен, какие суще-

ствуют требования Церкви и т.д. Кстати, в XIX веке архитектор создавал в храме все, проектируя и внешний объем, и внутреннее пространство церкви, намечал соответствующие этому пространству схему росписи, облик и конструкцию иконостаса.

Направленность «Проектирование зданий» – это современная строительная специальность, совмещающая высокий уровень инженерной подготовки и подготовки архитектора. Студенты, обучающиеся по этой специальности, овладевают знаниями основных дисциплин: основы архитектурно-конструктивного проектирования; типология и архитектурно-конструктивное проектирование; основы архитектурной графики и рисунок; архитектурный рисунок и основы дизайна; архитектурная и строительная физика; архитектурные конструкции; инженерная графика; современная архитектура; история архитектуры и строительной техники [7].

В итоговой квалификационной работе находят отражение (в той или другой степени) основные вопросы всех изучаемых специальных дисциплин. Тематика итоговых квалификационных работ отражает весь спектр реального проектирования и строительства в настоящее время: жилые комплексы; культурно-оздоровительные центры; дошкольные учреждения; центры современного искусства; концертные залы; производственные здания; музеи и в том числе православные храмы и храмовые комплексы. Можно отметить, что студенты охотно берут в качестве тем дипломных проектов храмы и комплексы, в которые включены и храмовые здания (рис. 1, 2).

Хотя проектирование храмов и осуществляется в соответствии со строго прописанными каноническими требованиями храмо-строительного искусства, основанными на храмо-строительной традиции, а также на нормах и правилах для зданий культового назначения, оно остается одним из наиболее «нетиповых» видов архитектурно-конструкторской деятельности.

Отдельные работы, появившиеся по инициативе самих студентов, в частности дипломные проекты, показали необходимость специальной подготовки и для будущего проектировщика, и для его руководителя, так как проектирование высоких и сложных по архитектуре храмов дело не простое.

Создавать достаточно сложные проекты культовых зданий помогает хорошее владение компьютерной графикой. Компьютерное моделирование как неотъемлемая часть современной проектной деятельности в этом случае также имеет свои особенности. И хотя в каждом новом проекте храма возможность использования ка-

ких-либо библиотек элементов или других заготовок практически исключена, именно компьютерные технологии существенно упрощают и

ускоряют процесс проектирования, особенно в стадии построения сложных геометрических объемов.

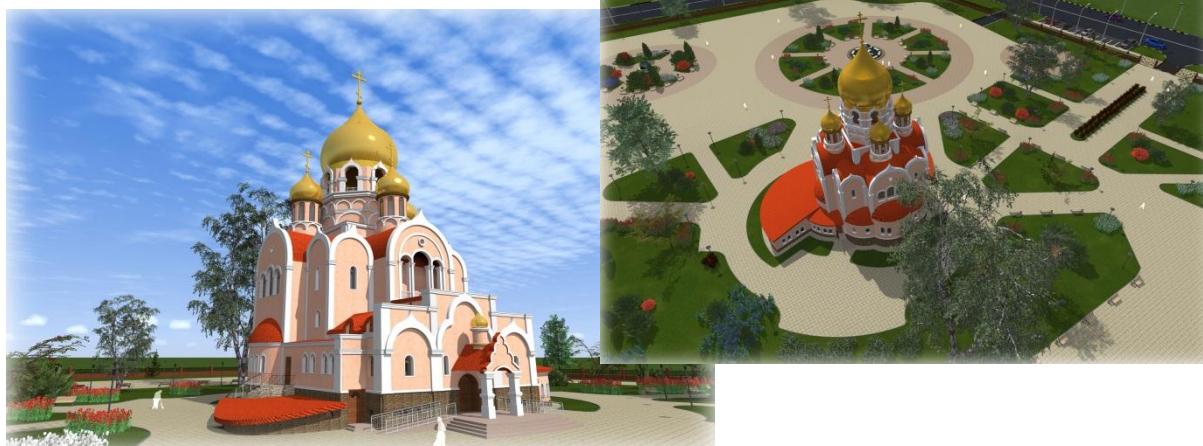


Рис. 1. Дипломный проект студентки Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова Кузик Христины (бакалавр) на тему: «Храм во имя Святого равноапостольного Великого князя Владимира в поселке Таврово Белгородского района».
Руководители: доц. Коренькова Г.В., доц. Цветкова Н.Н.
Выпуск 2015 года

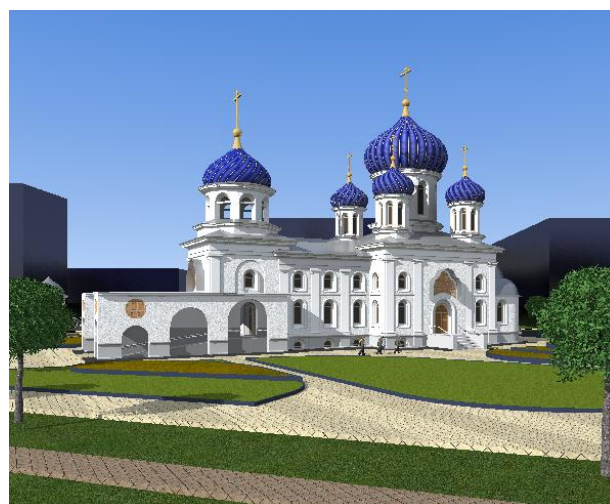


Рис. 2. Дипломный проект студентки Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова Литвиновой Юлии (специалист) на тему: «Приходской храм на 450 прихожан в составе храмового комплекса в г. Белгороде».
Руководители: доц. Митякина Н.А., ст. препода. Зарва В.И.
Выпуск 2015 года

При подготовке будущих проектировщиков особое место уделяется изучению возможностей компьютерных программ, что способствует активному использованию знаний и навыков в этой области [8].

Профессорско-преподавательские коллективы кафедр высших учебных заведений готовящих будущих проектировщиков, архитекторов, строителей могут оказать определенное влияние на формирование отношения студентов к храмостроению.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Черныш Н.Д., Коренькова Г.В. Сохранение традиций в храмостроительстве: монография. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. 128 с.
2. Черныш Н.Д., Коренькова Г.В., Митякина Н.А. Восстановление и строительство православных деревянных храмов на примере Белгородской области / Образование и наука XXI века-2015: сб. материалов конф. XI Междунар. науч.-практ. конф. // (г. Прага, Чехия, 27 июня-5

ноября 2015 г.), Praha: Publishing House «Education and Science» s.r.o., 2015. С. 58–60.

3. МДС 31-9.2003 Православные храмы. Том 1. Идея и образ. Архитектурно-художественный центр Московской Патриархии АХЦ «АРХХРАМ». М.: ГУП ЦПП, 2004.

4. МДС 31-9.2003 Православные храмы. Том 2. Православные храмы и комплексы. Пособие по проектированию и строительству к СП 31-103-99. Московской Патриархии АХЦ «АРХХРАМ». М.: ГУП ЦПП, 2003.

5. Канаев И.П. Каким быть современному православному храму? [Электронный ресурс]. Систем. Требования: URL: <http://ikanaev.ru/Hram.html> (дата обращения :16.04.2016).

6. Черныш Н.Д., Коренькова Г.В., Митякина Н.А. Храмостроительные традиции и нормы / Теоретические и прикладные вопросы образования и науки: сб. науч. трудов Междунар. науч.-

практ. конф.: в 13 ч. Ч. 9, Тамбов: ООО «Консалтинговая компания Юком», 2014. С. 154–155.

7. Черныш Н.Д., Коренькова Г.В., Митякина Н.А. Задачи учебной архитектурно-проектной деятельности в профессиональной подготовке бакалавров строительной отрасли // Достижения и перспективы развития науки. Роль науки в развитии общества: сб. статей студентов, аспирантов, молодых ученых и преподавателей, Уфа: МЦИИ «OMEGA SCIENCE». С. 156–157.

8. Черныш Н.Д. Митякина Н.А. Коренькова Г.В. Архитектурно-конструктивное проектирование в подготовке бакалавров по направлению строительство // Образование и наука: современное состояние и перспективы развития: сб. науч. трудов по матер. Междунар. науч.-практ. конф. 28 февраля 2013 г.: в 10 частях. Ч. 8; М-во обр. и науки РФ, Тамбов: Изд-во ТРОО «Бизнес-Наука-Общество», 2013. С. 157–160.

Korenkova G.V., Chernysh N.D., Mityakina N.A.

COMMITMENT TO THE RUSSIAN ORTHODOX CHURCH ARCHITECTURE TRADITIONS WHEN FORMING SPECIAL KNOWLEDGE OF FUTURE DESIGNERS

Church is absolutely special type of buildings which isn't correlated to other types of architecture. The external and internal image of the church, its structure and forms – everything is subordinated to orthodox symbolic and canons. It is necessary to correspond not only to a letter of a canon, but also spirit of orthodox churches. The orthodox churches were always strong commitment to traditions. Nevertheless, process of a construction of temples was never the architecture which has stiffened in time. Within centuries in Russia there was a continuous creative development of church architecture. He has reached top of the development by the beginning of the 20th century and has been tragically interrupted. In recent years in Russia many new churches are under construction. There is a hope that architects and students, future architects, studying experience of construction of churches, will gradually revive the interrupted tradition of the Russian church architecture.

Key words: church, church architecture, orthodox canon, construction of temples, continuity, training of specialists.

Коренькова Галина Викторовна, доцент кафедры архитектурных конструкций.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

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

E-mail: konstrarh@mail.ru

Черныш Надежда Дмитриевна, доцент кафедры архитектурных конструкций.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

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

Митякина Наталья Анатольевна, кандидат технических наук, доцент кафедры архитектурных конструкций.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

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

¹Сулейманова Л.А., д-р техн. наук, проф.,²Малюкова М.В., канд. техн. наук,¹Погорелова И.А., канд. техн. наук,¹Яковлева Е.А., аспирант,¹Корякина А.А., студент¹Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова²ООО «Завод АрБет»

ДЕКОРАТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ КАК СПОСОБ ЭСТЕТИЧЕСКОГО ОСМЫСЛЕНИЯ ПРОСТРАНСТВА

ludmilasuleimanova@yandex.ru

Хорошо организованная и благоустроенная городская среда не только улучшает качество жизни людей, но и способствует их личностному саморазвитию, воспитывает вкус на базе заложенных в эту среду эстетических принципов.

Ключевые слова: декоративные элементы, плиты тротуарные, городская мебель, эстетическое осмысление, жизненное пространство

Формирование благоприятного жизненного пространства является одной из приоритетных задач для повышения уровня жизни населения. Комфортное жилье, высокоразвитая транспортная и социальная инфраструктура, наряду с высоким уровнем благоустройства территорий позволяет жителям не только функционально, но и эстетически освоить городскую среду.

Под городской средой следует понимать пространство, доступное непосредственному восприятию и активному использованию входящих в нее объектов. Изначально освоение пространства следует начинать с понимания его функционального назначения и архитектурной организации. Большинство городов можно разбить на зоны по их функциональному назначению, это могут быть промышленные районы с соответствующими постройками, исторические центры с совокупностью строений разного предназначения, спальные районы с их пространственной структурой и т.д.

Однако, учитывая особенности каждой зоны необходимо понимать, что человек осваивает среду не только исходя из функционального назначения, но и, пусть даже временами и бессознательно, не обладая специфическими познаниями, на основе эстетических принципов.

В культуре давно выделены виды деятельности, предназначенные для эстетизирования жизненной среды: архитекторы, скульпторы, ландшафтные дизайнеры, а теперь к ним добавляются дизайнеры городской среды. Эти специалисты, работая в различных направлениях по заказу, влияют на удобство и индивидуальный облик города, воплощая свои замыслы и проекты в реальность. Очевидно, что, прежде всего от их

заинтересованности и эстетической концепции будет зависеть качество городской среды. Но они лишь создатели, но есть жители города, не профессионалы. Во многом, они будут влиять на то, станет ли созданная композиция жизнеспособной, поддерживаемой, реставрируемой, или оставит жителей равнодушными, не тронет их, будет отвергнута, и потеряет свое функциональное назначение.

Одним из главных принципов эстетизации городской среды является преодоление монотонности застройки. Задача заключается в целенаправленном введении в пространство визуального разнообразия, путем применения специальных средств: колористических решений, способных выделять разные микрорайоны; использование малых архитектурных форм и зеленых насаждений; благоустройство территорий окружающих здания.

Учитывая, что в городской среде равноправно взаимодействуют как здания и сооружения, так и окружающее их пространство улиц, дорог и площадей, хотелось бы остановиться на элементах благоустройства территорий.

Одним из комментариев, которые оставляют гости города Белгород, часто является широкое использование в городе тротуарной плитки. Причем в последнее время, наблюдается тенденция замены еще неизношенного, но уже морально устаревшего тротуарного покрытия, на новое, отвечающее современным эстетическим тенденциям городской среды (рис. 1).

Активное применение тротуарных плит в качестве элемента тротуарной одежды началось в городе Белгород около 15 лет назад, с

увеличением производства вибропрессованных тротуарных плит, долговечных и износостойких.

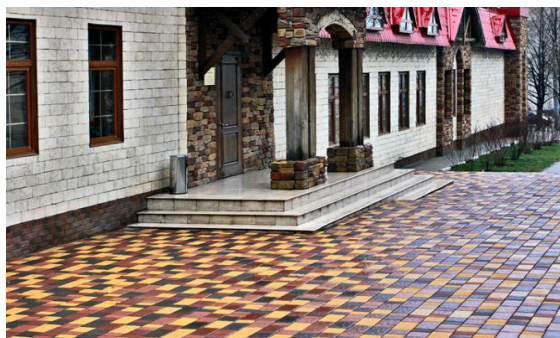


Рис. 1. Тротуарное покрытие, отвечающее современным эстетическим тенденциям городской среды

Изначально плиты имели простую форму прямоугольника и квадрата базовых цветов (серого, красного, желтого и коричневого) и несли в себе исключительно функциональное предназначение, так как имели значительный ряд преимуществ перед аналогами тротуарных покрытий (высокую прочность и морозостойкость, низкое водопоглощение и износ, хорошую ремонтпригодность и экологичность). Предъявление к ним требований по эстетической выразительности и декоративности казалось верхом взыскательности, так как плиты сами по себе были продуктом достаточно инновационным, позволяющим воплотить в жизнь многие проекты по благоустройству [1–17].

Разграничиваются функциональные зоны, заполняется пространство, ландшафтные дизайнеры и архитекторы получают в свой арсенал экономически доступные элементы мощения, способные обрамить окружающее пространство здания, при этом, не испортив его целостное восприятие.

Спрос рождает предложение, а конкуренция заставляет двигаться и развиваться. Появляются новые формы и фактуры, цветовые решения. На сегодняшний день вибропрессованные элементы мощения – это не только функционально значимый элемент благоустройства, но и способ организации пространства, способный решать определенные вопросы по декорированию зон (рис. 2).



Рис. 2. Декорирование зон

Изменение формы изделия позволило создавать объемные решения: геометрические фигуры на плоской поверхности (рис. 3).

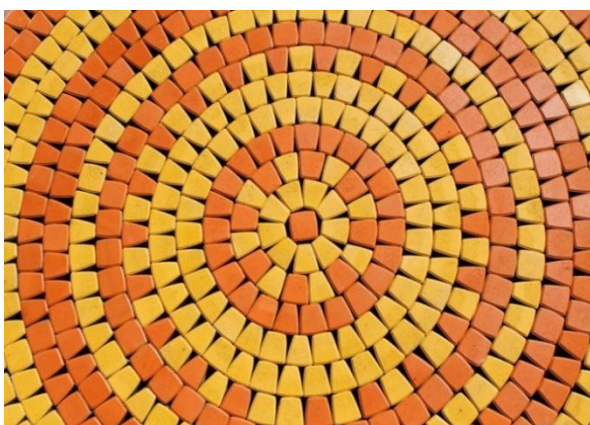


Рис. 3. Декорирование зон

Новые фактуры поверхности позволяют имитировать природные каменные материалы, воздействия природных явлений на поверхность земли (рис. 4).



Рис. 4. Имитация природных каменных материалов

Палитра и способы цветового решения (рис. 5) вибропрессованной продукции имеют практически неограниченные пределы, зависящие только от вкусовых решений и эстетических аспектов. Поверхность продукции окрашивается уже не в один, а сразу в несколько цветов, появляется контрастность или, наоборот, плавные переходы в тональности одного цвета.

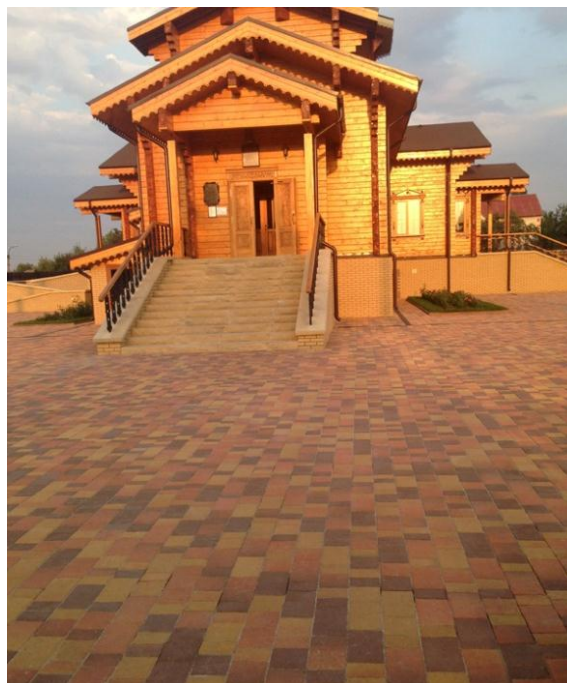


Рис. 5. Способы цветового решения

На сегодняшний день все чаще происходит переосмысление городского благоустройства, идет освоение предметно-пространственного окружения. Одна из задач внешнего благоустройства – повышение разнообразия и художественной выразительности. Наряду с элементами плоскостного благоустройства, развивается объемная обработка поверхности земли (рис. 6) (подпорные стенки, лестницы, пандусы). Поэтому сейчас вибропрессованная продукция разрабатывается коллекциями, в которых, помимо тротуарных плит, входят такие элементы благоустройства территории, как ступени и палисады. Тем самым создается готовое архитектурное решение для плоскостно-объемной организации пространства.

Возможно внесение разнообразия в городскую среду с помощью малых архитектурных форм. Хорошо подобранные вазоны, цветники (рис. 7) во дворах создают благоприятные для глаза городские пейзажи. Позволяют делать эти места запоминающимися, придают им индивидуальный облик. В городском пространстве важно выделять и эстетически подчеркивать функциональные зоны, которые закрепляют устойчивый облик города, являются значимым фактором его внутреннего устройства.

Одним из ярко развивающихся в последнее время направлений малых архитектурных форм является так называемая городская мебель, которая несет в себе возможность не только декоративного, но и утилитарно массового использования. В число объектов городской мебели входят вазоны, цветочницы, ограничители парковки, скамьи, урны и пепельницы. Они могут быть разнообразны по форме, цвету и фактуре. Подчиненные единому архитектурному решению с другими элементами благоустройства, они смогут в полной мере отразить своеобразие природных условий и неповторимость создаваемых объектов.

Использование таких декоративных элементов в городском интерьере может нести в себе функцию полистилистики как эстетического механизма, преодолевающего разрозненность историко-культурных пластов города.

Комфортабельная, хорошо организованная и благоустроенная городская среда не только улучшает качество жизни людей, но способствует их личностному саморазвитию, воспитывает вкус на базе заложенных в эту среду эстетических принципов.

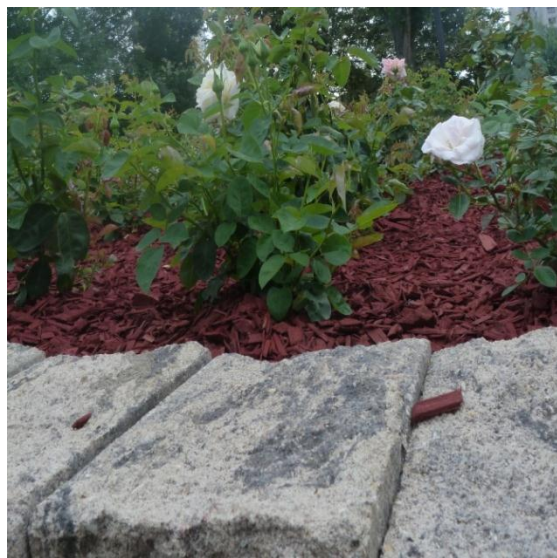
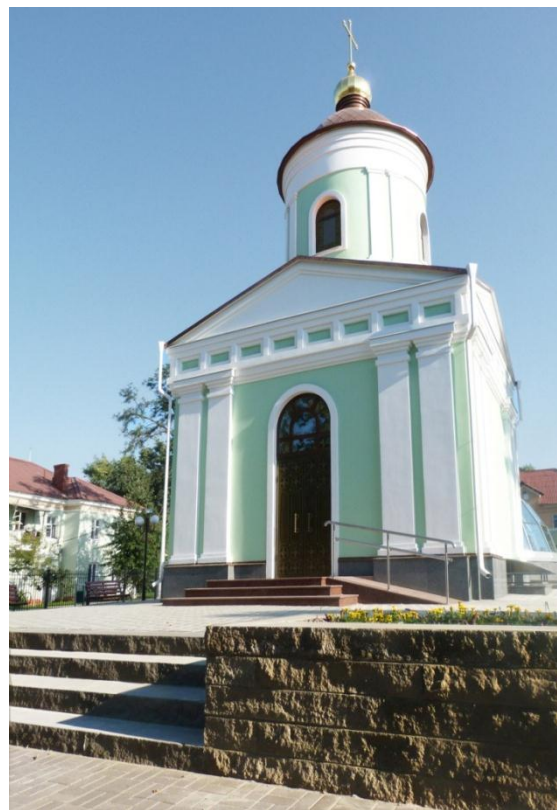


Рис. 6. Объемная обработка поверхности



Рис. 7. Малые архитектурные формы

Хорошо освоенные дворы многоквартирных домов как непосредственное продолжение жилища «вовне» представляют собой совокупное сочетание функциональных зон: спортивно-игровые площадки, беседки и площадки для общения, места для отдыха, декоративные площадки. Результатом этого саморазвития становится нарастающая в обществе потребность к эстетическому осмыслению, существенному качественному улучшению и разнообразию собственного жилого пространства, стимулирует поиск новых пространственных решений и цветовых сочетаний, элементов декора. Это, в частности, хорошо заметно в частном жилом секторе города Белгород. Благодаря организованной эстетически привлекательной городской среде (рис. 8), использованию новых

архитектурных решений, человек индивидуально стремится благоустроить собственный двор жилого дома, привлекая к этому профессионалов, используя современные декоративные материалы.



Рис. 8. Организованная эстетически привлекательная среда

Декоративные элементы благоустройства несут в себе задачу не только функционального, но и эстетического освоения пространства. Тротуарные плиты, мелкоштучные элементы, малые архитектурные формы и городская мебель – все это инструменты, позволяющие качественно улучшить жилую среду человека, способные разбудить в нем стремление к прекрасному, или, наоборот, отвергнуть любое желание к использованию современных технологий и восприятию результатов прогресса. При функциональной организации городской среды, сложно ошибиться, так как по заданным характеристикам всегда можно точно подобрать необходимый материал или изделие. Сделать жилую среду эстетически привлекательной значительно сложнее, так как индивидуальное восприятие среднестатистического жителя и профессионала, часто разнятся. Поэтому, основной задачей производителей декоративных элементов ставится создание таких коллекций и стилистических решений, которые будут понятны, как любителю, так и профессионалу.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пат. RU 2084416. Способ изготовления декоративных строительных изделий и/или декоративных покрытий / Б.Э. Юдович, Ю.В. Сорокин, В.Р. Фаликман, С.А. Зубехин, Н.Ф. Башлыков, Р.Л. Серых, Кадаваль-и-Фернандес-де-Лесета Альфонсо-Карлос, Луис-Мануэль-Рон-Рувидал. Оpubл. 20.07.1997.
2. Пат. RU 2175913. Способ изготовления имитирующего природный камень искусственного строительного камня и устройство для его осуществления. Оpubл. 20.11.2001.
3. Сулейманова Л.А., Сулейманов А.Г., Ерохина И.А. Общая закономерность получения материалов с высокими качественными показателями // Проблемы экологии: наука, промышленность, образование: сб. докл. III Междунар. научн.-практ. конф. Белгород: Изд-во БГТУ 2006. № 15. С. 155–163.
4. Петер Вебер. Цветной бетон – влияние, оказываемое на цвет процессами производства, ухода и состаривания // CPI - Международное бетонное производство. 2007. №6. С. 32–37.
5. LANXESS. Цветные бетоны: указания к технологии изготовления // CPI – Международное бетонное производство. 2008. № 6. С.80-86.
6. Пат. № 2476312. Способ изготовления изделий из цветного архитектурного бетона и изделие, полученное этим способом / Н.Н. Щербин, А.А. Боблак, М.В. Малюкова; заяв. и патентообл. ООО «БЗ АрБет». Заявка № 2011139350/03, заявл. 27.09.11; опубл. 27.02.13; Бюл. № 6. – 3 с.
7. Сулейманова Л.А., Малюкова М.В. Высолы (выцветы) на поверхности бетонных изделий // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2012. №3. С. 28–31.
8. Kharkhardin A.N., Suleymanova L.A., Kara K.A., Malyukova M.V., Kozhukhova N.I. The Determination of Topological Properties in Polydispersed Mixtures on the Results of Sieve Laser and Particle Size Analysis // World Applied Sciences Journal. 2013. Т. 25. №2. С. 347–353.
9. Шейченко М.С., Алфимова Н.И., Попов М.А., Калатози В.В. Мелкоштучные изделия на основе композиционных вяжущих с использованием отходов ковдорского месторождения // В сборнике: Инновационные материалы и технологии (XX научные чтения) Материалы Международной научно-практической конференции. 2013. С. 302–305.
10. Suleymanova L.A., Kara K.A., Malyukova M.V., Suleymanov K.A. The influence of technological factors on the basic properties of vibropressed concrete paving slabs. Research Journal of Applied Sciences. 2014. Т. 9. № 11. С. 874–878.
11. Сулейманова Л.А., Гридчин А.М., Малюкова М.В., Морозова Т.В. Повышение архитектурной выразительности плит бетонных тротуарных // В сборнике: Научные технологии и инновации. Юбилейная Международная научно-практическая конференция, посвященная 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова (XXI научные чтения). 2014. С. 347–353.
12. Малюкова М.В., Агаркова Т.В. Перспективное направление модифицирования вибропрессованных бетонов // Международная научно-практическая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова: сб. тез. докл. – Белгород, 2014. С. 4–7.
13. Сулейманова Л.А., Малюкова М.В. Вибропрессованные плиты бетонные тротуарные с полифункциональной матрицей. Белгород: КОНСТАНТА, 2014. 144 с.
14. Малюкова М.В., Анучкин Я.А., Шураков И.М., Плехова С.И. Основные факторы, влияющие на цвет вибропрессованных плит бетонных тротуарных // В сборнике: Современные строительные материалы, технологии и конструкции. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию ФГБОУ ВПО "ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова". Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Грозненский

государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова» (ФГБОУ ВПО «ГНТУ»), г. Грозный. 2015. С. 260–265.

15. Сулейманова Л.А., Кара К.А., Малюкова М.В. Комплексное влияние параметров вибропрессования на свойства плит бетонных тротуарных с полифункциональной матрицей // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 2. С. 41–44.

16. Яковлева Е.А., Плехова С.И., Шураков И.М., Анучкин Я.А. Пути повышения архитектурной выразительности декоративных

бетонов // В сборнике: VII Международный молодежный форум "Образование, наука, производство" Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2015. С. 905–909.

17. Корякина А.А., Севостьянова К. И., Сулейманова Л.А. Колористика предметно-пространственной среды // Международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых: сб. тез. докл. – Старый Оскол: ООО «Ассистент плюс», 2016. С. 66–68.

Suleymanova L.A., Malyukova M.V., Pogorelova I.A., Yakovleva E.A., Koryakina A.A.

DECORATIVE ELEMENT AS A WAY OF AESTHETIC COMPREHENSION OF SPACE

A well-organized and comfortable urban environment not only improves the quality of life of people, but also contributes to their personal self-development, raise a taste on the base of applicable in this environment aesthetic principles.

Key words: *decorative elements, paving slabs, urban furniture, aesthetic understanding, the living space.*

Сулейманова Людмила Александровна, доктор технических наук, профессор, и.о. зав. кафедрой 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

Малюкова Марина Валерьевна, кандидат технических наук, главный технолог.

ООО «Завод АрБет».

Адрес: Россия, 308000, Белгород, Энергетиков, 2

E-mail: marishka5687@rambler.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

Яковлева Екатерина Александровна, инженеркафедры строительства и городского хозяйства.

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

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

E-mail: ekaterina.yakovleva2710@yandex.ru

Корякина Алина Александровна, студентка

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

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

E-mail: alinakoryakina@mail.ru

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

Ильина Т.Н., д-р техн. наук, проф.,
Бойчук И.П., канд. техн. наук, доц.,
Емельянов Д.А., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова

О ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ЧАСТИЦ ТЕХНОГЕННЫХ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ В ВОЗДУШНОМ ПОТОКЕ*

ilina50@rambler.ru

Исследовано движение частиц техногенных волокнистых материалов в воздушном потоке под действием центробежных сил. Рассмотрена совокупность сил, действующих на частицу в процессе движения материально-воздушного потока в торообразной камере. Представлено математическое описание движения газодисперсного потока.

Ключевые слова: техногенные волокнистые материалы, двухфазные потоки, скорость витания, агломерация, пневмомеханический гранулятор.

Введение. При комплексной переработке и утилизации различных техногенных материалов экономия топливно-энергетических ресурсов является одной из актуальных задач. Многие техногенные образования, в частности отходы предприятий целлюлозно-бумажной промышленности, являются ценным технологическим сырьем и могут быть вовлечены в технологическое производство с целью получения композиционных материалов с последующим изготовлением из них материалов гражданского и промышленного назначения.

В БГТУ им. В. Г. Шухова спроектирован и изготовлен малотоннажный технологический комплекс для производства экструдированных техногенных материалов, который является инновационным предприятием по производству конкурентоспособных стабилизирующих добавок для щебеночно-мастичного асфальтобетона [1, 2]. В процессе наладки и эксплуатации технологического комплекса была выявлена необходимость исследования поверхностных свойств техногенных волокнистых материалов с целью разработки устройства для предварительной агломерации измельченных материалов, что позволит снизить нагрузку на фильтр и вернуть в производство часть унесенного воздушным потоком материала.

Основная часть. Для повышения эффективности работы комплекса необходимо производить предварительное уплотнение измельченного волокнистого материала, что обеспечивает лучшие условия работы основного гранулятора. В связи с этим был разработан

патентнозащищенный аппарат для пневмомеханического гранулирования техногенных материалов. Аппарат включает в себя бункер с патрубком, две торообразные камеры, расположенные вертикально, соединенные между собой разгонной трубкой. За счет использования в аппарате торообразных камер достигается наибольшая совокупность сил, вызванных изменением направления движения воздуха [3].

Для изучения процесса гранулирования при утилизации техногенных волокнистых материалов были произведены исследования их физико-химических параметров: размер и форма частиц, скорость их витания при различной объемной концентрации, удельная поверхность и другие поверхностные свойства [4, 5].

Для исследования способности частиц к агломерации в воздушном потоке создана экспериментальная установка (рис. 1).

Установка состоит из двух торообразных камер, верхней (1) и нижней (2), расположенных горизонтально одна над другой. Подача воздушно-материальной смеси осуществляется по трубопроводу (3), который тангенциально соединен с верхней торообразной камерой. В торообразной камере на поток действуют центробежные силы, благодаря которым происходит агломерация частиц материала. После этого агломераты перемещаются во вторую камеру и дополнительно уплотняются и увеличиваются в размерах. Затем частицы микрогранул попадают в бункер (4), где сформованный микрогранулят ссыпается вниз, а освобожденный от них воздух устремляется

вверх и уходит из бункера через зонд в выхлопную трубу (5).

Исходным материалом для настоящих исследований служит измельченный в шредере и молотковой дробилке картон и плотная бумага типа ватман. Истинная плотность измельченного картона составляет 680 кг/м^3 , плотность измельченного ватмана – 889 кг/м^3 .

Средний размер частиц – $6,8 \text{ мкм}$. Для изучения гидродинамических характеристик были произведены замеры скорости воздушного потока в установке. По полученным данным произведен расчет критерия Рейнольдса, который, согласно полученным результатам, соответствует турбулентному режиму.



Рис. 1. Экспериментальная установка для исследования способности волокнистых частиц к агломерации в воздушном потоке

Движение в торообразной камере.

Движение дисперсной фазы в торообразном грануляторе носит исключительно сложный характер и в настоящее время не существует точных математических моделей его описания. На движение дисперсной фазы существенное влияние оказывают следующие факторы [6, 7]:

1. Полидисперсность классифицируемых материалов. Наиболее мелкие частицы, подверженные влиянию турбулентных пульсаций воздуха, образуют своеобразную «аэрозольную жидкость», движение которой описывается законами механики сплошной гетерогенной среды. Движение более крупных частиц происходит в усредненном аэродинамическом поле и сохраняет упорядоченный траекторный характер. Движение этих частиц описывается законами классической механики твердых материальных частиц.

2. Стесненный характер движения частиц. Данный фактор проявляется при высоких значениях весовой концентрации твердой фазы ($\mu \geq 20 \text{ кг/кг}$). Поскольку характер движения частиц зависит от их размеров, то наряду с полной весовой концентрацией материала μ , следует рассматривать и фракционную весовую концентрацию μ_i для частиц со средним по фракции размером δ_i .

3. Взаимодействие частиц с твердыми поверхностями торообразного гранулятора. В том случае, когда частицы являются упругими телами, в результате взаимодействия с твердыми поверхностями происходит отскок частиц, их интенсивное закручивание, в результате чего траектории движения частиц резко изменяются, что оказывает двойное влияние на процесс грануляции. Поэтому необходим анализ особенностей движения частиц во внутреннем пространстве торообразной камеры.

Описание гетерогенных потоков будем производить с точки зрения эйлерово - лагранжева подхода. В этом случае уравнения движения газовой фазы будут задаваться в эйлеровом подходе, а движение дисперсной фазы будет задаваться интегрированием уравнений движения лагранжева подхода вдоль траекторий газовой фазы. Такой подход даст нам возможность получения детальной информации о движении изолированной частицы в известном поле несущего газа.

Движение вязкой несжимаемой жидкости описывается системой уравнений неразрывности, импульса и энергии:

$$\text{div} \vec{V} = 0, \quad (1)$$

$$\frac{\partial \vec{V}}{\partial t} + (\vec{V} \cdot \nabla) \vec{V} = \vec{f} - \frac{1}{\rho} \text{grad } p + \nu \Delta \vec{V}, \quad (2)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} + \vec{V} \cdot \text{grad} T = a \Delta T, \quad (3)$$

где $\vec{V}$ – вектор скорости, ρ – плотность, p – давление, T – температура, ν – коэффициент кинематической вязкости, a – коэффициент температуропроводности, $\vec{f}$ – плотность распределения объемных сил.

Движение частицы в газовой среде описывается уравнениями движения твердого тела

$$m \frac{d\vec{v}}{dt} = \sum_i \vec{F}_i, \quad (4)$$

$$\frac{d\vec{L}_o}{dt} = \sum_i \vec{M}_o(\vec{F}_i), \quad (5)$$

где $\vec{v}$ – скорость движения частицы, $\sum_i \vec{F}_i$ – главный вектор действующих на частицу в газовом потоке сил соответственно, $\vec{L}_o$ – главный момент количества движения тела относительно центра O , $\sum_i \vec{M}_o(\vec{F}_i)$ – главный момент действующих на частицу сил относительно того же центра.

Система уравнений (1) – (5) замыкается уравнением состояния газа, а также начальными

и граничными условиями для газовой и дисперсной фазы.

В общем случае на частицу, движущуюся в потоке газа, могут оказывать влияние различные силовые факторы; сила тяжести, сила аэродинамического сопротивления, архимедова сила, сила Магнуса, сила Сэфмена, сила турбофореза и сила термофореза. Наличие либо отсутствие влияния той или иной силы и степень этого влияния определяется в каждом конкретном случае условиями самой задачи. Механизм возникновения и выражения для данных сил описаны в многочисленной литературе (см., например, [7]). При этом следует учитывать, что приведенные выражения описывают осредненные значения действующих на частицу сил. Такое задание силовой нагрузки не позволяет учесть влияние турбулентности несущей среды на величину этой нагрузки. А при решении системы уравнений (4) – (5) желательно знать мгновенные значения сил.

Расчет движения изолированной частицы в торообразной камере. Будем рассматривать движение воздушной смеси согласно [8]. Пусть внутренний объем торообразной камеры ограничен тороидальной поверхностью с радиусом круглой осевой линии r_1 и радиусом круглого поперечного сечения в меридиональной плоскости r_2 (рис. 2 а).

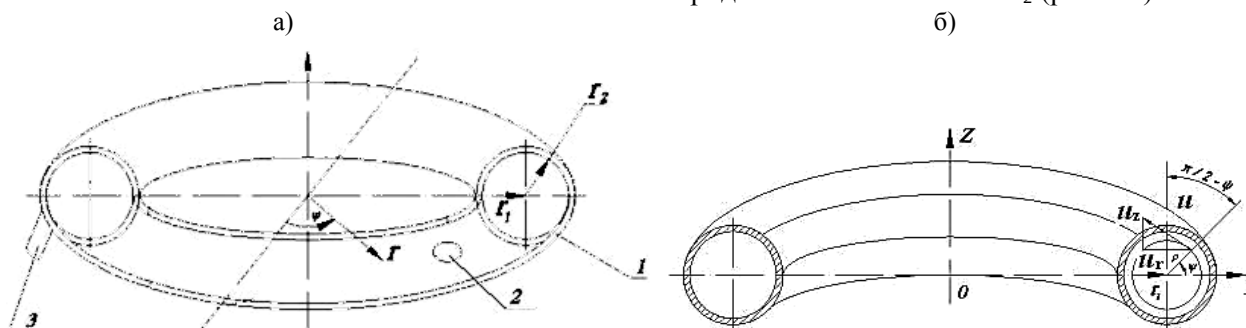


Рис. 2. Торообразный гранулятор: а) ступени гранулятора: 1 – торообразный гранулятор; 2 – отверстие для выхода тонкой фракции; 3 – загрузочное отверстие для входа материала;

б) локальная полярная система координат в меридиональном сечении торообразного гранулятора

Внутреннее пространство смесительной камеры в цилиндрической системе координат (r, φ, z) ограничено неравенствами:

$$r_1 - r_2 \leq r \leq r_1 + r_2; \quad 0 \leq \varphi \leq 2\pi; \quad -r_2 \leq z \leq r_2. \quad (6)$$

При этом координаты r и z связаны между собой уравнением тороидальной поверхности:

$$(r_1 - r_2)^2 + z^2 = r_2^2. \quad (7)$$

Одним из способов интенсификации процессов грануляции, протекающих в

газодисперсных потоках, является их закрутка вокруг оси канала. При этом повышение эффективности окатывания частиц достигается за счет действия центробежных сил, увеличения относительной скорости движения фаз, возникновения вторичных течений. Для описания характера движения воздушного потока в торообразном грануляторе представим в первом приближении, что тор имеет неограниченно большие размеры. В этом случае движение воздушной и дисперсной фазы в нем можно рассматривать как движение по трубе бесконечно большой длины.

В зоне движения торообразного гранулятора возникает сплошной пространственный поток, в котором линии тока воздуха "навиваются" на concentрические торовые поверхности. Следует выделить две основные составляющие движения этого потока: вращательное движение воздушного потока вокруг оси OZ и вращение потока в меридиональных плоскостях.

Величина и распределение окружной скорости воздушного потока при его вращении вокруг оси OZ, является частным случаем закона площадей и имеет вид:

$$u_{\varphi} = \omega_1 r, \quad (8)$$

где ω_1 – угловая скорость воздушного потока, r – текущий радиус произвольной точки неподвижной системы координат.

Движение воздушного потока в меридиональных плоскостях вокруг криволинейной оси тора также подчинено закону площадей:

$$u_{\psi} = \omega_2 \rho, \quad (9)$$

где u_{ψ} – линейная скорость вращения воздуха в локальной полярной системе координат (рис. 2 б), ω_2 – меридиональная угловая скорость, ρ – текущий радиус в локальной системе координат.

Из рис. 2 б, следует связь между координатами точек в неподвижной и локальной системах координат:

$$r = r_1 + \rho \cdot \cos \psi, \quad z = \rho \cdot \sin \psi, \quad (10)$$

а также выражения для составляющих скорости воздушного потока в неподвижной цилиндрической системе координат:

$$u_{\varphi} = \omega_1 \cdot r; \quad u_r = -\omega_2 \cdot z;$$

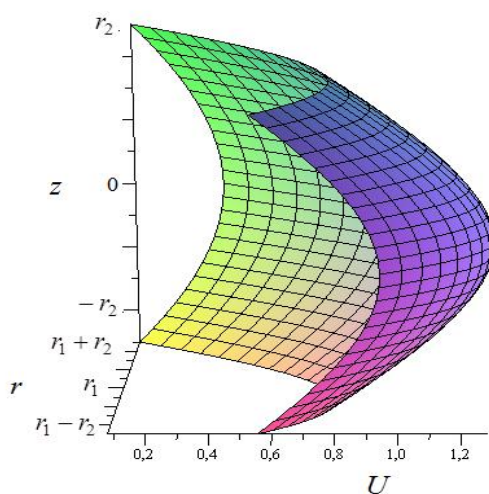


Рис. 3. Эпюра векторов скорости

$$u_z = \omega_2 (r - r_1). \quad (11)$$

В реальных условиях движение воздушного потока в торообразном грануляторе турбулизировано. Соотношения (11) не учитывают турбулентных пульсаций скорости воздушного потока, а описывают лишь усредненное по времени аэродинамическое поле, определяющее движение лишь сравнительно крупных частиц компонентов смеси. Эпюра векторов скорости $U = (u_r, u_{\varphi}, u_z)$ движения воздушной среды и профиль скорости в плоскости (r, φ) представлены на рис. 3 и 4.

Винтовое движение является наиболее общим и универсальным случаем движения воздуха в трубопроводах. Движение воздушного потока возникает за местными сопротивлениями весьма устойчиво и напоминает вращение твердого тела. Качественной характеристикой закрутки воздушного потока является угол скоса ξ – угол между фактическим направлением полной скорости потока и осью трубопровода. Угол скоса вблизи стенки трубопровода достигает $\xi = 14^\circ$. Можно предположить, что это значение угла скоса справедливо для движения воздушных потоков в торообразном грануляторе, представляющей собой закольцованный трубопровод круглого сечения (рис. 2 а). В этом случае получим:

$$\frac{u_{\psi}|_{\rho=r_2}}{u_{\phi}|_{r=r_1}} = \tan \xi \approx 0,25. \quad (12)$$

Отсюда, учитывая соотношения (8) и (9), получим связь между угловыми скоростями:

$$\omega_2 = 0,25 \omega_1 \frac{r_1}{r_2}. \quad (13)$$

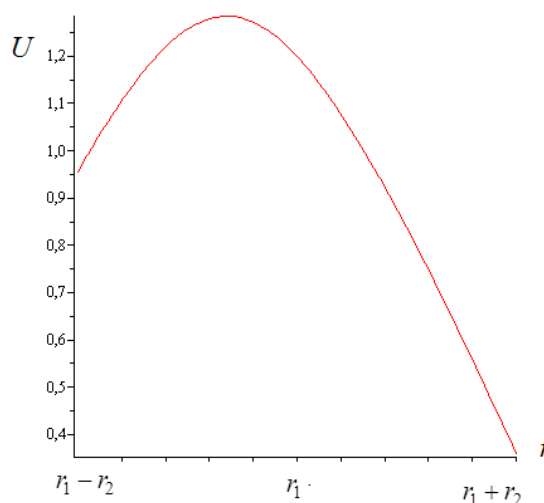


Рис. 4. Профиль скорости в плоскости (r, φ)

Движение дисперсной фазы. В силу того, что приблизительно 70 % частиц материала, движущегося в торообразном грануляторе, имеет средний размер (5–20) мкм, то влиянием турбулентных пульсаций несущего газа и действием сторонних (внешних) сил [9] на их движение можно пренебречь.

Рассмотрим движение сферической частицы в торообразном грануляторе. При этом будем предполагать, что температура частицы остается постоянной, а основное влияние на движение оказывает сила аэродинамического сопротивления $F_x = C_x \cdot S \cdot \rho \cdot |\vec{V} - \vec{v}|(\vec{V} - \vec{v})/2$ и сила тяжести $\vec{G} = m\vec{g}$ [10], где C_x – коэффициент аэродинамического сопротивления среды, S – площадь миделевого сечения частицы, ρ – плотность воздуха, V – скорость воздуха, v – скорость частицы. В этом случае уравнения движения частицы будут заданы следующим образом [7]:

$$\frac{dv_i}{dt} = \frac{u_i - v_i}{\tau_p} \pm g, \quad i = 1, 2, 3, \quad (14)$$

$$v_r = \exp \left(-r + \tau \omega_2 z W \left(-\frac{\exp \left(\frac{r}{\tau \omega_2 z} \right) \exp(-1)}{\omega_2 z \exp \left(\frac{C_1}{\tau \omega_2 z} \right)} \right) + \tau \omega_2 z + C_1 \right) / \tau \omega_2 z - \omega_2 z, \quad (19)$$

$$v_\varphi = \omega_1 r + \exp \left(-\frac{\varphi}{\tau \omega_1} \right) \cdot C_2, \quad (20)$$

$$v_z = F_1(W), \quad (21)$$

где W – функция Ламберта [11], $F_1(W)$ – линейная комбинация функций Ламберта с аргументами, зависящими от r , z и константы C_1 . В силу громоздкости $F_1(W)$ не приводится. Константы могут быть найдены из начальных условий (18).

Последние уравнения (19) – (21) моделируют характер движения двухфазного потока в тороидальных камерах пневмомеханического гранулятора.

Вывод. Представлены уравнения движения газодисперсной системы в тороидальных камерах пневмомеханического гранулятора, которые являются предпосылкой для описания процессов агломерации частиц в поле центробежных сил материально-воздушного потока.

* Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ и правительства Белгородской области в рамках научного проекта №14-41-08054 р_офи_м.

где τ_p – время динамической релаксации частиц. После перехода от производных по времени к производным по координатам получим систему уравнений в системе координат, связанной с движущейся жидкостью:

$$v_r \frac{dv_r}{dr} = \frac{u_r - v_r}{\tau_p}, \quad (15)$$

$$\omega_1 \frac{dv_\varphi}{d\varphi} = \frac{u_\varphi - v_\varphi}{\tau_p}, \quad (16)$$

$$v_z \frac{dv_z}{dz} = \frac{u_z - v_z}{\tau_p} - g. \quad (17)$$

Замыкается система начальными условиями:

$$v_r(0) = v_{r0}, \quad v_\varphi(0) = v_{\varphi0}, \quad v_z(0) = v_{z0}. \quad (18)$$

Система уравнений (15)–(17) совместно с уравнениями (13) имеет аналитическое решение:

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Глаголев С.Н., Севостьянов В.С., Гридчин А.М., Уральский В.И., Севостьянов М.В., Ядыкина В.В. Ресурсо-энергосберегающие модули для комплексной утилизации техногенных материалов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. № 6. С. 102–106.
2. Пат. 2567519 Российская Федерация, МПК А23К 1/20. Технологическая линия и способ для экструдирования техногенных волокнистых материалов / С.Н. Глаголев, В.С. Севостьянов, А.М. Гридчин, М.В. Севостьянов, П.А. Трубаев, В.И. Уральский, В.И. Филатов, А.В. Кошуков; заявитель и патентообладатель БГТУ им. В.Г. Шухова. № 2014149776/13, заявл. 09.12.2014; опубл. 10.11.2015, Бюл. № 31. 10 с.
3. Пат. 2538579 Российская Федерация, МПК В01F13/10. Устройство для пневмомеханического гранулирования техногенных материалов / В.С. Севостьянов, Т.Н. Ильина, М.В. Севостьянов, Д.А. Емельянов, А.В. Кошуков; заявитель и патентообладатель БГТУ им. В.Г. Шухова. № 2013137715/05, заявл. 12.08.2013; опубл. 10.01.2015, Бюл. № 1. 7 с.

4. Емельянов Д.А., Ильина Т.Н. О скорости витания техногенных волокнистых материалов // Актуальные проблемы развития науки и образования: Сб. научн. трудов по материалам Междунар. научно-практ. конф., (Москва, 5 мая 2014 г.), Москва: «АР-Консалт», 2014. Ч.4. С. 109-112.
5. Емельянов Д.А., Плотников К.В. О влиянии объемной концентрации техногенных волокнистых материалов на коэффициент формы частиц в материально-воздушном потоке // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2015. № 3. С. 91–95.
6. Шиляев М.И., Шиляев А.М. Аэродинамика и тепломассообмен газодисперсных потоков: учеб. пособие.- Томск: Изд-во Томск. гос. архит.-строит. ун-та, 2003. 272 с.
7. Вараксин А.Ю. Турбулентные течения газа с твердыми частицами. М.: Физматлит, 2003. 192 с.
8. Ермилов Р.А. Разработка детерминированной математической модели движения газодисперсного потока в торообразном осадителе [Электронный ресурс] / Материалы VII Международного молодежного форума «Образование. Наука. Производство». Белгород. 2015.
9. Артюхов А.Е., Фурса А.С., Москаленко К.В. Классификация и сепарация гранул в вихревых грануляторах // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2015. № 5. С. 15–18.
10. Перелыгин Д.Н., Севостьянов В.С., Бойчук И.П., Кузнецова И.А. Исследование ударного контакта абразивных частиц с футеровкой вихре-акустического диспергатора // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. №2. С. 122–125.
11. Valluri S.R., Jeffrey D.J., Corless R.M. Some applications

Il'ina T.N., Boichuk I.P., Emelyanov D.A.

ABOUT THE INTERACTION OF PARTICLES OF TECHNOGENIC FIBROUS MATERIALS IN THE AIR FLOW

Researched the motion of particles of technogenic fibrous materials in the air flow under the action of centrifugal forces. Reviewed the totality of the forces acting on the particle during the motion of material-air flow in the toroidal chamber. Presented the mathematical description of motion of gas-dispersed flow.

Key words: *technogenic fibrous materials; two-phase flow; soar velocity; agglomeration; rotor granulator.*

Ильина Татьяна Николаевна, доктор технических наук, профессор кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

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

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

E-mail: ilina50@rambler.ru

Бойчук Игорь Петрович, кандидат технических наук, доцент 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: igor_boichuk@mail.ru

Емельянов Дмитрий Александрович, аспирант 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: dimon8-8@mail.ru

Андрущак С.В., аспирант,
Беседин П.В., д-р техн. наук, проф.,
Алексеев С.В., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

РАЗРАБОТКА ЭКСТРЕМАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОДАЧЕЙ ШЛАМА В ЦЕМЕНТНУЮ ПЕЧЬ

sg-bel@mail.ru

Рассмотренная методика экстремального управления подвижностью шлама при механическом воздействии позволяет эффективно снизить энергозатраты на получение клинкера за счет уменьшения количества воды, используемой для разжижения шлама на 5...9 % при воздействии вибрирующего органа в диапазоне частот от 10 до 35 Гц. При этом снижается расход тепла на испарение влаги в печном агрегате, а также уменьшается количество электроэнергии, потребляемой насосами при перекачивании шлама. Особенно важно то, что значительно увеличивается подвижность шламов, приготовленных на основе сырьевых материалов с высокой гигроскопичностью. Рассмотренную методику управления подвижностью можно применить не только для шлама, но и для других неньютоновских бингамовских жидкостей, таких как очень густые суспензии и пасты.

Ключевые слова: экстремальное управление, цементный шлам, реологические свойства шлама, математическая модель, механические воздействия.

Введение. В цементной технологии мокрого способа производства цемента около 40 % топлива, расходуемого на обжиг клинкера, затрачивается на испарение воды, которая обеспечивает подвижность шлама [1]. Известно также, что снижение влажности шлама на 1% приводит к экономии топлива, расходуемого на обжиг клинкера, на 5 % [2, 3, 4], при этом снижение влажности шлама приводит к увеличению производительности печей.

На подвижность шламов оказывает заметное влияние воздействие вибрирующих органов [5, 6]. Особенно важно то, что вибрирующее воздействие значительно увеличивает подвижность шламов с высокой гигроскопичностью. Например, шлам с растекаемостью 52 мм в результате вибровоздействия увеличил свою подвижность более чем в 11 раз.

В результате экспериментальных исследований было установлено, что виброобработка позволяет снизить влажность транспортируемых шламов на 5...9 % при воздействии в диапазоне частот от 10 до 35 Гц, т.е. данная зависимость вязкости шлама имеет экстремальный характер [7]. При этом заранее неизвестно точное оптимальное значение частоты, так как цементные заводы имеют сырьевые материалы различной минералогической природы, а также это значение может «смещаться» на каждом конкретном заводе из-за изменений реологических свойств шламов. Для решения поставленной задачи был разработан способ регулирования подачи шлама в цементную печь [8], а также методология нечеткого вывода в задаче управления дозированием шлама [9, 10].

Однако, учитывая особенности реологических свойств перекачиваемого шлама, в частности, его вязкость и подвижность, имеющих экстремальный характер изменения этих свойств, при воздействии вибрирующих органов, то для реализации процесса управления подвижностью шлама стало целесообразным применить систему управления, из класса адаптивных самонастраивающихся (экстремальных) систем автоматического управления.

Целью исследования является разработка математической модели для реализации экстремальной системы управления подвижностью шлама при механическом воздействии на него вибрирующего органа, где поиск экстремума реализован по методу измерения производной с помощью шагового алгоритма.

Методология

Структура объекта управления
и его математическая модель

Задача оптимального управления подвижностью шлама состоит в определении закона $\omega(t)$ изменения во времени частоты вибрации, при котором перепад давления в вибрирующем патрубке, через который протекает шлам, имеет максимальное значение (рис. 1). При максимальном перепаде давления достигается наилучшая подвижность шлама для его перекачивания с помощью шламового насоса, а также существуют значения частоты вибрации, при которых достигается максимальное значение перепада давления в условиях дрейфа, вызванного изменением влажности шлама $w(t)$. В общем случае уравнение безынерционного экстремального объекта регулирования имеет вид:

$$\eta = f(\omega_1, \dots, \omega_m, w_1, \dots, w_n). \quad (1)$$

$$f(\omega_1^*, \dots, \omega_m^*, w_1, \dots, w_n) \geq f(\omega_1, \dots, \omega_m, w_1, \dots, w_n). \quad (2)$$

Функция f обладает тем свойством, что для каждого фиксированного набора чисел $w_1, \dots, w_n \in \Omega_w$ существует набор $\omega_1^*, \dots, \omega_m^*$, при котором f достигает минимума или максимума. Это означает в случае максимума, что

Далее стоит отметить, что для любого набора $w_1, \dots, w_n$ набор $\omega_1^*, \dots, \omega_m^*$ единственный (функция f имеет только одну точку экстремума-минимума).

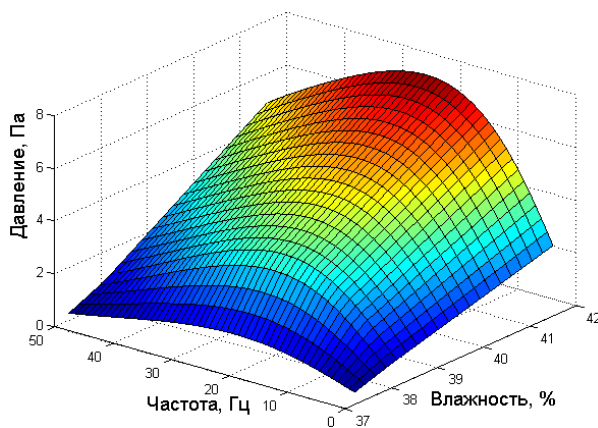


Рис. 1 Экстремальная зависимость перепада давления от частоты вибрации и влажности сырьевого шлама

Безынерционность объекта позволяет упростить структуру адаптивного регулятора, что математически означает: $\omega_k(t) = \beta_k$ ($k = \overline{1, m}$). Другими словами, управляющее воздействие формируется как настраиваемые параметры (из условия $\max f$), т.е. управляющими параметрами.

Таким образом, уравнение экстремального объекта принимает вид

$$\eta = f(\beta_1, \dots, \beta_m, w_1, \dots, w_n), \quad (3)$$

где $\beta_i(t)$ ($i = \overline{1, m}$) - управляющие настраиваемые параметры.

Подвижность шлама, как объект экстремального управления является однопараметрическим, т.е. имеет один управляющий (оптимизирующий) параметр – частоту вибрации вибратора.

Уравнение однопараметрического объекта имеет вид:

$$\eta = f(\beta, w). \quad (4)$$

В структуру математической модели объекта управления (рис. 2), созданной в среде Simulink, для исследования динамики экстремального управления подвижностью шлама входят следующие компоненты: электродвигатель (Engine), вибратор (Vibrator), датчик (Sensor) и экстремальная характеристика объекта (Extreme), входными сигналами для которой являются частота вибрации (frequency) и влажность шлама (humidity), а выходным – перепад давления на участке трубопровода с вибратором.

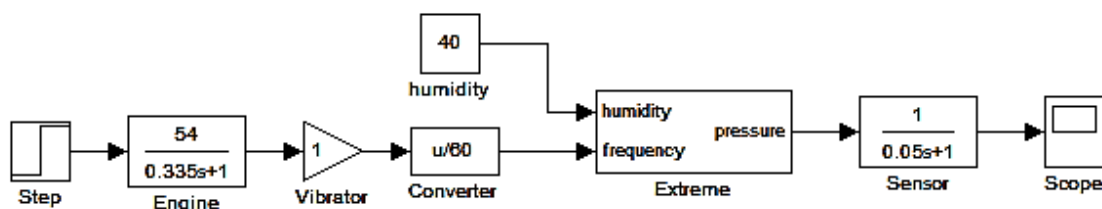


Рис. 2 Структурная модель объекта управления виброобработкой шлама в среде Matlab Simulink

Учитывая дополнительную информацию об объекте управления, полученную в ходе экспериментальных исследований, далее будем полагать, что объект одноэкстремальный, а характеристика f – непрерывная и непрерывно-дифференцируемая функция своих аргументов. Инерционностью экстремального объекта можно пренебречь, поскольку главной задачей в системе экстремального регулирования является отслеживание дрейфа экстремума статической

характеристики объекта, поэтому рассматриваемую систему можно отнести к классу статических самонастраивающихся систем.

Существуют следующие методы поиска экстремума в однопараметрических экстремальных системах:

- измерение производной;
- запоминание экстремума;
- периодический поисковый сигнал.

Алгоритм поиска экстремума по методу измерения производной

Рассмотрим поиски экстремума по методу измерения производной с помощью шагового алгоритма, так как его реализация с помощью современных дискретных вычислительных средств наиболее удобно реализуема [11].

Запишем приближенное выражение производной:

$$\frac{\partial f}{\partial \beta} \approx \frac{f(\beta + \Delta\beta, w) - f(\beta - \Delta\beta, w)}{2\Delta\beta}, \quad (5)$$

где $\Delta\beta$ – достаточно малое число пробного шага.

$$\beta[(k+1)T] = \beta(kT) - a_k / 2\Delta\beta [f(\beta(kT) + \Delta\beta, w) - f(\beta(kT) - \Delta\beta, w)] \quad (k = 0, 1, 2, \dots). \quad (6)$$

Представим параметр $b_k = a_k / 2\Delta\beta$ ($k=1, 2, 3, \dots$), который назовем параметром рабочего шага.

Таким образом, поисковый алгоритм экстремального управления состоит из следующих действий:

1. в момент времени $t_0=0$ к объекту прикладывается пробное воздействие $\beta_0 + \Delta\beta$, $\beta_0 - \Delta\beta$ и определяются значения выхода объекта;

2. на основе выражения 6 формируется первый рабочий шаг $\beta(T) = \beta_0 - b_1 [f(\beta_0 + \Delta\beta, w) - f(\beta_0 - \Delta\beta, w)]$;

3. к объекту прикладывается управляющее воздействие $\beta(T)$;

4. на второй итерации к объекту вновь прикладываются пробные воздействия $\beta(T) + \Delta\beta$ и $\beta(T) - \Delta\beta$ и измеряется выход объекта;

5. вычисляется значение управляющего параметра на втором шаге $\beta(2T) = \beta(T) - b_2 [f(\beta(T) + \Delta\beta, w) - f(\beta(T) - \Delta\beta, w)]$;

6. к объекту прикладывается управляющее воздействие $\beta(2T)$.

Продолжая итерационный процесс, получаем движение состояния системы управления подвижностью шлама к экстремальному значению.

$$b_{k+1} = b_k (1 + \nu \cdot \text{sign } \Delta_p \beta(kT) \Delta_p \beta[(k-1)T]), \quad (7)$$

где $\Delta_p \beta(kT)$, $\Delta_p \beta[(k-1)T]$ – значения k -го и $(k-1)$ -го рабочих шагов алгоритма (6) экстремального управления; ν – некоторое положительное число, выбирая из условия устойчивости процесса (7).

При сходимости решения к числу β^* предположим, что пробный шаг $\Delta\beta$ достаточно мал:

$$\left. \frac{\partial f}{\partial \beta} \right|_k = r(\beta(kT), w) = r_k. \quad (8)$$

Тогда величина r_k вычисляется достаточно точно. Следовательно, (7) примет вид:

$$\beta[(k+1)T] = \beta(kT) - a_k r_k \quad (k = 0, 1, 2, \dots). \quad (9)$$

При $\Delta\beta \rightarrow 0$ выражение в правой части совпадает с производной f .

Значения $f(\beta + \Delta\beta, w)$ и $f(\beta - \Delta\beta, w)$ доступны непосредственному измерению, поэтому приближенное значение производной f может быть получено при вычитании измерений для двух значений управляющего параметра (различающихся на величину $2\Delta\beta$) и делении разности на число $2\Delta\beta$. Так как воздействия на объект управления пробными шагами требует времени T , то алгоритм поиска экстремума можно описать дискретно в виде:

Далее рассмотрим метод выбора рабочего шага, так как алгоритм адаптации (6) содержит этот неопределённый параметр $b_k = a_k / 2\Delta\beta$ ($k=1, 2, \dots$). Данный параметр имеет неоднозначные требования, предъявляемые к его величине. Для повышения скорости поиска экстремального значения β^* значения b_k целесообразно выбирать большими. Однако при этом «проскочить» экстремум на значительную величину, и на следующей итерации так же произойдет «проскок» экстремума и в системе возникнут колебания большой амплитуды. Для решения данного противоречия необходимо выбирать большие значения b_k в начале поиска экстремума, и уменьшать эти значения при приближении к экстремуму. Так как значение β^* заранее неизвестно, то выбор значений b_k ($k=1, 2, \dots$) можно выполнять адаптивно. Для этого достаточно увеличивать b_k при совпадении знаков двух последовательных шагов поиска и уменьшать в противном случае.

В качестве алгоритма адаптации величины рабочего шага можно принять алгоритм

Наложим на функцию $r(\beta, w)$ ограничения, чтобы эта функция удовлетворяла неравенству:

$$|r(\beta, w)| < s |\beta - \beta^*|, \quad (10)$$

где s – неизвестное положительное число.

Определим эффективность k -го шага следующим числом:

$$\nu_k = \frac{\beta[(k+1)T] - \beta^*}{\beta(kT) - \beta^*} \quad (k = 0, 1, 2, \dots), \quad (11)$$

модуль которого характеризует скорость приближения к экстремуму при k -м рабочем шаге. Если $|\nu_k| > 1$, то происходит удаление от точки β^* , а если $|\nu_k| < 1$, то приближение к экстремуму. Подставляя данное условие в (9) получим:

$$v_k = \frac{\beta(kT) - \beta^* - a_k r_k}{\beta(kT) - \beta^*} = 1 - a_k \frac{r_k}{\beta(kT) - \beta^*} \quad (k = 0, 1, 2, \dots). \quad (12)$$

Из полученного выражения можно получить условие сходимости:

$$|v_k| = \left| 1 - a_k \frac{r_k}{\beta(kT) - \beta^*} \right| < 1$$

или

$$0 < a_k \frac{r_k}{\beta(kT) - \beta^*} < 2. \quad (13)$$

Так как дробь в выражении (13) всегда больше 0, то можно не рассматривать левую часть меньше 0 в двойном неравенстве.

На основе (10) получим условие сходимости поиска экстремума:

$$a_k s < 2 \quad (k = 0, 1, 2, \dots). \quad (14)$$

Задавая величину s согласно условию, можно обеспечить устойчивость процесса поиска экстремума:

$$a_k \leq \frac{1}{s} \quad (k = 0, 1, 2, \dots). \quad (15)$$

Из уравнений (49) и (50) получим выражения для расчета параметра s :

$$s \approx \frac{r(\beta, w)}{|\beta - \beta^*|} = \frac{f(\beta + \Delta\beta, w) - f(\beta - \Delta\beta, w)}{2\Delta\beta|\beta - \beta^*|}. \quad (16)$$

Основная часть

Разработка экстремального регулятора в среде Matlab Simulink

Рассмотрим реализацию описанного алгоритма экстремального управления в современном средстве имитационного моделирования Matlab Simulink, которое позволяет значительно упростить анализ динамики сложных экстремальных систем при различных алгоритмах работы экстремальных регуляторов [12]. В структуре модели системы экстремального управления (рис. 3) лежит модель объекта управления, созданная в среде Simulink, для исследования динамики экстремального управления подвижностью шлама [13].

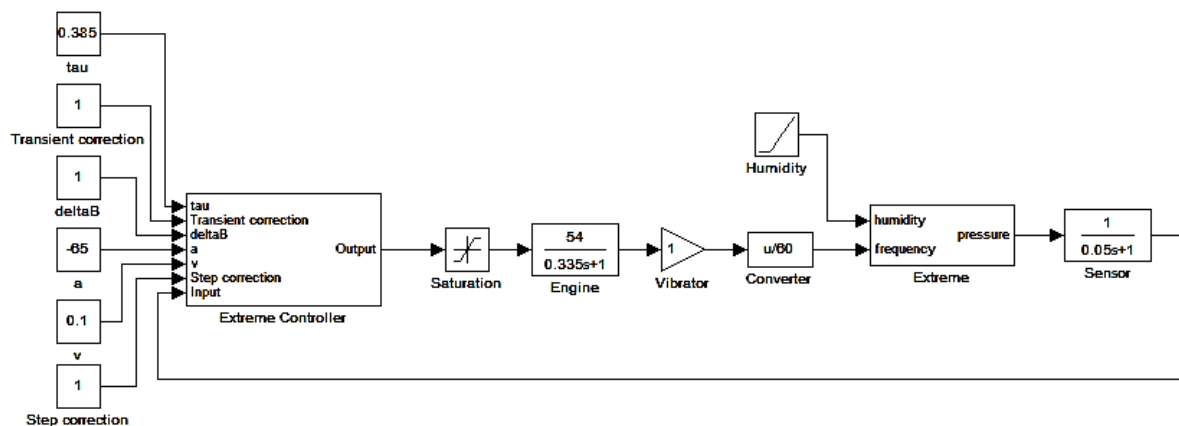


Рис. 3 Структурная модель системы экстремального управления в среде Matlab Simulink

Алгоритм управления заложен в блоке (Extreme Controller), который имеет один выходной параметр – частота вибрации, и семь входных параметров: Input – перепад давления на участке вибрации, является обратной связью; tau – постоянная времени объекта управления, включая привод вибратора и датчики; deltaB – значение пробного шага (5); a – величина рабочего шага (6); v – коэффициент устойчивости адаптации рабочего шага (7); Transient correction – включение отслеживания переходного процесса; Step correction – включение адаптации рабочего шага.

Экстремальный регулятор (Extreme Controller) воздействует через исполнительный механизм на объект управления. Объект

управления представлен в виде нелинейной экстремальной статической характеристики (Extreme), представленной на рисунке 1, которая при дрейфе является также функцией времени. Инерционные свойства объекта и измерительных устройств отражает динамическая часть в виде вибратора (Vibrator) с двигателем (Engine) и дифференциального манометра (Sensor). Дрейф влажности шлама задается блоком (Humidity) и монотонно изменяется на протяжении всего времени моделирования.

Далее рассчитаем входные параметры экстремального регулятора. Согласно выражению (5) число пробного шага $\Delta\beta$ (deltaB) должно быть минимально, однако, реальный электропривод на базе частотного преобразо-

вателя сможет достаточно точно изменять обороты двигателя с шагом $2\Delta\beta = 120 \text{ об/мин}$, т.е. $\Delta\beta = 1 \text{ Гц}$.

$$W(s) = W_d(s) \cdot W_b(s) \cdot W_m(s) = \frac{54}{0,01675s^2 + 0,385s + 1}, \quad (17)$$

где $\tau_2 = 0,0165 \text{ с}$, $\tau_1 = 0,385 \text{ с}$.

Для объектов управления, у которых не стоит задача получения их модели, постоянную времени можно определить экспериментально, проанализировав переходный процесс при ступенчатом входном сигнале.

$$f(\beta - \Delta\beta, w) = 1,669 \text{ Па}; \quad f(\beta + \Delta\beta, w) = 2,298 \text{ Па}.$$

По формуле (16) рассчитаем значение s :

$$s = \frac{2,298 - 1,669}{2 \cdot 1 \cdot |2 - 23|} = 0,015; \quad \frac{1}{s} = 66,77.$$

В итоге, согласно выражению (15) установим величину рабочего шага a_k равной 65.

По условию $|v_k| < 1$ примем коэффициент устойчивости адаптации рабочего шага v равным 0,1.

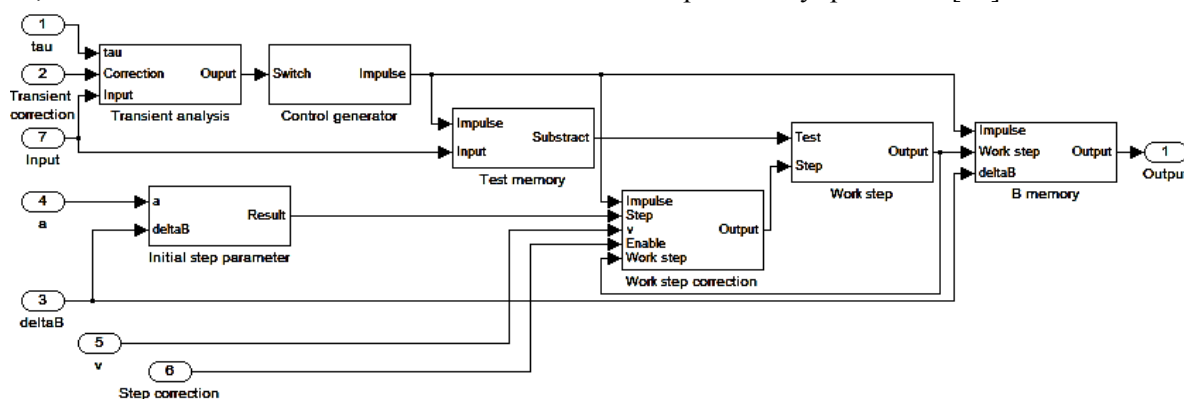


Рис. 4 Структурная схема экстремального регулятора в среде Matlab Simulink

Входной сигнал перепада давления, а также значение τ , поступают в блок анализа переходного процесса (Transient analysis). Данный блок выдает импульсные сигналы в моменты времени, когда переходный процесс пробного воздействия завершился, или через равные промежутки времени $4 \times \tau$, если отключено отслеживание переходного процесса (Transient correction).

Согласно алгоритму поиска экстремума (6) к объекту управления должны прикладываться пробные воздействия $\beta_k + \Delta\beta$, $\beta_k - \Delta\beta$. Синхронизацию между всеми блоками регулятора для переключения между пробными воздействиями осуществляет блок (Control generator), ключевым компонентом которого является RS-триггер. Сигналом к переключению триггера является импульс, поступающий от блока (Transient analysis).

Постоянную времени объекта управления (τ) для рассматриваемой модели можно определить аналитически из общей передаточной функции динамических звеньев:

Далее рассчитаем величину рабочего шага согласно условию устойчивости процесса поиска экстремума (15). Для этого примем $\beta = 2 \text{ Гц}$, $\Delta\beta = 1 \text{ Гц}$, влажность сырьевой смеси $\omega = 40\%$, а также прогнозируемое значение рабочего шага в точке экстремума $\beta^* = 23$.

Определим значения выхода объектов, проводя моделирование:

Представим алгоритм экстремального управления в виде структурной модели регулятора (рис. 4), разработанного в среде Simulink, и построенного в соответствии в рассмотренными алгоритмами управления [14].

Следующий блок (Test memory) хранит в своей памяти значения выхода объекта для пробных воздействий $\beta_k + \Delta\beta$, $\beta_k - \Delta\beta$. Сигналом к сохранению результата положительного $\beta_k + \Delta\beta$ воздействия является спад импульсного входного сигнала, а к сохранению отрицательного $\beta_k - \Delta\beta$ фронт импульсного сигнала. Выходным значением данного блока является разность между значениями выхода объекта для пробных воздействий $\beta_k + \Delta\beta$ и $\beta_k - \Delta\beta$ одной итерации алгоритма.

В блоке (Initial step parameter) осуществляется расчет начального параметра рабочего шага $b_0 = a_0 / 2\Delta\beta$, который поступает на вход блока (Work step correction). Алгоритм адаптации параметра рабочего шага (7) заложен в блоке (Work step correction). Блок (Work step) согласно выражению (6) выполняет произведение параметра рабочего на разность значений выхода для

пробных воздействий $\beta_k + \Delta\beta$ и $\beta_k - \Delta\beta$. Вычисленный сигнал поступает на выход блока. Для хранения в памяти и подачи на выход экстремального регулятора пробных воздействий $\beta_k + \Delta\beta$ и $\beta_k - \Delta\beta$ используется блок (В memory).

Переключение между пробными воздействиями осуществляется подачей на вход блока импульсов от блока (Control generator). При поступлении фронта импульса, происходит переключение от отрицательного пробного воздействия $\beta_k - \Delta\beta$ к положительному $\beta_k + \Delta\beta$. Когда на вход поступает спад импульсного сигнала, выполняется расчет $k+1$ рабочего шага согласно выражению (6), и сохраняется в блоке (Memory В). Для этого вычисляется разность текущего рабочего шага β_k и рассчитанного в блоке (Work step) значения коррективы. Также при спаде импульсного сигнала осуществляется переключение к отрицательному воздействию $\beta_k - \Delta\beta$.

Анализ графиков переходных процессов при движении системы к экстремуму

Результаты исследования динамики функционирования экстремального регулятора представлены в виде графиков переходных процессов в двух режимах поиска: с отслеживанием завершения переходного процесса и адаптацией рабочего шага (рис. 6), и без них (рис. 5).

По полученным кривым графически определим параметры качества работы экстремальной системы, а именно частоту и амплитуду автоколебаний, а также величину потерь на поиск экстремума [15].

Анализируя полученные графики можно проследить, что включение параметров коррекции поиска (Transient correction) и (Step correction) улучшают качество работы экстремальной системы, повышая ее быстродействие и снижая потери на поиск, за счет уменьшения времени выхода на экстремум после смещения характеристики объекта.

После выхода системы на экстремальное значение 24 Гц ее движение характеризуется наличием поисковых колебаний ("рысканий") около экстремума с амплитудой автоколебаний 1 Гц и частотой около 3 с^{-1} . При отключенной коррекции выход системы на экстремальное значение в 7 Па произошел приблизительно за 7 секунд модельного времени, а с коррекцией за 4 секунды, следовательно потери на поиск составляют 7 и 4 секунды соответственно.

На графике смоделированного переходного процесса можно проследить заданный дрейф влажности от 41% до 40,3% в результате чего перепад давления на патрубке с вибратором упал от 7 до 6 Па. При этом также происходит смещение искомой экстремальной частоты в меньшую сторону.

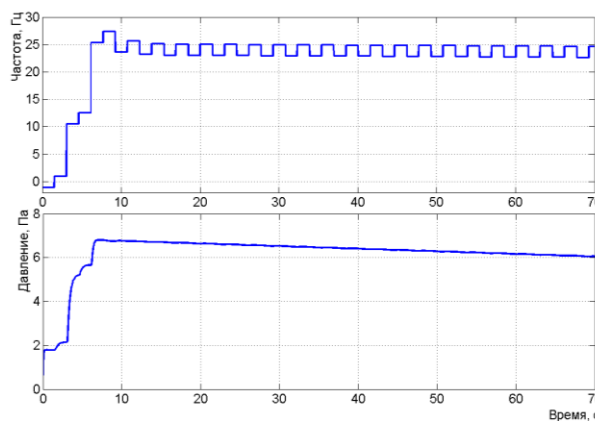


Рис. 5 График переходного процесса движения системы к экстремуму без отслеживания завершения переходного процесса и адаптации рабочего шага в среде Matlab Simulink

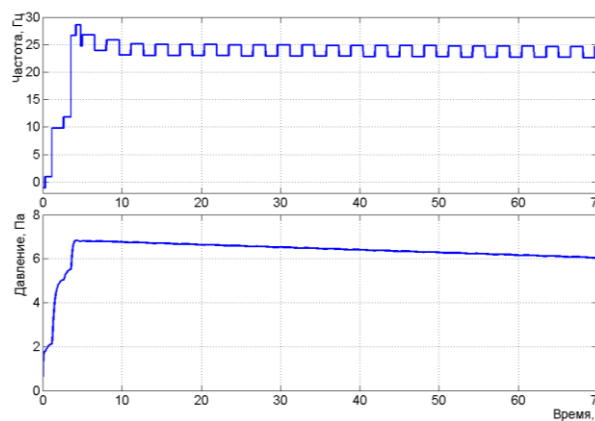


Рис. 6 График переходного процесса движения системы к экстремуму с отслеживанием завершения переходного процесса и адаптацией рабочего шага в среде Matlab Simulink

Выводы

1. Механическое воздействие вибрирующего органа с частотой вибрации 10 - 35 Гц позволяет увеличить подвижность цементного шлама, а за счет увеличения его подвижности - снизить влажность шлама на 5 - 9 %. При этом, предложенная в работе математическая модель экстремальной системы управления подвижностью шлама, позволяет обеспечить оптимальную частоту вибрации вибрирующего органа, которая в свою очередь обеспечивает максимальную подвижность шлама.

2. Особенно важно отметить то, что предложенный метод воздействия частоты вибрации на шлам, значительно увеличивается подвижность шламов, приготовленных на основе сырьевых материалов с высокой водопотребностью. Предложенный метод регулирования подвижности шлама может быть использован не только для цементных шламов, но и для других вязко-пластичных суспензий,

например, неньютоновских и бингамовских жидкостей.

3. Разработанный алгоритм реализован в среде имитационного моделирования Matlab Simulink, логика программирования в которой схожа с написанием программ для программируемых логических контроллеров.

4. Реализованный алгоритм управления может быть портирован в любой современный ПЛК. Включение коррекции поиска в алгоритме регулятора улучшают качество работы экстремальной системы, повышая ее быстродействие и снижая потери на поиск экстремума за счет уменьшения времени выхода на экстремум после смещения характеристики объекта.

5. Для внедрения рассмотренной системы потребуется незначительная реконструкция оборудования, используемого в технологии перекачки шламов, без значительных капитальных затрат на модернизацию.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Беседин П.В., Трубаев П.А., Панова О.А., Гришко Б.М. Некоторые направления энергосбережения в технологии цемента // Цемент и его применение. 2011. № 2. С. 130–134.
2. Беседин П.В., Андрущак С.В., Козлов В.К. Методы физико-механического регулирования реологических свойств сырьевых шламов // Цемент и его применение. 2015. № 3. С. 70–73.
3. Пономарев И.Ф. Эффективные способы снижения влажности сырьевого шлама // Цемент. 1974. № 2. С. 9–11.
4. Богомолов Б.Н. Интенсификация процесса обжига путем предварительной виброобработки сырьевых шламов // Цемент. 1973. №7. С. 9–11.
5. Беседин П.В., Андрущак С.В., Козлов В.К. Исследование и моделирование процесса движения цементного шлама в лабораторных условиях // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. №4. С. 113–119.
6. Ткачев, В. В. Снижение влажности шлама путем разрушения его коагуляционной структуры. // Цемент. 1974. № 5. С. 12–13.
7. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии // 8-ое изд. - М.: Химиздат, 1971. 783 с.
8. Пат. 2014112882. Российская Федерация, МПК F 27 В 7/32. Способ регулирования подачи шлама в цементную печь / Беседин П.В., Андрущак С.В., Шарапов Р.Р., Козлов В.К., Новичков С.Г.; заявитель и патентообладатель Белгородский государственный университет; заявл. 02.04.2014; опубл. 2015.06.30.
9. Беседин П.В., Андрущак С.В., Козлов В.К. Методы нечеткой логики в задачах управления дозированием шлама // Цемент и его применение. 2014. № 6. С. 74–77.
10. Besedin P.V., Andrushhak S.V., Kozlov V.K. Fuzzy Inference Technique in the Task of Sludge Batching Management // International Journal of Soft Computing. 2015. Vol.10–13.
11. Александров А.Г. Оптимальные и адаптивные системы: Учеб. пособие для вузов по спец. «Автоматика и упр. в техн. системах». М.: Высш. шк, 1989. 263 с.
12. Рубанов В.Г., Бушуев Д.А. Моделирование экстремальных систем управления в среде matlab и simulink как средство анализа динамики. // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: История. Политология. Экономика. Информатика. 2012. № 19–1 (138). С. 169–175.
13. Кривилев А. Основы компьютерной математики с использованием системы MATLAB. М: Лекс-Книга, 2005. 492 с.
14. Черных, И.В. SIMULINK: среда создания инженерных приложений. М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2003. 496 с.
15. Казакевич В.В., Родов А.Б. Системы автоматической оптимизации. М.: Энергия, 1977. 288 с.

Andruschak S.V., Besedin P.V., Alekseev S.V.

DEVELOPMENT MANAGEMENT SYSTEM IN EXTREME FEED SLUDGE CEMENT KILN

Our procedure extreme mobility management cuttings by mechanical action to effectively reduce power consumption for clinker production by reducing the amount of water used for diluting the slurry to 5 ... 9% when subjected to a vibrating body in the frequency range from 10 to 35 Hz. This reduces the heat consumption for the evaporation of moisture in the furnace unit, as well as the amount of electric power is reduced, consumption of pumps for pumping sludge. It is particularly important that the mobility is greatly increased slurries prepared on the basis of raw materials with a high hygroscopic property. Consideration of mobility management technique can be applied not only to the sludge, but also for other non-Newtonian Bingham fluids such as very dense suspensions and pastes.

Key words: *extreme control, the cement slurry, rheological properties of the slurry, mathematical model, the mechanical impact.*

Андрущак Сергей Викторович, аспирант кафедры технологии стекла и керамики.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: sg-bel@mail.ru

Беседин Павел Васильевич, 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: pvbesedin@yandex.ru

Алексеев Сергей Вячеславович, 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: Aleks_SB@List.ru

Кузнецова В.Н., д-р техн. наук, проф.
Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ЗЕМЛЕРОЙНЫХ МАШИН ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ГРУНТОВ АРКТИКИ И СЕВЕРА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

dissovetsibadi@bk.ru

В статье приводятся результаты методики обоснования эффективных параметров рабочих органов землеройных машин, разработанной на основе математической модели их взаимодействия с мерзлыми и сезонно промерзающими грунтами. Итогом применения математической модели в представленной методике является пространственная эпюра распределения напряжений на поверхности рабочего органа. Еще одним из основных отличий методики является использование при математическом аналитическом описании аппарата полиномов Лежандра. Все это позволило интерпретировать сложный динамический процесс взаимодействия рабочего органа с грунтом наглядно и рассмотреть его всесторонне.

Ключевые слова: землеройная машина, рабочий орган, эффективность, мерзлый грунт, производительность.

Введение. Разработка мерзлых грунтов связана с целым рядом факторов, воздействующих на процесс рыхления. Температура разрабатываемого грунта влияет на его прочностные характеристики и на сопротивление грунта рыхлению. Глубина рыхления и сопротивление рыхлению мерзлого грунта находятся в прямо пропорциональной зависимости. При увеличении скорости разработки грунта возрастает скорость изнашивания рабочего органа. Угол установки зуба влияет на удельную энергоёмкость процесса. Возможность изменять угол установки в рациональных пределах позволяет получать наилучшие результаты в процессе рыхления. Как показывают многочисленные исследования [1–5], к основным факторам, оказывающим влияние на процесс рыхления и изменение усилий резания, можно также отнести форму и параметры рабочего органа.

Методология. В качестве землеройной машины рассмотрим статический рыхлитель. В процессе рыхления статическими рыхлителями происходит отделение грунта от массива и разрыхление до степени, обеспечивающей его дальнейшее транспортирование. После прохода рыхлителя в грунте образуется прорезь трапециевидной формы, в которой выделяют три зоны: зону вдавливания, зону сжатия и зону развала грунта. В работах [3, 4] указывается на то, что геометрия рабочего органа влияет на величину скола грунта и изменение удельного сопротивления резанию в зонах разрушения. Например, известно, что при одинаковых по площади сечениях стружек F_c потребуются меньшие усилия для резания грунта стружкой большей ширины l и меньшей глубины h . В зонах вдавливания и сжатия происходит блокированное резание грунта. В этих же зонах происходит сжатие грунта перед отделением его от массива и его

вдавливание в дно и боковые стенки прорези. Размер зоны вдавливания грунта в процессе рыхления не изменяется, однако, увеличивается по мере изнашивания наконечника. В зоне сжатия в результате увеличения давления на грунт происходит отделение крупных элементов массива грунта. Для отделения мерзлого грунта от массива необходимо создать в грунте давления, превосходящие по величине предельное значение напряжения сжатия грунта $[\sigma_{сж}]$. В этом случае необходимо обеспечить высокие прочностные свойства рабочего органа.

После скола крупный элемент перемещается по поверхности рабочего органа вверх и в сторону, а сопротивление рыхлению резко уменьшается. При дальнейшем движении рыхлителя, до образования последующего крупного элемента, от массива откалываются более мелкие элементы грунта. Затем сопротивление вновь достигает наибольшего значения и происходит скалывание следующего крупного элемента грунта.

Выкалывание элементов стружки отражается в динамограммах, на которых видно, что к моменту скола усилие достигает своего максимального значения, а сразу после скалывания резко уменьшается. Затем усилие возрастает при сжатии следующего элемента стружки. Частота возникновения максимальной нагрузки на рабочий орган рыхлителя зависит от физико-механических свойств грунта, глубины, скорости рыхления и геометрических параметров рабочего органа.

Раздробленные и мелкие элементы будут составлять зону развала грунта. Можно считать, что в этой зоне осуществляется свободное резание грунта.

Величина усилия рыхления грунта в трех зонах различна. При свободном резании усилие рыхления на 45–50 % меньше, чем при блокированном [3]. Следовательно, свободное рыхление обладает меньшей энергоемкостью, чем блокированное.

Таким образом, оптимальные геометрические параметры наконечников должны быть такими, чтобы большая по площади часть грунта находилась в зоне свободного рыхления. Кроме этого, необходимо, чтобы та часть грунта, которая находится в зонах вдавливания и сжатия, разрушалась как можно более интенсивно под действием приложенной к рабочему органу силы рыхления. При этом сила рыхления по величине должна быть минимальной, но достаточной для разрушения грунта. Это приведет к полной загрузке рыхлителя и минимизации излишков энергоемкости на процесс рыхления мерзлого грунта. Оптимальным будем считать такой поперечный профиль, при котором значение сопротивления резанию на наконечник будет минимально при постоянной площади его сечения. При минимуме сопротивления резанию на наконечник будет снижен его износ. Это в конечном итоге приведет к увеличению производительности и снижению энергоемкости разработки грунта.

Основная часть. Предположим, что нормальное давление на наконечник при его переменной ширине определяется выражением [6]:

$$P = p_0 \cdot Q(y) \cdot P(x), \quad (1)$$

где p_0 – величина нормального давления в средней верхней точке наконечника; $Q(y)$, $P(x)$ – функции, учитывающие изменение давления по ширине и длине наконечника соответственно.

$$P(x) = \left[1 + 2 a_2 \cdot a_3 \cdot \left(\frac{X}{L} \right) \cdot e^{-a_3 \left(\frac{X}{L} \right)^2} \right], \quad (2)$$

$$Q(y) = \frac{1 + a \left(\frac{Y}{l} \right)^2}{\left[1 + b \left(\frac{Y}{l} \right)^2 \right]^2}, \quad (3)$$

где a, b – коэффициенты, которые определяются из начальных условий; a_2, a_3 – коэффициенты пропорциональности, зависящие от физико-механических свойств разрабатываемого мерзлого грунта и режимов рыхления; L, l – соответственно длина и полуширина наконечника; X, Y – абсолютные координаты произвольной точки поверхности наконечника; x, y – относительные координаты точек поверхности наконечника (рис. 1).

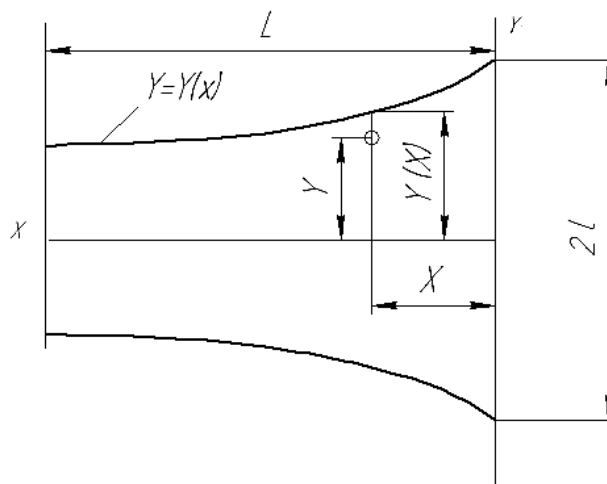


Рис. 1. Расчетная схема оптимального поперечного криволинейного профиля наконечника

Нормальное усилие на наконечник определяется выражением:

$$N = \iint_F P dF = \iint p_0 P(X) Q(Y) dX dY, \quad (4)$$

где F – площадь лобовой поверхности наконечника.

Положим

$$\frac{Y}{l} = y, \quad (5)$$

$$\frac{X}{L} = \frac{1}{2}(1+x). \quad (6)$$

С учетом выражений (5), (6) интеграл (4) примет вид:

$$\begin{aligned} N &= p_0 \cdot \frac{L}{2} \cdot \iint Y(x) \cdot P(x) Q(y) dx dy = \\ &= p_0 \cdot \frac{L}{2} \cdot \int_{-1}^1 Q(y) dy \int_{-1}^1 P(x) dx \cdot Y(x) \end{aligned} \quad (7)$$

где

$$Q(y) = \frac{1 + ay^2}{(1 + by^2)^2}, \quad (8)$$

$$\begin{aligned} P(x) &= \left[1 + 2 a_2 \cdot a_3 \cdot \frac{1}{2}(1+x) \cdot e^{-a_3 \cdot \frac{1}{4}(1+x)^2} \right] = \\ &= \left[1 + a_2 \cdot a_3 \cdot (1+x) \cdot e^{-\frac{a_3}{4}(1+x)^2} \right] \end{aligned} \quad (9)$$

В формуле (7) положим [7]

$$\begin{aligned} Y(x) &= \sum_{i=1}^{\infty} d_i P_i(x) = d_0 P_0(x) + d_1 P_1(x) + \dots + \\ &+ d_{\infty} P_{\infty}(x) \end{aligned} \quad (10)$$

где d_i – неизвестный постоянный коэффициент, подлежащий определению; $P_i(x)$ – полиномы Лежандра, вычисляемые из выражения

$$P_i(x) = \frac{1}{i! 2^i} \left[(x^2 - 1)^i \right]^{(i)}. \quad (11)$$

В частности, можно записать

$$P_0(x)=1, \quad (12a)$$

$$P_1(x)=x, \quad (12б)$$

$$P_2(x)=\frac{1}{2}(3x^2-1), \quad (12в)$$

$$P_3(x)=\frac{1}{2}(5x^2-3x), \quad (12г)$$

$$P_4(x)=\frac{1}{8}(35x^4-30x^2+3). \quad (12д)$$

Графики функций (12 а) – (12 г) представлены на рис. 2.

Площадь наконечника переменной ширины с учетом выражения (10) составляет:

$$\begin{aligned} F &= 2 \cdot \int_0^L Y(X) \cdot dX = 2 \int_{-1}^1 \sum_{i=0}^{\infty} d_i P_i(x) dx \frac{L}{2} = \\ &= L \int_{-1}^1 \sum_{i=0}^{\infty} d_i P_i(x) dx = \quad (13) \\ &L \sum_{i=0}^{\infty} d_i \int_{-1}^1 P_i(x) dx = 2L \cdot d_0 \end{aligned}$$

В преобразованиях последнего выражения (13) использовано свойство ортогональности полиномов Лежандра, справедливое при $i \neq j$:

$$\int_{-1}^1 P_i(x) P_j(x) dx = 0. \quad (14)$$

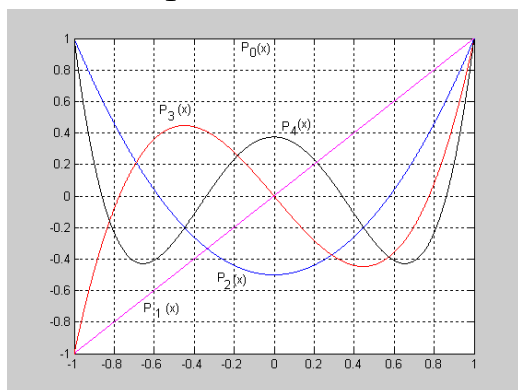


Рис. 2. Графики функции $P_i(x) = \frac{1}{i!2^i} [(x^2-1)^i]^{(i)}$

Откуда следует, что

$$\int_{-1}^1 P_i(x) dx = 0 \text{ при } i \neq 0, \quad (15)$$

$$\int_{-1}^1 P_0(x) dx = \int_{-1}^1 1 \cdot dx = 2. \quad (16)$$

Таким образом, ряд (10) определяет различные формы лобовой поверхности наконечника (семейство геометрических фигур), имеющие одинаковые площади сечения.

Из выражения (13) следует, что площадь наконечника, поперечный профиль которого определяется разложением в ряд по ортогональ-

ным полиномам Лежандра (10), зависит только от первого коэффициента Лежандра d_0 . Это означает, что различные поперечные профили наконечника, определяемые разложением в ряд Лежандра (10), имеют при одинаковых коэффициентах первого члена, но разных коэффициентах других членов, одинаковые площади. Это обстоятельство может быть использовано для определения оптимальной формы поперечного профиля наконечника, при котором результирующее нормальное усилие на наконечник минимально. То есть, из всего семейства геометрических фигур ряда (10) необходимо выбрать такую, для которой давление на лобовую поверхность наконечника минимально.

Для этого необходимо определение соответствующих коэффициентов d_i , ($i \neq 0$).

При $i=0$ из выражения (13) следует,

$$d_0 = \frac{F}{2L}. \quad (17)$$

Если площадь сечения наконечника F известна, то первый член разложения в ряд по полиномам Лежандра d_0 определяется формулой (17).

Далее, из выражения (7) находим результирующее нормальное усилие на наконечник N с учетом разложения в ряд по полиномам Лежандра (10):

$$\begin{aligned} N &= p_0 \frac{L}{2} k_y \int_{-1}^1 P(x) \cdot \sum_{i=0}^{\infty} d_i P_i(x) dx = \\ &= \frac{p_0 \cdot L}{2} k_y \sum_{i=0}^{\infty} d_i \int_{-1}^1 P(x) \cdot P_i(x) dx = \quad (18) \\ &= \frac{p_0 \cdot L}{2} k_y \sum_{i=0}^{\infty} I_i d_i \end{aligned}$$

где k_y – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения давления по ширине наконечника; p_0 – величина нормального давления в средней верхней точке наконечника.

$$I_i = \int_{-1}^1 P_i(x) \cdot P(x) dx. \quad (19)$$

В определенный интеграл (19) входят функции, определяемые выражениями (9) и (11). Очевидно, что влияние формы поперечного профиля наконечника на суммарную величину нормального давления N определяется согласно выражениям, находящимся под знаком суммы в выражении (18), то есть:

$$S = \sum_{i=0}^{\infty} d_i I_i. \quad (20)$$

Выводы. Следовательно, оптимальным будет такой поперечный профиль наконечника, при котором ряд (20) имеет минимальное значение.

Ограничиваясь только пятью первыми членами ряда (20), запишем следующее условие:

$$\sum_{i=0}^4 d_i I_i \rightarrow \min. \quad (21)$$

Очевидно, что значение ряда (10), определяющего закон изменения поперечного профиля наконечника, не должно быть, по крайней мере, отрицательным в диапазоне изменения переменной x . То есть при $-1 \leq x \leq 1$

$$\sum_{i=0}^4 d_i P_i(x) > 0. \quad (22)$$

Естественно предположить, что ширина режущей кромки наконечника не должна быть менее установленной величины, то есть

$$\sum_{i=0}^4 d_i P_i(1) = \sum_{i=1}^4 d_i \geq l, \quad (23)$$

где l – полуширина режущей кромки наконечника.

Из графиков полиномов Лежандра (рис. 2) видно, что минимальные значения полинома Лежандра имеются в следующих точках: $P_1(x)$ при $x=-1$, $P_2(x)$ при $x=0$, $P_3(x)$ при $x=-1$ и $x=0,44721$, $P_4(x)$ при $x=0,65465$ и $x=-0,65465$.

Для выполнения условия (22) необходимо выполнение неравенств:

$$\sum_{i=0}^4 d_i P_i(-1) = d_0 - d_1 + d_2 - d_3 + d_4 > 0, \quad (24)$$

$$\sum_{i=0}^4 d_i P_i(0) = d_0 + \frac{1}{2} \cdot d_2 + \frac{3}{8} \cdot d_4 > 0, \quad (25)$$

$$\sum_{i=0}^4 d_i P_i(0,44721) > 0, \quad (26)$$

$$\sum_{i=0}^4 d_i P_i(0,65465) > 0, \quad (27)$$

$$\sum_{i=0}^4 d_i P_i(-0,65465) > 0. \quad (28)$$

Таким образом, имеем целевую функцию (21) при ограничениях (23) – (28). Следовательно, задача поиска оптимального поперечного профиля лобовой поверхности наконечника сводится к задаче линейного программирования, при решении которой находятся коэффициенты разложения d_i по полиномам Лежандра.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Берловский Ю.Н., Захарчук Б.З., Ровинский М.И., Телушкин В.Д. Машины для разработки мерзлых грунтов. М.: Машиностроение, 1973. 272 с.
2. Зезюлин В.А. Совершенствование конструкции наконечников зубьев рыхлителей для разработки мерзлых грунтов: дис... канд. техн. наук. Омск, 2010. 168 с.
3. Зеленин А. Н., Баловнев В. И., Керов И. П. Машины для земляных работ. М.: Машиностроение, 1975. 422 с.
4. Растегаев И. К. Машины для вечномёрзлых грунтов. М.: Машиностроение, 1986. 216 с.
5. Рейш А. К. Повышение износостойкости строительных и дорожных машин. М.: Машиностроение, 1986. 181 с.
6. Завьялов А.М. Основы теории взаимодействия рабочих органов дорожно-строительных машин со средой: дис... д-ра техн. наук. Омск, 1999. 252 с.
7. Кузнецова В.Н. Развитие научных основ взаимодействия контактной поверхности рабочих органов землеройных машин с мерзлыми грунтами: дис... д-ра техн. наук. Омск, 2009. 259 с.

Kuznetsova V.N.

IMPROVEMENT OF RIPPER WORKING BODIES PARAMETERS FOR DIGGING FROZEN SOIL OF ARCTIC AND THE NORTH OF WESTERN SIBERIA

The article presents the results of the study methods of effective parameters of working bodies of earth-moving machines, developed on the basis of a mathematical model of their interaction with frozen and seasonally freezing soils. The result of the application of mathematical models in the presented method is a spatial diagram of the distribution of stresses on the surface of the working body. Another major difference is the use of methods of the mathematical description of the analytical apparatus of the Legendre polynomials. All this has allowed to interpret a complex dynamic process of working body with the ground and visually examine it thoroughly.

Key words: digger, working body, efficiency, frozen ground, performance.

Кузнецова Виктория Николаевна, доктор технических наук, профессор кафедры «Эксплуатация и сервис транспортно-технологических машин и комплексов в строительстве».

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ)

Адрес: Россия, 644080, г. Омск, проспект Мира, д. 5.

E-mail: dissovetsibadi@bk.ru

Шарапов Р.Р., д-р техн. наук, проф.,
Беседин П.В., д-р техн. наук, проф.,
Бойчук И.П., канд. техн. наук, доц.,
Козлов В.К., аспирант,
Андрущак С.В., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ ЦЕМЕНТНЫХ СЫРЬЕВЫХ ШЛАМОВ ПРИ НЕСТАЦИОНАРНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

kozlov-vk@bk.ru

В настоящее время важным направлением исследований является разработка методов энергосбережения для цементной промышленности. Методы интенсификации транспортировки шлама на основе механического и механохимического воздействий эффективно влияют на увеличение подвижности и улучшение реологических свойств цементных шламов. Данная работа посвящена разработке математической модели истечения шлама из цилиндрической емкости под действием нестационарного силового воздействия. Полученная модель позволяет определить условие, при котором начнется течение, распределение скорости шлама при вибрационном воздействии на него, а также зависимость скорости от частоты колебаний и механических характеристик.

Ключевые слова: коагуляционные структуры, цементный шлам, дисперсионная среда, деформация.

Введение. Цементные сырьевые шламы являются полидисперсными и полиминеральными суспензиями. В данных суспензиях твердая фаза представлена частичками известняка, кварца, глины и др. минералов, а жидкая – водой. Состав шламов определяет реологические свойства шлама. С этими свойствами тесно связана агрегативная устойчивость материала. Изучение реологических параметров шлама показало, что он является типичной вязкопластичной суспензией с достаточно высокими значениями предельного напряжения сдвига и зависимостью эффективной вязкости от градиента скорости сдвига, присущей для сильно структурированных дисперсий. В данных суспензиях вследствие высокой концентрации дисперсных фаз в жидкой дисперсионной среде возникают термодинамические устойчивые пространственные коагуляционные структуры [1]. Эти коагуляционные структуры имеют некоторые особенности: фиксацию частиц твердой фазы в жидкой дисперсионной среде, на расстоянии ближней и дальней коагуляции, проявление быстрой и замедленной упругости, ползучести и малой вязкости, тиксотропную обратимость (способность после разрыва под действием приложенного напряжения восстанавливаться). Способность коагуляционных структур восстанавливаться после механического разрушения вызвана тем, что частицы, образующие такие структуры, связаны между собой ван-дер-ваальсовыми силами через тонкие прослойки жидкой среды [2]. Эти прослойки обеспечивают возможность восстановления контактов в результате благоприятных соударений при броуновском движении. Для

тиксотропного восстановления коагуляционных структур нужна относительно невысокая прочность структуры, ее способность к значительным остаточным деформациям, а также наличие коллоидно-дисперсной фракции частиц, интенсивно участвующих в тепловом движении. Данная фракция является как бы склейкой, которая связывает пространственную сетку грубодисперсных частиц, образующих узлы такой сетки. Также тиксотропному упрочнению способствуют вытянутая форма частиц и достаточно высокая степень лиофильности их поверхности.

Способность дисперсных систем при воздействии внешних сил к деформированию и течению имеет большое значение при транспортировке цементного шлама. Чтобы заставить суспензию течь, нужно к ней приложить определенное усилие. Основные исследования структурированных дисперсных систем рассматривают реологические свойства этих систем при сдвиговой деформации под действием приложенных сил. При этом отмечается [3], что на свойствах дисперсных структур с высоким содержанием твердой фазы при малом содержании жидкой наиболее эффективно сказывается вибрационное смешение. Разработке модели течения шлама при вибрационном воздействии на него и посвящена данная работа.

Деформация и механическое разрушение цементных сырьевых шламов.

Цементные сырьевые шламы относятся к классу неньютоновских вязкопластических сред. В [4] указывается, что измерения методом тангенциального смещения рифленной пластинки на приборе Вейлера – Ребиндера показало суммар-

ную деформацию, развивающуюся за время t как сумму: 1) быстрой эластической деформации, характеризующей упругие свойства коагуляционной структуры, 2) медленной вязко – упругой деформации – результата скольжения частиц дисперсной среды относительно друг друга без разрыва молекулярной связи, 3) пластической деформации, характеризующей необратимостью. Развитие пластической деформации

определяется переходом через условный предел текучести.

Для изучения свойств сложных многофазных систем с неизвестной структурой вводятся механические модели, причем предполагается, что эта модель ведет себя как реальная система [5–8]. Реологическая схема шлама может быть представлена суммой моделей Гука, Кельвина – Фойгта и Шведова – Бингама (рис. 1).

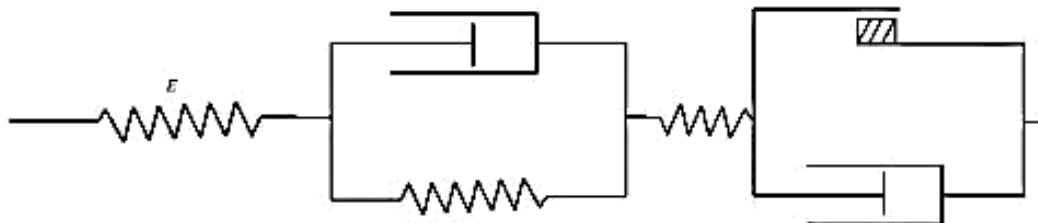


Рис. 1. Механическая модель цементного сырьевого шлама

Суммарная деформация, развивающаяся за время t , включает все виды деформации и равна.

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E_1} + \frac{\sigma}{E_2} \left(1 - \exp\left(-\frac{E_2}{\eta_2} t\right) \right) + \frac{\sigma - \sigma_k}{\eta_1} t \quad (1)$$

где σ – тензор напряжений, E – модуль упругости, ε – тензор деформации, η – вязкость, σ_k – предел текучести.

Изменение состояния шлама возможно при разрушении его структуры. Разрушение может происходить при сдвиговом и вибрационном смещении. Для дисперсных структур с высоким содержанием твердой фазы при малом содержании жидкой вибрационное перемешивание наиболее эффективно сказывается на их свойствах [3].

Для изучения ответа шлама на частотное возмущение используем метод частотных характеристик [9], разработанный для рассмотрения поведения вязко – упругих материалов. Известно, что если к нелинейному вязко – упругому телу приложить синусоидальные напряжения, то деформация во времени тоже будет изменяться синусоидально.

Пусть деформация изменяется по синусоидальному закону

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \sin(\omega t). \quad (2)$$

Для шлама связь между напряжением и деформацией может быть найдена из уравнения (1)

$$\sigma = \left(\varepsilon + \frac{\sigma_k}{\eta_1} t \right) \left(\frac{1}{E_1} + \frac{1 - \exp\left(-\frac{E_2}{\eta_2} t\right)}{E_2} + \frac{t}{\eta_2} \right)^{-1}. \quad (3)$$

Если деформация изменяется по синусоидальному закону (2), то

$$\sigma(t) = \frac{\left(\varepsilon_0 \sin(\omega t) + \frac{\sigma_k}{\eta_1} t \right)}{E_1^{-1} + \left(1 - \exp\left(-\frac{E_2}{\eta_2} t\right) \right) E_2^{-1} + t \cdot \eta_2^{-1}}. \quad (4)$$

При продолжительном возмущении напряжение стремится к предельному напряжению сдвига

$$\lim_{t \rightarrow +\infty} \sigma(t) = \sigma_k. \quad (5)$$

Тогда среднее значение отношения деформации к напряжению (затухание)

$$\left\langle \frac{\varepsilon}{\sigma} \right\rangle \xrightarrow{t \rightarrow \infty} 0. \quad (6)$$

Это означает разрушение коагуляционных структур и разрыв связей между частями. Отсюда следует, что шлам под действием вибрации приобретает свойства ньютоновской жидкости.

Для стационарных жидкостей реологическое уравнение, связывающее касательное напряжение со скоростью сдвига, записывается в виде

$$\dot{\varepsilon} = f(\sigma). \quad (7)$$

Рассмотрим движение шлама в установке при воздействии вибрации [10] (рис. 2). Введем систему координат $Oxyz$ так, как показано на рисунке. Считаем, что течение происходит в плоскости Oxz .

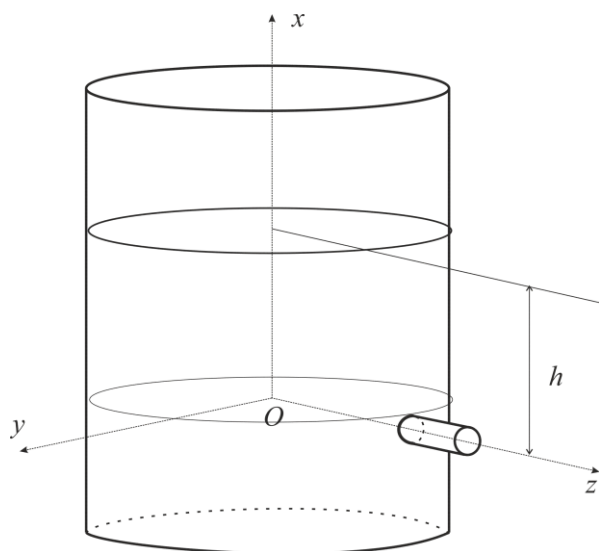


Рис. 2. Схема установки для изучения свойств суспензий

Для течения в цилиндрической емкости

$$-\frac{dv}{dx} = f(\sigma), \quad (8)$$

где v — скорость течения. Для шлама, используя (3), имеем

$$-\frac{dv}{dx} = \frac{1}{\eta_2} \frac{\left(\varepsilon_0 \sin(\omega t) + \frac{\sigma_k}{\eta_1} t \right)}{E_1^{-1} + \left(1 - \exp\left(-\frac{E_2}{\eta_2} t \right) \right) E_2^{-1} + t \cdot \eta_2^{-1}} \quad (9)$$

Проинтегрировав уравнение (9), получим

$$v = v_0 + \frac{1}{\eta_2} \frac{\left(\varepsilon_0 \sin(\omega t) + \frac{\sigma_k}{\eta_1} t \right)}{E_1^{-1} + \left(1 - \exp\left(-\frac{E_2}{\eta_2} t \right) \right) E_2^{-1} + t \cdot \eta_2^{-1}} (h - x) \quad (10)$$

В формуле (10) v_0 является, в общем случае, скоростью на свободной поверхности шлама. Скорость течения v показана на рис. 3. На рис. 4 представлены кривые одинаковой по величине скорости (изотакси).

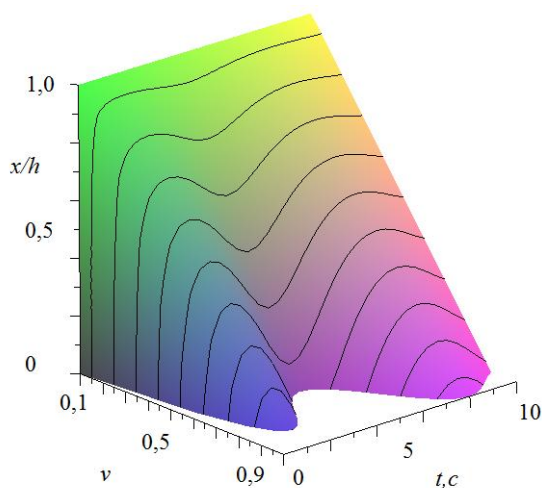


Рис. 3. Поверхность скорости течения v

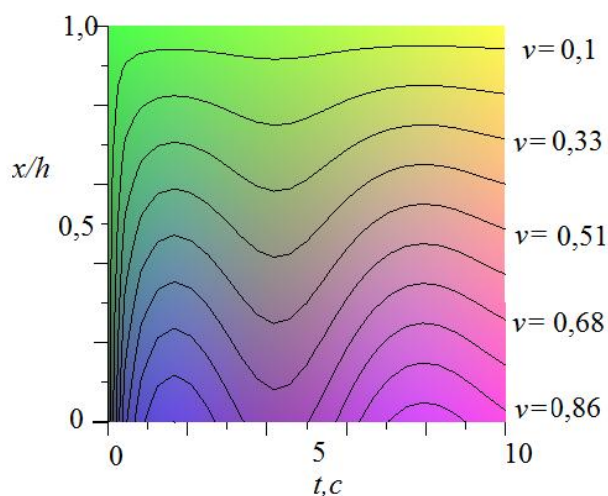


Рис. 4. Кривые одинаковой по величине скорости

Рисунки 3, 4 показывают изменение во времени скорости течения шлама от оси трубы до свободной поверхности. Из рисунков видно, что основное колебание скорости происходит на оси трубы или около нее, т.е. в зоне действия рабочего органа. Влияние рабочего органа на вертикальные слои шлама следующее: падение скорости в 2 раза происходит в пределах около 40 % расстояния от оси трубы до свободной поверхности. К свободной поверхности горизонтальная скорость убывает до нуля.

Выражение (10) показывает, что со временем скорость v выходит на стационарное значение и стремится к некоторому значению (рис. 5). Зависимость скорости от частоты колебаний

при различных значениях амплитуды колебаний представлена на рис. 6. На рис. 7–8 представлены зависимости скорости от частоты колебаний при изменении механических параметров шлама.

Из рис. 6–8 видно, что при вибрационном воздействии на вязко - пластическое тело скорость течения увеличивается до некоторого критического значения частоты (или интенсивности) вибрации. Это объясняется тем, что, в отличие от сдвиговой деформации, вибрация переводит систему в режим «виброкипения». Этот режим характеризуется наиболее эффективным разрушением коагуляционных структур и разрывом связей между частями. Дальнейшее по-

вышение частоты вибрации приводит к повышению коэффициента диффузии. Последнее ведет к увеличению скорости структурообразова-

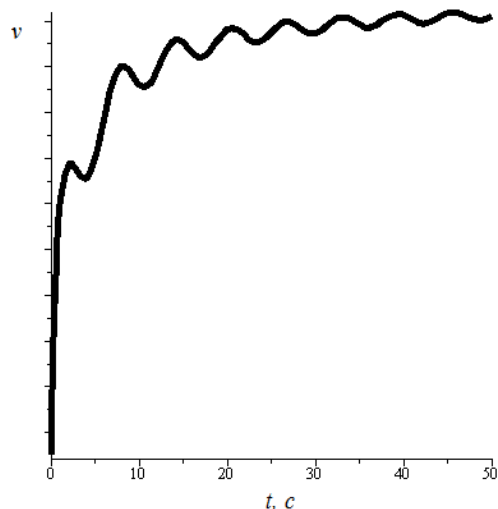


Рис. 5. Изменения безразмерной скорости со временем

ния [3]. Поэтому превышение интенсивности вибрации над критическим значением приводит к снижению скорости течения.

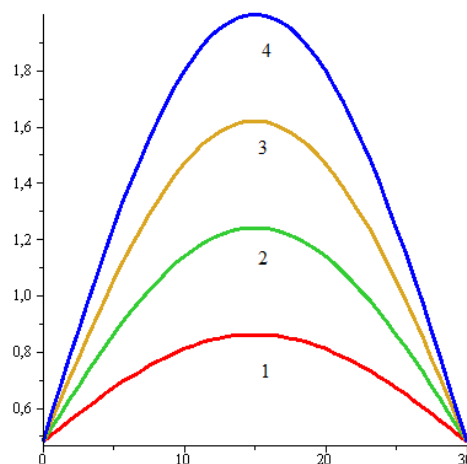


Рис. 6. Изменение безразмерной скорости V в зависимости от частоты вибрации (Гц)

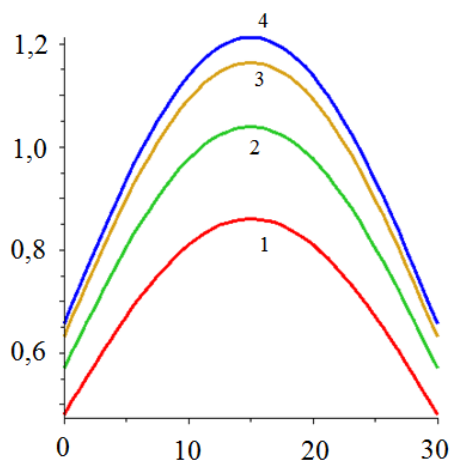


Рис. 7. Изменение безразмерной скорости v в зависимости от частоты вибрации n , Гц при изменении E_1 ($\text{Н}/\text{м}^2$):
1 – 0,07, 2 – 0,14, 3 – 0,27, 4 – 0,4

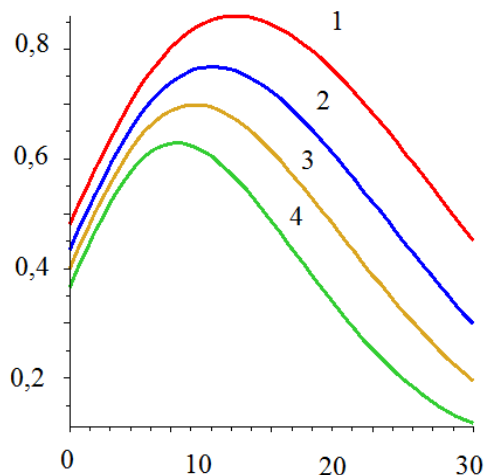


Рис. 8. Изменение безразмерной скорости v в зависимости от частоты вибрации n , Гц при изменении η_2 ($\text{Н} \cdot \text{с}/\text{м}^2$):
1 – 100, 2 – 130, 3 – 160, 4 – 200

Выводы. В работе разработана математическая модель истечения шлама из цилиндрического сосуда. Она построена на основании реологической модели шлама и позволяет исследовать расход шлама при истечении из сосуда в зависимости от механических характеристик материала. Полученные зависимости позволяют получить распределение скорости шлама при вибрационном воздействии на него, условие, при котором начнется течение, зависимость скорости от частоты колебаний и механических характеристик.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Беседин П.В., Трубаев П.А. Энерготехнологический анализ процессов в технологии це-

ментного клинкера : Под общ. ред. П.В. Беседи-на. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова: БИЭИ, 2005. 460 с.

2. Кузнецова Т.В., Кудряшов И.В., Тимашев В.В. Физическая химия вяжущих материалов : Учебник для хим.-технол. спец. вузов. М.: Высш. шк., 1989. 384 с.

3. Урьев Н.Б. Высококонцентрированные дисперсные системы. М.: Химия, 1980. 320 с.

4. Беседин П.В., Трубаев П.А. Исследование и оптимизация процессов в технологии цементного клинкера. Белгород: Изд-во БелГТАСМ: БИЭИ, 2004. 420 с.

5. Вялов С. С. Реологические основы механики грунтов: Учеб. пособие для строительных вузов. М.: Высш. школа, 1978. 447 с.

6. Пакшвер А.Б. Физико-химические основы технологии химических волокон. М.: Химия, 1972. 432с.

7. Бернхардт Э. Переработка термопластичных полимерных материалов / Пер. с англ. Под ред. Г. Виноградова. М.: Госхимиздат, 1962.

8. Уорд И. Механические свойства твердых полимеров. М.: Химия, 1975. 350с.

9. Уилкинсон У.Л. Неньютоновские жидкости. М.: Мир, 1964. 216 с.

10. Беседин П.В., Андрушак С.В., Козлов В.К. Исследование и моделирование процесса движения цементного шлама в лабораторных условиях // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. №4. С. 113–119

Sharapov R.R., Besedin P.V., Boychuk I.P., Kozlov V.K., Andruschak S.V.

MATHEMATICAL MODELING OF THE MOTION CEMENT SLURRY UNDER UNSTEADY ACTION

Currently, an important area of research is the development of energy-saving techniques for the cement industry. Intensification methods of transportation of sludge on the basis of mechanical and mechanochemical action effectively influence the increase in mobility and improve the rheological properties of cement slurries. This work is dedicated to the development of a mathematical model of the expiry of the sludge from the cylindrical vessel under the influence of non-stationary force action. The resulting model allows us to determine the conditions under which start during the distribution of sludge speed vibrating effect on him, as well as the dependence of the rate of vibration frequencies and the mechanical characteristics.

Key words: intensification of clinker, cement slurry, sludge humidity, vibration, approximation of data.

Шарапов Рашид Ризаевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой подъемно-транспортных и дорожных машин.

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

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

Беседин Павел Васильевич, доктор технических наук, профессор, сотрудник кафедры технологий стекла и керамики.

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

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

Бойчук Игорь Петрович, кандидат технических наук, доцент, сотрудник кафедры программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем.

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

E-mail: Igor_boichuk@mail.ru

Козлов Владимир Константинович, аспирант кафедры подъемно-транспортных и дорожных машин.

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

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

E-mail: kozlov-vk@bk.ru

Андрушак Сергей Викторович, аспирант кафедры технологий стекла и керамики.

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

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

E-mail: sg-bel@mail.ru

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Юдин Д.А., канд. техн. наук,
Горшкова Н.Г., канд. техн. наук, доц.,
Кныш А.С., студент,
Фролов С.В., студент

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

РАСПОЗНАВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ И РЕГИСТРАЦИЯ ИХ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ НА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ИЗОБРАЖЕНИЙ*

yuddim@yandex.ru

В статье приведено исследование алгоритмов распознавания транспортных средств на последовательности изображений и регистрации их траектории движения. В качестве алгоритма распознавания применена комбинация метода Виолы-Джонса с геометрическим фильтром на основе нахождения линии горизонта и трекингом автомобиля на оптическом потоке методом Лукаса-Канаде. Проанализированы подходы к регистрации траекторий движения автомобилей на последовательности изображений на основе линейных и угловых скоростей и фильтра Калмана. Показана эффективность обнаружения автомобилей с точки зрения мер точности и полноты распознавания. Качество регистрации автомобилей на последовательности изображений оценено по среднеквадратическому отклонению результатов от данных эталонной разметки. Показана перспективность применения предлагаемых алгоритмов в составе системы помощи водителю и системах управления беспилотными транспортными средствами.

Ключевые слова: распознавание, алгоритм, транспортное средство, последовательность изображений, регистрация, траектория движения, система помощи водителю.

Введение. В настоящее время активно исследуются методы технического зрения, которые могут быть успешно применены в системах помощи водителю и беспилотных автомобилях, чтобы обеспечить безаварийное вождение и безопасность на дорогах. Распознавание транспортных средств и отслеживание их траектории движения на последовательности изображений является одним из таких методов. Его реализация предполагает с одной стороны решение задачи обнаружения автомобилей, а с другой – регистрацию и прогнозирование их траектории движения на основе видеопотока, полученного как со стационарной, так и движущейся камеры. В России и мире разработаны ряд подходов к решению обеих задач.

Анализ современного состояния вопроса. Современные методы машинного обучения для обнаружения транспортных средств устроены по принципу многомасштабного «скользящего» окна: метод сводит задачу детектирования к задаче бинарной классификации в каждой точке изображения по некоторой прямоугольной окрестности. Для каждой прямоугольной области изображения, взятой со всевозможными сдвигами и масштабами, при помощи заранее

обученного классификатора проверяется гипотеза о наличии в области искомого объекта.

При распознавании сложных объектов на изображениях хорошие результаты показывают каскадные схемы, когда детектор представляет собой усиливающуюся по сложности последовательность (каскад) так называемых сильных классификаторов. В свою очередь, сильный классификатор строится при помощи алгоритма машинного обучения, например, AdaBoost (или какого-то другого варианта бустинга), как линейная комбинация слабых классификаторов. Каскадирование сильных классификаторов позволяет добиться высокой производительности за счет быстрого (на первом-втором уровне каскада) отказа для подавляющего числа подокон, которые не содержат искомого объекта. Количество таких «пустых» окон на несколько порядков превышает количество содержащих объект подокон, поэтому время обработки «пустого» подокна отличается от времени обработки подокна с объектом в несколько раз (пропорционально длине каскада). Такой подход лежит в основе метода Виолы-Джонса, в котором используются признаки Хаара [1-3], однако данный подход плохо изучен для случая распознавания автомобилей в разных ракурсах и услови-

ях освещения. Классификаторы на основе метода опорных векторов (SVM), использующие в качестве признаков гистограммы ориентированных градиентов также эффективны в похожих задачах [4], однако они требуют большого объема вычислений и недостаточно эффективны в системах реального времени.

Современные вычислительные устройства (GPU, FPGA) сделали возможным решать в реальном времени задачу распознавания объектов на стереоизображениях по результатам оценки карт глубин [5]. Такой подход позволяет разделять частично перекрытые объекты, а также эффективно ограничивать области интереса на изображении, например, по характерным размерам в физическом мире. Дополнительным преимуществом является возможность получения данных для оценки огрубленного трехмерного профиля дороги, по которой осуществляется движение. Однако потребность в наличии стереокамеры и специальных устройств параллельных вычислений делает актуальными и востребованными надежные алгоритмы обнаружения автомобилей с помощью монокулярных камер. Для них информация о движении наблюдаемых объектов получается в результате анализа оптического потока, что позволяет выделить области интереса и/или дополнять результаты работы детекторов [6, 7]. Однако качество оценки оптического потока зависит от характера текстур на изображении, скорости движения, представления информации о движении, поэтому исследования в этой области продолжаются.

Практические работы показывают существенное влияние условий освещенности (время года, время суток, положение солнца относительно камеры и т.д.) на качество распознавания (в базе изображений iRoads dataset выделено и размечено 7 основных типов освещения [8]), при этом изменения условий можно компенсировать на уровне параметров алгоритма распознавания. В работе [9] для уточнения параметров освещенности предлагается делать «пробы» в зонах «неба» и «дороги».

Когда объект найден, необходимо обеспечить отслеживание его траектории, с одной стороны, чтобы предупредить столкновение с наблюдателем, а с другой стороны, чтобы не потерять этот объект в случае возникновения ошибок второго рода в ходе работы алгоритма распознавания.

Для восстановления траектории движения транспортных средств в диссертации [10] предложен метод, который предполагает объединение траекторий движения отдельных особых точек объекта для построения траектории его движения.

Разработка системы помощи водителю, осуществляющей оценку и предсказание траектории транспортных средств по информации, полученной от системы трехмерного машинного зрения, представлена в [11]. При вычислении оценок использовалась модель движения автомобиля, на котором установлена камера, и метод обнаружения и отслеживания центров колес скрытого от водителя транспортного средства.

Применение расширенного фильтра Калмана для предупреждения столкновений беспилотного летательного аппарата с подвижными объектами описано в [12]. При этом вычисляется оптимальная траектория этих объектов, которая затем используется в модели движения летательного аппарата. Результаты и эффективность метода подтверждены с помощью имитационного моделирования, кроме того возможно его применение и для наземного роботизированного транспортного средства.

В работе [13] предложена вероятностная модель предсказания инцидентов на дороге с помощью трехмерного отслеживания траектории транспортных средств по их моделям движения. Нечеткая самоорганизующаяся нейронная сеть обучена на выявление шаблонов поведения транспортных средств на участках их траекторий. Каждый участок траектории сопоставляется с шаблоном поведения транспортного средства, на основе чего вычисляется вероятность возникновения аварии (столкновения) на дороге. Применение шаблонов движения позволило авторам работы [14] обеспечить предсказание поведения транспортных средств на несколько секунд вперед. При этом вероятность нового положения ТС вычисляется с использованием истории шаблонов движения этого ТС. Однако отмечается, что разработанный подход позволяет предсказать не само новое положение, а распределение вероятности возможных положений наблюдаемого транспортного средства. В похожей работе [15], направленной на развитие продвинутых систем помощи водителю, предложен метод, который комбинирует прогнозирование траектории транспортных средств с имеющейся моделью движения с постоянным рысканьем и ускорением и прогнозирование траектории с помощью распознавания маневра. Однако необходимость учета всех возможных условий и большого количества типов маневров требует дальнейших исследований в этом направлении.

Предлагаемое решение. В общем виде алгоритм, обеспечивающий распознавание и регистрацию траектории автомобилей предполагает следующие этапы:

1) считывание изображения из последовательности изображений или захват нового изображения с монокулярной камеры;

2) обнаружение объекта – участника дорожного движения одним из методов или алгоритмов, обеспечивающим приемлемую точность и полноту распознавания, например, методом Виолы-Джонса [1-3]. Объектами могут выступать транспортные средства различных типов. Под обнаружением понимается выделение координат центра объекта и его размеров;

3) нахождение оценок нового положения и размеров объекта одним из эффективных методов;

4) использование найденных оценок в качестве прогнозируемого положения объекта на следующем изображении и регистрация уточненного значения координат и размеров объекта на текущем кадре. Если на нескольких следующих изображениях объект пропадает, а потом появляется вновь, алгоритм все равно сохраняет работоспособность, так как для этих изображений в качестве измеренных координат и размеров используется координаты и размеры объекта до исчезновения.

Если объект не обнаруживается более чем на n следующих изображениях, это свидетельствует о потере объекта из области видимости и прекращении работы алгоритма.

Обнаружение транспортных средств на последовательности изображений. Для задачи обнаружения транспортных средств выбран классификатор, базирующийся на методе Виолы-Джонса, который использует концепции ин-

тегрального изображения, признаков Хаара и их каскадную классификацию с помощью AdaBoost [1].

Качество модели транспортного средства зависит от мощности обучающей выборки для статистических классификаторов. Модель надежно функционирует только при достаточном количестве изображений, соответствующих возможному внешнему виду транспортных средств и условиям освещения. При попадании модели в среду с транспортными средствами, внешний вид которых существенно отличается от обучающей выборки, требуется переобучение модели. При построении модели автомобилей рассмотрено два случая: автомобили в произвольном ракурсе (обучающая выборка содержала 12000 позитивных изображений, и 20000 негативных изображений) и частный случай вида автомобилей спереди или (обучающая выборка содержала 4100 позитивных изображений, и 6800 негативных изображений). Фрагмент обучающей выборки показан на рис. 1. На тестовых последовательностях изображений в первом случае содержалось свыше 7000 автомобилей (2500 изображений), во втором – около 4000 автомобилей (10000 изображений) при этом перекрытие найденных прямоугольников и эталонных должно было превышать 50 %.

Помимо классического метода Виолы-Джонса применены также дополнительные разработанные авторами геометрические фильтры с использованием линии горизонта и трекинга объектов по методу Лукаса-Канаде, описанные в работах [3 и 7].



Рис. 1. Фрагмент обучающей выборки для построения модели транспортного средства

Каскадный классификатор обучен с применением инструментов программной библиотеки OpenCV, наилучшие результаты работы каскад-

ных классификаторов с различными настройками обучения для обоих случаев приведены в табл. 1.

Результаты детектирования транспортных средств оценены с помощью трех мер оценки: Precision (точность), Recall (полнота), F- score (F-мера).

Анализируя результаты работы метода обнаружения транспортных средств, можно сделать вывод, что качество распознавания находится на приемлемом уровне только для вида автомобилей спереди или сзади, для которых процент найденных автомобилей (полнота) составляет свыше 88 % и наблюдается малое количество ложных срабатываний – точность выше 93 %. В то время при обнаружении автомо-

билей в произвольном ракурсе точность не превышает 85 % и полнота 73 %. Что говорит о необходимости дополнительных исследований во втором случае и возможности применения метода обнаружения автомобилей с видом спереди или сзади уже сейчас в задачах, связанных с разработкой систем помощи водителю и управлением беспилотными транспортными средствами.

Пример обнаружения транспортных средств с использованием метода Виолы-Джонса с дополнительными фильтрами показан на рис. 2.

Таблица 1

Качество работы каскадных классификаторов транспортных средств, основанных на методе Виолы-Джонса

Вид классификатора	На обучающей выборке			На тестовой выборке		
	Точность	Полнота	F-мера	Точность	Полнота	F-мера
Распознавание автомобилей вида спереди или сзади (кол-во позитивных изображений – 4100, негативных изображений – 6800)						
Использование одного каскада с использованием геометрической фильтрации ложных срабатываний	1.0	0.9684	0.9839	0.9311	0.8856	0.9078
Распознавание автомобилей в произвольном ракурсе (кол-во позитивных изображений – 12000, негативных изображений – 20000)						
Использование двух каскадов, без применения фильтра ложных срабатываний	0,8005	0,6971	0,7453	0,7720	0,7309	0,7509
Использование двух каскадов, с применением фильтра ложных срабатываний на основе трекинга	0,8570	0,6910	0,7650	0,8530	0,6560	0,7420

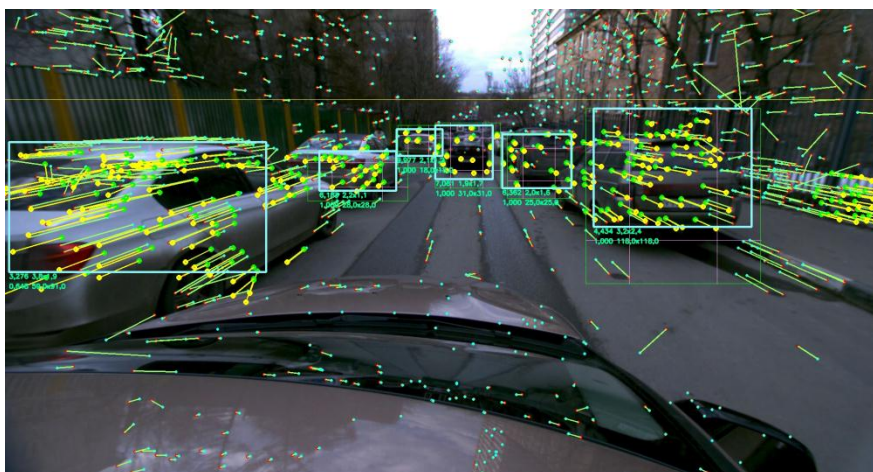


Рис. 2. Пример обнаружения транспортных средств с использованием предлагаемого алгоритма

Регистрация траектории движения обнаруженных транспортных средств. Траектория движения транспортных средств определяется как набор их положений в моменты времени t_i , $i = 1, 2, \dots, n$, n – количество имеющихся кадров видеопоследовательности. Положение обнаруженного на изображении объекта определяется окаймляющим его прямоугольником

$r = (x, y, w, h)$, где x и y – координаты центра прямоугольника, w и h – его ширина и высота в пикселях.

Модель регистрации и предсказания (прогноза) изменения положения активных по отношению к ТС участников дорожного движения должна обеспечивать возврат комплексной информации о текущем $(x_{ip}, y_{ip}, w_{ip}, h_{ip})$ положении

обнаруженных транспортных средств в t_i -й момент времени и тем самым обеспечить регистрацию траектории его движения.

Для прогнозирования траектории распознанного на изображении объекта можно использовать алгоритм, основанный на оценке его линейной и угловой скоростей. Упрощенная схема движения наблюдаемого объекта показана на рис. 3.

Здесь используются следующие обозначения: (x_i, y_i) – координаты центра объекта, найденного на i изображении, v_i – линейная скорость объекта в точке i , ω_i – угловая скорость объекта в точке i , h_i и w_i – размер (ширина и высота) объекта.

Расстояние между центрами объекта на текущем i -м и предыдущем $(i-1)$ -м кадрах определяется на основе Евклидова расстояния на основе формулы

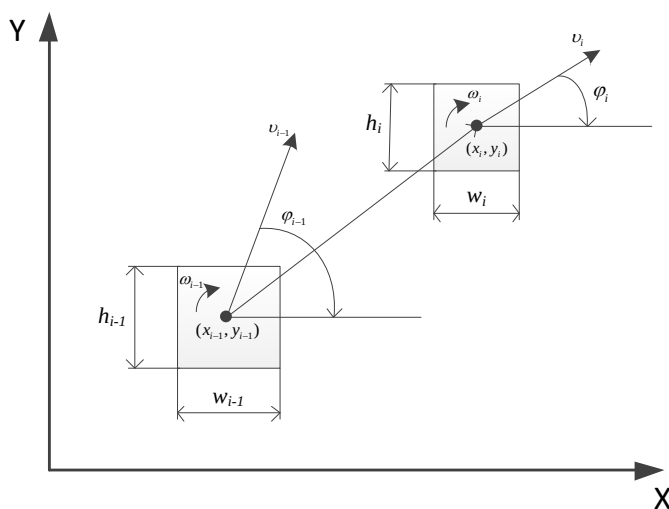


Рис. 3. Упрощенная схема движения наблюдаемого объекта с учетом его линейной и угловой скоростей

Таким образом, математическая модель представляет собой функциональную связь, вы-

$$\begin{cases} \hat{x}_i = x_{i-1} + L_{i-1} \cdot \sin(2 \cdot \varphi_{i-1} - \text{sign}(x_{i-1} - x_{i-2}) \cdot \varphi_{i-2}), \\ \hat{y}_i = y_{i-1} + L_{i-1} \cdot \sin(2 \cdot \varphi_{i-1} - \text{sign}(y_{i-1} - y_{i-2}) \cdot \varphi_{i-2}), \end{cases} \quad (3)$$

где $(\hat{x}_i, \hat{y}_i)$ – оценка (результат прогнозирования) координат объекта на i -м шаге (изображения), вычисленная на трёх предыдущих точках $(i-1)$, $(i-2)$ и $(i-3)$, L_{i-1} – Евклидово расстояние между точками $(i-1)$ и $(i-2)$, вычисляемое по формуле (1), φ_{i-1} и φ_{i-2} – углы направления движения объекта соответственно на $(i-1)$ -м и $(i-2)$ кадрах, вычисляемые по формуле (2).

$$L_i = \sqrt{(x_i - x_{i-1})^2 + (y_i - y_{i-1})^2}. \quad (1)$$

Угол направления движения объекта на i -м кадре вычисляется как

$$\varphi_i = \arccos\left(\frac{x_i - x_{i-1}}{\sqrt{(x_i - x_{i-1})^2 + (y_i - y_{i-1})^2}}\right) \cdot \text{sign}(y_i - y_{i-1}). \quad (2)$$

Для регистрации положения объекта предлагается модель, упрощенная схема которой показана на рис. 4. В ней в качестве входных данных используются положения объекта, найденные на основе алгоритма детектирования, на текущем (x_i, y_i, w_i, h_i) и предыдущих трех кадрах $(x_{i-1}, y_{i-1}, w_{i-1}, h_{i-1})$, $(x_{i-2}, y_{i-2}, w_{i-2}, h_{i-2})$, $(x_{i-3}, y_{i-3}, w_{i-3}, h_{i-3})$, образующие входной вектор V_i .

На выходе модели формируется регистрируемое $(x_{ip}, y_{ip}, w_{ip}, h_{ip})$ положение транспортного средства в t_i -й момент, образующее выходной вектор O_{ti} .

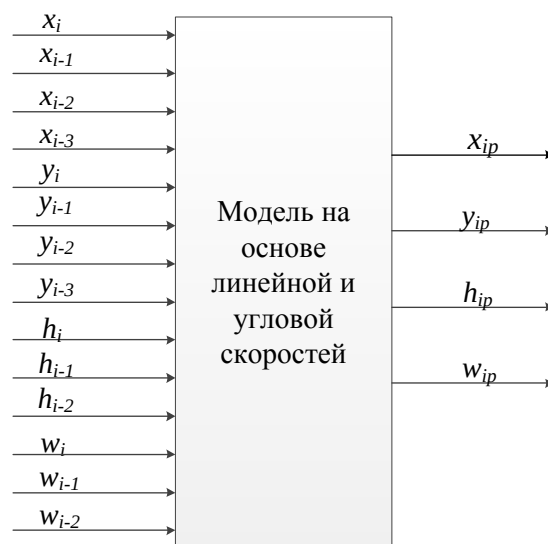


Рис. 4. Схема в виде чёрного ящика математической модели регистрации положения объекта на основе его линейной и угловой скоростей

раженную формулой $O_{ti} = f_1(V_{ti})$. Оценка координат объекта вычисляется из формул

Регистрируемые значения координат (x_{ip}, y_{ip}) вычисляются как среднее значение между прогнозом и найденным на i -м кадре значением

$$x_{ip} = \frac{\hat{x}_i + x_i}{2}, \quad y_{ip} = \frac{\hat{y}_i + y_i}{2}. \quad (4)$$

Оценка (прогнозирование) размера объекта $(\hat{w}_i, \hat{h}_i)$ осуществляется как его линейная экстраполяция:

$$\hat{w}_i = 2 \cdot w_{i-1} - w_{i-2}, \quad (5)$$

$$\hat{h}_i = 2 \cdot h_{i-1} - h_{i-2}.$$

Значения размеров объекта (w_{ip} , h_{ip}), которые подлежат регистрации, вычисляются как средние величины между прогнозом и найденным на i -м кадре значением

$$w_{ip} = \frac{(\hat{w}_i + w_i)}{2}, h_{ip} = \frac{(\hat{h}_i + h_i)}{2}. \quad (6)$$



Рис. 5. Схема в виде чёрного ящика математической модели регистрации положения объекта на основе расширенного фильтра Калмана

В качестве входных данных используются положения объекта, найденные алгоритмом детектирования на текущем кадре (x_i , y_i , w_i , h_i), образующие входной вектор $V_{2i} = [x_i, y_i, w_i, h_i]^T$. На выходе модели формируются регистрируемое (x_{ip} , y_{ip} , w_{ip} , h_{ip}) положение активного участника дорожного движения в t_i -й момент, образующее выходной вектор $O_{2i} = [x_{ip}, y_{ip}, w_{ip}, h_{ip}]^T$.

Таким образом, математическая модель представляет собой функциональную связь, выражаемую формулой $O_{2i} = f_2(V_{2i})$. На очередном i -м шаге до прихода результатов измерения Y_i ($Y_i = (x_i, y_i, h_i, w_i)^T$) в фильтре Калмана производится оценка нового положения объекта (прогнозирование вектора состояния) в соответствии с выражением

$$\hat{X}_{i|i-1} = \hat{X}_{i-1|i-1}. \quad (7)$$

Такой вид оценки обусловлен тем, что закон движения найденного объекта заранее неизвестен, поэтому матрица перехода F и матрица управления B принимаются единичными, а вектор управляющих воздействий U нулевым. Здесь, матрица априорной оценки $\hat{X}_{i|i-1}$ составлена из прогнозируемых значений координат и размеров объектов $\hat{X}_{i|i-1} = (\hat{x}_i, \hat{y}_i, \hat{h}_i, \hat{w}_i)^T$. Матрица $\hat{X}_{i-1|i-1}$ составлена из оценок координат и размеров объектов на предыдущем шаге $\hat{X}_{i-1|i-1} = (\hat{x}_{i-1}, \hat{y}_{i-1}, \hat{h}_{i-1}, \hat{w}_{i-1})^T$.

Новая ковариационная матрица (априорная оценка ошибки) вычисляется как

$$P_{i|i-1} = F P_{i-1|i-1} F^T + Q. \quad (8)$$

Так как при детектировании объекта вероятность наложения случайных систематических

Найденное положение (x_{ip} , y_{ip} , w_{ip} , h_{ip}) уточняет его координаты и размеры, полученные в результате работы алгоритма распознавания изображений, что снижает шумы и повышает качество детектирования объекта.

Для регистрации положения обнаруженных транспортных средств можно также использовать модель, использующую расширенный фильтр Калмана [16], которая схематично показана на рис. 5.

ошибок мала, то элементам ковариационной матрицы-столбца Q присваивается величина, равная одному пикселю.

По априорной оценке состояния $\hat{X}_{i|i-1}$ из (7) можно вычислить прогноз измерения:

$$\hat{Y}_i = H \hat{X}_{i|i-1}. \quad (9)$$

Матрица измерений H выбирается единичной.

После того, как получено очередное измерение $Y_i = (x_i, y_i, h_i, w_i)^T$, в фильтре рассчитывается ошибка прогноза i -го измерения по формуле

$$E_i = Y_i - H \hat{X}_{i|i-1}. \quad (10)$$

Затем корректируется оценка состояния системы за счет выбора точки, лежащей где-то между первоначальной оценкой $\hat{X}_{i|i-1}$ и точкой, соответствующей новому измерению Y_i :

$$\hat{X}_{i|i} = \hat{X}_{i|i-1} + G_i E_i, \quad (11)$$

где G_i – матрица коэффициентов фильтра. Эта скорректированная оценка является регистрируемым положением объекта $\hat{X}_{i|i} = (x_{ip}, y_{ip}, h_{ip}, w_{ip})^T$.

Наконец, корректируется оценка ковариационной матрицы ошибки оценки состояния:

$$P_{i|i} = (I - G_i H) P_{i|i-1}, \quad (12)$$

где I – единичная матрица. Ковариационная матрица ошибки оценки измерения E_i рассчитывается по формуле:

$$S_i = H P_{i|i-1} H^T + R, \quad (13)$$

а матрица коэффициентов фильтра, при которой достигается минимальная ошибка оценки состояния системы, вычисляется как

$$G_i = P_{i|i-1} H^T S_i^{-1}. \quad (14)$$

Элементы ковариационной матрицы-столбца измерений R так же задаются равными одному пикселю в связи с малой вероятностью ошибок измерений.

Действия повторяются при каждом новом значении вектора Y_i . В начальный момент времени принимается $\hat{X}_{0|0} = (x_0, y_0, h_0, w_0)^T$, $P_{1|0} = 0$.

В ходе работы фильтра Калмана координаты центра и размеры транспортного средства на новом кадре вычисляются на основании всей предыдущей информации о перемещении объекта (по аналогии с операцией интегрирования на всем интервале времени), что увеличивает точность работы в сравнении методом, опирающимся на оценки линейной и угловой скоростей.

Обе модели регистрации траектории движения объекта имеют ограничения на случай, когда на новом кадре направление движения объекта резко меняется, что наблюдается редко

в случае высокой скорости обработки кадров, например, свыше 20 кадров в секунду.

Предлагаемые математические модели на основе линейных и угловых скоростей объектов и фильтре Калмана были реализованы в среде Matlab. Произведено тестирование этих реализаций в шести случаях поведения активного по отношению к наблюдателю участника дорожного движения, ширина и высота которого на изображении принималось одинаковой, то есть исследовались изменения положения квадратных областей:

- 1) обгон наблюдателя слева транспортным средством,
- 2) появление и приближение справа медленно перемещающегося в поперечном направлении участника дорожного движения,
- 3) обгон наблюдателя справа транспортным средством,
- 4) следование наблюдателя за транспортным средством,
- 5) начало обгона транспортного средства слева наблюдателем,
- 6) обгон транспортного средства справа наблюдателем (показан на рис. 6).

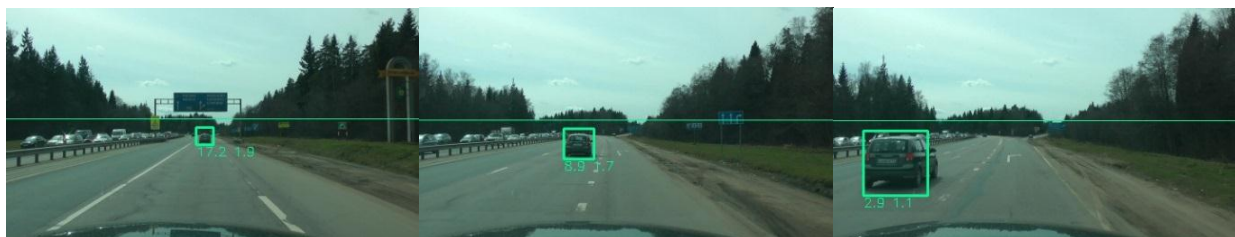


Рис. 6. Обгон транспортного средства справа наблюдателем (6-й случай)

Результаты регистрации координат центра области, в которой детектирован объект, для случая 6 показаны на рис. 7-8. Сплошной линией показаны координаты или размеры областей, полученных с помощью алгоритма обнаружения транспортных средств на последовательности изображений. Штриховой линией – регистриру-

емые координаты или размеры, полученные алгоритмом на основе линейной и угловой скорости наблюдаемого объекта. Штрих-пунктирной линией – регистрируемые координаты или размеры, полученные с помощью алгоритма, использующего фильтр Калмана.

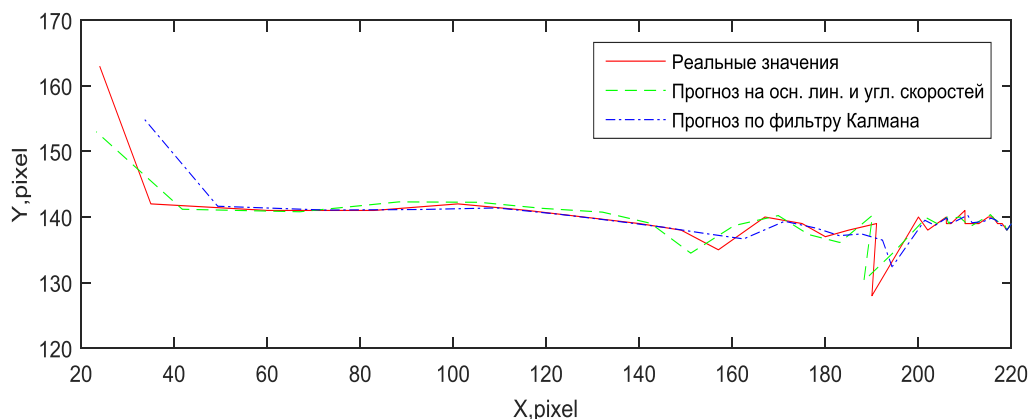


Рис. 7. Результат регистрации изменения координат (x, y) центра области, в которой детектирован объект, для 6-го случая

Применение обеих предлагаемых моделей дало адекватные результаты, причем модель, в которой применен фильтр Калмана, обеспечивает меньшие «выбросы» на графиках, что требуется в реальных системах регистрации и предсказания траектории движения наблюдаемых объектов, когда резкое изменение положения является, как правило, результатом неточного определения области расположения объекта на изображении.

В качестве меры сравнения разработанных моделей применены:

- среднеквадратическое отклонение (σ_1) регистрируемых координат объекта (x, y) от координат, полученных в результате распознавания изображений, и

- среднеквадратическое отклонение (σ_2) регистрируемых размеров объекта (w, h) от размеров, полученных в результате распознавания изображений.

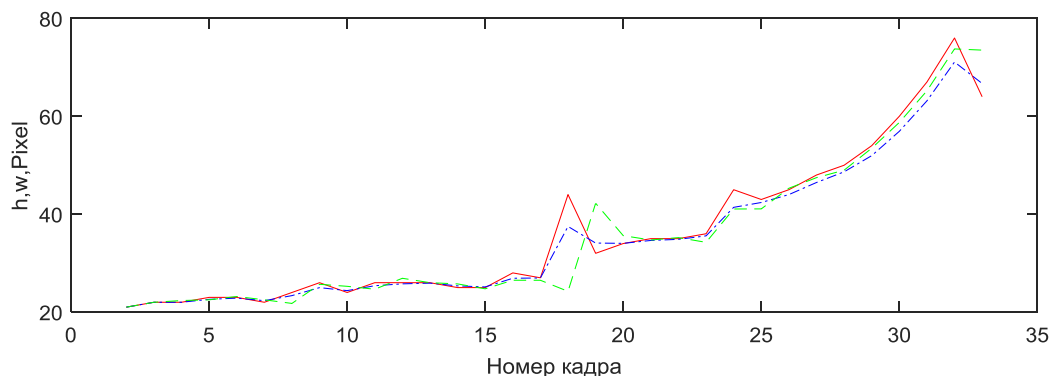


Рис. 8. Результат регистрации размеров (w, h) области, в которой детектирован объект, для 6-го случая

Результаты вычисления мер σ_1 и σ_2 для обеих моделей для всех 6-ти случаев представлены в табл. 2. На основе данных этой таблицы можно сделать вывод, что обе величины среднеквадратического отклонения σ_1 и σ_2 в среднем

ниже для алгоритма регистрации траектории движения объектов, использующем фильтр Калмана, и находятся на приемлемом уровне для применения в системах помощи водителю.

Таблица 2

Результаты вычисления среднеквадратических отклонений σ_1 и σ_2 для обеих моделей для всех 6-ти случаев

Алгоритм регистрации траектории	Регистрируемая величина	Величина среднеквадратического отклонения (σ_1 или σ_2), пикс.						Среднее значение
		Случай 1	Случай 2	Случай 3	Случай 4	Случай 5	Случай 6	
Алгоритм регистрации траектории движения объектов на основе их линейных и угловых скоростей	Координаты центра (x, y) области с объектом	4,79	32,04	4,20	12,37	10,96	4,33	10,74
	Размеры (w, h) области с объектом	5,79	20,71	2,24	5,8	4,24	4,13	6,71
Алгоритм регистрации траектории движения объектов на основе фильтра Калмана	Координаты центра (x, y) области с объектом	7,91	20,04	4,82	8,26	9,32	5,84	8,75
	Размеры (w, h) области с объектом	3,39	7,38	1,92	2,28	3,14	2,10	3,85

Выводы. В ходе выполнения данной работы предложен алгоритм обнаружения (распознавания) транспортных средств на последовательности изображений, представляющий комбинацию метода Виолы-Джонса, геометрического фильтра на основе нахождения линии горизонта и трекинга автомобиля на оптическом потоке методом Лукаса-Канаде. Осуществлена реализация метода с помощью библиотеки OpenCV.

Точность (93 %) и полнота (88 %) результатов работы метода при распознавании вида автомобилей спереди и сзади позволяют использовать их в качестве входных данных для алгоритмов и методов фиксации и предсказания положения объекта.

Исследована эффективность предложенных алгоритмов регистрации траектории движения объектов, основанных на их линейных и угло-

вых скоростях и фильтре Калмана, а также осуществлена их реализация в среде Matlab. Алгоритм, использующий фильтр Калмана, в среднем показал лучшие показатели в смысле среднеквадратического отклонения от эталонных значений. Если на нескольких следующих изображениях объект пропадает, а потом появляется вновь, метод все равно сохраняет работоспособность, так как для этих изображений в качестве измеренных координат и размеров используется координаты и размеры объекта до исчезновения.

Полученные результаты тестирования свидетельствуют о перспективности разработанных алгоритмов для применения в составе информационного обеспечения системы помощи водителю, системы навигации и управления роботизированным транспортным средством [17] или беспилотным автомобилем.

**Работа выполнена в рамках проекта РФФИ № 14-41-08016 р_офи_м «Разработка интеллектуальных систем управления сложными технологическими процессами на основе советующих систем с техническим зрением» и Программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова на 2012-2016 г.г. (№ 2011-ПР-146).*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Viola P., Jones M.J. Rapid object detection using a boosted cascade of simple features // Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'01). 2001, V. 1, pp. I-511–I-518.
2. Viola P., Jones M.J., and Snow D. Detecting pedestrians using patterns of motion and appearance // Proceedings of the 9 th International Conference on Computer Vision (ICCV'03). 2003, V. 1, pp. 734–741.
3. Юдин Д.А., Кныш А.С., Капустина Е.О. Обнаружение автомобилей на статических изображениях с использованием метода Виолы-Джонса // Сборник материалов III-ей международной научно-практической конференции «Инновационное развитие автоматизации, информационных и энергосберегающих технологий, металлургии и металловедения. Современное состояние, проблематика и перспективы» - Москва: МИСиС, 2015. С. 280–287
4. Dalal N., Triggs B., and Europe D. Histograms of Oriented Gradients for Human Detection // Comput. Vis. Pattern Recognition, 2005. CVPR 2005. IEEE Comput. Soc. Conf., vol. 1, pp. 886 – 893, 2005.
5. Rabe C., Muller T., Wedel A., Franke U. “Dense, Robust, and Accurate Motion Field Estimation from Stereo Image Sequences” // in Proc. 11th Eur. Conf. Comput. Vis. – 2010. – 582–595с.
6. Ramirez A., Ohn-Bar E., Trivedi M.M. Go with the flow: Improving Multi-View vehicle detection with motion cues. // In IEEE Intl. Conf. Pattern Recognition, 2014.
7. Рудаков К.А., Пикалов А.С., Юдин Д.А. Анализ методов трекинга объектов на последовательности изображений [Электронный ресурс] // Международная конференция «Актуальные проблемы робототехники и автоматизации». Белгород, 2015. С. 154–158.
8. Mahdi Rezaei, Mutsuhiro Terauchi, “Vehicle Detection Based on Multi-feature Clues and Dempster-Shafer Fusion Theory”, Image and Video Technology, Springer, Volume 8333, pp 60–72, 2014
9. Rezaei M., Terauchi M., Klette R., Zealand N., Zealand N. “Robust Vehicle Detection and Distance Estimation Under Challenging Lighting Conditions”, IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems (T-ITS), 2015. Pp. 2723–2743.
10. Кустикова В.Д. Методы и алгоритмы анализа траекторий движения при решении задачи видеодетектирования транспортных средств: дис. ... канд. техн. наук. Нижегородский гос. университет им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород, 2015, 145 с.
11. Weiming Hu, Xuejuan Xiao, Xie, D., Tieniu Tan Traffic accident prediction using 3-D model-based vehicle tracking // IEEE Transactions on Vehicular Technology. 53 (3). 2004. Pp. 677–694.
12. Prevost, C.G., Desbiens, A., Gagnon, E. Extended Kalman Filter for State Estimation and Trajectory Prediction of a Moving Object Detected by an Unmanned Aerial Vehicle. American Control Conference, 2007. ACC '07. Pp. 1805–1810.
13. Wiest, J., Hoffken, M., Kresel, U., Dietmayer, K. Probabilistic trajectory prediction with Gaussian mixture models // Intelligent Vehicles Symposium (IV), 2012 IEEE, 2012. Pp. 141–146.
14. Cheol Oh, Taejin Kim. Estimation of rear-end crash potential using vehicle trajectory data // Accident Analysis & Prevention, 42, (6), 2010, pp. 1888–1893.
15. Houenou A., Bonnifait P., Cherfaoui V., Wen Yao. Vehicle trajectory prediction based on motion model and maneuver recognition // IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), 2013, pp. 4363–4369.
16. Сеницын И. Н. Фильтры Калмана и Пугачёва. М.: Университетская книга, Логос. 2006. 640 с.
17. Юдин Д.А., Проценко В.В., Постольский Г.Г., Кижук А.С., Магепрут В.З. Система технического зрения для автоматического ориентирования и позиционирования мобильного

робота // Робототехника и техническая кибернетика. 2014. №1(2). С.70–75.

Yudin D.A., Gorshkova N.G., Knysh A.S., Frolov S.V.

**VEHICLE RECOGNITION AND ITS TRAJECTORY REGISTRATION
ON THE IMAGE SEQUENCE**

The article shows the methods research of vehicle recognition on the image sequence and its trajectory registration. As a recognition algorithm authors used the Viola-Jones method in combination with geometric filter based on the horizon line location and the vehicle tracking using Lucas-Canade method. There are analyzed approaches to vehicle trajectories registration on image sequence based on the its linear and angular velocities and the Kalman filter. The efficiency of vehicle detection is shown in terms of the precision and recall of recognition. Quality of car registration on the image sequence is estimated by the root mean square deviation of the results from the sample values. Article also shows usage prospects of the proposed algorithms as part of driver assistance systems and unmanned vehicle control system.

Key words: recognition, algorithm, vehicle, image sequence, registration, trajectory, driver assistance system.

Юдин Дмитрий Александрович, кандидат технических наук.

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

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

E-mail: yuddim@yandex.ru

Горшкова Нина Георгиевна, кандидат технических наук, доцент.

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

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

Кныш Александр Сергеевич, магистрант.

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

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

E-mail: knysh.sasha@yandex.ru

Фролов Сергей Викторович, магистрант.

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

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

E-mail: frolov.serg.wikt@mail.ru

*Тетерина И.А., аспирант, вед. инж.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Феофанов А.Н., д-р техн. наук, проф.,
Турапин М.В., аспирант
Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»*

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ИДЕНТИФИКАЦИИ И АНАЛИЗА РИСКОВ ПРИ СМЕНЕ ПОСТАВЩИКА СЫРЬЯ И МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СИТУАТИВНЫХ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК

Irinochka1611@rambler.ru

В статье приведен обзор принципа работы автоматизированной системы идентификации и анализа рисков при смене поставщика сырья и материалов. Рассмотрены основные составные элементы системы. Предложен общий вид схемы взаимодействия основных блоков системы в условиях внешней среды и среды предприятия.

Ключевые слова: Анализ риска, поставщик, методы анализа, экспертная оценка, автоматизация процессов, информационная поддержка процессов.

В условиях глобализации экономики любая организация в процессе своей производственной деятельности сталкивается как с запланированной, так и незапланированной сменой поставщика сырья и материалов (далее поставщика). Смена поставщика в условиях высокоритмичного производства и высоких требований к качеству сырья и материалов является процессом с высокой степенью риска. Применение современных принципов анализа и управления рисками на стадии смены поставщика позволяет минимизировать возможные негативные последствия [1].

Современные российские предприятия машиностроительной отрасли напрямую зависят от поставок тех или иных комплектующих, сырья и материалов из стран Евросоюза. В условиях нестабильной политической ситуации, серьезной угрозы санкционных запретов на поставки продукции двойного назначения, крупные российские машиностроительные предприятия сталкиваются с необходимостью проработки вопросов смены поставщиков [4].

Применение принципов автоматизации управления производствами, при решении задач минимизации риска поставщика, позволяет снизить риск экспертной ошибки за счет применения широкого набора статистических оценок и позволяет сократить требуемые для проведения риск-анализа человеко-ресурсы до уровня, ограниченного необходимым количеством экспертов. Использование автоматизированных систем при оценке и выборе поставщика позволяет минимизировать коррупционную составляющую данного процесса [5].

На рис. 1 представлена схема модели функционирования автоматизированной

системы идентификации и анализа рисков при смене поставщика.

Особенностью представленной на рисунке 1 схемы автоматизированной системы идентификации и анализа рисков при смене поставщика является применение совмещенного экспертно-статистического человеко-машинного подхода к реализации процедур идентификации и анализа рисков [6].

Данный подход позволяет с одной стороны минимизировать вероятность экспертной ошибки, с другой стороны исключает применение исключительно машинно-формализованного подхода к процессу риск-менеджмента.

Двумя основными модулями автоматизированной системы идентификации и анализа рисков при смене поставщика являются:

- Автоматизированная система оценки поставщика (АСОП);

- Автоматизированная система идентификации и анализа рисков поставщика (АСИиАРП).

Рассмотрим поочередно особенности функционирования этих элементов автоматизированной системы идентификации и анализа рисков при смене поставщика.

Основными элементами АСОП являются [7]:

- База данных поставщиков, содержащая в себе информацию о поставщиках, с которыми на данный момент работает компания с их результатами многокритериальных оценок, а также данные об альтернативных поставщиках [2], пересматриваемые при проведении процедуры оценки поставщиков при смене поставщика, но не реже чем раз в год. Ежегодный периодический пересмотр многокритериальных оценок позволяет отслеживать тренды в развитии поставщиков и учитывать их в процессе идентификации и анализа рисков. В базе данных также

содержится фиксированный перечень критериев оценки поставщиков, который целесообразно пересматривать не реже одного раза в год экспертным методом.

- Блок статистических данных содержит информацию о трендах развития поставщиков, историю смены поставщиков, составы экспертных групп, информацию об оценках, полученных от различных экспертов, тренды в изменениях экспертных оценок поставщиков.

- Блок анализа данных позволяет автоматизировать выбор поставщика на основании полученных экспертных оценок. Блок анализа дан-

ных содержит алгоритмы многокритериальной оценки характеристик поставщика на основании полученных экспертных оценок.

Информационными обеспечением АСОП (входами) являются:

- Статистика работы с поставщиками предприятия;
- Результаты экспертных оценок поставщиков;
- Результаты мониторинга внешней среды (рынка).

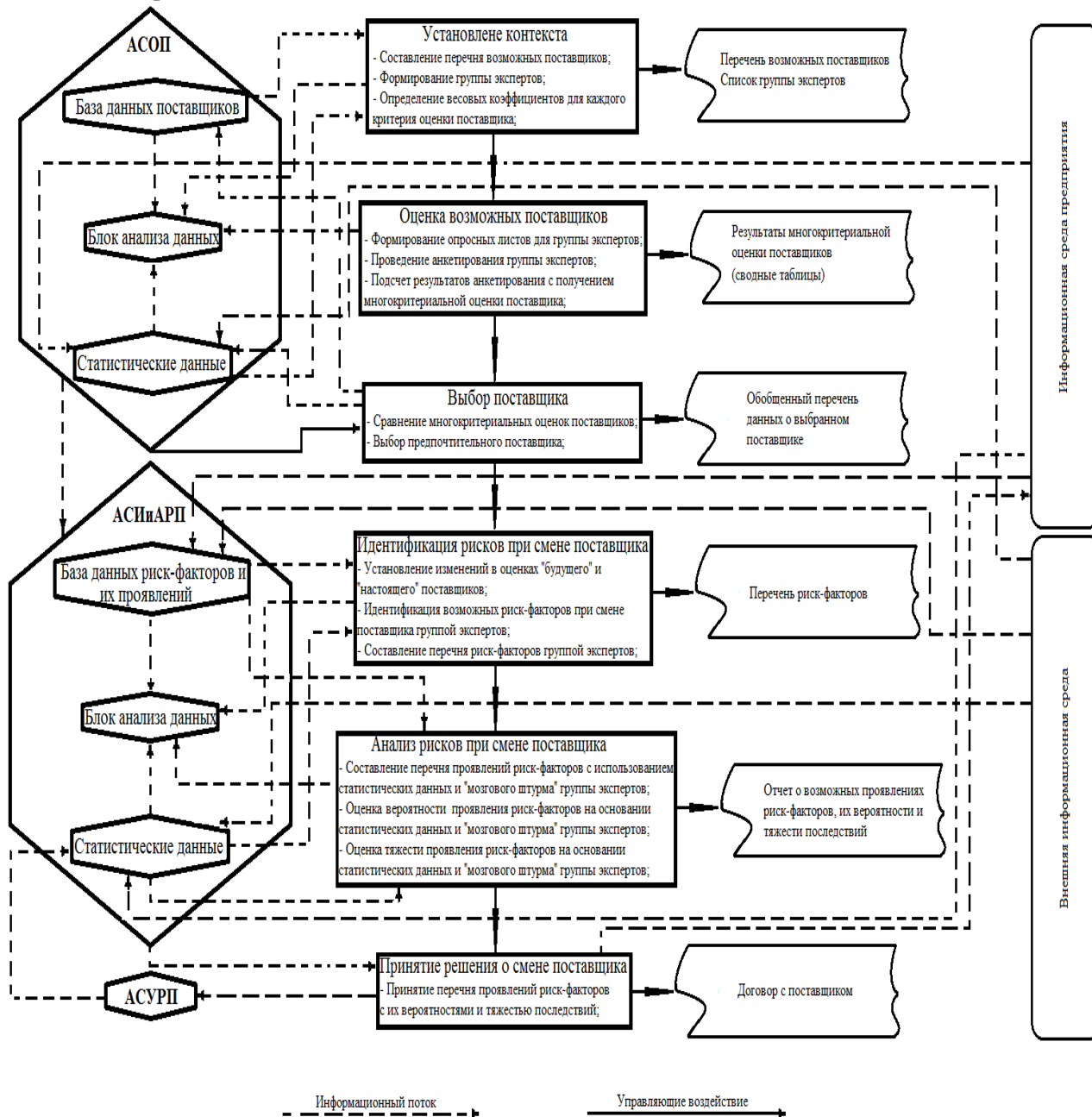


Рис. 1. Схема автоматизированной системы идентификации и анализа рисков при смене поставщика

Основанием для получения достоверных результатов многокритериальной оценки поставщика является наиболее полный перечень

критериев оценки. Для получения данного перечня можно использовать круговое анкетирование группы экспертов. В данном случае пере-

чень составляется ведущим экспертом и затем поочередно переходит от эксперта к эксперту с целью его уточнения [8]. После прохождения каждого эксперта перечень вновь попадает к ведущему эксперту, который вносит свои правки и запускает перечень для согласования с группой экспертов. Используя следующие типовые критерии оценки поставщиков:

- Цена;
- Гибкость ценовой политики;
- Условия платежа;
- Качество продукции;
- Наличие свободных производственных мощностей;
- Уровень надежности;
- Деловая активность предприятия;
- Сроки поставки.

Система оценок критериев определяется ведущим экспертом и устанавливает градации количественной оценки.

Результатом функционирования АСОП является принятие решения о выборе поставщика на основании экспертных оценок (выход) а также вывод данных о выбранном поставщике (результаты многокритериальной оценке).

АСОП обеспечивает информацией о выбранном поставщике АСИиАРП (выход АСИиАРП).

К основным элементам АСИиАРП относятся:

- База данных риск-факторов и их проявлений содержит информацию о выявленных ранее риск-факторах, их проявлениях и последствиях для компании. Информация в базе данных пополняется в результате работы группы экспертов. В базе данных может находиться типовое древо рисков, в нем содержится установленная связь между снижением оценок критериев поставщика, возникающими в следствии этого риск-факторами и их проявлениями. Элемент древа рисков представлен на рисунке 2. База данных риск-факторов и их проявлений осуществляет информационную поддержку группы экспертов при идентификации рисков. Данные в базе актуализируются и уточняются при осуществлении процесса риск-менеджмента, так же целесообразно проводить пересмотр базового древа рисков не реже раза в год.

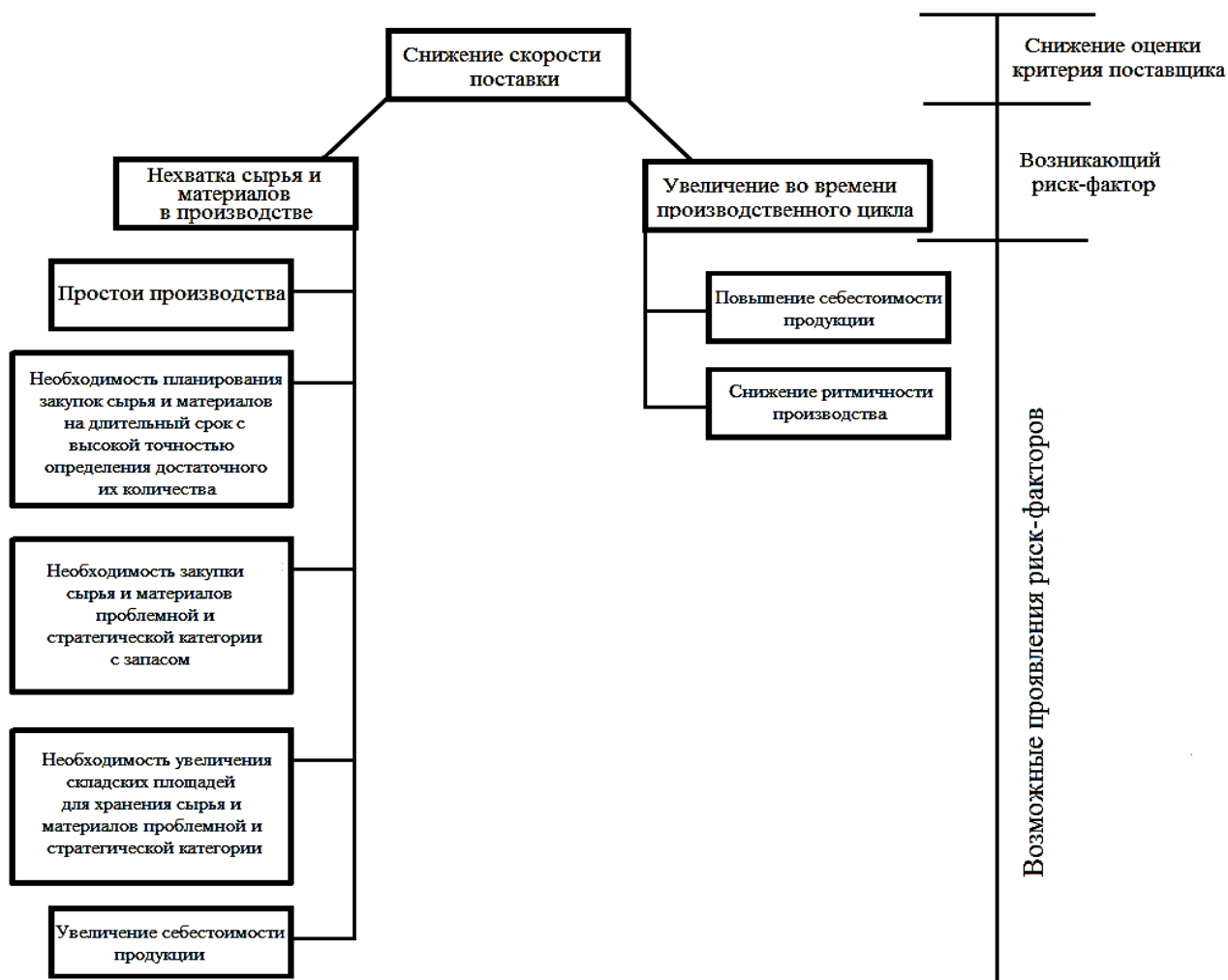


Рис. 2. Элемент древа рисков

- Блок статистических данных информацию содержит информацию о трендах проявления риск-факторов, статистическую информацию о достоверности ранее проведенных анализах риск-факторов и их проявлений. Помимо информации о риск-факторах и их проявлениях внутри компании, блок статистических данных должен содержать информацию из открытых источников о экономической и политической ситуации в стране и мире, о тенденциях развития рынка и т.д.

- Блок анализа данных позволяет автоматизировать процесс обработки результатов работы экспертной группы по анализу рисков при смене поставщика, основываясь на статистических данных и информации из базы данных риск-факторов и их проявлений. Блок анализа данных содержит алгоритмы, основанные на современных методах риск-менеджмента.

Информационными обеспечениям АСИиАРП (входами) являются:

- Статистика работы с поставщиками предприятия;
- Результаты функционирования АСОП;
- Результаты мониторинга внешней среды (рынка);
- Информация о производственных процессах предприятия, в которых задействованы поставщики;
- Отчеты работы автоматизированной системы управления рисками поставщиков (АСУРП).

Выходом АСИиАРП является информация для принятия решения руководством о смене поставщика сырья и материалов, данная информация представляется в виде отчета, содержащего информацию о предлагаемом к замене поставщике, риск-факторах, связанных с принятием решения о смене поставщика, тяжести и вероятности проявлений риск-факторов. При положительном решении руководства, данная информация передается в АСУРП для дальнейшей обработки и рассмотрения возможности минимизации тяжести и вероятности проявлений риск-факторов [9].

К побочным выходам АСОП и АСИиАРП относятся информационные потоки, предоставляющие данные для процесса оценки эффективности деятельности группы экспертов по риск-менеджменту.

К основным показателям эффективности функционирования процесса идентификации и анализа рисков при смене поставщика можно отнести следующие:

- Отсутствие перебоев с поставками сырья и материалов при смене поставщика;

- Отсутствие отрицательных трендов в качестве продукции при смене поставщика.

Карта процесса идентификации и анализа рисков представлена в табл. 1.

Показатели эффективности процесса идентификации и анализа рисков при смене поставщика сырья и материалов могут варьироваться в зависимости от внешнего и внутреннего контекста, политики компании в области работы с поставщиками и ситуации на рынке сырья и материалов. В качестве примера альтернативных показателей эффективности процесса могут выступать следующие:

- Отсутствие простоев технологического оборудования по причине отсутствия сырья и материалов;
- Отсутствие случаев перенасыщения складских помещений сырьем и материалами;
- Отсутствие увеличения стоимости сырья и материалов;
- Отсутствие нарушений в сроках поставки;
- Отсутствие увеличения затрат на доставку сырья и материалов.

Одним из управляющих воздействий процесса является установление руководством компаний весовых коэффициентов для критериев оценки поставщика. Весовые коэффициенты могут назначаться как с определенной периодичностью, так и в каждой конкретной ситуации. Количественные значения весовых коэффициентов могут определяться конкретными требованиями к поставщику, сырью, материалам, инфраструктурными особенностями предприятия, экономическим положением компании, технологическими цепочками производства [10].

Сегодня, особенно в период кризиса, нестабильной валютной ситуации, угрозы санкционных запретов, все больше внимания уделяется стабильности и надежности работы компаний, контролю за рисками и расходами [11]. Все большее число российских компаний обращаются к зарубежному опыту идентификации, анализа и управления рисками. Активно изучается статистическое моделирование и другие прогрессивные методы управления. Ввиду необходимости работы с большими объемами входной информации и необходимости осуществления математических операций целесообразно использовать современные подходы к автоматизации процессов идентификации, анализа и управления рисками.

Выводы. Подходы, передоложенные авторами, позволяют автоматизировать процесс вычислений результатов деятельности экспертных групп идентификации и анализа рисков, в значительной мере сократить затраты времени и живого труда на процесс идентификации и ана-

лиза рисков при смене поставщика, за счет автоматизации обработки больших объемов статистической информации и машинной реализации

современных методик идентификации и анализа рисков.

Таблица 1

Карта процесса идентификации и анализа рисков

Наименование процесса	
Идентификация и анализ риска при смене поставщика сырья и материалов	
Определение процесса Идентификация риск-факторов при смене поставщика и определение их проявлений с оценкой вероятности и тяжести для компании.	Цель процесса Информационное обеспечение принятия решения о смене поставщика руководством компании. Обеспечение входных данных для процесса управления риском при смене поставщика.
Руководитель процесса Ведущий эксперт по риск-менеджменту	Владелец процесса Руководство компании
Ресурсы Экспертная группа по риск-менеджменту, инфраструктура компании, АСОП, АСИиАРП, АСУРП.	
Поставщики информации по процессу АСОП, АСИиАРП.	Потребитель информации по процессу Руководство компании; Ведущий эксперт по риск-менеджменту; Группа экспертов по риск-менеджменту.
Управляющие воздействия Документированная процедура идентификации и анализа риска при смене поставщика. Установленные руководством весовые коэффициенты для критериев оценки поставщика. Мероприятия, разработанные на основе оценки деятельности группы экспертов по риск-менеджменту.	
Входы процесса 1) Информация о поставщиках сырья и материалов из АСОП (перечень критериев для оценки поставщиков сырья и материалов, формы анкетирования экспертов, тренды развития поставщиков, отчеты о работе с поставщиками, отчеты о посещении производств поставщиков). 2) Информация о риск-факторах и их проявлениях из АСИиАРП (базовое древо рисков, отчеты по анализу статистической информации, данные о реализации процесса управления риском из АСУРП). 3) Информация об осуществлении производственных процессов, в которых задействованы поставщики (карты процессов, технологические цепочки). 4) Статистическая информация о ситуации на экономическом рынке (валютные тренды, тренды спрос/предложение, информация об операциях поставщиков на рынке сырья и материалов)	Выходы процесса 1) Отчет для руководства о риск-факторах и их проявлениях, возникающих при осуществлении смены поставщика сырья и материалов, с оценкой тяжести для компании и вероятности их проявлений. 2) Входные данные для процесса управления рисками поставщика. 3) Входные данные для процесса оценки деятельности группы экспертов по риск-менеджменту.
Требования к входам Данные должны быть представлены в установленные сроки, информация должна быть релевантной.	Требования к выходам Отчеты для руководства не должны содержать избыточной информации. Информация для процессов управления рисками поставщика и оценки деятельности группы экспертов по риск-менеджменту должна предоставляться в установленные сроки и в установленной форме.
Контролируемые параметры процесса Полнота данных, отсутствие избыточной информации и срок передачи.	Методы контроля параметров процесса Статистический.
Критерии оценки 1. Отсутствие перебоев с поставками сырья и материалов при смене поставщика. 2. Отсутствие отрицательных трендов в качестве продукции при смене поставщика.	Кто оценивает Руководство компании.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Феофанов А.Н, Турапин М.В. Применение метода анализа рисков на стадии выбора поставщика, как способ уменьшения потерь от применения некачественного сырья и материалов // Сборник трудов "Материалы VI всероссийской научно-практической конференции "Машиностроение – традиции и инновации", М.: МГТУ «Станкин», 2013. С. 219–224.
2. Турапин М.В, Феофанов А.Н, Юдин Г.В. Современные тенденции анализа и управления рисками. Анализ рисков, связанных с поставщиком. Развитие поставщика, как превентивный метод управления рисками // Сборник материалов молодежной конференции "Новые материалы и технологии в ракетно-космической и авиационной технике", Звездный городок, 2014. С. 129–134.
3. Хвастунов Р.М., Феофанов А.Н., Корнева В.М., Нахапетян Е.Г. Квалиметрия в машиностроении: учебник // Москва: Экзамен, 2009, С. 285.
4. Пустоваров С.С., Апалькова Г.Д. Квалификация поставщиков сырья и материалов как инструмент обеспечения качества производства // Торгово-экономические проблемы регионального бизнес пространства. 2015. № 1. С. 415–417.
5. Безденежных В.М. Управление неопределенностью и риском при функционировании сложных систем - теорема соотношений уровней неопределенности и риска // Экономика и управление: проблемы, решения. 2015. № 12. С. 123–131.
6. Малышев А.В. Практические аспекты анализа, проектирование и разработки базы данных для автоматизированной системы анализа рисков // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2014. № 11. С. 403–412.
7. Фоменков С.А., Костерин В.В., Сипливая М.Б. Автоматизированная система построения моделей идентификации на базе специализированной электронной таблицы // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 1997. № 4-6. С. 18–23.
8. Комов В.Г. Новые подходы в планировании поставщиков сырья и материалов в АПК // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2008. Т. 3. № 3. С. 50–51.
9. Бирагов Г.А., Моураов А.Г. Системы управления базами данных, используемых при эксплуатации методов диагностирования компонентов автоматизированной информационной системы // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2010. Т. 6. № 3. С. 99–102.
10. Каракозова А.В., Игнатьев А.А. Построение базы данных и базы знаний в экспертной системе // Математические методы в технике и технологиях - ММТТ. 2013. № 13-1 (59). С. 178–180.
11. Гладких О.Б., Лаухин В.В. О подходах к анализу функционирования систем на основе метода идентификации // В сборнике: Фундаментальные проблемы системной безопасности материалы II школы-семинара молодых ученых. 2015. С. 172–174.

Teterina I.A., Feofanov A.N., Turapin M.V.

AUTOMATED SYSTEM OF IDENTIFICATION AND RISK ANALYSIS WHEN CHANGING THE SUPPLIER OF RAW AND MATERIALS BASED ON SITUATIONAL EXPERT ESTIMATIONS

This article provides an overview of the principle of operation of the automated identification systems and risk analysis when changing raw material suppliers. The main components of the system. A general view of the scheme of interaction of basic units of the system in terms of the environment and the environment of the enterprise.

Key words: Risk analysis, supplier, methods of analysis, expert evaluation, automation of processes, processes information support.

Тетерина Ирина Александровна, аспирант.

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

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

E-mail: Irinochka1611@rambler.ru

Феофанов Александр Николаевич, доктор технических наук, профессор кафедры инженерной графики.

Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»

Адрес: Россия, Москва, 127055, Москва, Вадковский переулок, д. 3а.

E-mail: a.tolok@stankin.ru

Турапин Михаил Викторович, аспирант.

Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»

Адрес: Россия, Москва, 127055, Москва, Вадковский переулок, д. 3а.

E-mail: a.tolok@stankin.ru

*Паращук Е. М., канд. техн. наук, доц.,**Горшкова Н. Г., канд. техн. наук, доц.**Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*

АЛГОРИТМ АДАПТИВНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

kara1205@mail.ru

Рассматривается задача улучшения экологической ситуации в городах за счет уменьшения выбросов загрязняющих веществ от автомобильного транспорта как основного источника загрязнения атмосферы мегаполисов. Решение данной задачи связано с внедрением автоматизированных систем управления дорожным движением, обеспечивающих внедрение современных методов регулирования транспортных потоков. Одним из компонентов подобных систем является программное обеспечение, создание которого является актуальной задачей. В статье представлены разработанная программа имитационного моделирования распределения транспортных потоков на основе гидродинамической макромоделей поведения участников дорожной сети и результаты исследования на ее основе алгоритмов управления транспортными потоками дорожной сети, критерием эффективности которых являлась минимизация суммарной задержки автомобилей на регулируемых перекрестках. С использованием данных натурных экспериментов решена задача нахождения параметров светофорной сигнализации конкретного района г. Белгорода по выбранному критерию качества.

Ключевые слова: системы АСУДД, перекресток, светофор, управление, алгоритм, имитационное моделирование, граф, матрица, оптимизация.

Введение. Обеспечение экологического благополучия – одно из важнейших направлений деятельности администрации городских поселений. Повышение экологической устойчивости города выделено как цель Стратегии развития города г. Белгорода до 2025 года [1]. В первую очередь это связано с уменьшением загрязнения атмосферного воздуха, одного из жизненно важных компонентов окружающей среды, неотъемлемой части среды обитания человека.

Главным загрязнителем городской атмосферы остается автотранспорт, на долю которого в крупных городах приходится более 40 % суммарного выброса загрязняющих веществ (ЗВ) от стационарных и передвижных источников [2]. Например, в г. Белгороде удельный вес выбросов автотранспорта в атмосферу составляет 57,8 %, и количество выбросов имеет постоянную тенденцию к возрастанию, а в районе автомагистралей загрязнение атмосферного воздуха оксидом углерода превышает норматив до 5 раз.

Деятельность в указанном направлении предусматривает улучшение условий движения транспортных средств, внедрение современных методов регулирования транспортных потоков, комплексных схем организации дорожного движения, снижение влияния дорожных условий на возникновение дорожно-транспортных происшествий, увеличение пропускной способности улично-дорожной сети.

С учетом нынешней ситуации на дорогах, наиболее перспективным и инновационным решением по совершенствованию организации дорожного движения является развитие автома-

тизированной системы управления дорожным движением (АСУДД), внедрение которой в городах Российской Федерации позволило снизить задержки транспорта на 20–30 %, уменьшить экологически вредные выбросы на 5–7 % и повысить скорость движения на 15–20 % [3].

Отмеченное относится ко всему спектру мероприятий в транспортной сфере, в том числе и к модернизации АСУДД, а эффективность принятых мер по организации движения оценивается с помощью моделирования распределения транспортных потоков и оценке уменьшения выбросов загрязняющих веществ.

Современные АСУДД – это комплекс технических и программных средств, управляемых человеком и компьютером в зависимости от параметров транспортных потоков и состояния воздушной среды в районе управления. Автоматизированная система должна обеспечивать: сбор, хранение и обработку информации о транспортных потоках, экологической обстановке, состоянии улично-дорожной сети (УДС) и осуществлять оптимизированное управление дорожным движением.

Структурно АСУДД представляет собой совокупность упорядоченных приёмов управления и взаимосвязанных элементов, реализующих эти приёмы. Основными компонентами, составляющими эффективно действующую АСУДД, являются: комплекс технических средств; программное (математическое) обеспечение; организационное обеспечение.

Программное обеспечение (ПО) системы состоит из внешнего и внутреннего. В АСУДД внешнее ПО образует набор программ (их часто называют технологическими программами), ре-

ализующих конкретные алгоритмы управления транспортными потоками. В современных АСУДД в качестве программного обеспечения применяются такие импортные пакеты, как TransCad, MINUPT, Synchron, SimTraffic HCS, TRANSYT, CORSIM. Однако, из-за различия в организации движения у нас и за рубежом, применение данных программных продуктов без существенной переделки невозможно, а о применении имитационных программ отечественного производства, решающих задачу построения математических моделей, способных адекватно описывать поведение участников транспортного потока и правильно воспроизводить параметры и характеристики движения для решения локальных задач в настоящее время не известно [4]. Кроме того, зачастую адаптация имеющегося программного продукта оказывается более затратной задачей, чем его разработка.

Для отдельного автомобиля, движущегося вне транспортного потока, удельные (на единицу пробега, г/км) выбросы вредных веществ и расход топлива не одинаковы в разных фазах движения: *при разгоне, движении с постоянной скоростью, замедлении и в режиме холостого хода* [5]. При этом максимальное значение выбросов загрязняющих веществ достигается при работе двигателя на холостом ходу и трогания. Таким образом, при движении автомобилей по дорожной сети частые остановки приводят к повышенному расходу топлива и, как следствие, к повышенным выбросам вредных веществ. Повышение качества работы путем совершенствования светофорного регулирования и учета интенсивности на дороге позволяет уменьшить время простоя автомобилей (время работы на холостом ходу и трогание) в пробках, что приводит к уменьшению загрязнения атмосферы автомобилем.

В г. Белгород с 2001 г. работает АСУДД, программы для которой разрабатывались омским предприятием ЗАО «Автоматика» [4]. Система создавалась для организации дорожного движения в режиме «зеленой волны», то есть без остановок, на проспекте им. Б. Хмельницкого. Скорость движения для попадания в режим «зеленой волны» составляет 60 км/час. Система, контролируемая с пульта ГИБДД, по телефонным кабелям управляет двенадцатью светофорами.

Основными недостатками Белгородской АСУДД с точки зрения управления движением являются: отсутствие обратной связи по интенсивности; наличие только магистрального управления, что не позволяет учитывать влияние прилегающих к магистрали дорог, как при сетевом управлении; также из-за разности рас-

стояния между перекрестками можно пустить «зеленую волну» только в одном направлении.

Поэтому разработка алгоритмов и программных продуктов имитационного моделирования, позволяющих оценить скорость движения, задержки на перекрестках, длину и динамику образования заторов для улучшения организации движения, оптимизации светофорных циклов и т.п. является актуальной задачей.

Методология. В силу того, что моделируемая транспортная система представляет собой двумерную дорожную сеть с большим числом перекрестков, то для ее имитационного моделирования, решающего задачу построения математических моделей, способных адекватно описывать поведение участников транспортного потока и правильно воспроизводить параметры и характеристики движения, использована гидродинамическая макромодель [4], в которой транспортный поток рассматривается как течение «сжимаемой жидкости» со специфическими свойствами, образованной движущимися автомобилями. Данная имитационная модель позволяет оценить скорости движения, задержки на перекрестках, длину и динамику образования заторов.

Гидродинамическая макромодель движения определяется как модель, представляющая средние характеристики транспортного потока, состоящего из автомобилей, каждый из которых имеет следующие основные характеристики [6]: *скорость v* – средняя скорость автомобиля; *плотность ρ* – число автомобилей, занимающих единицу длины полосы движения на дороге в любой данный момент; *интенсивность движения q* – число автомобилей, проходящих любой единичный отрезок дороги в единицу времени.

При рассмотрении потока транспорта на дороге для связи средней скорости автомобиля в потоке и плотностью автомобильного потока использовалась модель Гринберга [6], дополненная фундаментальной диаграммой [7].

В качестве метода привязки модели к улично-дорожной сети (УДС) использовалась математическая граф-модель, в которой на географической подоснове (карте УДС) строится граф, вершины которого отображают узлы УДС, соединенные ребрами. Задаются правила обхода графа – организация дорожного движения.

Основная часть. С целью упрощения построения имитационной модели всей дорожной сети, воспользуемся объектно-ориентированным программированием [8], основой которого является понятие объект – совокупность данных, принадлежащих некоторому абстрактному типу,

определяющему структурные связи между данными, и возможные действия над ними. Разобьем предметную область на следующие основные типы участков: *участок перегона с односторонним движением, перегон, въезд в зону моделирования, выезд из зоны моделирования, нерегулируемый перекресток, регулируемый перекресток*, и опишем каждый из типов объектов, характеризующих эти участки.

Модель участка перегона с односторонним движением. Моделирование макроструктуры транспортного потока (ТП) производится для дорожно-транспортной сети произвольной конфигурации с большим числом перекрестков и перегонов [9]. Поэтому целесообразно представить ТП как непрерывный поток, изменяющий свое значение в пространстве и времени. При этом пространство и время задаются в дискретной форме. Подобное представление позволит реализовать основную цель модели – определение характеристик макроструктуры ТП, являющихся непрерывными (интенсивность q , плотность ρ и средняя скорость v). Точность моделирования будет зависеть от интервалов дискретизации пространства и времени, в которых определяется значение характеристик.

В качестве интервала дискретизации пространства выбран участок перегона с односторонним движением фиксированной длины. С учетом реализации в модели основных соотношений между характеристиками ТП предъявим следующие требования к его поведению на участке [9]:

– ТП представляется в интервале $(t; t+\Delta t)$ на i -м участке действительным числом, соответствующим с точностью до единицы числу транспортных единиц (ТЕ) (или долей ТЕ), находящихся на нем;

– на один интервал времени Δt доля ТЕ на i -м участке не может продвинуться дальше соседнего $i+1$ -го участка;

– доля ТЕ $n_{t,i}$ за интервал времени Δt увеличивается на число ТЕ $\Delta n_{t,i-1}$, пришедшие с $i-1$ -го на i -й участок, т.е. $n_{t+\Delta t,i} = n_{t,i} + \Delta n_{t,i-1}$;

– плотность ТП на i -м участке длиной $L_{y,i}$ в течение одного интервала времени постоянна:

$$\rho_{t,i} = \frac{n_{t,i}}{L_{y,i}};$$

– скорость продвижения ТЕ на $i-1$ -м участке определяется в зависимости от плотности, усредненной по некоторой длине перегона, включающего участок.

Основная процедура, имитирующая продвижение доли ТП с $i-1$ -го на i -й участок:

$$\Delta n_{t,i-1} = \frac{n_{t,i-1}}{L_{y,i-1}} \Theta v_{t,i-1} \Delta t,$$

где Θ – число полос на перегоне.

Требование продвижения каждой доли ТЕ за один интервал Δt на один участок накладывает ограничение на длину всего участка:

$$L_{y,i-1} \geq v_{t,i-1} \Delta t.$$

Это же ограничение удовлетворяет соблюдению условий сохранения массы для ТП:

$$\Delta n_{t,i-1} < n_{t,i-1},$$

то есть число ТЕ, перешедших на соседний i -й участок не может быть больше имеющихся на $i-1$ -м.

Свойство конечности размеров ТЕ, выражающейся в том, что на заданной длине участка может разместиться определенное количество ТЕ, имитируется ограничением:

$$n_{t+\Delta t,i} = n_{t,i} + \Delta n_{t,i-1} \leq \frac{L_y}{l_{TE}},$$

где l_{TE} – средняя длина одной ТЕ.

В качестве среды программирования выбран язык высокого уровня Delphi. Объекты, характеризующие участок дороги, перегон, въезд в зону моделирования (объектный тип TSection), обладают свойствами (максимальная скорость движения, число полос, максимальная плотность, длина перегона, направление выезда, въезд в зону и т.п.), кроме того, для объекта определены методы, т.е. действия, которые можно совершать над объектом, а также приведены процедуры и функции, описывающие методы.

Основной процедурой здесь является моделирование процесса передвижения ТП на участке перегона для одного шага моделирования, ее блок-схема представлена на рис. 1. При добавлении машин на следующий участок проверяется, есть ли там свободное место, в случае его дефицита добавляются не все Δn машин, а только часть из них, причем с текущего участка удаляется такое их количество, которое было добавлено на следующий участок.

Рассмотрим далее *модель перегона*. При моделировании перегона разобьем его на участки, принцип построения моделей которых описан выше. При этом воспользуемся ограничением на длину каждого участка: $L_y \geq v_{\max} \Delta t$ [9].

Тогда количество участков: $N = \frac{L}{L_y} \geq \frac{L}{v_{\max} \Delta t}$.

Представим перегон как связный список участков. Тогда моделирование процесса движения ТП на перегоне будет заключаться в последовательном моделировании движения ТП на каждом из участков перегона. При этом усреднение плотности ТП для каждого i -го участка будет производиться по трем участкам $i-1$, i , $i+1$ -му, что позволяет имитировать распадение элемента пачки транспортных единиц ТЕ, находящегося на i -м участка, в зависимости от окружающей транспортной ситуации. Действительно, чем больше средняя плотность ТП на перегоне, тем хуже маневренность ТЕ, тем меньшее число транспортных единиц перейдет на $i+1$ -й участок, следовательно, пачка будет распадаться медленнее.

Моделирование процесса передвижения ТП на перегоне для одного шага моделирования представлено блок-схемой, изображенной на

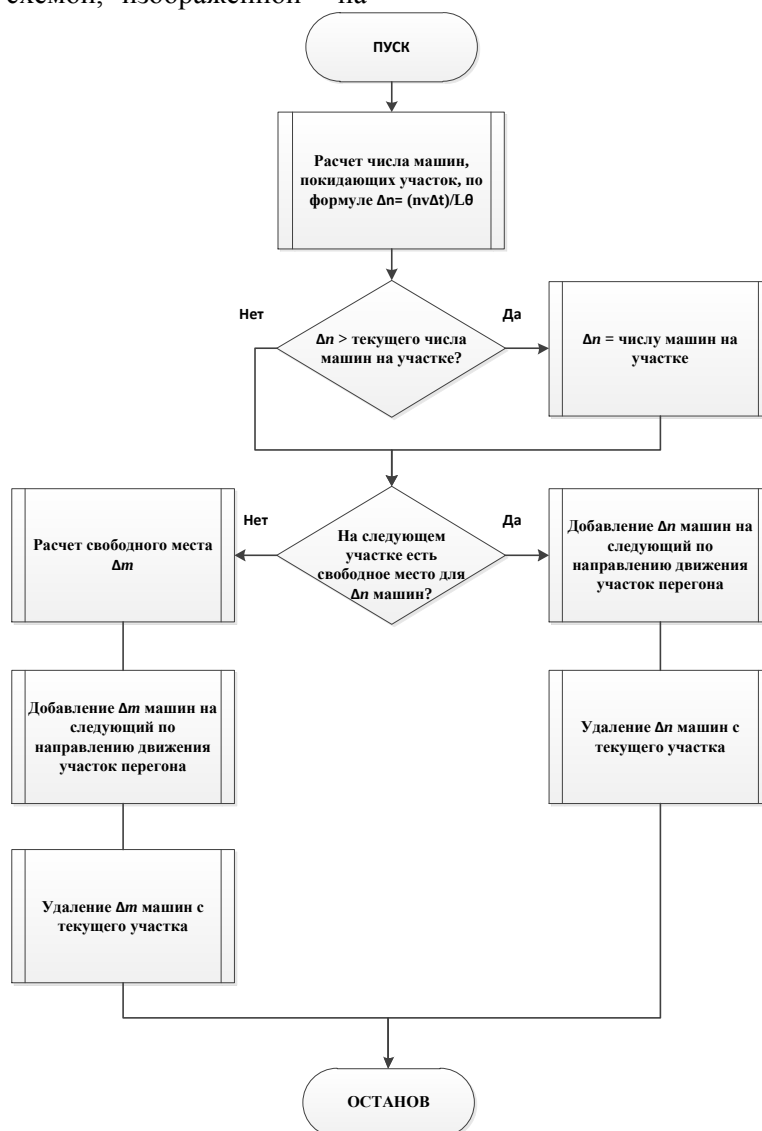


Рис. 1. Блок-схема моделирования процесса передвижения ТП на участке перегона для одного шага моделирования

Основной процедурой здесь является моделирование процесса прибытия автомобилей в

рис. 2, а. Здесь сначала происходит вычисление скоростей на всех участках прогона, а затем происходит моделирование процесса движения на каждом участке. Передвижение транспортной единицы вдоль ТП в течение одного интервала времени производится последовательно с конца, начиная с шага передвижения $N \rightarrow N-1$ и оканчивая шагом $2 \rightarrow 1$ (N – номер участка).

Объект *въезд в зону моделирования*. При имитации въезда в моделируемую дорожную сеть принимается условие, что входной перегон состоит из двух участков – границы Γ и N -го участка. ТП передвигается только с границы на N -й участок. На границе Γ в течение каждого интервала Δt производится генерация числа $\Delta n_{t,0}$, соответствующего единичной выборке из пуассоновского распределения.

зону моделирования. В этой процедуре используется функция, генерирующая случайные числа

с пуассоновским распределением вероятности, блок-схема которой представлена на рис. 2,б.

При имитации *выезда* из зоны моделирования принимается, что выходной перегон состоит

из двух участков – выходного и границы, основное отличие которых заключается в том, что участок, соответствующий границе, не имеет ограничений по вместимости.

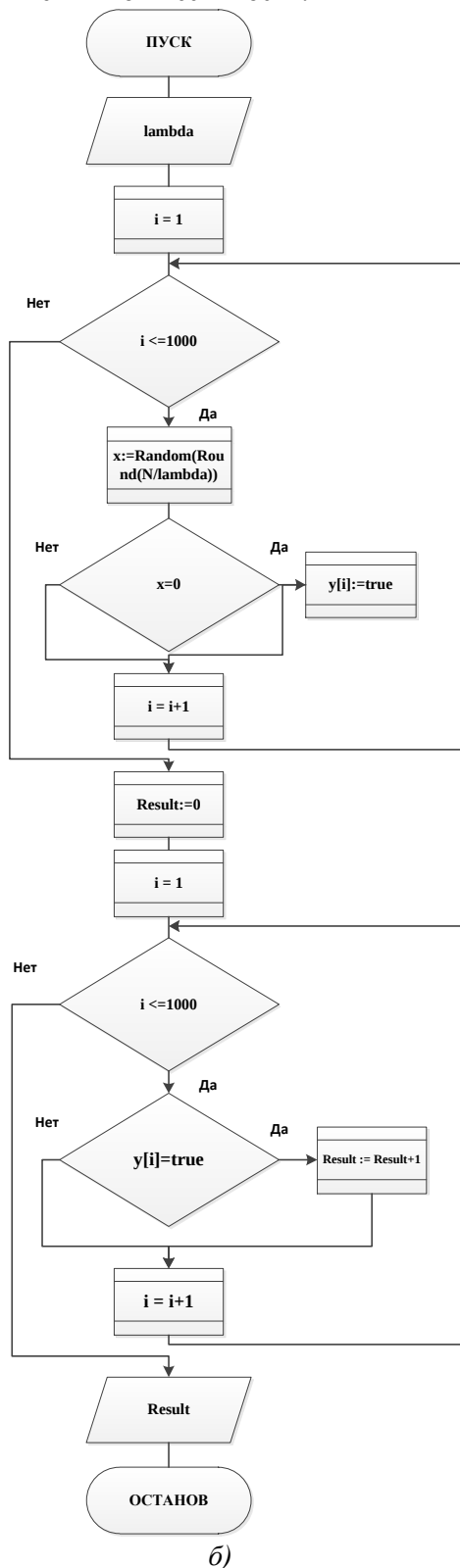


Рис. 2. Блок-схема моделирования процесса передвижения ТП на перегоне для одного шага моделирования (а) и блок-схема функции, генерирующей числа с пуассоновским распределением вероятности (б)

За регулирование движения на *перекрестке* отвечает введенный при объектно-ориентированном программировании объект

TGateWay, который имеет три других типа объектов TWay, отвечающие за направления выхода с перегона или въезда (налево, направо и

прямо). Объект направление выезда TWay имеет свойства:

- часть потока (Portion типа real) – доля ТП, выезжающая в данном направлении;
- возможность выезда (Enabled типа boolean) – возможность передвижения ТП в данном направлении;
- следующий участок (NextSection типа PSection) – указатель на участок перегона или выхода, соответствующий данному направлению.

Движение на регулируемом перекрестке управляется объектом светофор (TTraffic), который может разрешать выезд автомобилей с перегона или въезда, устанавливая каждое из свойств Enabled объектов TWay, принадлежащих перегону или въезду, либо запрещать выезд. Объект светофор имеет свойства:

- текущая позиция сигналов: красный, желтый или зеленый (Pos типа integer);
- время, которое прошло от начала включения текущего сигнала, до текущего момента моделирования (Sec типа real);
- периоды включения каждого из сигналов светофора (tPos – массив из 4-х элементов типа real);
- указатели на перегон или въезд, к которому принадлежит светофор (Road типа PRoad; RoadIn типа PRoadIn).

Описание технологии работы с программой. Программа **RoadNetSim** предназначена для моделирования транспортных потоков улично-дорожных сетей. Программа построена на основе макроскопической гидродинамической модели первого порядка транспортного потока. В главном окне программы расположены *строка меню, карта-схема моделируемой сети, дополнительные кнопки управления и строка состояния*. Пункты меню имеют следующее назначение:

- «**Файл**» – выход из программы;
- «**Карта**» – изменение вида (увеличение уменьшение и др. действия);
- «**Выполнить**» – непосредственная работа с моделью;
- «**Параметры**» – изменение некоторых параметров моделирования;
- «**Справка**» – помощь по программе.

При выборе пункта главного меню появляется соответствующее подменю с перечнем команд, определяющих действия при выполнении процедуры моделирования.

Организация работы с дорожной сетью, включающей «Дороги», «Въезды», «Выезды», и «Перекрестки».

«Дороги». Просмотреть параметры моделируемого перегона, можно щелкнув левой кнопкой мыши в соответствующей точке карты (рис. 3).

В *исходных параметрах* указываются те параметры дороги, которые необходимы при инициализации перегона. *Дополнительные параметры* получаются в результате моделирования и в силу стохастичности модели могут различаться для разных опытов. В поле *графики* расположены три закладки со следующими графиками:

- количество машин на каждом участке перегона, а также их общее количество;
- распределение плотности, где плотность на каждом участке указывается в %;
- средние пространственные скорости на каждом участке и текущая средняя интенсивность движения на перегоне.

Аналогично можно просмотреть параметры выезда и въезда в зону моделирования и перекрестки, щелкнув левой кнопкой мыши в соответствующей точке карты. При этом появляется форма с указанием номера въезда и средняя интенсивность прибытия машин или номера выезда и количество выехавших машин из области за время моделирования соответственно, а также параметры светофорной сигнализации регулируемого перекрестка с указанием периода горения сигналов на перекрестке и отображением текущего состояния выбранного светофора.

С использованием разработанной программы реализован алгоритм адаптивного координированного регулирования дорожным движением в пределах микрорайона.

Создание алгоритмов координированного регулирования в пределах микрорайона разбивается на три стадии. На первой стадии производится анализ исходных данных и осуществляется построение графа дорожной сети микрорайона с указанием интенсивностей потоков. На второй стадии вычисляют элементарную задержку каждого потока на перекрестке. На третьей стадии определяют суммарную задержку потоков на сети и оптимизируют ее по параметрам сдвига фаз светофоров смежных перекрестков.

Создание алгоритмов координированного регулирования в пределах микрорайона разбивается на три стадии. На первой стадии производится анализ исходных данных и осуществляется построение графа дорожной сети микрорайона с указанием интенсивностей потоков. На второй стадии вычисляют элементарную задержку каждого потока на перекрестке. На третьей стадии определяют суммарную задержку потоков на сети и оптимизируют ее по парамет-

рам сдвига фаз светофоров смежных перекрестков.

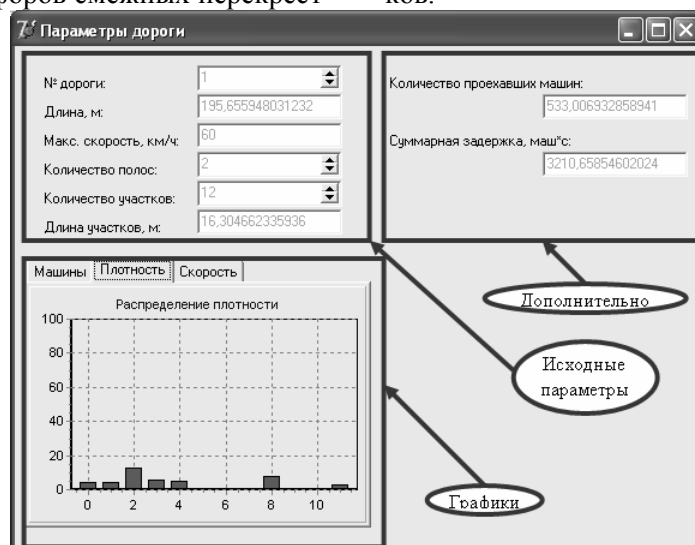


Рис. 3. Просмотр параметров моделируемого перегона

На рис. 4, а в качестве примера приведена схема организации движения с четырьмя перекрестками с указанием интенсивности потоков по каждому направлению. По схеме организации движения может быть составлен граф дорожной сети (рис. 4, б). Каждому пересечению по схеме организации движения будет соответствовать столько узлов в этом графе, сколько тактов регулирования (количество смен сигналов светофора) назначено на пересечении.

Принята двузначная нумерация узлов графа. Первая цифра указывает на номер пересечения в исходной схеме, вторая цифра представ-

ляет собой номер такта регулирования. Единицей обозначены потоки, показанные на схеме (см. рис. 4, б) пунктирной линией, цифрой два – потоки, показанные сплошной линией, цифрой три – обозначены потоки, показанные двойной линией. Рядом с дугами указаны интенсивности потоков, проходящих по ним. Имея граф состояния можно подсчитать суммарную задержку транспорта на всех перекрестках. Задержка на каждом перекрестке составляется из задержек по каждому из потоков, втекающих в узлы этого перекрестка.

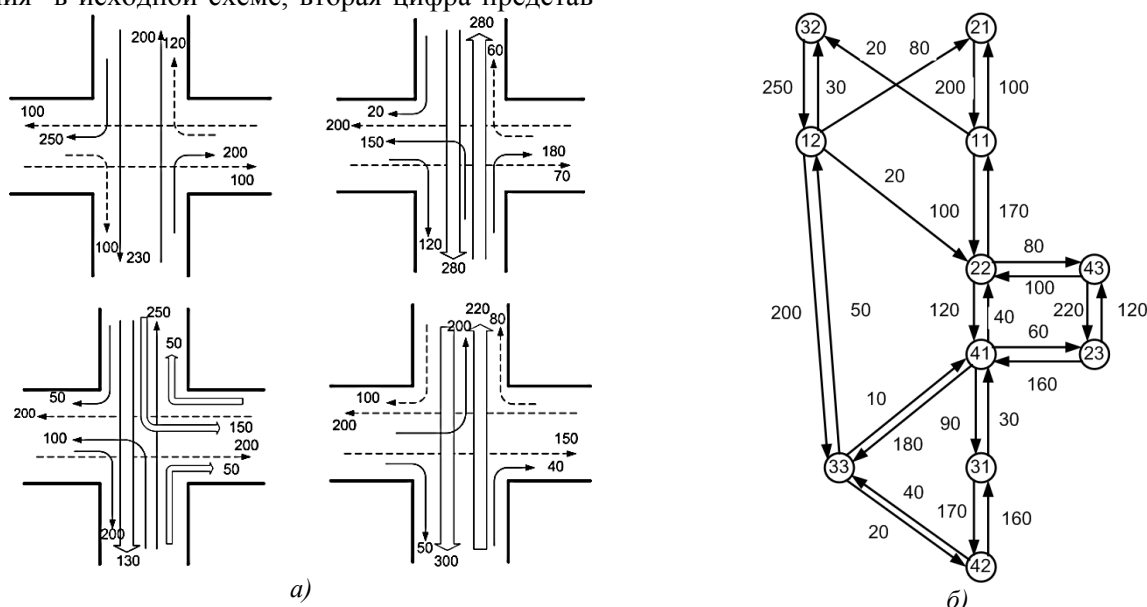


Рис. 4. Схема организации движения (а) и граф состояния системы регулирования (б)

Для расчета режима сдвига фаз на перекрестках использовалась геометрическая модель регулирования системы перекрестков [10]. Для расчета суммарной задержки данный граф был приведен к виду, изображенному на рис. 5.

Для удобства расчета задержек на ЭВМ все связи между вершинами полученного графа представлены в виде матрицы связей (инцидентий) A . Матрица $A=(a_{ij})$ формируется по следующему закону: если между узлами i, j есть связь, то $a_{ij}=1$, в противном случае $a_{ij}=0$. Также состав-

лена матрица интенсивностей и матрица времен движения по каждой дуге графа. Матрица интенсивностей заполняется аналогично матрице связей, но вместо единицы ставится интенсив-

ность на данной дуге, полученная в результате натуральных экспериментов [11, 12]. Аналогично заполняется матрица длительностей движения по дугам.

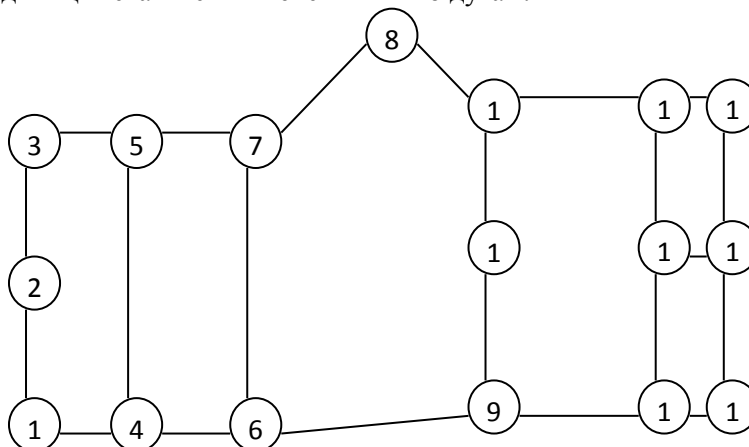
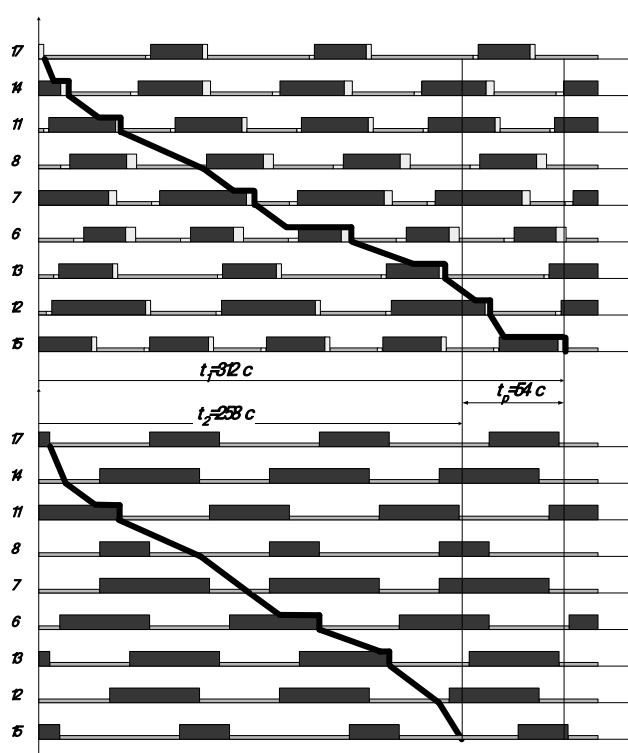


Рис. 5. Граф дорожной сети



а)



б)

Рис. 6. Блок-схема оптимизации задержки потоков на сети (а) и движение по маршруту при изменении сдвигов фаз (б)

В качестве изменяемых параметров при поиске наименьшей задержки использованы следующие параметры светофорной сигнализации:

- набор абсолютных сдвигов: $\bar{\xi} = (\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n)$, которые отражают сдвиг фазы каждого светофора относительно некоторого базового;
- распределение времени горения красной и зеленой фаз для каждого светофора;
- длительность цикла регулирования T .

Процедура оптимизации осуществляется в соответствии с блок-схемой, изображенной на рис. 6, а.

В 1-м блоке производится ввод исходных данных. В 3-м – вычисление длительностей фаз, и если сумма длительностей фаз оказывается больше времени цикла, то фазы увеличиваются пропорционально их расчетной величине. В 4-м блоке минимизируется критерий, определяющий суммарную задержку, методом целочисленного линейного программирования. В 5-м блоке сравнивается текущее значение времени цикла с максимально допустимым. В следующем, 6-м блоке производится сравнение вновь полученной величины задержки с запомненным на предыдущем шаге работы алгоритма. Если величина только что вычисленной задержки оказывается меньше предыдущей, то она запоминается вместе с соответствующими сдвигами фаз. В противном случае сохраняются предыдущие величины задержки и сдвигов фаз. Работа этого блока завершается передачей управления к блоку 3. Работа программы оптимизации заканчивается, когда текущее значение времени цикла превышает максимальное допустимое.

Для оценки эффективности в качестве примера рассмотрен маршрут движения по перекресткам 17-14-11-8-7-6-9-12-15. Результат проезда по маршруту приведен на рис. 6, б.

При применении найденных параметров в имитационной модели общая суммарная задержка на всех перегонах снизилась на 24,3 % с 223940,6 до 169453,1 автомобилей.

Выводы. В ходе проведения исследований была разработана программа, моделирующая распределение транспортных потоков, в которой в качестве исходных параметров выступали реальные данные натурных экспериментов [11, 12]. Применение алгоритма адаптивного регулирования дорожным движением в пределах микрорайона позволило определить параметры светофорной сигнализации, обеспечивающие снижение суммарной задержки автомобилей на регулируемых перекрестках на 24,3 %.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Об утверждении стратегии развития города Белгорода до 2025 года и плана действий органов местного самоуправления на 2012-2016 годы: решение Совета депутатов города Белгорода от 25.10.2011 г. №531 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.sovetdep31.ru/h/press/news> (дата обращения 23.02.2016)
2. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2010 году: гос. доклад от 8.02.2012 г. // Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mnr.gov.ru> (дата обращения 23.02.2016).
3. Организация дорожного движения [Электронный ресурс]. URL: <http://www.omsis.ru> (дата обращения: 15.02.2016)
4. Семенов В.В. Математическое моделирование транспортных потоков // [Электронный ресурс]. URL: <http://www.trizland.ru/trizba/pdf> (дата обращения 23.02.2016)
5. Денисов В.Н. Проблема экологизации автомобильного транспорта. СПб.: Изд. Б.И., 2003. 213 с.
6. Иносэ Х., Хамада Т. Управление дорожным движением. М: Изд. Транспорт, 1983. 381 с.
7. Семенов В.В. Математическое моделирование динамики транспортных потоков мегаполиса. М: Изд. ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, 2004. 44 с.
8. Золотовицкий А.В. Методы, средства и программный комплекс построения маршрутов в транспортных сетях. Дис. канд. тех. наук. Самара: Самарский государственный аэрокосмический университет, 2006. 217 с.
9. Капитанов В. Т., Хилажев Е. Б. Управление транспортными потоками в городах. М.: Изд. Транспорт, 1985. 89 с.
10. Васильев А. П., Фримштейн М. И. Управление движением на автомобильных дорогах. М.: Изд. Транспорт, 1979. 321 с.
11. Парашук Е.М., Рубанов В.Г. Автоматизированная система мониторинга воздушной среды как информационная поддержка принятия управляющих решений // Вестник ИрГТУ. 2014. №3. С. 12–20.
12. Парашук Е.М., Коваль В.Н., Прокопенко М.Н. Результаты моделирования распространения выбросов автотранспорта на ограниченной территории города // Экологические системы и приборы. 2007. №3. С. 56–59.

Parashchuk E.M., Gorshkova N.G.**ALGORITHM OF ADAPTIVE TRAFFIC CONTROL**

In this article is considered the problem of improving the ecological situation in the cities by reducing of pollutant emissions from road transport as a major source of air pollution in megacities. The solution of this problem is connected with the implementation of automated traffic control systems to ensure the usage of modern methods of traffic flows regulation. One of the components of such systems is the software, which development is an urgent task. The paper presents the developed simulation software of traffic flows distribution on the basis of hydrodynamic macro model of behavior the participants of the road network and the results of the research on its basis the traffic control algorithms of road network, the efficiency criterion of which is the minimization of cars total delay on the controlled junctions. By using these natural experiments is solved the problem of the parameters finding for traffic light signaling in specific area of Belgorod for the selected quality criteria.

Key words: *automated traffic control system, road, entry, stage, road junction, traffic light, control, algorithm, simulation, graph, matrix, optimization.*

Паращук Елена Михайловна, кандидат техн. наук, доцент кафедры технической кибернетики.

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

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

E-mail: kara1205@mail.ru

Горшкова Нина Георгиевна, канд. техн. наук, профессор кафедры автомобильных и железных дорог.

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

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

E-mail: dek-adf@intbel.ru

*Игнатова Е.В., канд. техн. наук, доц.**Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет**Шурупов Е.Л., руководитель группы планирования**Инвестиционно-строительная компания ТЕКТА GROUP**Ельфимова А.Г., магистрант**Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет*

ВНЕДРЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

ignatova@mgsu.ru

В статье рассматриваются процесс и результаты внедрения системы управления проектными данными в инвестиционно-строительной компании. Используется понятие «жизненный цикл» документа, что позволяет улучшить администрирование проектных данных. Анализируется построение электронного архива на основе системы Autodesk Vault Professional. Отмечаются преимущества использования электронного архива, формулируются проблемы внедрения новой системы документооборота. Намечено исследование особенностей документооборота и управления проектными данными в условиях применения технологии информационного моделирования строительных объектов.

Ключевые слова: проектная документация, электронный архив, Autodesk Vault Professional, жизненный цикл документа.

Проектная документация строительного объекта проходит множество согласований и изменений. Автоматизированные технологии разработки проектной документации дают возможность быстро вносить изменения в проект и получать новые версии документов. При большом количестве версий документов и большом количестве участников процесса согласования и исполнения возникает необходимость администрировать хранение, изменение и использование актуальных версий проектной документации.

Анализ документооборота и внедрение системы управления проектными данными проводились на базе инвестиционно-строительной компании «ТЕКТА GROUP». В компании традиционно использовалась технология работы с сетевым диском, на котором вручную формировались папки с новыми версиями документов. При работе с проектной документацией сотрудники компании встречались с такими проблемами, как потеря документов, невозможность отследить изменение документа, использование неактуальных данных на строительной площадке. В связи с этим сформировалась потребность в программном продукте, работа с которым помогла бы наладить документооборот и улучшить взаимодействие больших проектных групп [1,2]. Для создания и администрирования электронного архива, а также управления данными при коллективной работе над проектом было выбрано решение Autodesk Vault Professional [3-9].

1. При внедрении Autodesk Vault Professional в компании «ТЕКТА GROUP» было введено понятие жизненного цикла проектного документа. Жизненный цикл – последователь-

ность стадий согласования документа (маршрут). Благодаря жизненному циклу можно четко отслеживать соблюдение сотрудниками сроков по каждой стадии согласования рабочей документации. При желании можно отслеживать статус любого файла (взят на редактирование/возвращён). При редактировании документа на сервере остаётся исходный файл, а пользователь редактирует его локальную копию, следовательно, исключается возможность потери документа. При возвращении документа сотрудники, участвующие в жизненном цикле документа на этой стадии согласования, получают электронное уведомление.

2. На основании понятия жизненного цикла в компании «ТЕКТА GROUP» была разработана и внедрена схема стадий жизненного цикла проектной документации для согласования и утверждения рабочей документации внутри компании. Схема стадий жизненного цикла показана на рис 1.

Перечень и характеристика принятых стадий жизненного цикла документа даны в табл.1.

Сотрудники архитектурно-проектного бюро «ТЕКТА GROUP» на первой стадии используют Autodesk Vault Professional для передачи рабочей документации на согласование сначала внутри отдела, а затем для ее передачи далее по стадиям разработанного жизненного цикла.

Менеджеры по управлению и согласованию и эксперты занимаются проверкой рабочей документации, находясь, соответственно, на второй и третьей стадии жизненного цикла.

Далее производственно-технический отдел компании использует уже проверенные и согла-

сованные данные для подсчета строительных объемов.

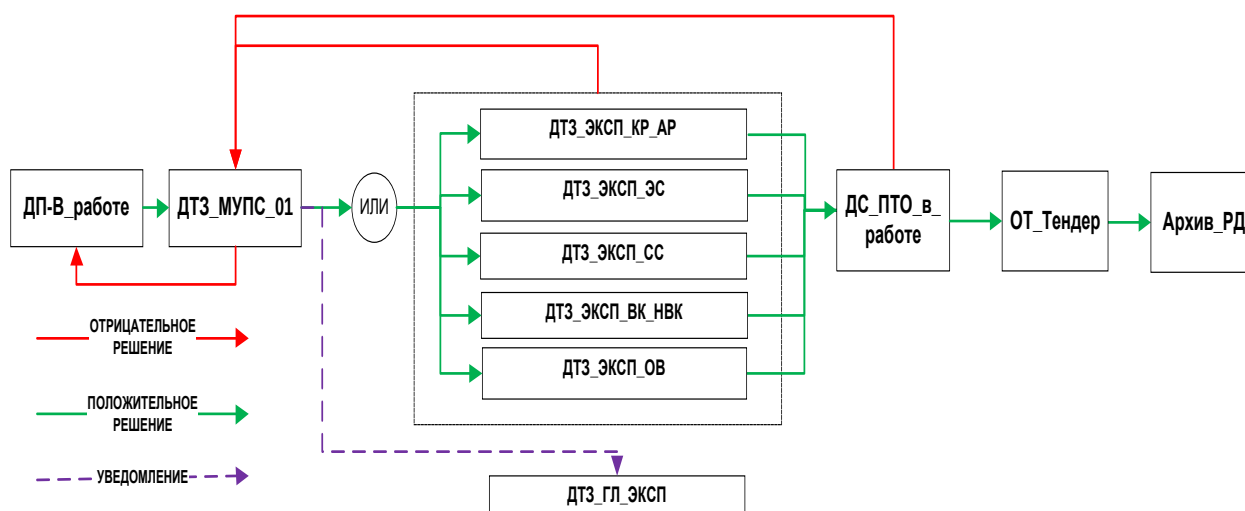


Рис. 1. Схема стадий жизненного цикла

Таблица 1

Стадии жизненного цикла

Название стадии	Состояние документа
ДП-В_работе	Документ находится на стадии создания/редактирования архитектурно-проектного бюро
ДТЗ_МУПС_01	Документ находится на стадии проверки и согласования департамента технического заказчика (менеджеры по управлению и согласованию)
ДТЗ_ЭКСП_КР_АР ДТЗ_ЭКСП_ЭС ДТЗ_ЭКСП_СС ДТЗ_ЭКСП_ВК_НВК ДТЗ_ЭКСП_ОВ	Документ находится на стадии проверки и согласования департамента технического заказчика (эксперты)
ДС_ПТО_Принято_в_работу	Документ находится в работе департамента строительства (производственно-технический отдел)
ОТ_Тендер	Документ передан на стадию тендерного отдела
Архив_РД	Работа с документом завершена, файл помещен в архив

Комплект документов, принятый в работу и обработанный производственно-техническим отделом, поступает в тендерный отдел для скачивания документации с целью последующей отправки подрядным организациям.

Последней стадией жизненного цикла занимается архив рабочей документации. Документы, прошедшие все этапы согласования и утверждения, использованные при формировании тендера, остаются в хранилище.

3. Использование программного обеспечения Autodesk Vault Professional показало преимущество организации электронного архива по сравнению с обычной организацией хранения данных на сетевом диске. Выявленные в ходе работы преимущества Autodesk Vault Professional показаны в табл. 2.

4. При внедрении и администрировании Autodesk Vault Professional встречались затрудне-

ния. Основные проблемы и предложенные методы их решения приведены в табл. 3.

5. В качестве первых результатов внедрения Autodesk Vault в компанию «ТЕКТА GROUP» можно выделить следующие.

Организован документооборот между отделами:

- управление процессом согласования документации проводится на основе жизненного цикла документа;
- сокращены сроки согласования документации внутри компании;
- появилась возможность проследить историю согласования документа (сроки, комментарии, замечания);
- возможен контроль версий и сохранение всех итераций рабочей документации.

Таблица 2

Анализ технологий работы с сетевым диском и с Autodesk Vault Professional

Параметр	Сетевой диск	Autodesk Vault
Хранение файлов	Файлы данных хранятся на локальном ПК, на сетевом диске/сервере.	Vault состоит из двух компонентов: сервера и клиента. На сервере хранятся эталонные копии всех файлов. Все данные хранятся в хранилище, установленном администратором.
Просмотр информации о файле/ папке	Информация о содержимом файла отражается только в имени файла. Информация о его свойствах в OS Windows ограничена и не представляет большой пользы для работы. Информации о папке нет.	Информация о содержимом файла хранится в свойствах файла, выведенных в отдельное окно. При добавлении файлов в хранилище есть возможность добавлять к файлу комментарии. Есть возможность создавать неограниченное количество дополнительных свойств для файлов и папок.
Доступ к папкам и файлам	Доступ настраивается вручную для каждой папки отдельно и только к этой папке.	Доступ настраивается автоматически как для папок, так и для файлов при их создании. Уровень доступа пользователя предопределен в Vault администратором в соответствии с ролью пользователя и состоянием жизненного цикла файла/папки/проекта.
Работа с файлами	Нет гарантии актуальности файла. Нет возможности отследить, кем редактировался файл.	В рабочей области всегда отображается только актуальный файл. Отслеживаются все изменения файла.
История работы с файлом	Нет возможности отследить историю.	При каждом возврате файла автоматически создаётся цепочка его версий, содержащих информацию о том, кто изменил, когда изменил данные. Возможно визуально оценить, что изменено в данных через окно предпросмотра, либо после открытия файла.
Управление версиями	Версии создаются вручную путём изменения имени файла. При изменении и сохранении исчезает предыдущее состояние файла.	Версии создаются автоматически. Основная версия отображается в рабочей области, под ней располагаются все промежуточные версии. К каждой версии можно добавить комментарий.
Организация совместной работы	Утеря связей при передаче файлов, переименовании ссылок.	При передаче файлов полностью сохраняются и во времени обновляются все связи. Передавать можно как сами файлы, так и отправлять только ссылки на их месторасположение.
Поиск файлов	Слабая сортировка и фильтрация средствами OS Windows. Поиск по содержимому ограниченного числа типов файлов.	Гибко настраиваемая сортировка, группировка, фильтрация, с использованием подробной информации в свойствах файлов. Поиск по содержимому для расширенного количества типов файлов (включая файлы САПР).
Удаленная работа	Необходимо постоянное подключение к серверу.	Доступ к серверу необходим только на этапе синхронизации. Для просмотра существует тонкий клиент (Web-доступ), есть гарантия целостности данных при обрыве связи (работа ведётся в локальной папке).

Таблица 3

Проблемы при внедрении Autodesk Vault Professional и их решения

Проблема	Решение
Отсутствие автоматических уведомлений о состоянии рабочей документации (процесс согласования несколько замедлялся, так как участникам жизненного цикла приходилось постоянно проводить мониторинг своей стадии на предмет появления новых документов)	Был создан набор SQL-запросов, позволяющий формировать и рассылать уведомления участникам жизненного цикла со ссылкой на появившийся файл
Сбиты параметры безопасного доступа (настройки не всегда распространялись на дочерние файлы и папки, режим безопасности мог самостоятельно измениться после открытия или изменения файла)	Была проведена ручная проверка всей структуры папок хранилища и отключена функция автоопределения безопасности
Ограничение по количеству символов в пути к файлу (256 символов)	Был введен утвержденный шаблон названия папок и файлов
Выборочная несовместимость с прокси-сервером (при подключении пользователя к серверу Autodesk Vault иногда появлялась ошибка: не удалось найти службы управления данными по указанному IP-адресу)	Было отключено использование прокси-сервера для локальных подключений

Создано хранилище проектных данных:

- есть возможность распределения и контроля доступа к проектам и разделам;
- облегчен поиск информации по проекту;
- обеспечено хранение архивных документов.

Повышено качество проектирования:

- организована совместная работа;
- имеется возможность интеграции с САПР.

6. Дальнейшие исследования предполагают решение следующих задач:

- определение места и роли Autodesk Vault в системе BIM проектирования [10];
- настройка совместной работы в Autodesk Revit на основе Autodesk Vault в рамках BIM проекта [11];
- применение Autodesk Vault для согласования семейств, используемых при формировании BIM модели;
- применение Autodesk Vault для автоматизированного формирования графика производства строительных работ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Все о САПР и ГИС. Комплексная автоматизация проектно-конструкторских и технологических работ. Autodesk Vault. [Электронный ресурс].

URL:

<http://www.cad.ru/ru/software/detail.php?ID=27903>

2. САПР и графика. №1, 2014г. Autodesk Vault, обзор функциональных особенностей и достоинств. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.sapr.ru/article.aspx?id=6746&iid=276>

3. Газизулин А. Документооборот в проектировании. Зачем нужен Autodesk Vault Office? [Электронный ресурс]. URL: <http://pdm-factory.blogspot.ru/2013/10/autodesk-vault-office.html>

4. Блог об Autodesk Vault/Администратору. [Электронный ресурс]. URL: http://vault-pdm.blogspot.ru/p/autodesk-vault_7.html

5. Autodesk. Программа для совместной работы и управления данными. [Электронный ресурс].

URL: <http://www.autodesk.ru/products/vault-family/overview>

6. Videоканал Autodesk Vault. [Электронный ресурс].

URL: <http://www.youtube.com/user/TheVaultKnowsAll>

7. Международный форум Autodesk Vault. [Электронный ресурс].

URL: <http://forums.Autodesk.com/t5/vault/ct-p/2004>

8. Advanced Configuration Guide for Autodesk® Vault Server 2014 (Руководство администратора).

9. Beyond Design. Vault articles. [Электронный ресурс].

URL: <http://beyonddesign.typepad.com/posts/vault/>

10. Игнатов В.П., Игнатова Е.В. Анализ направлений исследований, основанных на концепции информационного моделирования строительных объектов// Научно-технический журнал Вестник МГСУ. 2011. №1. Т.1. С. 325–330.

11. Записки BIM-менеджера. Совместная работа Autodesk Vault и Revit. [Электронный ресурс]. URL: <http://bim-proektstroy.ru/?p=705>

Ignatova E.V., Shurupov E.L., Elfimova A.G.**THE IMPLEMENTATION OF COMPUTER DATA MANAGEMENT SYSTEM FOR LIFE CYCLE OF THE DESIGN DOCUMENTS**

The article deals with the process and results of system design data management implementation in investment and construction company. The concept of "life cycle" of the document is introduced, and this allows to improve the administration of design data. The construction of an electronic archive on the base of Autodesk Vault Professional is analyzed. The benefits of using an electronic archive are highlighted and the problems of implementing a new document management system are formulated. It is suggested to continue the research of electronic archive's features in the case when Building Information Modeling technology is used.

Key words: project documentation, electronic archive, Autodesk Vault Professional, life cycle of the document.

Игнатова Елена Валентиновна, кандидат технических наук, доцент кафедры Информационных систем, технологий и автоматизации в строительстве.

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет.

Адрес: Россия, 127334, Москва, Ярославское шоссе, д.26.

E-mail: ignatova@mgsu.ru

Шурупов Евгений Леонидович, руководитель группы планирования.

Инвестиционно-строительная компания TEKTA GROUP.

Адрес: Россия, 143407, Московская область, г. Красногорск, бул. Строителей, д. 4, стр. 1.

E-mail: shurupov@tekta.com

Ельфимова Анастасия Геннадьевна, магистрант кафедры Информационных систем, технологий и автоматизации в строительстве.

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет.

Адрес: Россия, 127334, Москва, Ярославское шоссе, д.26.

E-mail: elfimova.anastasia@mail.ru

Латкин М.А., д-р техн. наук, проф.,
Радоуцкий В.Ю., канд. техн. наук, проф.,
Шульженко В.Н., канд. техн. наук, проф.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ОЦЕНИВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО РЕАГИРОВАНИЮ НА ТЕХНОГЕННЫЕ РИСКИ ПРЕДПРИЯТИЯ*

latkin.69@mail.ru

Рассмотрена проблема оценивания эффективности комплекса различных мероприятий по реагированию на техногенные риски предприятия. Предложены критерии определения экономической эффективности мероприятий по снижению негативного воздействия, самострахованию и страхованию техногенных рисков предприятия, которые учитывают предотвращенные и компенсированные потери, возможные остаточные потери в случае наступления аварии, а также соответствующие затраты при осуществлении мероприятий реагирования на риски. Принятый таким образом комплекс мероприятий по реагированию на техногенные риски обеспечивает устойчивое функционирование предприятия, повышает конкурентоспособность и эффективность его деятельности.

Ключевые слова: управление рисками, техногенные риски предприятия, реагирование на риски, эффективность мероприятий по реагированию на риски.

Введение. Во всех направлениях деятельности каждого 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 [1–3]. Обычно под рисками предприятия понимают возможные неблагоприятные для него события, наступление которых приводит к материальным, финансовым, социально-экономическим и другим потерям. Основная цель управления рисками предприятия – повышение конкурентоспособности и эффективности его деятельности за счет своевременного реагирования на неблагоприятные события и уменьшения возможных потерь в случае наступления рисков [4–6].

На опасных производственных объектах управление рисками связано с соблюдением требований охраны труда, промышленной и пожарной безопасностью, предупреждением и ликвидацией чрезвычайных ситуаций [7–9]. В соответствии с промышленной безопасностью основным неблагоприятным событием считают аварию, в результате которой происходят пожары, взрывы и гибель персонала предприятия. Поэтому на любом объекте обязательно проводят мероприятия по снижению уровня негативного воздействия рисков, которые направлены на уменьшение вероятности наступления аварии или на уменьшение масштаба возможных потерь [10, 11].

Для обеспечения устойчивого функционирования предприятия необходимо заранее выявить возможные неблагоприятные события, определить уровень их негативного воздействия и разработать соответствующие мероприятия по

реагированию. В риск-менеджменте выделяют следующие основные методы реагирования на риски: снижение рисков; распределение рисков; самострахование рисков; страхование рисков [12–14].

Для каждого риска предприятия можно разработать несколько различных мероприятий по реагированию, при выборе которых необходимо учитывать привлечение дополнительных ресурсов на снижение уровня негативного воздействия рисков или на ликвидацию последствий наступивших рисков. Проведение мероприятий по реагированию на риски приводит к дополнительным затратам и к уменьшению прибыли предприятия за отчетный период. Однако принятые мероприятия по реагированию на риски обеспечивают устойчивое функционирование предприятия, 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 снижение негативного воздействия рисков и 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 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 Π_a в случае наступления аварий на опасных производственных объектах можно рассчитать в соответствии с методическими рекомендациями, приведенными в работе [15].

Процесс управления рисками предприятия содержит следующие действия:

- выявление и структурирование возможных рисков;
- идентификация рисков;
- оценка уровня негативного воздействия рисков;
- планирование мероприятий реагирования на риски;
- мониторинг, реагирование и ликвидация последствий наступивших рисков;
- оценивание эффективности принятых мероприятий реагирования на риски.

Внедрение на предприятии процесса управления рисками приводит к следующим издержкам:

$$Z_{\text{risk}} = Z_{\text{pred}} + Z_{\text{likv}} + Z_{\text{adm}}, \quad (1)$$

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 управлении техногенными рисками предприятия необходимо разработать превентивные мероприятия по снижению негативного воздействия рисков до приемлемого уровня или по компенсации потерь в случае наступления аварии. Затраты на проведение мероприятий по реагированию на техногенные риски предприятия $C_{\text{mr.tr}}$ с учетом экономической эффективности, должны быть меньше полных потерь Π_a в случае наступления аварии

$$C_{\text{mr.tr}} < \Pi_a. \quad (2)$$

При оценивании эффективности принятых мероприятий по реагированию на техногенные риски предприятия необходимо определить затраты на проведение соответствующих мероприятий. Снижение негативного воздействия техногенных рисков предприятия в основном направлено на создание системы промышленной

безопасности. Тогда затраты на проведение мероприятий по снижению негативного воздействия техногенных рисков предприятия можно определить следующим образом:

$$C_{\text{sn.tr}} = C_{\text{proec}} + C_{\text{vned}} + C_{\text{otm}}, \quad (3)$$

где C_{proec} – затраты на проектирование системы промышленной безопасности; C_{vned} – затраты на внедрение на предприятии системы промышленной безопасности; C_{otm} – затраты на проведение комплекса организационно-технических мероприятий по обеспечению промышленной безопасности.

Самострахование техногенных рисков предприятия предусматривает создание специального резервного фонда для компенсации потерь в случае наступления аварии. Денежные средства, выделенные на создание резервного фонда самострахования техногенных 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:

$$C_{\text{rez.tr}} = RF_{\text{tr}} - \sum_{i=1}^n (RF_{\text{tr.i}} (1 + d_{\text{dep}})^i - RF_{\text{tr.i}}), \quad (4)$$

где RF_{tr} – величина резервного фонда самострахования техногенных рисков на момент его создания; $RF_{\text{tr.i}}$ – величина резервного фонда самострахования техногенных рисков за i -й период деятельности предприятия; d_{dep} – ставка дисконта по краткосрочным депозитным вкладам.

Страхование техногенных рисков предприятия 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:

$$C_{\text{str.tr}} = \sum_{i=1}^n SP_{\text{tr.i}}, \quad (5)$$

где $SP_{\text{tr.i}}$ – величина страховой премии по техногенным рискам, уплаченной предприятием за i -й период деятельности.

Таким образом, полные затраты на проведение мероприятий по реагированию на техногенные риски предприятия $C_{mr.tr}$ составят:

$$C_{mr.tr} = C_{sn.tr} + C_{rez.tr} + C_{str.tr}. \quad (6)$$

Определение экономической эффективности мероприятий предполагает сравнение полученного эффекта от проведенных мероприятий с затратами на его достижение. В общем, экономическую эффективность мероприятий по реагированию на техногенные риски предприятия будем определять следующим образом:

$$E_{mr.tr} = \frac{\Delta U_{sn.tr} + U_{com.tr}}{C_{mr.tr}}, \quad (7)$$

где $\Delta U_{sn.tr}$ – предотвращенные потери в случае наступления аварии с учетом проведенных мероприятий по снижению негативного воздействия техногенных рисков; $U_{com.tr}$ – компенсированные потери в случае наступления аварии с учетом проведенных мероприятий по самострахованию и страхованию техногенных рисков; $C_{mr.tr}$ – затраты на проведение мероприятий по реагированию на техногенные риски предприятия.

Формула (7) показывает, какая величина потерь предотвращена и компенсирована в случае наступления аварии за счет вложения 1 рубля в проведение соответствующих мероприятий по реагированию на техногенные риски предприятия.

После создания на предприятии системы промышленной безопасности необходимо пересчитать ожидаемые потери в случае наступления аварии, что позволяет определить предотвращенные потери с учетом проведенных мероприятий по снижению негативного воздействия техногенных рисков предприятия

$$\Delta U_{sn.tr} = \Pi_a - U_{sn.tr}, \quad (8)$$

где $\Delta U_{sn.tr}$ – предотвращенные потери в случае наступления аварии с учетом проведенных мероприятий по снижению негативного воздействия техногенных рисков; $U_{sn.tr}$ – ожидаемые потери в случае наступления аварии с учетом проведенных мероприятий по снижению негативного воздействия техногенных рисков.

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 страхо-

вого возмещения, полученного от страховой компании.

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 техногенных рисков. Принятые мероприятия по снижению техногенных рисков предприятия, исходя из существующих социально-экономических условий, не позволяют полностью устранить возможность наступления неблагоприятных событий и ожидаемые потери в случае наступления аварии. Поэтому следует предусмотреть применение методов самострахования и страхования техногенных рисков предприятия, которые направлены на компенсацию потерь в случае наступления аварии.

Однако если уровень потерь от аварии на предприятии будет слишком высоким, то денежных средств, выделенных на создание резервного фонда самострахования техногенных рисков, или выплачиваемого страховой компанией страхового возмещения, может не хватить. Иногда, полная компенсация максимальных потерь в случае наступления аварии на предприятии может оказаться экономически невыгодной. Исходя из вероятностного характера будущих неблагоприятных событий и возможных потерь в случае наступления аварии, предприятие не в состоянии самостоятельно обеспечить полное снижение негативного воздействия и компенсацию потерь техногенных рисков.

Таким образом, при разработке мероприятий реагирования на техногенные риски предприятия необходимо учитывать возможные остаточные потери, которые после проведения мероприятий по снижению негативного воздействия рисков будут равны ожидаемым потерям в случае наступления аварии

$$U_{ost.tr} = U_{sn.tr}, \quad (9)$$

где $U_{sn.tr}$ – ожидаемые потери в случае наступления аварии с учетом проведенных мероприятий по снижению негативного воздействия техногенных рисков.

Остаточные потери после проведения мероприятий по самострахованию или страхованию техногенных рисков предприятия можно определить следующим образом:

$$U_{ost.tr} = \Pi_a - U_{com.tr}, \quad (10)$$

где $U_{com.tr}$ – компенсированные потери в случае наступления аварии с учетом проведенных мероприятий по самострахованию или страхованию техногенных рисков.

Принятые мероприятия по реагированию на техногенные риски предприятия допускают возможность остаточных потерь (см. формулы 9 и 10), которые образуют дополнительные затраты на ликвидацию аварии $Z_{\text{ликв}}$ (см. формулу 1), и возникает необходимость привлечения дополнительных средств, например за счет специаль-

ных государственных дотаций. Также следует рассмотреть возможность совместного применения разных методов воздействия на техногенные риски предприятия, например снижение и самострахование рисков, снижение и страхование рисков, страхование и самострахование рисков.

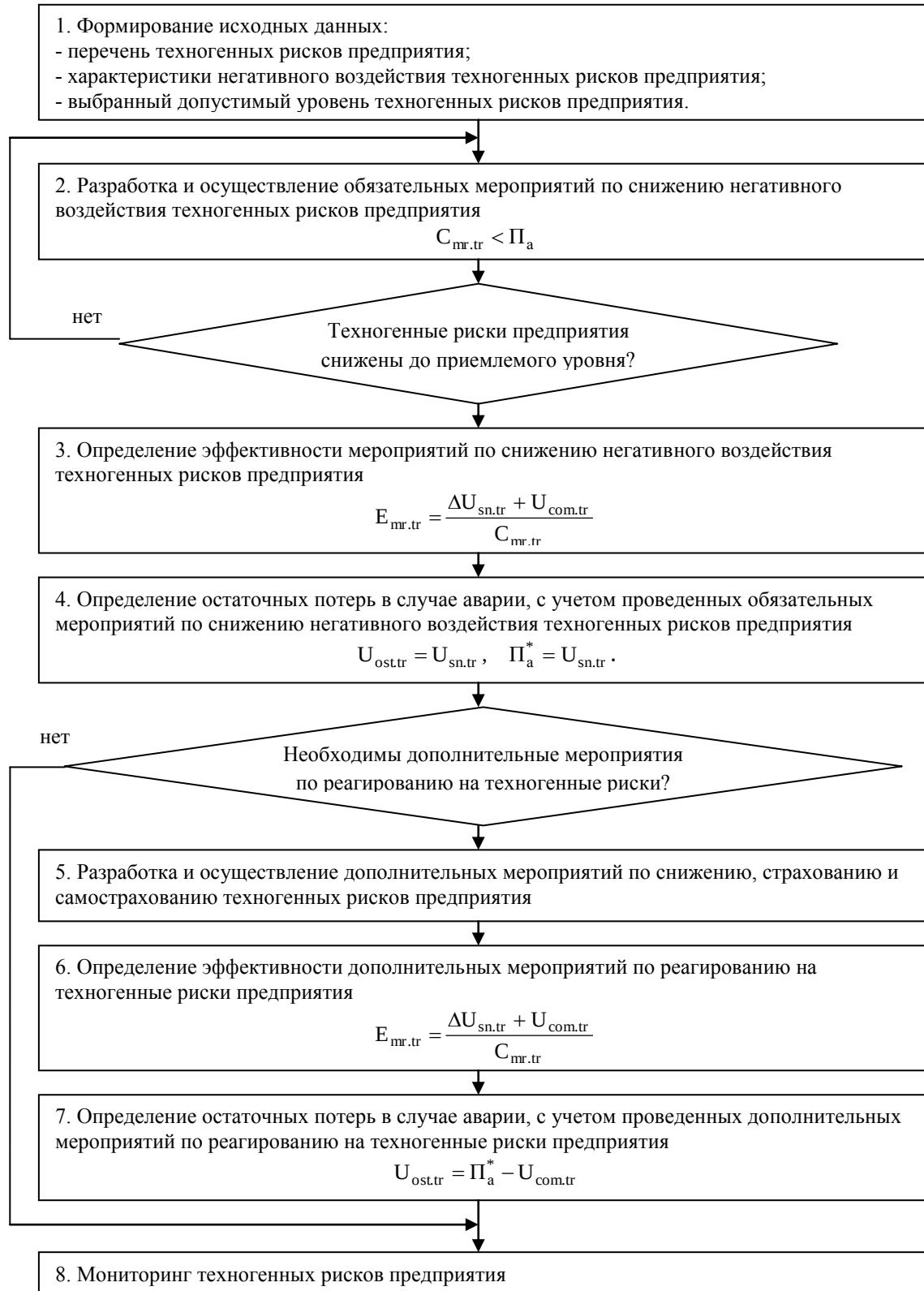


Рис. 1. Оценивание эффективности мероприятий реагирования на техногенные риски

Оценивание эффективности комплекса различных мероприятий по реагированию на техногенные предприятия будем проводить в следующей последовательности (см. рис. 1).

1. Формирование исходных данных:

- перечень техногенных рисков предприятия;
- характеристики негативного воздействия техногенных рисков предприятия, то есть вероятность наступления риска и ожидаемые потери;
- выбранный допустимый уровень техногенных рисков предприятия.

2. Разработка на основе условия (2) и осуществление обязательных мероприятий по снижению негативного воздействия техногенных рисков предприятия до приемлемого уровня.

3. Определение экономической эффективности обязательных мероприятий по снижению негативного воздействия техногенных рисков предприятия на основе (7).

4. Определение возможных остаточных потерь в случае наступления аварии, с учетом проведенных обязательных мероприятий по снижению негативного воздействия техногенных рисков предприятия на основе (9).

5. Разработка на основе пересчитанных полных потерь в условии (2) и осуществление при необходимости последующих мероприятий по снижению негативного воздействия, страхованию и самострахованию техногенных рисков предприятия.

6. Определение экономической эффективности последующих принятых мероприятий по реагированию на техногенные риски предприятия на основе (7).

7. Определение возможных остаточных потерь в случае наступления аварии, с учетом проведенных дополнительных мероприятий по реагированию на техногенные риски предприятия на основе (9) и (10).

Выводы. Предложены критерии определения экономической эффективности мероприятий по снижению, самострахованию и страхованию техногенных рисков предприятия, которые учитывают предотвращенные и компенсированные потери, возможные остаточные потери в случае наступления аварии, а также соответствующие затраты при осуществлении мероприятий реагирования на риски. Принятый таким образом комплекс мероприятий по реагированию на техногенные риски обеспечивает устойчивое функционирование предприятия и повышает эффективность его деятельности.

**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: Изд-во БГТУ, 2013. 128 с.
6. 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: Изд-во БГТУ, 2011. 169 с.
7. 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](http://base.garant.ru) (дата обращения: 21.03.2016).
8. Измалков В.И., Измалков А.В. Техногенная и экологическая безопасность и управление риском. СПб.: НИЦЭБ РАМ, 1998. 482 с.
9. Радоуцкий В.Ю., Шаптала В.Г., Ветрова Ю.В., Шаптала В.В. Теоретические основы прогнозирования безопасности учреждений высшего профессионального образования: монография. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. 211 с.
10. Шаптала В.Г., Радоуцкий В.Ю., Ветрова Ю.В. Мониторинг, прогнозирование, моделирование и оценка рисков чрезвычайных ситуаций в системе высшего профессионального образования: монография. Белгород: ООО «ЕвроПолиграф», 2012. 120 с.
11. 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.
12. Гончаренко Л.П., Филин С.А. Риск-менеджмент. М.: КноРус, 2007. 216 с.
13. Эндрю Холмс. Риск-менеджмент. М.: Эксмо, 2007. 304 с.
14. Уткин Э.А., Фролов Д.А. Управление рисками предприятия: учебно-практическое пособие. М.: ТЕИС, 2003. 247 с.

15. РД 03-496-02 «Методические рекомендации по оценке ущерба от аварий на опасных производственных объектах» [Электронный ре-

сурс]. Системные требования: Adobe Acrobat Reader. <http://files.stroyinf.ru/Data1/44/44716/> (дата обращения: 21.03.2016).

Latkin M.A., Radoutsky V.Yu., Shulzhenko V.N.

EVALUATING THE EFFICIENCY OF TECHNOLOGY-RELATED RISKS RESPONSE MEASURES AT AN ENTERPRISE

The problem of evaluating the efficiency of risk response activities against technology-related risks of an enterprise was considered. There were suggested the criteria of determining the economic efficiency of the measures of adverse effects reduction, self-insurance and technology-related risks insurance, which take into account the prevented and compensated losses, the possible residual losses in case of emergency, as well as the appropriate costs for carrying out the risk response measures. Such a package of measures of technology-related risk response provides the stable enterprise functioning, increases its marketability and effectiveness.

Key words: risk management, technology-related risks of an enterprise, risk response, efficiency of risk response activities.

Латкин Матвей Алексеевич, доктор технических наук, профессор.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.
E-mail: latkin.69@mail.ru

Радоуцкий Владимир Юрьевич, кандидат технических наук, профессор.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

Шульженко Владимир Николаевич, кандидат технических наук, профессор.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

Аверченков В.И., д-р техн. наук, проф.
Брянский государственный технический университет
Якимов А.И., канд. техн. наук, доц.
Белорусско-Российский университет

СТРУКТУРА ПРОГРАММНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ИМИТАЦИИ В КОРПОРАТИВНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ ПРЕДПРИЯТИЯ

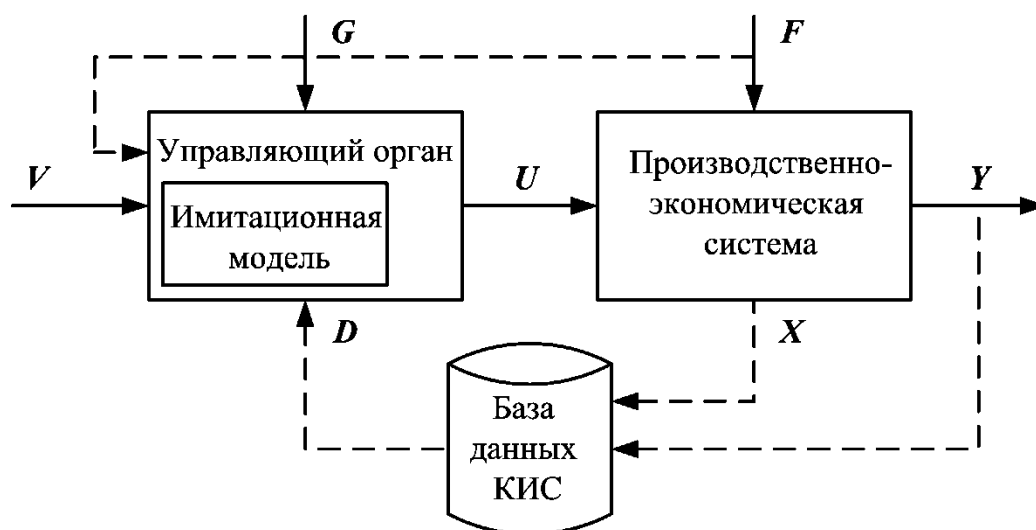
ykm@tut.by

Рассмотрен программно-технологический комплекс имитации сложных систем, основанный на информационных технологиях корпоративной информационной системы (КИС) промышленного предприятия, включающий описание IDEF, UML, ADO, XML, MPI, объектно-ориентированное программирование, интегрированные среды разработки программных систем. Рассмотрены структурные компоненты, включающие интеграцию комплекса с КИС, компоненты автоматизации построения имитационной модели, обработки входных данных и результатов имитации, компоненты автоматизации имитационных экспериментов и поддержки принятия решений. Дано описание примера использования комплекса имитации на примере обувного производства.

Ключевые слова: информационные технологии, программа, имитация, предприятие.

Введение. Современные научные исследования показывают, что неэффективность деятельности многих предприятий, в частности, нерациональные решения, принимаемые руководством, связаны с недостаточной автоматизацией управленческих процессов при наличии больших объемов разнородной информации, которые необходимо учитывать при принятии решений [1, 2]. Поэтому одним из приоритетных направлений фундаментальных и прикладных исследований в этой области является развитие теоретико-методологических основ информатики и информационных технологий, разработка аппаратных и программных комплексов и систем для информационного обеспечения управления.

При этом важной является задача оптимального планирования ресурсов предприятия, которая решается в корпоративных информационных системах (КИС), а эффективным инструментом ее решения может выступать имитационное моделирование [3–5]. Весьма актуальным является создание методологии системного анализа процессов на предприятии, включающей в себя методы имитационного моделирования и технологии использования методов и средств для решения практических задач системного анализа функционирования предприятия, как производственно-экономической системы (ПЭС), схема которой представлена на рис. 1.



V - цель управления, U - управляющие решения, Y - выходные показатели, X - данные о состоянии, F - возмущения на производственно-экономическую систему, G - возмущения на управляющий орган.

Рис. 1. Система управления с имитационной моделью

Основными требованиями к подсистемам имитационного моделирования являются: чтение и запись данных из различных источников; предварительная обработка исходных данных; планирование, проведение и обработка результатов имитационных экспериментов; построение отчетов и графиков. Использование имитационных моделей в составе системы управления промышленным предприятием дополнительно требует создания и выполнения в автоматическом режиме сложных нелинейных сценариев имитационных экспериментов, включающих все этапы: от получения исходных данных до принятия решений.

Корпоративная информационная система предприятия располагает следующими информационными технологиями: информационные технологии моделирования бизнес-процессов (разработан ряд стандартов моделирования бизнес-процессов: примером может служить семейство стандартов IDEF, RUP (компания Rational Software), Catalysis (компания Computer Associates); информационные технологии моделирования программных систем (наиболее эффективным средством для этого является UML (Unified Modeling Language – унифицированный язык моделирования); информационные технологии доступа к данным информационной системы (наиболее популярные универсальные механизмы доступа к данным: Open Database Connectivity (ODBC); OLE DB/ActiveX Data Objects (ADO); Java Database Connectivity (JDBC)); программные средства статистической обработки данных (например, коммерческие пакеты SPSS (Statistical Package for Social Science), STATISTICA); информационные технологии обмена данными между программными системами (структурированные документы или записи, такие как формы HTML; объекты, содержащие данные и методы, например, объекты Java или элементы ActiveX; записи баз данных, можно создавать при помощи XML (Exchange Message Language), для отображения содержания применяя HTML и Dynamic HTML (DHTML); объектно-ориентированное программирование (в рамках рассматриваемых проблем наиболее эффективными и часто используемыми являются: C#, C++, Java, Delphi, Eiffel, Simula, D (язык программирования), Io, Objective-C, Object Pascal, VB.NET, Visual DataFlex, Perl, Php, PowerBuilder, Python, Scala, ActionScript 3.0, JavaScript, JScript.NET, Ruby, Smalltalk, Ada, Xbase++, X++, Vala)); интегрированные среды разработки программных систем (примеры сред разработки – Sun Studio, Turbo Pascal, Borland C++, GNU toolchain, DrPython, Borland Delphi, Dev-C++, Lazarus, KDevelop,

QDevelop); информационные технологии распределенных вычислений (существует несколько технологий реализации параллельных вычислений: (N)UMA, DSM, PVM и MPI) [5].

Структура программно-технологического комплекса имитации (ПТКИ) сложных систем BelSim. Одним из принципов построения ПТКИ является использование мощных современных программных комплексов, ориентированных на решение определенного класса задач, стоящих в ходе имитационного моделирования систем. Например, для содержательного описания систем и построения функциональной модели в виде IDEF0-диаграмм используется MS VISIO 2003. Обработка результатов имитационных экспериментов выполняется в программном комплексе STATISTICA 6.0.

Предлагаемый комплекс ПТКИ BelSim наряду со стандартными возможностями обладает методами и средствами проведения структурного анализа системы и протекающих в ней процессов; способностью одновременного моделирования материальных, денежных и информационных процессов. Имеется возможность интеграции модели в информационную систему предприятия с целью получения исходных данных для моделирования и использования модели в составе системы управления.

В состав BelSim входит базовая имитационная модель (ИМ) промышленного предприятия, в основу которой положен стандарт MRPII/ERP. Для решения конкретных задач соответствующий компонент ИМ подвергается соответствующей детализации. В случае, если имеется достаточно статистических данных, реальный процесс можно аппроксимировать функциональными зависимостями.

Программно-технологический комплекс имитации BelSim (рис. 2) предусматривает реализацию метода распределенного построения имитационной модели деятельности промышленного предприятия [6].

ПТКИ BelSim построен в соответствии с системными принципами функциональной ортогональности (каждое программное средство реализует функции, которые не зависят от функций других программ) и рациональности (исключается взаимное дублирование выполняемых функций), многоцелевого назначения (программные средства предназначены для решения широкого класса задач, отличающихся назначением, целями, областью применения или другими факторами), процедурной открытости (применяемые методы и программные средства сохраняют структурную взаимосвязь и функциональное взаимодействие при их замене или

структурной и функциональной интеграции) и рационального дополнения (имеется возможность расширения путем применения дополнительных методов и средств при условии их не-

противоречивости между собой и самим комплексом) предусматривающие использование принципов системного анализа [7].

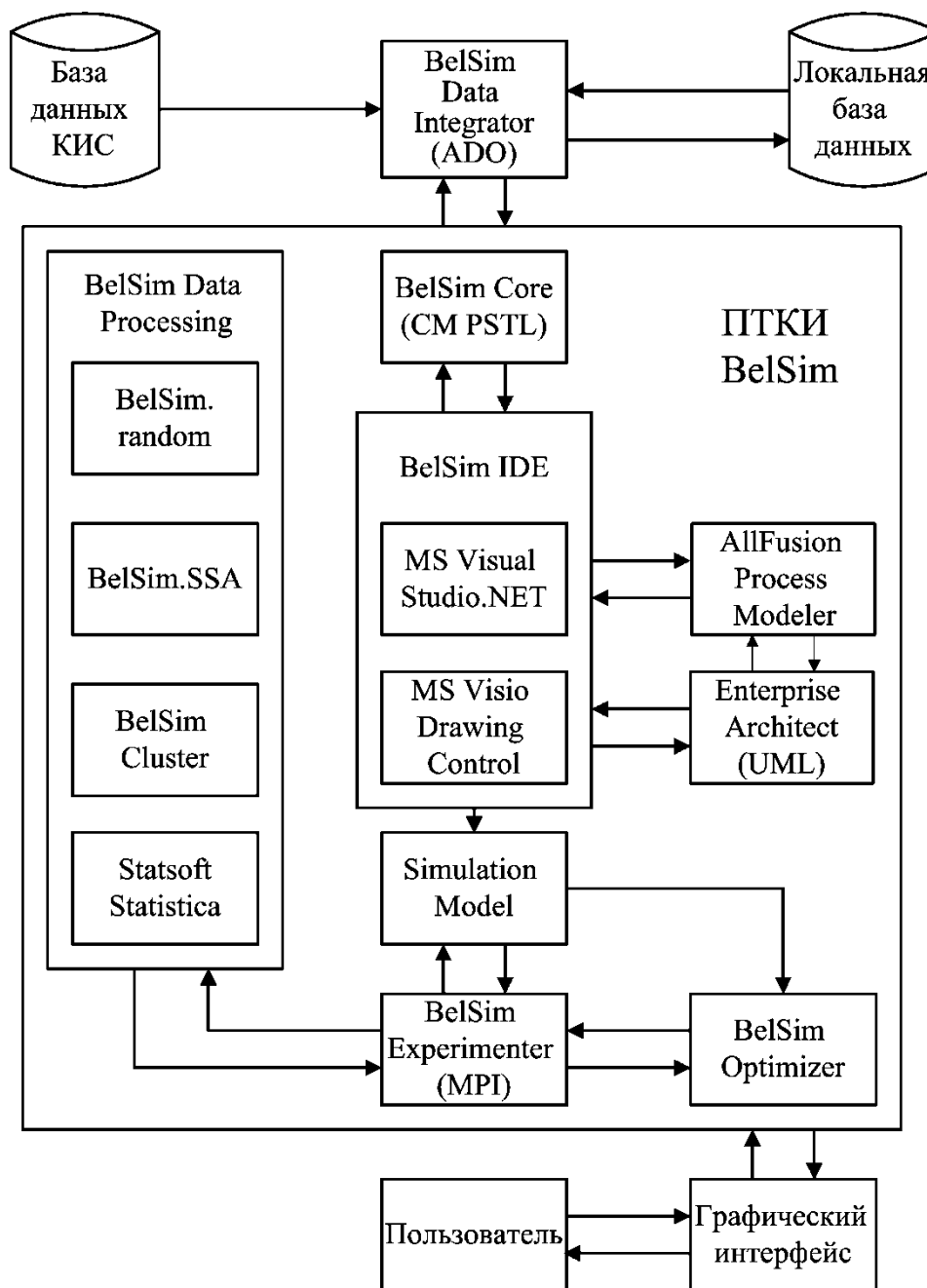


Рис. 2. Структура программно-технологического комплекса имитации сложных систем BelSim [3]

Рассматриваемый комплекс состоит из следующих компонентов: BelSim IDE (Integrated Development Environment); BelSim Optimizer (Оптимизатор) для решения оптимизационных задач; BelSim Simulator Core (Ядро системы моделирования); BelSim Experimenter (Экспериментатор); StatSoft STATISTICA; BelSim Data Integrator (Интегратор) для интеграции с КИС.

Интегрированная среда разработки BelSim.IDE. Интегрированная среда разработки

программного обеспечения (ПО) BelSim IDE представляет собой сочетание коммерческих программных систем: Microsoft Visio Drawing Control и Microsoft Visual Studio .NET для построения функциональной модели системы на основе IDEF0 и реализации приложений на языке C++. ПО для построения функциональной модели исследуемой системы на основе методологии IDEF0 используется на этапах составления содержательного описания и концептуаль-

ной модели объекта моделирования. С увеличением сложности анализируемой системы применение специализированных CASE-систем функционального моделирования (например, AllFusion Process Modeler, прежнее наименование PLATINUM BPWin, для построения IDEF0-диаграмм) позволяет обеспечить строгое следование методологии IDEF0, документирование процесса, автоматическую проверку корректности модели.

Система моделирования BelSim Simulator Core. Интегрированная среда Microsoft Visual Studio .NET разработки приложений на языке C++ и ядро BelSim Simulator Core, представленное системой моделирования (CM) PSTL (Process Simulation Template Library), являются важной и неотъемлемой частью комплекса для имитационного моделирования на основе процессного способа имитации. CM PSTL является расширением стандартных средств языка ANSI C++. В результате отсутствуют какие-либо ограничения на среду разработки и применяемую вычислительную систему. Разработчик волен выбирать для реализации ИМ любую систему программирования на основе языка C++.

Однако при разработке сложных моделей рекомендуется использовать среду разработки, обладающую развитыми инструментальными средствами написания и отладки программ (например, Microsoft Visual C++.NET). Преимущества платформы .NET Framework: единая программная модель, упрощенная модель программирования; отсутствие проблем с версиями; упрощенная разработка; работа на нескольких платформах; интеграция языков программирования; упрощенное повторное использование кода; автоматическое управление памятью (сбор мусора); проверка безопасности типов; развитая поддержка отладки; единый принцип обработки сбоев; безопасность; взаимодействие с существующим кодом. Многие разработчики систем имитационного моделирования указывают на достоинства Microsoft .NET Framework: развитие систем взаимодействия между различными имитационными моделями, удобство сотрудничества через Интернет, объектно-ориентированное программирование [8].

Подсистема BelSim Experimenter. BelSim Experimenter представляет собой отдельную подсистему для планирования, проведения и обработки результатов имитационных экспериментов (ИЭ). В подсистеме BelSim Experimenter для планирования ИЭ разработано приложение *ExperimentDesigner* на основе Microsoft .NET Framework. Дополнительно для получения плана при детальном факторном эксперименте используется модуль *Experimental Design* пакета статисти-

ческого анализа *STATISTICA* фирмы StatSoft Inc и разработанный программный модуль (ПМ) *DesignOfExperiment*, который сохраняет результаты работы модуля *Experimental Design*. ПО для проведения имитационных экспериментов является программным приложением *Experimenter*. ПО для обработки результатов ИЭ представляет собой разработанный ПМ *ExperimentData* для приложения *STATISTICA*. Для анализа данных при статистической обработке и наглядного представления результатов имитации возможно использование любого пакета статистического анализа, позволяющего осуществлять импорт данных из внешних источников аналогично, например, пакету *STATISTICA* фирмы StatSoft Inc.

Интегрированная среда разработки BelSim.IDE. Интегрированная среда разработки программного обеспечения (ПО) BelSim IDE представляет собой сочетание коммерческих программных систем: Microsoft Visio Drawing Control и Microsoft Visual Studio .NET для построения функциональной модели системы на основе IDEF0 и реализации приложений на языке C++. ПО для построения функциональной модели исследуемой системы на основе методологии IDEF0 используется на этапах составления содержательного описания и концептуальной модели объекта моделирования. С увеличением сложности анализируемой системы применение специализированных CASE-систем функционального моделирования (например, AllFusion Process Modeler, прежнее наименование PLATINUM BPWin, для построения IDEF0-диаграмм) позволяет обеспечить строгое следование методологии IDEF0, документирование процесса, автоматическую проверку корректности модели.

Подсистема BelSim Data Integrator. BelSim Data Integrator реализует интеграцию ПТКИ с КИС следующей последовательностью действий: настройка параметров; подключение к базе данных и извлечение требуемых данных в соответствии с параметрами подключения и выборки; заполнение структуры XML-файла данными из массивов строк; передача созданного файла в ПТКИ BelSim.

Для подключения к базам данных КИС используется технология ADO. Доступ к классам ADO осуществляется через COM интерфейс. При использовании директивы `#import <msado15.dll>` в классе DBF2XML становятся доступны объекты для работы с базами данных КИС.

Подсистема обработки данных BelSim Data Processing. Для автоматизации процедуры принятия решений используется специальное ПО обработки результатов имитационных экс-

периментов, представляющее собой отдельную подсистему, состоящую из нескольких блоков. В структуру ПО принятия решений включены блоки предварительной статистической обработки с необходимостью сохранения результатов; кластерного анализа экспериментальных данных, извлечения дополнительной информации с применением метода анализа сингулярного спектра.

Экспериментальная часть. Для конечного пользователя в ПТКИ BelSim был реализован графический интерфейс. Например, была разработана базовая имитационная модель в рамках программного комплекса ShagoVitaPro для поддержки принятия решений в обувном производстве (рис. 3).

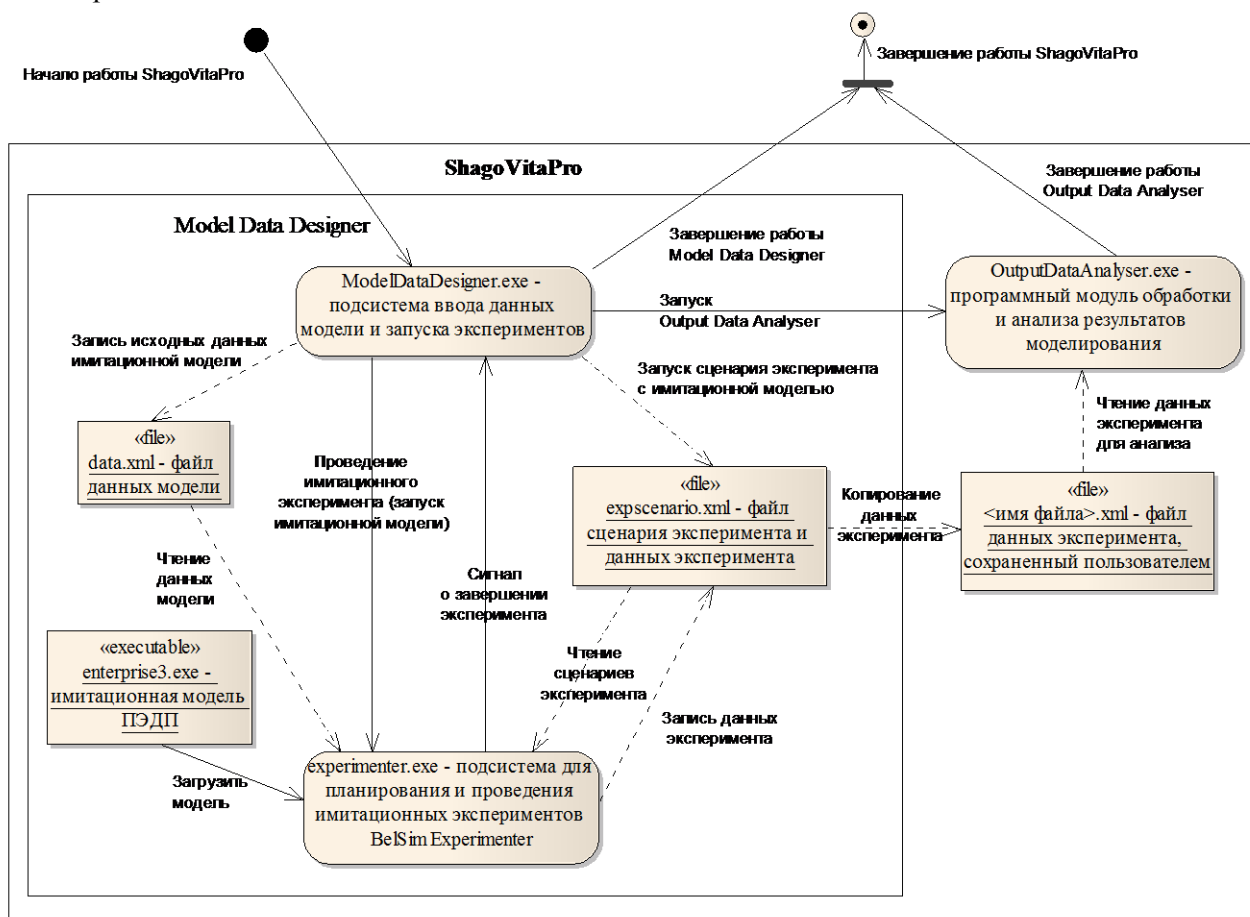


Рис. 3. Схема взаимодействия компонентов программного комплекса ShagoVitaPro

Блок ввода данных модели Model Data Designer предоставляет пользователю удобный и интуитивно понятный графический интерфейс, который позволяет сохранять данные модели в виде двоичного файла с расширением SVT, а также в виде XML-файла. Исполняемый файл базовой имитационной модели производственно-экономической деятельности предприятия (ПЭДП) использует подсистему для планирования и проведения имитационных экспериментов BelSim Experimenter по определенному сценарию (плану) на основе исходных данных, заданных пользователем. Программный модуль обработки и анализа результатов моделирования (экспериментов) Output Data Analyser и программный модуль Model Data Designer являются компонентами программного (ПК) ShagoVitaPro, который позволяет пользователю оперативно

выполнить итерационный процесс подготовки данных модели, проведение имитационного эксперимента, обработку и анализ результатов.

Таким образом, для планирования, проведения и обработки результатов ИЭ средствами ПТКИ BelSim исследователю необходимо выполнить следующую последовательность действий:

- 1) выбор исполняемого файла модели, если модель исследуется в первый раз, или XML-файла данных модели, который был сохранен до этого;
- 2) ввод исходных данных модели и при необходимости их редактирование, если был открыт XML-файл данных модели;
- 3) сохранение файла данных модели;
- 4) постановка нового эксперимента;

5) выбор типа эксперимента (оценка погрешности моделирования; анализ длины переходного процесса и устойчивости результатов моделирования; анализ чувствительности откликов к значениям входных параметров; полный факторный эксперимент; дробный факторный эксперимент);

6) выбор параметров и откликов для эксперимента;

7) ввод числа параллельных опытов;

8) ввод уровней параметров модели;

9) сохранение данных эксперимента;

10) проведение экспериментов, используя ПО Experimenter, задав необходимые параметры командной строки;

11) загрузка результатов экспериментов в Output Data Analyser;

12) обработка результатов ИЭ средствами Output Data Analyser;

13) сохранение полученных результатов;

14) построение графических зависимостей и возврат к первому пункту или завершение процесса исследования модели.

Для ввода исходных данных компоненты имитационной модели представлены на десяти закладках. Например, компонент планирования производства представлен закладкой «Производство», где вводятся виды используемых ресурсов, виды производимой продукции, длительность интервалов планирования, количество интервалов планирования и др.

Использование программного комплекса ShagoVitaPro значительно упрощает анализ и обработку результатов экспериментов при эксплуатации имитационных моделей динамики производственно-экономической деятельности предприятия самими специалистами предприятия. По результатам выполнения договора ХД0877 ShagoVitaPro внедрен на рабочем месте генерального директора ОАО «Обувь» (г. Могилев) для рационального выбора параметров производственного процесса.

Выводы. ПК ShagoVitaPro, реализованный на основе ПТКИ BelSim, обеспечивает поддержку принятия решения конечному пользователю системы – лицу, принимающему решение. ПК позволяет исследовать характер изменения показателей (рентабельность, задолженность по кредитам и др.) производственно-экономической деятельности предприятия при изменениях структуры производства или отдельных компонентов (стоимость ресурсов, производительность изготовления продукции, переменные затраты и др.), выявить причины изменения этих показателей. Однако, несмотря на мощные средства создания и исследования ИМ средствами ПТКИ BelSim, при построении

ИМ КИС на уровне бизнес-процессов и производственного процесса исследователь сталкивается с проблемой поиска дополнительных автоматизированных средств получения исходных данных для их моделирования с учетом базы данных конкретного предприятия [9–11].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Максимей И.В. Имитационное моделирование на ЭВМ. М.: Радио и связь, 1988. 232 с.
2. Розен В.В. Математические модели принятия решений в экономике. М.: Высш.шк., 2002.
3. Захарченков К.В., Якимов А.И. Метод моделирования и рационального выбора параметров информационной системы промышленного предприятия // Инженерный вестник. 2006. №1(21)/1. С. 20–27.
4. Якимов А.И., Захарченков К.В., Падалка А.Б. Имитационная модель функционирования информационной системы промышленного предприятия на уровне корпоративной сети // Известия Гомельского государственного университета им. Ф. Скорины. 2006. №4(37). С. 136–138.
5. Якимов А.И., Захарченков К.В. Информационная оценка программных средств для управления экономической деятельности промышленного предприятия на основе имитационной модели // Вестник Брянского государственного технического университета. 2014. №1(41). С. 94–101.
6. Якимов А.И., Демиденко О.М., Ивкина Н.Н. Анализ методов построения имитационных моделей корпоративных информационных систем // Информационные системы и технологии. №2(94). 2016. С. 40–50.
7. Згуровский М.З., Панкратова Н.Д. Основы системного анализа. Київ: BHV, 2007. 544 с.
8. Kilgore R.A. Multi-Language, Open-Source Modeling Using the Microsoft .Net Architecture // Proceedings of 2002 Winter Simulation Conference. San Diego: IEEE Press, 2002. Pp. 629–633.
9. Захарченков К.В. Разработка метода, моделей и технологии оценки эффективности процессов управления в корпоративных информационных системах : Автореф. дис. канд. техн. наук : 15.13.10. Брянск, 2014. 20 с.
10. Аверченков В.И. Концепция оценки эффективности процессов управления в корпоративных информационных системах предприятий // Вестник Брянского государственного технического университета. 2016 №1 (49). С.113–119.
11. Аверченков В.И., Якимов А.И., Демиденко О.М., Ивкина Н.Н. Метод распределенного построения имитационной модели производственной деятельности промышленного пред-

приятия // Южно-Сибирский научный вестник. №4 (12). 2015. С. 22–28.

Averchenkov V.I., Yakimov A.I.**PROGRAM-TECHNOLOGICAL COMPLEX SIMULATION IN THE CORPORATE INFORMATION SYSTEM OF ENTERPRISE**

A program-technological complex simulation of complex systems based on information technology corporate information system (CIS) of industrial enterprises, for example, IDEF, UML, ADO, XML, MPI, object-oriented programming, integrated development environments are given. The structural components, including the integration of the complex with the CIS, the components of automation of building simulation model, processing the input data and simulation results, automation components of simulation and decision support are presented. A description of an example of using a program package of simulation in the shoe industry is given.

Key words: *information technology, software, simulation, enterprise.*

Аверченков Владимир Иванович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой компьютерных технологий и систем.

Брянский государственный технический университет.

Адрес: Россия, 241035, Брянск, бул. 50-лет Октября, д. 7.

E-mail: aver.tu@yandex.ru

Якимов Анатолий Иванович, кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизированных систем управления.

Белорусско-Российский университет.

Адрес: Беларусь, 212000, Могилев, пр-т Мира, д. 43.

E-mail: ykm@tut.by

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Бушueva Н.П., канд. техн. наук, доц.,

Панова О.А., ведущий инженер

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕВРАЩЕНИЙ СЛОИСТЫХ АЛЮМОСИЛИКАТОВ ПРИ ТЕРМИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

px_2011@list.ru

Алюмо- и алюможелезистые силикаты, имеющие слоистую структуру, содержатся в отходах ГОКов и попутно добываемых породах железорудных месторождений КМА. Исследования термического воздействия на структурные изменения слоистых силикатов позволит оценить их реакционную способность в смеси с оксидом кальция и в дальнейшем определить области использования отходов. Детальное изучение строения мусковита и биотита позволило поэтапно установить температурные интервалы удаления различной структурно-связанной воды, потерю плоскостной формы частиц слюды и ее разрушение. Установлено, интенсивное выделение конституционной воды происходит от 650 до 800 °С, что совпадает с процессом декарбонизации CaCO_3 , который интенсифицируется присутствием ионов щелочных металлов R^+ , выделяемых из межслоевого пространства мусковита и биотита. Образующиеся продукты характеризуются высоко дисперсным состоянием, наличием различных кристаллических дефектов, что способствует повышению реакционной активности к взаимодействию в твердом состоянии с образованием новых фаз – силиката кальция $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$, алюминатов, феррита и других.

Ключевые слова: слоистые алюможелезистые силикаты, слюда, биотит, мусковит, структура, двухкальцевый силикат, алюминаты и ферриты кальция.

Введение. Использование отходов флотации хвостов мокрой магнитной сепарации, попутно добываемых пород железорудных месторождений в производстве низкообжигового вяжущего известково-белитового состава [1–4] определяет необходимость исследования влияния отдельных минеральных составляющих в процессе обжига на синтез продукта. Основными фазами, присутствующих в отходах, попутно добываемых породах являются кварц, слоистые алюмо- и алюможелезистые силикаты, магнетит, гематит, пирит. Установлен механизм процессов минералообразования вяжущего в присутствии железосодержащих фаз (магнетита, гематита, пирита) [5, 6]. Слоистые силикаты (слюды) присутствуют в отходах флотации в количестве до 10 %, а в попутно добываемых породах от 35 до 50 %, поэтому необходимо изучить их поведение при термическом воздействии и их влияние на синтез вяжущего.

Методика. Исследования структуры слюды проводили, используя методы физико-химического анализа, а поведение при термическом воздействии с помощью микроскопического и дифференциально-термического методов.

Основная часть. Основой структуры слоистых силикатов являются сетки кремнекислородных тетраэдров. Они располагаются парал-

лельно друг другу и чередуются с плоскими сетками другого состава, образуя пакеты слоёв. Основной элемент структуры слюд – трехслойный пакет, в котором между двумя кремнекислородными $[\text{Si}_4\text{O}_{10}]^{4-}$ или алюмокремнекислородными $[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]^{4-}$ тетраэдрами располагается слой октаэдров. В зависимости от того, какими катионами образованы октаэдры различают три- и диоктаэдрические слюды [7].

В минералах биотита и мусковита алюминий представлен и как катион, и входит в анионный радикал, например, в мусковите $\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2$. Размер тетраэдров $[\text{AlO}_4]^{5-}$ и его конфигурация иные, чем у групп $[\text{SiO}_4]^{4-}$, характер химических связей также отличен. Поэтому имеется предел замещения Si^{4+} на Al^{3+} .

За счет избыточного заряда пакетов между ними в структуру встраивается слой катионов-компенсаторов. Это могут быть ионы калия, магния. В слоистых алюмосиликатах (мусковита и биотита) роль катиона-компенсатора играет ион калия K^+ . Это двуоктаэдрическая слюда. Калий имеет координационное число 12, он плотно упакован между ионами кислорода, так как имеет равный с ним ионный радиус (по Гольдшмидту радиус иона калия равен $R_{\text{K}^+}=0,133$ нм, а радиус иона кислорода $R_{\text{O}^{2-}}=0,132$ нм; отношение $R_{\text{K}^+}/R_{\text{O}^{2-}}=1$, что идеально отвечает координаци-

онному числу 12). Структура мусковита и биотита представлена на рис. 1.

Кристаллическая структура биотита $K(Mg, Fe)_3[Si_3AlO_{10}][OH, F]_2$ состоит из отрицательно заряженных слоев 2:1, которые компенсированы и связаны положительно заряженными катионами (K^+ и Na^+). Слой 2:1 содержит два тетраэдри-

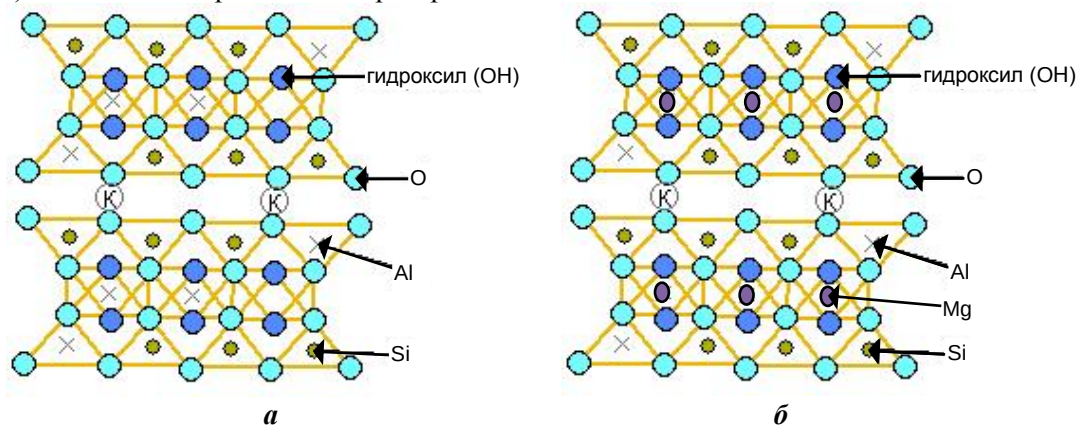


Рис. 1. Структуры слоистых минералов: а – мусковита; б – биотита

Мусковит и биотит обладают ярко выраженной анизотропией свойств (в плоскости спайности и перпендикулярно ей свойства различны). Это объясняется кристаллографическим строением слюдяного пакета.

Известные данные об изменении динамического и статического модуля упругости в направлении перпендикулярной плоскости спайности [8] свидетельствуют о значительных структурных изменениях слюд, образовании дефектов кристаллической решетки при термическом воздействии особенно при температуре выше 700 °С. Например, в кристаллографическом направлении изменение модуля упругости $E_{дин.}$ составляет от $17,2 \cdot 10^{10}$ до $8,6 \cdot 10^{10}$ н/м², а $E_{сман.}$ – от $20,0 \cdot 10^{10}$ до $13,9 \cdot 10^{10}$ н/м² [8].

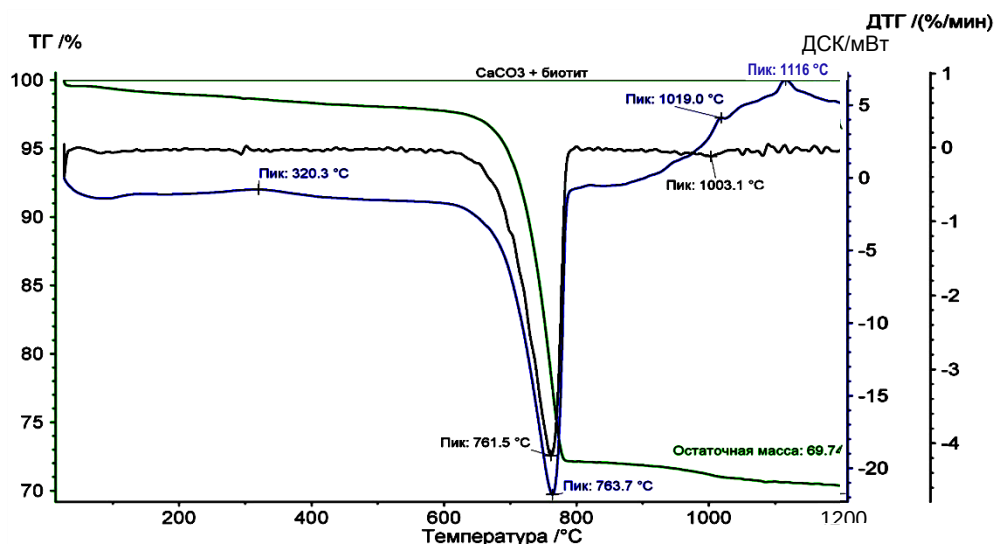
Известно [9], потеря конституционной воды в биотите происходит от 850 до 950 °С. Исследования термического воздействия на структурные изменения мусковита и биотита в интервале температур 760–840 °С показали, происходит удаление гидроксильных $(OH)^-$ групп. В результате интенсивного воздействия тепла образуется водяной пар, который раздвигает листочки слюды, что приводит к потере плоскостной формы частиц. В результате листочки слюды отрываются по большей части своей площади с сохранением связи на выпуклостях деформированных листочков. Внутренние изменения, происходящие в структурной решетке слюды вследствие удаления химически связанной воды, приводят к потере плоскостной формы частиц слюды.

Дифференциально-термический метод исследования свидетельствует о совпадении температурного интервала процесса декарбониза-

ционных и один октаэдрический лист. Три кислорода вершин тетраэдра идет на образование колец, четвертая вершина, направленная по нормали к слою, участвует в образовании смежного октаэдрического листа. В биотите имеет место изоморфизм: $3(Fe, Mg)^{2+} \leftrightarrow 2Al^{3+}$ и $4Al^{3+} \leftrightarrow 3Si^{4+}$.

ции $CaCO_3$ (у мела) 860–973 °С (-955 °С) и дегидратации слоистых силикатов мусковита и биотита (у биотита 723–1010 °С) (-900 °С). Продукты, образовавшиеся в результате этих процессов, характеризуются наличием несовершенной кристаллической структуры, чрезвычайно малыми размерами зерен (несколько нм), большим количеством дефектов, а следовательно, высокой активностью – способностью к взаимодействию друг с другом в твердом состоянии с образованием новых кальциевых соединений. Подтверждением этого являются результаты дифференциально-термического анализа смеси $CaCO_3$ – биотит (рис. 2).

Установлено, присутствие биотита в смеси значительно ускоряет процесс декарбонизации, эндотермический эффект удаления CO_2 смещается с (-)890 °С до (-)763,7 °С. Причина этого является присутствие в биотите межслоевых ионов K^+ , которые выносятся из межслоевого пространства вместе с ионами $(OH)^-$. Известно [9], щелочные примеси интенсифицируют процесс декарбонизации. Небольшой экзотермический эффект (+)320,3 °С свидетельствует об окислении железа $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+}$, что в дальнейшем обеспечивает образование феррита кальция $2CaO \cdot Fe_2O_3$. Разрушение структуры биотита при термическом воздействии, появление активных продуктов разложения и одновременное образование оксида кальция способствует протеканию твердофазовых экзотермических реакций при относительно низких температурах 900–1150 °С, появлению алюминатов кальция и α' -модификации $2CaO \cdot SiO_2$.

Рис. 2. Термограмма смеси CaCO_3 – биотит

Выводы. Структурные нарушения при термическом воздействии у слоистых алюмоалюможелезистых силикатов происходят преимущественно в температурном интервале 620–800 °C, который совпадает температурным интервалом процесса декарбонизации CaCO_3 . Образовавшиеся продукты характеризуются высокой реакционной активностью, взаимодействуют в твердом состоянии с образованием новых фаз алюминатов, феррита и силиката кальция.

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. Шаповалов Н.А., Бушуева Н.П., Панова О.А. Отходы флотации хвостов мокрой магнитной сепарации – активный компонент для получения низкообжигового вяжущего автоклавного твердения // Фундаментальные исследования. 2014. №8. Ч. 7. С. 1565–1570.
3. Шаповалов Н.А., Бушуева Н.П., Панова О.А. Известково-белитовое вяжущее на основе отходов ГОКов // Фундаментальные исследования. 2013. №. 8. С. 1368–1372.
4. 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. 2013. 25 (12). Pp. 1758–1762.
5. Шаповалов Н.А., Бушуева Н.П., Панова О.А. Влияние железосодержащих минералов на процесс образования двухкальцевого силиката // Технические науки – от теории к практике: материалы XXI международной заочной научно-практической конференции. (15 мая 2013г.). Новосибирск: Изд. «СибАК», 2013. С. 146–152.
6. Бушуева Н.П., Шаповалов Н.А., Панова О.А., Бушуев Д.А. Активность слоистых алюможелезистых силикатов в гидротермальных условиях // Научно-практический журнал «Приволжский вестник». 2014. № 5 (33). С. 18–20.
7. Годовщиков А.Я. Минералогия. 2-изд., перераб. и доп. М., 1983. 647 с.
8. Орехов А.В., Кондратьев А.И. Влияние термической обработки на упругие свойства кристаллов мусковита // Вестник ТОГУ. 2007. № 1(1). С. 23–30.
9. Маслова М.Д. Влияние ионного состава почвенного раствора на изменение коллоидно-химических свойств почв: дис. ...канд. техн. наук. М., 2015. 184 с.
10. Лифшиц И.М. О тепловых свойствах цепных и слоистых структур при низких температурах // Журнал экспериментальной и теоретической физики. 1952. Т. 22. Вып. 4. С. 475–486.
11. Hemingway B.S., Robie R.A. Heat capacities and thermodynamic properties of annite (aluminous iron biotite) // Amer. Mineralogist. 1990. V. 75. P. 183–187.
12. Минералы. Справочник под ред. Ф. В. Чухлова. Т.4. Вып. 1. М.: Наука, 1992. 598 с.
13. Горшков В.С., Тимашев В.В., Савельев В.Г. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ. М.: Высшая школа, 1981. С. 249–250.
14. Гусейнов А.А. Исследование электропроводности минералов класса слоистых силикатов и горных пород в зависимости от температурного и кристаллохимического факторов: ав-

тореф. дис.... д-ра физико-матем. наук. М., 2012. 40 с.

15. Котельникова Е.Н., Филатов С.К., Трофимов В.Б. Термические деформации и фазовые

превращения в слоистых силикатах по данным терморентгенографии их типичных представителей // Записки всероссийского минералогического общества. Ч. СХХIV. № 6. 1995. С. 54–66.

Bushueva N.P., Panova O.A.

STRUCTURE AND MORPHOLOGY LAYERED ALUMINOSILICATE ON THERMAL ACTION

Aluminosilicate and aluminoglandular silicate, have a layered structure, contained in the waste GOK and passing extracted rocks of iron ore deposits KMA. Research on the effects of thermal structural changes of layered silicates will assess their reactivity in admixture with calcium oxide to further define the field of waste. A detailed study of the structure of muscovite and biotite gradually allowed to set different temperature ranges removal of structurally bound water, the loss of the planar shape of mica particles, and its destruction. It was established, intense selection constitutional water is from 650 to 800 °C, which coincides with CaCO₃ decarbonization process, which is enhanced by the presence of alkali metal ions R⁺, in the inter-layer space allocated muscovite and biotite. The resulting products are characterized by a high state of dispersed, the presence of various crystal defects, thereby increasing the reactivity of the interaction in the solid state to form new phases – 2СаО·SiO₂ calcium silicate, aluminate, ferrite, and others.

Key words: layered aluminoglandular silicates, mica, biotite, muscovite, structure, double-calcium silicate, calcium aluminates and ferrites.

Бушueva 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

Панова Ольга Александровна, ведущий инженер 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

Василенко Т.А., канд. техн. наук, доц.,
Ламакина М.П., магистрант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КЕРАМЗИТОВОГО ГРАВИЯ, ПОЛУЧЕННОГО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ШЛАКА

pe@intbel.ru

Показана возможность получения керамзита с использованием до 3,0 % электросталеплавильного шлака, образующихся на АО «ОМК». Установлено, что при температуре 1170 °С формируется керамзит с высокими прочностными свойствами и с высоким коэффициентом вспучивания. Предварительная тепловая подготовка образцов с добавкой шлака составляла 500 °С. Изучено влияние содержания в сырьевой шихте техногенного материала – электросталеплавильного шлака на количество стеклофазы и физико-механические свойства опытных образцов керамзитового гравия. Введение добавки составило от 1 до 10 %. Керамзит с содержанием шлака 3,0 %, полученный при температуре обжига 1170 °С, с насыпной плотностью 339 кг/м³ и прочностью при сдавливании 1,34 МПа может быть использован для лёгких керамзитобетонных блоков. Марка полученных образцов с добавкой шлака по прочности по ГОСТ 9757-90 соответствует П50; по насыпной плотности керамзит соответствует маркам 350 и 400. При увеличении доли добавки более 3 % за счет оплавления поверхности газы не могут выйти на поверхность и вспучиваемость гранулы снижается.

Ключевые слова: керамзитовый гравий, электросталеплавильный шлак, водопоглощение, прочность на сдавливание, коэффициент вспучивания, средняя плотность гранул, содержание стеклофазы, минерал муллит.

Введение. Ежегодно в индустрии черной и цветной металлургии накапливается огромное количество отходов. На их размещение необходимы значительные площади, что требует затрат на проведение мониторинга почв, подземных вод и атмосферного воздуха. С накоплением промышленных шлаковых отходов в экосистеме нарушается экологическое равновесие. В то же время, шлаки являются перспективным сырьем для производства строительных материалов. При этом не требуется значительных вложений в изменение технологического процесса их производства.

Имеется ряд публикаций об использовании гальванических шламов в производстве керамического гравия и кирпича. Авторами установлено, что процесс миграции тяжелых металлов, входящих в состав сырьевого техногенного материала идет с поверхностных слоев образца и зависит от структуры и фазового состава полученных образцов [1, 2]. Показано, что введение двух шламов до 1,5 % в сырьевую массу приводит к повышению прочностных характеристик керамического кирпича. Токсикологические исследования водных вытяжек (полученных при pH = 7,5 и 5,5) из образцов с оптимальной добавкой шламов с использованием *Daphnia Magna Straus* показали, что они острой токсичностью не обладают [3].

Проведены исследования по утилизации шлаков медно-никелевого производства путем извлечения из них цветных металлов и получе-

нию кремнезема для последующего использования в составе шлакопортландцемента, мелкозернистого бетона и магнезиального вяжущего [4]. Автором предлагается использование зол текущего производства теплоэлектростанций (ТЭС) после сжигания угля при изготовлении пористых заполнителей конструкционного назначения [5]. В статье рассмотрена возможность использования золошлаковых отходов ТЭС Забайкальского края в дорожном строительстве [6]. В золах и шлаках содержатся редкие металлы. Авторами рассмотрен способ бактериального выщелачивания редкоземельных и благородных металлов из золошлаковых отходов энергетических предприятий, а также представлена схема установки для осуществления этого способа [7].

Также предлагаются оптимальные составы химически стойких силикатных композиционных материалов на основе электрокорунда, являющегося отходом электрометаллургического производства ниобия [8, 9]. Авторами разработана рецептура композиционных гипсовых вяжущих на основе портландцемента, тонкомолотого шлака, золы-уноса и гипсового вяжущего с оптимизированным гранулометрическим составом частиц минеральных добавок в ее составе и изучены физико-механические свойства полученных материалов [10]. При производстве керамического гравия на практике ведется использование отработанных минеральных масел или нефтешлама [11, 12].

Показано, что алюмосодержащие отходы с содержанием оксида алюминия более 20 % можно использовать в производстве керамических материалов: кислотоупорных, стеновых, клинкерных и пористых заполнителях с высокими физико-механическими, химическими показателями, что способствует утилизации промышленных отходов и охране окружающей среды [13]. В статье отмечается, что пыль электрофильтров производства алюминия могут быть использованы в качестве добавки при выпуске качественных кирпичных изделий и керамики [14]. Авторами предлагается извлекать цинк из пыли медеплавильного и сталеплавильных производств и из цинковых кеков как основных источников вторичного сырья [15]. По ряду результатов проведенных исследований установлена возможность использования в качестве сырья замасленной прокатной окалины, отвальных доменных шлаков, электросталеплавильного шлака, цитрогипса, шламов феррованадиевого производства с получением цемента, керамзита, вяжущих, лицевого кирпича, при этом решается вопрос разработки научных основ и технологии производства с использованием техногенных материалов [16–21].

В данной работе рассматривается побочный продукт Выксунского металлургического завода, входящий в группу АО «ОМК-Сталь» (г.

Выкса, Нижегородская область) – электросталеплавильный шлак. В настоящее время рассматриваемый отход практически не используется и подлежат складированию в шканохранилище, создавая неблагоприятные условия для окружающей среды, его объем образования составляет более 160 тыс. т/год. Химический оксидный состав электросталеплавильного шлака установлен рентгеноструктурным анализом на рентгенофлуоресцентном спектрометре Scientific ARL 9900 WorkStation в БГТУ им. В.Г. Шухова (Центр высоких технологий) и состоит, % масс: CaO – 35,4; Fe₂O₃ – 25,8; SiO₂ – 17,06; MgO – 8,9; Al₂O₃ – 6,4; MnO – 3,6; Cr₂O₃ – 1,12; Na₂O – 0,69; P₂O₅ – 0,312; TiO₂ – 0,198; SO₃ – 0,176; Cl – 0,094; V₂O₅ – 0,081; BaO – 0,065; SrO – 0,03; WO₃ – 0,027; CuO – 0,019; K₂O – 0,012; CO₃O₄ – 0,009; NiO – 0,004; ZnO – 0,003. Электросталеплавильный шлак Выксунского металлургического завода исследовались по общеизвестным методикам с целью определения физико-химических показателей, которые приведены в табл. 1 и 2. В соответствии с федеральным классификатором отходов (ФККО-2014) шлак относится к малоопасным отходам («Шлаки сталеплавильные», код отхода 3 51 210 21 20 4). Для работы использовали измельченный шлак, который имел в своем составе до 70 % частиц с размером фракции 0,1–0,14 мм (табл. 2).

Таблица 1

Физико-химические свойства электросталеплавильного шлака

№ п/п	Характеристика	Ед. изм.	Значения
1	Истинная плотность	кг/м ³	2200–3000
2	Насыпная плотность	кг/м ³	1200–1500
3	pH водной вытяжки	–	11,76
4	Удельная поверхность	см ² /кг	2500–3000

Таблица 2

Фракционный состав электросталеплавильного шлака ситовым методом

Размер агрегатов, мм, и их содержание, % от массы электросталеплавильного шлака							
>1	1,0–0,25	0,25–0,2	0,2–0,14	0,1–0,14	0,08–0,1	0,063–0,08	≤0,063
0,65	4,49	2,28	12,09	69,65	4,18	6,04	0,03

Минералогический высокоосновного сталеплавильного шлака состав исследовался с помощью рентгенофазового анализа, который выполнен на рентгеновском дифрактометре «Дрон – 2,0» и представлен ортосиликатами с изолированными кремнекислородными тетраэдрами, к которым относятся (рис. 1): силикат кальция Ca₂SiO₄, содержание которого составляет до 19,4 %; ферромагнийевый силикат – оливин Mg₁₊₄₁Fe₅₉(SiO₄) с содержанием до 9,4 %; алюминатный диопсид Ca(Mg,Al)(Si,Al)₂O₆ с содержанием до 8,7 %; фаялит Fe₂₊₂SiO₄ с содержанием до 5,7 %. Также присутствуют: марказит FeS₂; магнетит Fe₃O₄; кальцит CaCO₃; железо;

периклаз MgO; кварц SiO₂; вюстит FeO. Рентгенофазовый анализ отмытой глины Терновского происхождения показал, что в её состав входят следующие минералы: монтмориллонит; кварц; бейделлит; сапонит; нантронит; иллит; актинолит; магнетит; анортит; ильменит; гетит; вюстит; кальцит; диксит; ярозит; родохрозит; латерит; магнезит; накрит.

Структура шлака определялась на сканирующем электронном микроскопе высокого разрешения TESCAN MIRA 3 LMU (рис. 2).

В видимом поле микрофотографии частиц шлака (рис. 2 а) полидисперсные зерна (до 2,0 мм) являются микроагрегатами из полимине-

ральных обломочных фаз, которые по мнению авторов скреплены как за счет электростатических сил и коагуляционной облигации [22]. При

большем увеличении (рис. 2 б) в шлаке встречаются не правильной формы частицы от 40 до 200 нм на фоне мелкодисперсных.

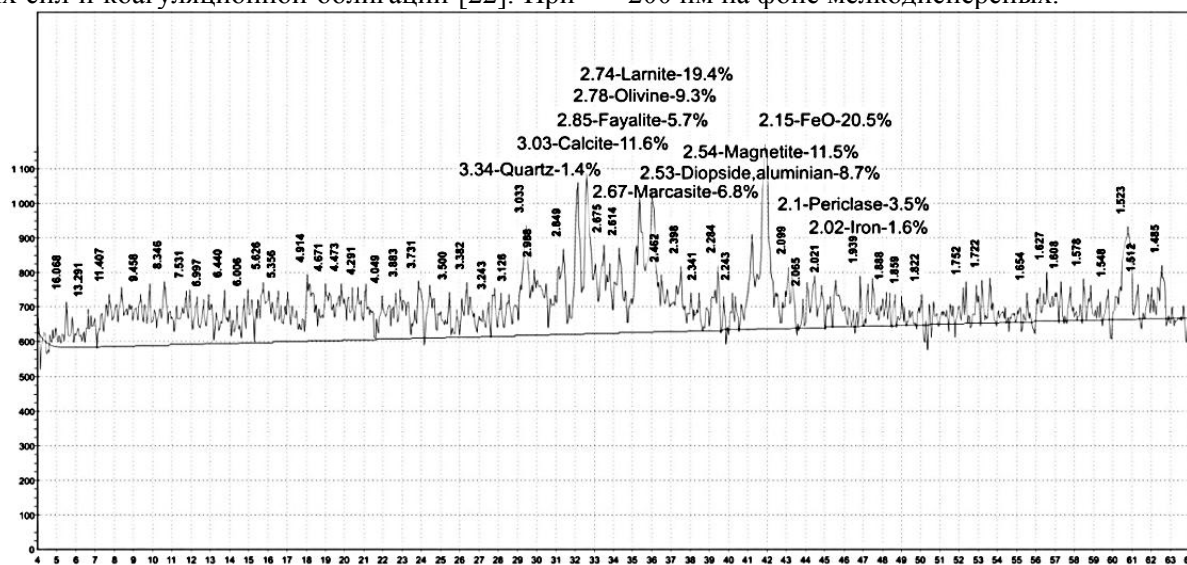
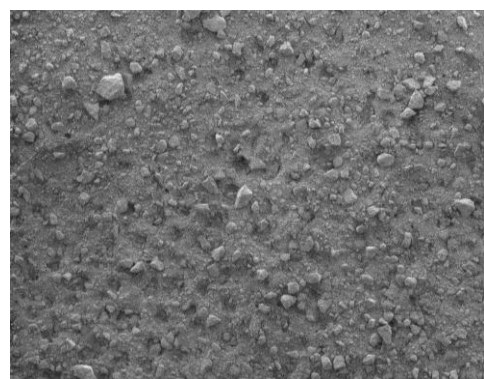
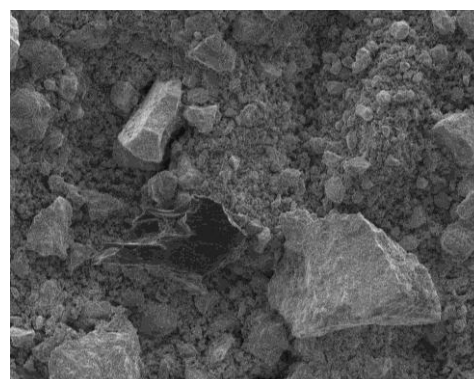


Рис. 1. Рентгенограмма электросталеплавильного шлака



а



б

Рис. 2. Микрофотографии частиц шлака: а – микроагрегаты из полиминеральных обломочных фаз; б – обломочные и мелкодисперсные частицы

Методика. В качестве глинистого материала использовали полиминеральную глину Терновского карьера Белгородской области. Отход – электросталеплавильный шлак, вводили в состав сырьевой смеси в количестве от 1 до 10 %, в качестве вспучивающей добавки использовали отработанное нефтемасло – 1 масс., %. Влажность формовочной шихты – 22–24 %. Задачами исследования:

1. Формование гранул с добавкой отхода от 1 до 10 %, проведение их предварительной тепловой обработки образцов – 500 °С (выдержка 20 мин.) и обжига при температуре 1170 или 1185 °С в течении 7 минут в силитовой печи с последующим охлаждением в песке.

2. Проведение физико-механических испытаний опытных образцов керамзитового гравия по ГОСТ 9758-2012 «Заполнители пористые неорганические для строительных работ. Методы испытаний».

3. Установление оптимальной добавки электросталеплавильного шлака к глине Терновского месторождения Яковлевского района Белгородской области, не ухудшающих физико-механических свойств по ГОСТ 9757-90 «Гравий, щебень и песок искусственные пористые. Технические условия».

4. Оценка фунгицидных свойств на среде Чапека-Докса полученных образцов керамзита.

5. Установление формы минерала муллита в керамзите с добавкой шлака.

Основная часть. Использование электросталеплавильного шлака в составе сырьевой смеси керамзитового гравия показали следующие результаты. Как следует из рис. 1, температура обжига 1185 °С не рекомендуется для вспучивания гранул при добавке шлака от 0 до 10%; с увеличением его количества, действующего как плавень, понижается вязкость расплава керамических масс, что способствует деформации

ции изделий при обжиге, полученный керамзит имеют темную оплавленную корочку. Плавни способствуют снижению температуры обжига, они образуют расплав при взаимодействии с кварцем, глинистым веществом и другими компонентами массы под воздействием высокой температуры обжига. С повышением добавки шлака поверхность глинистых гранул размягчается, спекается, в конечном счете, уплотняется и становится газонепроницаемой, находясь при этом в пиропластичном состоянии. Вязкость массы является одним из важных факторов, определяющих развитие процесса вспучивания.

Из кривых видно, что наихудшей вспучиваемостью обладают образцы, которые были получены при температуре 1185 °С, наилучшей – 1170 °С. При указанной температуре тугоплавкий поверхностный слой препятствует слипанию гранул при обжиге, а спекание приповерхностного легкоплавкого слоя при обжиге уменьшает газовую проницаемость оболочки сырцовых гранул. Газы, выделяющиеся в объеме сырцовых гранул при обжиге

($T = 1170\text{ }^{\circ}\text{C}$), не имеют выхода через плотную спеченную оболочку и сильнее вспучивают гранулу. Таким образом, одновременно создаются условия для увеличения температурного интервала вспучивания и увеличения коэффициента вспучивания сырцовых гранул при обжиге. При температуре обжига 1185 °С, образующиеся при обжиге глины газы свободно выходят, не достаточно вспучив материал. Образцы керамзита, полученные при температуре обжига 1170 °С с добавкой шлака от 3 до 6 % относятся к средне вспучивающимся с коэффициентом вспучивания от 2,5 до 4,5. На рис. 3 представлены зависимости изменения показателей вспучиваемости керамзитового гравия (а) и насыпной плотности (б). Образцы керамзита, полученные при температуре обжига 1170 °С с добавкой шлака от 3 до 6 % относятся к средне вспучивающимся с коэффициентом вспучивания от 2,5 до 4,5. Слабая степень вспучивания (коэффициент вспучивания составляет менее 2,5) характерна для температуры обжига 1185 °С для образцов с добавкой шлака от 1 до 10 % включительно.

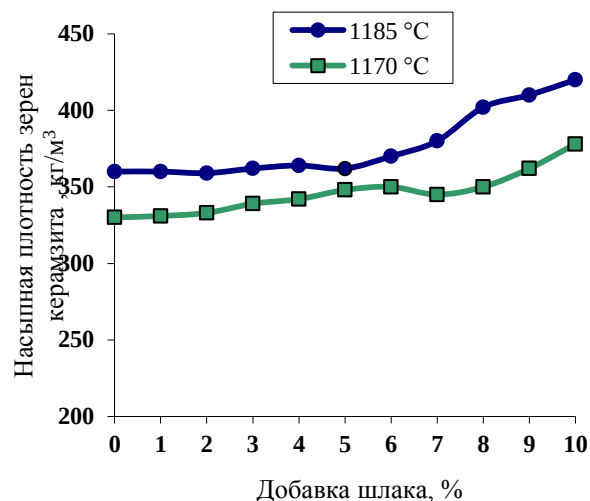
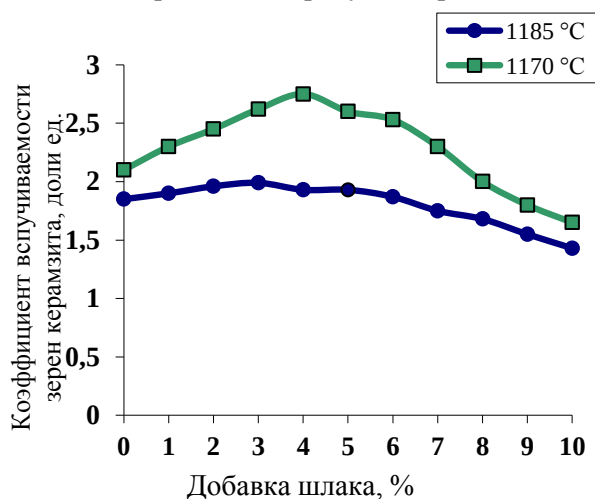


Рис. 3. Влияние содержания электросталеплавильного шлака в сырьевой смеси на показатель вспучиваемости керамзитового гравия (а) и насыпную плотность (б)

Из рис. 4а видно, что с увеличением добавки отхода открытая пористость увеличивается. Общая пористость керамзита может быть в пределах 40–75 % (открытая – 30–65 %). На рис. 4б представлена зависимость изменения показателя водопоглощения керамзита от добавки шлака при различной температуре обжига. Чем выше водопоглощение, тем выше прочность керамзита, а значит, если внешняя оболочка не способна противостоять попаданию влаги внутрь зерна, керамзит не подойдет для строительства.

На рис. 5 приведена зависимость изменения прочности образцов от добавки отхода, где отмечается ее снижение с ростом количества вводимого шлака для двух выбранных температур обжига, что коррелирует с увеличением их

насыпной плотности за счет сильной поризации и образования крупных каверн во внутренней структуре. Уменьшение прочности можно объяснить особенностями структуры полученных гранул и минералогического состава перегородок. Исходя из результатов, представленных на рис. 5, видно, что введение отхода способствует снижению прочности получаемого керамзита. При содержании электросталеплавильного шлака в шихте от 1 до 6 % марка получаемых образцов по прочности для двух температур обжига по ГОСТ 9757-90 снижается с П50 до П15, а при количестве 7–10 % – с П35 до П15. С увеличением добавки шлака, действующего как плавень, понижается вязкость расплава керамических масс, что способствует деформации из-

делий при обжиге. Температура обжига образцов с шлаком, равная 1185 °С не рекомендуется, т.к. происходит или оплавление поверхности или недостаточное вспучивание и снижение

прочности при сдавливании. Установлена оптимальная температура обжига, которой является 1170 °С.

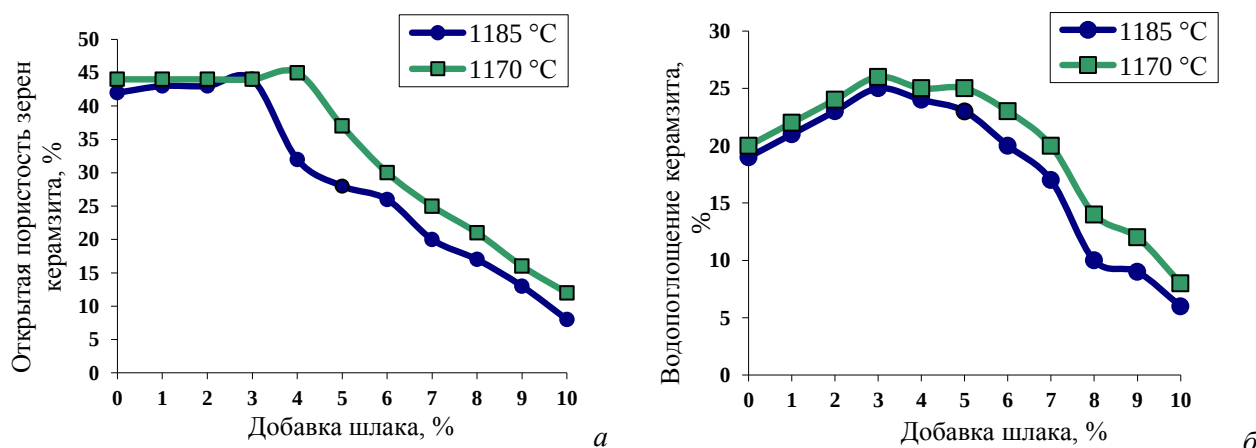


Рис. 4. Влияние содержания электросталеплавильного шлака на открытую пористость керамзитового гравия (а) и водопоглощение (б)

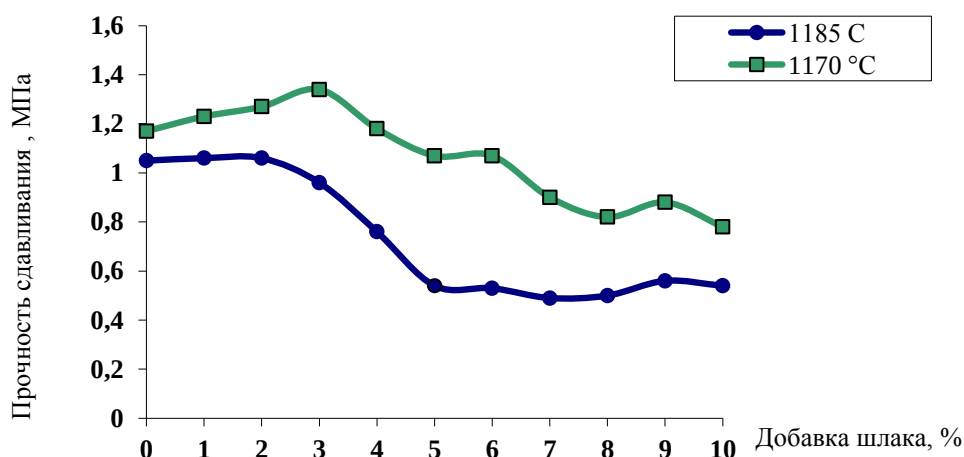


Рис. 5. Влияние содержания электросталеплавильного шлака на прочностные свойства (сдавливание в цилиндре) керамзитового гравия

На рис. 6 представлена диаграмма зависимости влияния содержания шлака на количество стеклофазы в керамзитовом гравии. Присутствие в керамзитовом сырье стеклофазы позволяет улучшить при обжиге его вспучивание.

Еще больше это достигается при полном переходе сырья в состояние стеклообразное. Благодаря увеличению вспучивания увеличивается и объем готовой продукции, что компенсирует высокие расходы на процесс изготовления.

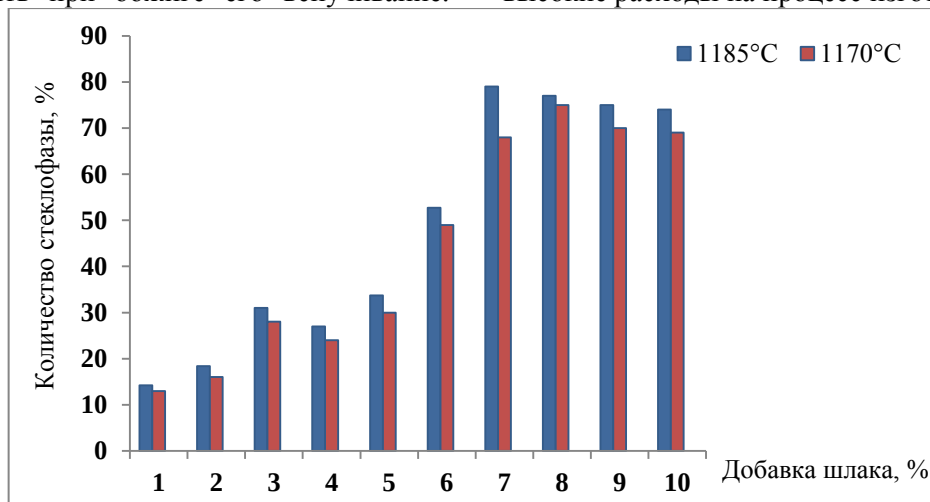


Рис. 6. Влияние содержания добавки электросталеплавильного шлака на количество стеклофазы керамзитового гравия

Теплопроводность материала, характеризуется тем, насколько керамзит удачно прошел стекловидную фазу, отрицательно влияющую на этот показатель. Снижение теплопроводности материала (т.е. повышение теплотехнических показателей) происходит за счет повышения аморфной составляющей при термической обработке (содержание стеклофазы составляет до 79 % при температуре обжига 1170 °С и добавке

шлака 7,0 %). Снижение теплопроводности достигается повышением пористости и содержанием стеклофазы. Таким образом, фазовый состав керамзита при добавке шлака 3,0–6,0 % и температуре обжига 1170 °С на 78,1–79,4 % представлен стеклофазой и на 20,6–21,9 % из кристаллических образований. В поперечном разрезе гранул проявляется зональность (рис 7).

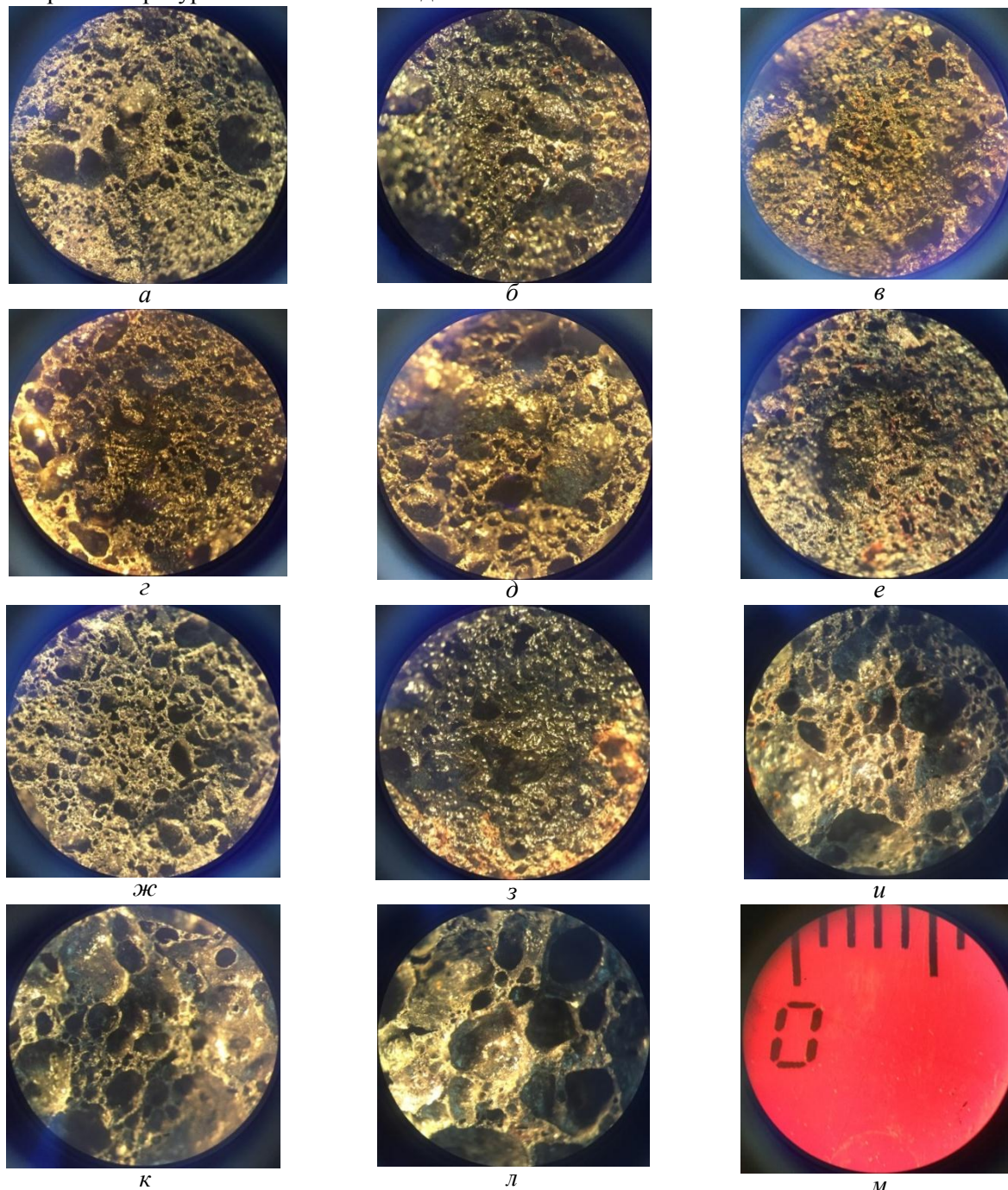


Рис. 7. Структура гранул образцов керамзита, обожженного при температуре 1170 °С с добавкой электросталеплавильного шлака, % масс.: а – контроль; б – 1,0; в – 2,0; г – 3,0; д – 4; е – 5; ж – 6; з – 7; и – 8; к – 9; л – 10; м – шкала с делением 1 мм

Во внутренней части гранулы керамзита формируется неравномерная пористая структура с размерами пор: до 1 мм (рис. 7 а, б, в); до 1,5 мм (мелкопористая структура сочетается с

крупнопористой) (рис. 7 г). В дальнейшем при увеличении добавки электросталеплавильного шлака внутри гранулы происходит оплавление пор и за счет сильной поризации происходит

образование каверн. При наличии в изделии шлака 8,0; 9,0 и 10,0 % появляются каверны от 0,7 до 2,0 мм. Увеличение прочности для образцов от 1 до 3 % при температуре обжига 1170 °С объясняется тем, что они обладают мелкой равномерной пористостью, а также однородностью структур перегородок между порами. Уменьшение теплопроводности керамзита происходит с увеличением количества микропустот, которыми являются каверны. При наличии в изделии шлака 8,0; 9,0 и 10,0 % появляются каверны от 0,7 до 2,0 мм. Увеличение прочности для образцов от 1 до 3 % при температуре обжига 1170 °С объясняется тем, что они обладают мелкой равномерной пористостью, а также однородностью

структур перегородок между порами. На рис. 8 приведены результаты исследований внутренней структуры образцов керамзита с добавкой шлака при температуре обжига 1185 °С. Уменьшение теплопроводности керамзита происходит с увеличением количества микропустот, которыми являются каверны. Как видно из рис. 8, поры в большей степени замкнутые, межпоровые перегородки имеют мелкопористую структуру (при содержании шлака 1,0–4,0 %). При введении в состав шихты электросталеплавильного шлака в количестве 1,0–3,0 % происходит формирование замкнутых пор с преимущественным размером до 1 мм (рис. 8, б–г).

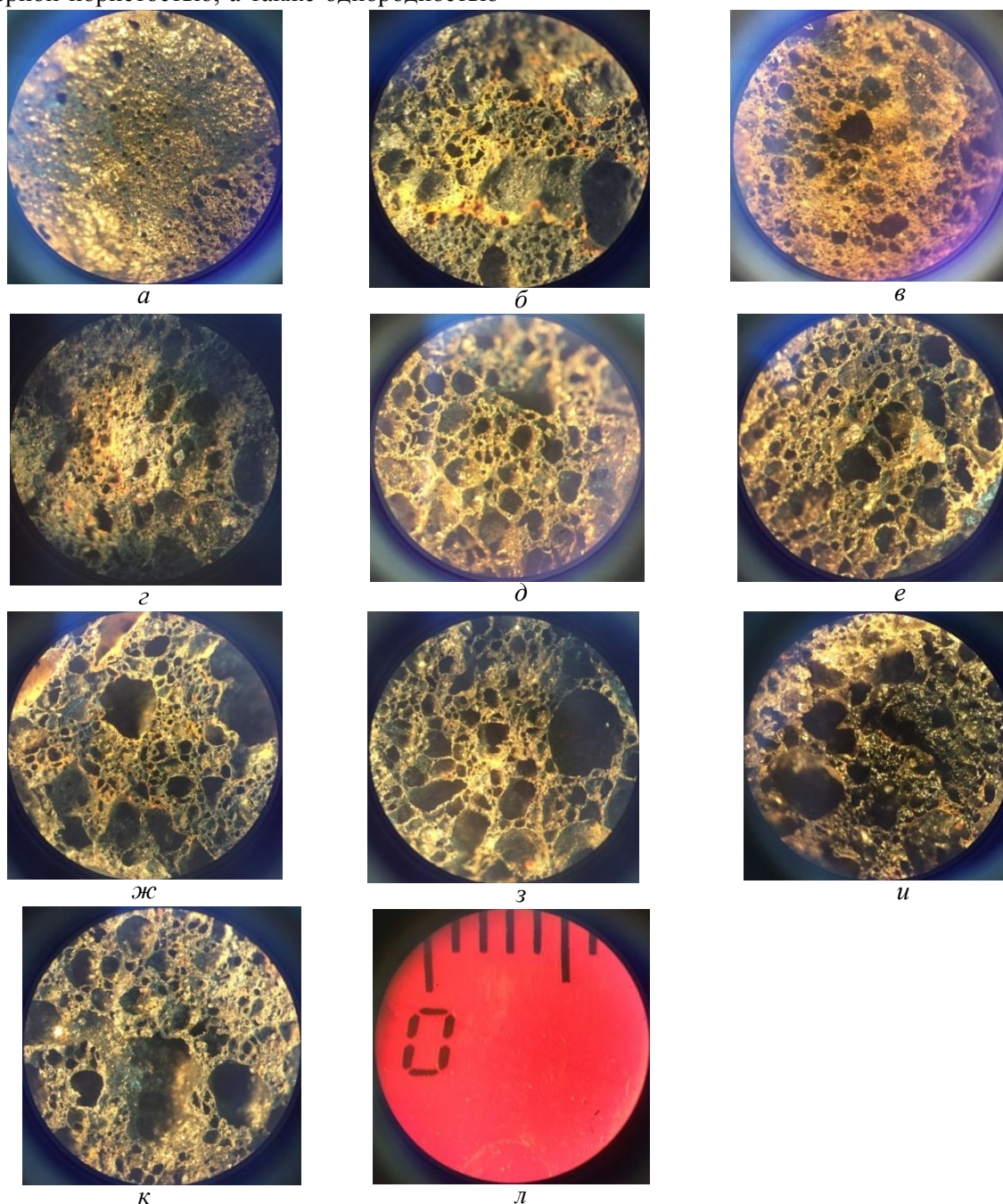


Рис. 8. Структура гранул образцов керамзита, обожженного при температуре 1185 °С с добавкой электросталеплавильного шлака, % масс.: а – контроль; б – 1,0; в – 2,0; г – 3,0; д – 4; е – 5; ж – 6; з – 7; и – 9; к – 10; л – шкала с делением 1 мм

В дальнейшем с повышением содержания шлака с 4,0 до 10,0 % увеличивается размер внутренних пор с 1,5 до 2,5 мм соответственно (рис. 8, д-к), что хорошо согласуется со снижением открытой пористости готового материала и, соответственно, водопоглощения.

Ряд научных работ предполагают, что основные физико-механические свойства керамическим материалам сообщает муллит. Он кристаллизуется при температуре более 1000 °С и армирует стеклофазу, способствуя тем самым ее упрочнению. Введение в состав керамических масс электросталеплавильного шлака способствует при температуре обжига 1170 °С образованию муллита, который способствует повышению физико-механических показателей керамзита. Муллит – минерал из класса силикатов, часто встречается в обожженных керамических материалах и его химический состав непостоя-

нен: от $\text{Al}_6\text{Si}_2\text{O}_{13}$ до Al_4SiO_8 (то есть от $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ до $2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$). Формула минерала муллита (*aluminum silicate*), присутствующего на расшифрованных рентгенограммах – $\text{Al}_5\text{SiO}_{9,5}$, при этом прослеживается увеличение амплитуды пиков муллита в образце с добавкой шлака.

Согласно рентгенофазовому анализу основными кристаллическими новообразованиями в расплаве являются анортоклас ($\text{Na}_{0,85}\text{K}_{0,15}$, *sodium potassium aluminum silicate*) d (Å) = 3,23; силикат магния ($\text{Mg}_2(\text{Si}_2\text{O}_6)$, *magnesium silicate*) d (Å) 3,17. Для порошка керамзита с добавкой шлака 3% (рис. 9) характерны следующие межплоскостные расстояния муллита d (Å) = 4,592; 3,41; 3,032; 2,857; 2,592; 2,453; 2,383; 2,085; 1,979; 1,925; 1,769; 1,729; 1,762; 1,637; 1,603; 1,577; 1,483; 1,414.

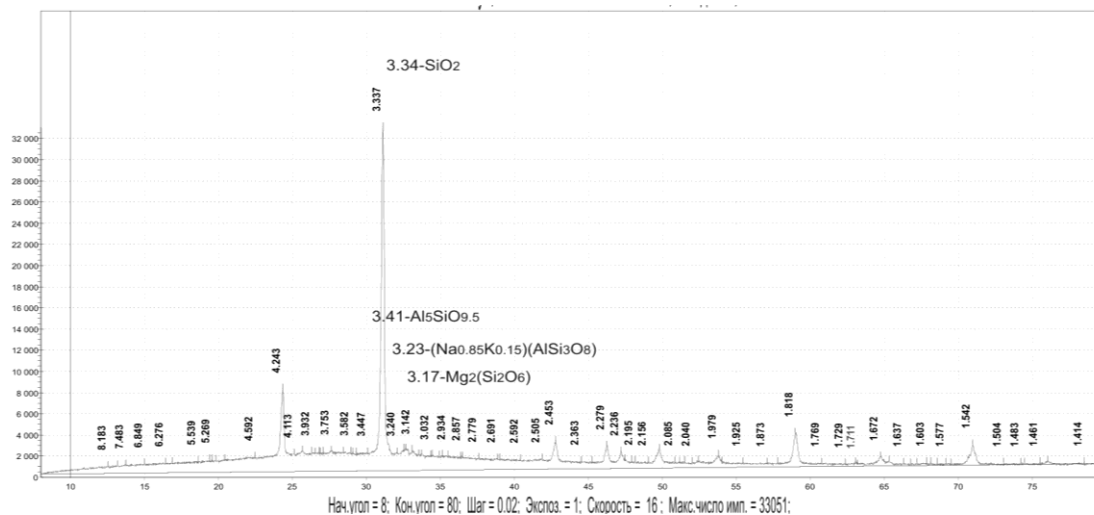


Рис. 9. Рентгенограмма порошка керамзита, полученного при температуре обжига $T = 1170$ °С с добавкой 3% шлака АО «ОМК-Сталь»

Для порошка керамзита без добавки шлака (рис. 10) характерны следующие межплоскостные расстояния муллита d (Å) = 5,545; 4,100;

3,634; 2,808; 1,987; 1,913; 1,837; 1,974; 1,675; 1,612; 1,545; 1,520; 1,455; 1,438.

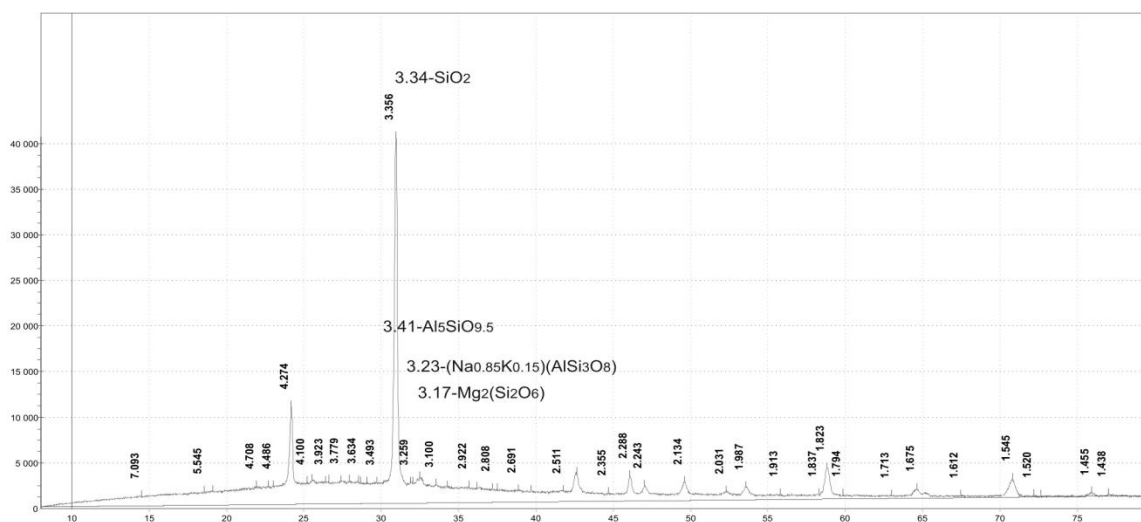


Рис. 10. Рентгенограмма порошка керамзита, полученного при температуре обжига $T = 1170$ °С (без добавки шлака – «контроль»)

Выводы. При проведении исследований был выявлен характер влияния электросталеплавильного шлака в количестве 1,0–10,0 % на физико-механические характеристики керамзита, а также на содержание стеклофазы. Кальций- и магнийсодержащие минералы в составе шихты керамзитового гравия действуют как флюсующие добавки, что приводит к усилению расплава, шлакованию, при этом снижается вспучиваемость гранул, увеличивается размер внутренних пор, появляются каверны, оплавляется поверхность зёрен керамзита, снижается прочности на сдвливание в цилиндре. Рекомендуемое содержание рассматриваемых отходов в керамзите – от 3,0% до 6,0 % при установленной оптимальной температуре обжига 1170 °С. При этом получают образцы с насыпной плотностью 0,339–0,35 т/м³ и прочностью при сдвливании 1,34–1,07 МПа. Марка полученных образцов с электросталеплавильного шлака по прочности по ГОСТ 9757-90 соответствует П50; по насыпной плотности – маркам 350 и 400. Установлена формула минерала муллита, присутствующего на расшифрованных рентгенограммах – Al_2SiO_5 , при этом прослеживается увеличение амплитуды пиков муллита в образце с добавкой шлака. При проведении исследования образцов керамзита на выявление фунгицидного эффекта было установлено, полученный керамзит с добавлением электросталеплавильного шлака не обладает фунгицидным действием, следовательно, использование данного строительного материала в значительной мере не навредит окружающей среде.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Левицкий И.А., Павлюкевич Ю.Г., Богдан Е.О., Кичкайло О.В. Производство керамического гравия с использованием гальванических осадков сточных вод // *Стекло и керамика*. 2013. № 7. С. 23–27.
2. Левицкий И.А., Павлюкевич Ю.Г., Богдан Е.О., Кичкайло О.В. Использование осадков сточных вод гальванических производств для изготовления керамического кирпича // *Стекло и керамика*. 2013. № 3. С. 7–13.
3. Василенко Т.А. Использование минеральных шламов в производстве строительных материалов // *Современные проблемы науки и образования*. 2013. № 5.; URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=10032> (дата обращения: 04.05.2016).
4. Тюкавкина В.В., Касиков А.Г., Майорова Е.А., Гуревич Б.И., Нерадовский Ю.Н. Переработка отвальных шлаков медно-никелевого производства с получением кремнеземсодержащих

добавок для вяжущих // *Экология и промышленность России*. 2015. Т. 19 (11). С. 13–17.

5. Уфимцев В.М. Конструкционные обжиговые пористые заполнители на техногенном сырье // *Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века*. 2013. № 5. С. 25–29.

6. Сигачев Н.П., Коновалова Н.А., Коннов В.И., Панков П.П., Ефименко Н.С. Эффективность использования золошлаковых отходов Забайкальского края в производстве дорожных цементогрунтов. *Экология и промышленность России*. 2015. Т. 19 (11). С. 24–27.

7. Ксенофонтов Б.С., Козодаев А.С., Таранов Р.А., Виноградов М.С., Балина А.А., Петрова Е.В. Разработка основ технологии извлечения ценных компонентов из зольно-шлаковых отходов объектов тепло и электрогенерации // *Экология и промышленность России*. 2013. № 8. С. 9–12.

8. Жарменов А.А., Мырзалиева С.К., Аймбетова Э.О. Использование отходов электрометаллургического производства для получения защитных композиционных материалов // *Стекло и керамика*. 2011. № 8. С. 6–10.

9. Жарменов А.А., Мырзалиева С.К., Аймбетова Э.О. Структура и свойства силикатных композиционных материалов на основе электрокорунда – шлака ниобиевого производства // *Стекло и керамика*. 2012. № 6. С. 25–28.

10. Муртазаев С.Ю., Чернышева Н.В., Аласханов А.Х. Использование золошлаковых смесей ТЭЦ для производства композиционных гипсовых вяжущих // *Экология и промышленность России*. 2013. № 7. С. 26–29.

11. Абдрахимов В.З., Абдрахимова Е.С. Использование отходов нефтедобычи в производстве керамзита // *Экология производства*. 2012. № 8. С. 52–55.

12. Василенко Т.А., Салех-Жафер А.Ж. Физико-механические свойства керамзитового гравия, полученного с использованием кальцийсодержащих техногенных материалов // *Современные проблемы науки и образования*. – 2015. – № 1; URL: www.science-education.ru/125-19899 (дата обращения: 04.05.2016).

13. Абдрахимов В.З., Хасаев Г.Р., Абдрахимова Е.С., Колпаков А.В., Рощупкина И.Ю. Экологические, теоретические и практические аспекты использования алюмосодержащих отходов в производстве керамических материалов различного назначения без применения природного традиционного сырья. *Экология и промышленность России*. 2013. № 5. С. 28–32.

14. Макарова, И.А., Рябова О.С. Дисперсное техногенное сырье как основа для получения композиционных керамических материалов //

Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2013. № 12. С. 32–33.

15. Паньшин А.М., Козлов П.А., Несмелов В.Ю. Оценка и потенциальные возможности переработки различных отходов металлургического производства // Экология и промышленность России. 2013. № 9. С. 21–23.

16. Калмыкова Ю.С. Переработка отваловых доменных шлаков с получением шлакощелочных вяжущих // Экология и промышленность России. 2014. № 3. С. 21–25.

17. Довженко И.Г. Лицевой керамический кирпич светлых тонов с применением отхода черной металлургии // Стекло и керамика. 2011. № 8. С. 11–13.

18. Довженко И.Г. Исследование влияния металлургических шлаков на сушильные свойства керамических масс для производства лицевого кирпича // Стекло и керамика. 2013. № 12. С. 24–27.

19. Танутров И.Н., Свиридова М.Н., Савеня А.Н. Новая технология совместной переработки

техногенных отходов // Известия вузов. Цветная металлургия. 2013. № 1. С. 21–26.

20. Старостина И.В., Лукьянова А.Н. Строительные композиционные материалы на основе модифицированных гипсовых вяжущих, полученных из отходов производства // Фундаментальные исследования. 2013. № 4 (часть 4). С. 818–822.

21. Старостина И.В., Симонов М.М., Пендюрин Е.А., Беседина И.Н. Оценка токсикологических свойств керамзитового гравия с использованием шламов феррованадиевого производства // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5; URL: www.science-education.ru/119-14533 (дата обращения: 15.04.2016).

22. Lebedev M.S., Strokova V.V., Karatsupa S.V., Dmitrieva T.V. Designing of soil-concretes using the kursk magnetic anomaly technogenic raw and waste-lime-based binder for reinforcing of road pavements subgrades. World Applied Sciences Journal. 30 (8): 970–982, 2014.

Vasilenko T.A., Lamakina M.P.

**PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF CLAYDITE GRAVEL,
PRODUCED USING ELECTRIC STEEL MELTING SLAG**

The possibility of expanded clay production, using up to 3.0% of the electric steel melting slag produced at JSC "OMK". It is established that at a temperature of 1170 °C is formed expanded clay with high strength properties and with a high coefficient of expansion. Preliminary thermal preparation of the samples with the addition of slag was 500 °C. The influence of the content in the raw material man-made material – arc-furnace slag in amount of the glass phase and physico-mechanical properties of prototypes of expanded clay gravel. The introduction of additives ranged from 1 to 10 %. Concrete block with slag content of 3.0 %, obtained when the firing temperature is 1170°C, with a bulk density of 339 kg/m³ and compressive strength when compressed to 1.34 MPa can be used for lightweight aggregate concrete blocks. Mark received samples with the addition of slag on the strength of GOST 9757-90 corresponds to the P50; of bulk density of expanded clay complies with the grades 350 and 400. The increasing use of supplements more than 3 % due to the surface melting of gases are unable to come to the surface and the distension of the granules is reduced.

Key words: *expanded clay gravel, electric steel melting slag, water absorption, tensile compression, coefficient of expansion, the average density of the granules, the content of the glass rim, mineral mullite.*

Василенко Татьяна Анатольевна, кандидат технических наук, доцент кафедры промышленной экологии Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: land-vna78@list.ru

Ламаккина Марина Павловна, магистрант кафедры промышленной экологии Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: marischka-pav@yandex.ru

Свергузова С.В., д-р техн. наук, проф.,
 Старостина И.В., канд. техн. наук, доц.,
 Сапронова Ж.А., канд. техн. наук, доц.,
 Солопов Ю.И., доц.,
 Четвериков А.В., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА МАСЛОЕМКОСТЬ ПИГМЕНТОВ-НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ХОЖК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ*

pe@intbel.ru

Проведены исследования по оптимизации технологических параметров синтеза железистооксидных пигментов-наполнителей на основе отходов обогащения железорудного сырья Лебединского ГОКа методом математического планирования. Синтезированные пигменты-наполнители используются в производстве масляных красок. В результате статистической компьютерной обработки экспериментальных данных получено уравнение регрессии, адекватно описывающее зависимость маслосоемкости синтезированных пигментов-наполнителей от изменения температуры, длительности обжига отходов Лебединского ГОКа и массовой доли добавки Na_2CO_3 . Построены номограммы, позволяющие анализировать влияние варьируемых факторов на выходной параметр. В качестве оптимальных приняты технологические параметры: температура обжига – 1030 °С, длительность обжига – 3 час и содержание Na_2CO_3 – 1 мас. %

Ключевые слова: железистооксидные пигменты-наполнители, хвосты обогащения железистых кварцитов, горно-обогатительный комбинат, обжиг, масляная краска, маслосоемкость, уравнение регрессии.

К пигментам-наполнителям относятся природные и синтетические неорганические порошкообразные вещества, отличающиеся низким показателем преломления, что в большинстве

случаев включает возможность их использования как самостоятельных пигментов. Возможности использования пигментов-наполнителей [1] широки и разнообразны (рис. 1).

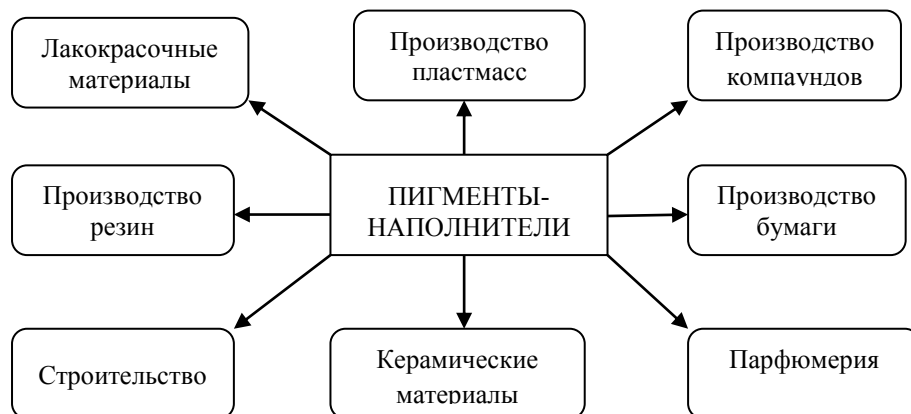


Рис. 1. Области применения пигментов-наполнителей

Пигменты-наполнители вводятся в состав лакокрасочных материалов для удешевления и улучшения многих показателей красочных систем и покрытий. Некоторые наполнители выступают как загустители и структурообразователи, с их помощью устраняется расслаивание и образование плотных осадков при хранении красочных составов. Ряд наполнителей существенно повышают атмосферостойкость, адгезию, водостойкость и твердость покрытий, понижают проницаемость и т.д. [1].

К 2018 г. мировой рынок пигментов, по прогнозам, достигнет 4,4 млн т (14,7 млрд

долл.), прирастая в среднем на 4,5 % в год. Основными потребителями пигментированных материалов являются лакокрасочная промышленность и производство пластмасс, на долю которых приходится 43 % и 27 % общего мирового спроса, соответственно.

Учитывая среднегодовые темпы роста производства лакокрасочных материалов в Российской Федерации, что в 2010–2013 г.г. составили 13 %, при этом объем производства увеличился в полтора раза и достиг 21,2 тыс. т, то уровень потребления пигментов будет также стремительно увеличиваться. В настоящее время дефи-

цит пигментов, необеспеченных отечественными производителями, оценивается в 30–70 тыс. т/год [2–4]. Доля импорта достигает 80 % и на 2012 г. исчислялась в размере 35 млн долл. США (рис. 2). При этом среднегодовой темп роста составляет 17 % [5, 6].

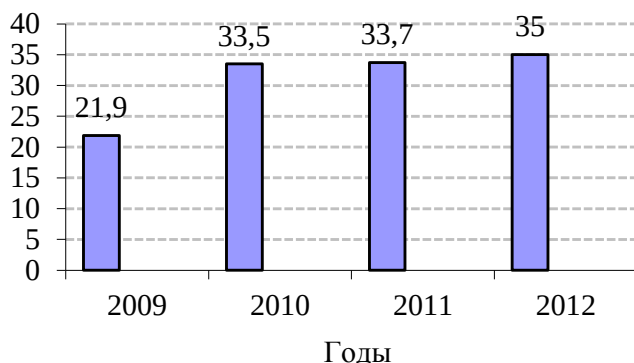


Рис. 2. Импорт пигментов в России, млн долл. США

Особенно остро стоит вопрос производства железоксидных пигментов высокой степени дисперсности для лакокрасочной промышленности.

В Российской Федерации технологические процессы получения железоксидных пигментов основаны, главным образом, на использовании в качестве исходного сырья раствора сульфата железа (II), который может быть получен из: 1) травильных серно-кислых растворов (отходов в прокатном производстве), которые требуют различных предварительных методов очистки от примесей; 2) стальной стружки металлолома путем растворения металла в серной кислоте, с последующим использованием раствора сульфата железа в качестве исходного сырья; 3) окалин – сначала ее восстанавливают до губчатого железа, а затем по схеме 2 используют в качестве сырья; 4) железосодержащих шламов – это еще более затруднительный способ. Все перечисленные способы связаны с большими энергетическими и материальными затратами.

Нами предложено получать железоксидные пигменты-наполнители из отходов горно-обогатительных комбинатов – хвостов обогащения железистых кварцитов (ХОЖК), которые образуются при переработке железной руды и состоят из тонкодисперсных частиц, содержащих около 71 % кварца (SiO_2) и железо общего до 10,24 %.

В нашей работе использовались ХОЖК Лебединского горно-обогатительного комбината (ЛГОК) Белгородской области, содержание частиц по фракциям в которых представлено в табл. 1.

Таблица 1

Фракционный состав ХОЖК ЛГОК, %

Фракция, мм	>60	40-60	20-40	10-20	<10
Содержание	20	35	36	15	5

Удельная поверхность ($S_{уд}$) используемых ХОЖК 332,1 $\text{м}^2/\text{г}$, насыпная плотность 1209 $\text{кг}/\text{м}^3$, истинная плотность 2740 $\text{кг}/\text{м}^3$, pH водной вытяжки – 7,2.

Процесс получения пигментов-наполнителей на основе ХОЖК заключается в предварительном помоле и высокотемпературном обжиге.

Одной из важнейших характеристик пигментов-наполнителей является маслосъемность [1, 5]. Маслосъемность – минимальное количество льняного масла (в г), необходимого для перевода 100 г сухого пигмента-наполнителя в однородную пасту, которая не должна крошиться и растекаться [5].

Для определения маслосъемности ХОЖК высушивали до постоянного веса, растирали до диаметра частиц менее 70 мкм, взвешивали с точностью до 0,01 г, перемешивали стеклянной палочкой с округленным концом с льняным маслом, которое добавляли из микробюретки вместимостью 5 мл периодически по 4-5 капель. Массу тщательно перемешивали после каждой добавки с максимальным усилием, т.е. добивались истирания массы под давлением. Когда образовались неслипающиеся комочки, масло добавляли по одной капле. Образовался большой комок однородный, не крошащийся и не растекающийся.

Маслосъемность, M (в г/100 г), определяется по формуле [7]

$$M = \frac{V \cdot \rho_M}{m_n}, \quad (1)$$

где V – объем израсходованного масла, мл; ρ_M – плотность льняного масла, 0,778 $\text{кг}/\text{м}^3$ при 20 °С; m_n – навеска пигмента, г.

Нахождение оптимальных параметров технологического процесса для получения пигмента-наполнителя на основе ХОЖК проводилось методом математического планирования. С целью минимизации затрат на получение необоримых данных об исследуемом объекте использовали метод трехфакторного трехуровневого эксперимента. План эксперимента предусматривает учет всех влияющих параметров с тем, чтобы обеспечить максимум точности и уменьшения количества опытов [8].

В качестве независимых переменных были выбраны температура обжига ХОЖК, °С, длительность обжига, часы, и массовая доля добав-

ки Na_2CO_3 – усилитель цвета, %. Переменной, зависящей от изменения всех трех входящих параметров (отклик) являлась маслосебность. Результаты исследований обрабатывались с применением методов статистической обработки экспериментальных данных с помощью программы «Statistica 7.0». План эксперимента в кодированных координатах и уроне варьирования

независимых переменных представлены в табл. 2, 3. Уровни и интервалы варьирования независимых переменных определялись в ходе предварительных исследований.

План эксперимента в натуральных координатах и значения зависимой переменной (отклика) представлены в табл. 4.

Таблица 2

План эксперимента в кодированных координатах

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15 ₁	15 ₂	15 ₃	15 ₄	15 ₅	15 ₆
X ₁	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₂	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₃	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0

Таблица 3

Уровни варьирования независимых переменных

Факторы		Уровни варьирования			Интервал варьирования
Натуральный вид	Кодированный вид	-1	0	1	
Температура обжига, °С	X ₁	950	1030	1110	80
Длительность обжига, час	X ₂	2	3	4	1
Содержание Na_2CO_3 , % от массы ХОЖК	X ₃	0,1	1	1,9	0,9

Таблица 4

План эксперимента в натуральных координатах

Температура, °С (X ₁)	Время, час (X ₂)	Количество Na_2CO_3 , % (X ₃)	Маслосебность, Э, % (Y)
950	2	0,1	22,2
1110	2	0,1	19,0
950	4	0,1	21,2
1110	4	0,1	19,6
950	2	1,9	19,4
1110	2	1,9	22,6
950	4	1,9	18,8
1110	4	1,9	19,8
950	3	1	24,8
1110	3	1	19,4
1030	2	1	18,6
1030	4	1	21,8
1030	3	0,1	19,2
1030	3	1,9	20,6
1030	3	1	23,8
1030	3	1	22,0
1030	3	1	20,6
1030	3	1	21,2
1030	3	1	20,4
1030	3	1	23,8

По результатам экспериментальных данных получено уравнение регрессии, описывающее зависимость маслосебности от изменения темпе-

ратуры, длительности обжига и массовой доли добавки Na_2CO_3 :

$$Y = 18,45 - 22,73 \cdot 10^{-7} X_1^2 + 20,54 \cdot 10^{-4} X_1 X_2 - 27,41 \cdot 10^{-4} X_1 X_3 - 40,16 \cdot 10^{-2} X_2^2 + 54,52 \cdot 10^{-2} X_2 X_3 + 58,58 \cdot 10^{-2} X_3^2, \quad (2)$$

где Y – маслосебность, %; X₁ – температура обжига ХОЖК, °С; X₂ – время обжига ХОЖК, час; X₃ – содержание Na_2CO_3 , % от массы ХОЖК.

Проверку адекватности модели изучали по разности между экспериментальным значением

и значением отклика (Y), рассчитанным по уравнению в некоторых точках факторного пространства. Для данного уравнения проверка адекватности проводилась по критерию Фишера, полученное расчетное значение критерия

Фишера меньше табличного значения, следовательно, уравнение адекватно описывает процесс.

Поверхности отклика представлены на рис. 3.

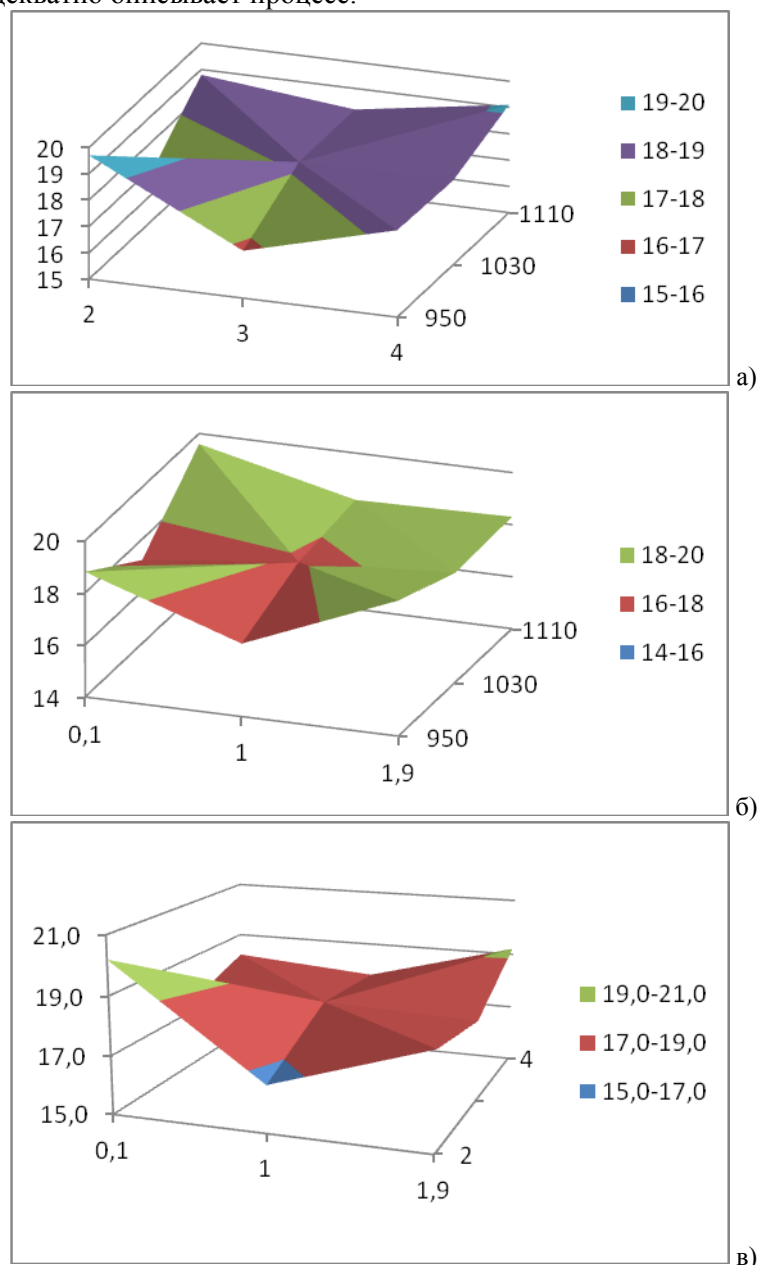


Рис. 3. Поверхности отклика при изменяющихся параметрах: длительности и температуры обжига (а), доли добавки Na_2CO_3 и температуры обжига (б), доли добавки Na_2CO_3 и длительности обжига (в)

Из рис. 3 следует, что экстремум функции Y в зависимости от температуры, длительности обжига и массовой доли добавки Na_2CO_3 наблюдается при $t^\circ = 1030^\circ\text{C}$, $\tau = 3$ час, массовой доли $\text{Na}_2\text{CO}_3 = 1\%$.

**Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Белгородской области в рамках научного проекта № 14-41-08054 p_офи_м.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Беленький Е.Ф., Рискин И.В. Химия и технология пигментов. Изд. 4-е, перераб. и дополн. М.: Химия, 1974. 656 с.
2. Кочергин А.В., Краснобай Н.Г. Состоя-

ние рынка железоксидных пигментов и пигментированных наполнителей и перспективы использования природного сырья // Лакокрасочные материалы и их применение. 2003. № 1. С. 3–14.

3. Мирзаев Г.Г., Иванов Б.А., Щербаков В.М., Проскурянов Н.М. Экология горного производства. М.: Недра, 1991. 320 с.

4. Тимонин А.С. Инженерно-экологический справочник. Т. 1. М.: Изд. Н. Бочкаревой, 2003. 917 с.

5. Дугуев С.В., Иванова В.Б. Практические аспекты импортозамещения пигментирующих материалов в строительной отрасли России // Строительные материалы. 2015. № 6. С.61–64.

6. Мировой рынок пигментов растет. [Электронный ресурс]. Режим доступа - <http://krata.ru/component/content/article/3-newsflash/256-2013-12-12-04-22-13.pd>. Дата обращения (18.03.2016).

7. ГОСТ 21119.8-75. Общие методы испы-

таний пигментов и наполнителей. Определение маслосмеккости. М.: Изд. Стандартов, 1976. 5 с.

8. Илюшина С.В. Методы оптимизации технологических процессов // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17, №8. С. 323–327.

Sverguzova S.V., Starostina I.V., Saproнова Zh.A., Solopov Yu.I., Chetverikov A.V.

RESEARCH OF INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL FACTORS ON TO OIL-ABSORPTION OF LOADING PIGMENTS ON BASIS OF REFINEMENT TAILINGS OF CARBONATE-FACIES IRON FORMATION, USING THE METHODS OF MATHEMATICAL STATISTICS

Researches on optimization of technological parameters of iron-oxide loading pigments synthesis on basis of wastes of treatment of iron ore raw materials of Lebedinsky MPP have been conducted by method of mathematical planning. The synthesized loading pigments are used in production of oil paints. As a result of statistical computer processing of experimental data, the regression equation, describing dependence of oil-absorption of the synthesized loading pigments on change of temperature and duration of baking of waste of Lebedinsky MPP and a weight content of Na_2CO_3 additive has been received. The nomograms, allowing to analyze influence of the varied factors on the way out parameter have been constructed. As optimum technological parameters, baking temperature – °C, baking duration – hour and the content of Na_2CO_3 – weight content, % have been accepted.

Key words: iron-oxide loading pigments, refinement tailings of carbonate-facies iron formation, mining and processing plant, baking, oil paint, oil-absorption, regression equation.

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.

E-mail: pe@intbel.ru

Старостина Ирина Викторовна, кандидат технических наук, доцент кафедры Промышленной экологии.

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

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

E-mail: starostinairinav@yandex.ru

Сапронова Жанна Ануаровна, канд. техн. наук, доцент кафедры Промышленной экологии.

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

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

E-mail: pe@intbel.ru

Солопов Юрий Иванович, доцент кафедры Информационных технологий.

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

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

Четвериков Александр Владимирович, аспирант кафедры Информационных технологий.

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

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

Королев Д.С., препод.

Воронежский институт Государственной противопожарной службы МЧС России

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЖАРООПАСНЫХ СВОЙСТВ ВЕЩЕСТВ (ОБЗОР)

otrid@rambler.ru

Проблема прогнозирования пожароопасных свойств веществ является одной из приоритетных на сегодняшний день. Отсутствие сведений об используемом веществе не позволяет в полном объеме разрабатывать системы предотвращения пожара. Поэтому для решения поставленной задачи предлагаются различные способы и методы определения оценки пожароопасных свойств веществ и материалов. В данной статье рассмотрены современные способы прогнозирования свойств веществ. Показаны их особенности.

Ключевые слова: прогнозирование, дескрипторы, искусственные нейронные сети, способы, индексы, коэффициенты.

1. Введение в проблему

Ежегодно количество новых синтезированных органических соединений увеличивается на 250–300 тысяч, а проблема определения пожароопасных характеристик новых соединений до сих пор не решена, и становится все более острой. Финансовые и трудовые затраты на экспериментальное определение полного набора характеристик каждого вещества колоссальны, и на текущий момент практически не представляется возможным осуществить данную работу.

Таким образом, характеристики многих веществ неизвестны. Для решения этой проблемы необходимы методы, способные прогнозировать характеристики веществ, необходимые для оценки пожароопасных свойств, без применения экспериментальных исследований.

Одним из основных нормативных документов, устанавливающих методики определения свойств веществ является ГОСТ 12.1.044-89 «Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их

определения». Настоящий стандарт распространяется на простые вещества, химические соединения и их смеси в различных агрегатных состояниях и комбинациях, в том числе полимерные и композитные материалы [1]. Наряду с методиками [1] с целью прогнозирования физико-химических свойств веществ предложены другие методы. Рассмотрим некоторые из них.

2. Дескрипторный способ

Метод, который основан на построении моделей, отражающих взаимосвязь структуры молекул химических соединений с их свойствами [2, 3].

В данном методе для описания строения молекулы применяются дескрипторы – показатели, рассчитываемые из структурной формулы (молекулярная масса, количество атомов, частичные заряды на атомах и т.п.) или фрагментов структуры. Типы дескрипторов, традиционно применяемых для описания структуры химических соединений, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Дескрипторы, используемые для описания химической структуры [2]

Класс дескрипторов	Тип дескрипторов
Дескрипторы элементного уровня	1. Число атомов одного сорта 2. Атомные веса
Дескрипторы структурной формулы	1. Топологические индексы 2. Структурные фрагменты
Дескрипторы электронного уровня	1. Частичные заряды на атомах 2. Молекулярные рефракции 3. Энергии высшей занятой и низшей незанятой орбиталей
Дескрипторы молекулярной формы	1. Геометрические дескрипторы
Дескрипторы межмолекулярных взаимодействий	1. Константы Гаммета 2. Индукции постоянные 3. Стерические константы

Для описания строения молекул исследуемых соединений применяются дескрипторы структурной формулы – топологические индексы (индекс Винера W , индекс Рандича χ) и геометрические дескрипторы – площадь поверхности молекулы S ,

гравитационные индексы G_1 (all bonds) и G_2 (all pairs). Указанные дескрипторы были выбраны на основе сопоставления закономерностей изменения температуры вспышки вещества в зависимости от строения молекул [4, 5]. В итоге получают

аппроксимационные зависимости в виде уравнений и осуществляют расчет пожароопасного показателя вещества.

3. Прогнозирование через физико-химические и пожароопасные параметры

$$C_6 = 6,30H_{c2} + 0,567(H_{c2})^2 + 23,5 \quad (H_{c2} \text{ в МДж/моль}) \quad (1)$$

$$C_6 = 13514(H_{c2})^{-0,81} + 6,71 \quad (H_{c2} \text{ в кДж/моль}) \quad (2)$$

Формулу для $T_{всп}$, представленную в работе [10], можно представить как один из вариантов усовершенствованного уравнения Ormandy-Craven [11].

$$T_{всп} = -18,44 + 0,8493T_{кип} - 3,723N_C \quad (3)$$

где $T_{всп}$, $T_{кип}$ – температуры вспышки и кипения, К; N_C – число атомов углерода в молекуле горючего вещества (ГВ).

Связь температуры самовоспламенения ($T_{свс}$) и давления (P) описывается корреляцией Н.Н. Семенова (4) и (5) [12, 13].

$$\ln\left(\frac{P}{T_{свс}}\right) = A \frac{1}{T_{свс}} + B \quad (4)$$

Корреляция между нижним концентрационным пределом воспламенения (НКПВ) и тепловой сгорания (H_{c2} , Мдж/моль) детально представлена в работах [6-8]. Для верхнего концентрационного предела воспламенения (ВКПВ) – C_6 такая взаимосвязь также предложена в работе [9].

$$\ln\left(\frac{P}{T_{свс}}\right) = A \frac{1}{T_{свс}} + B' + \ln\left(\frac{1}{d}\right) \quad (5)$$

где A , B , B' – константы соответствующего соединения; d – диаметр взрывной камеры, м.

4. Прогнозирование через индикаторные переменные

В справочнике Perry для химиков-технологов для прогнозирования НКПВ (C_H), НКПВ (C_B) и температуры самовоспламенения ($T_{свс}$) предлагается способ Pintar, представленный в табл. 2 [14].

Таблица 2

Способ Pintar

Свойство вещества	Расчетная формула	Условные обозначения
НКПВ	$C_H = \frac{100}{\sum n_i x_i}$	n_i – количество i структурных групп (фрагментов) химической формулы; x_i , y_i , z_i – структурные дескрипторы i группы (фрагмента) для расчета концентрационного предела воспламенения (КПВ) и $T_{свс}$.
НКПВ	$C_B = \frac{100}{\sum n_i y_i}$	
Температуры самовоспламенения	$T_{свс} = \sum n_i z_i$	

В отечественной литературе встречается способ расчета температуры самовоспламенения ($t_{свс}$) через среднюю длину молекулы (l_{cp}) [15].

$$t_{свс} = 300 + 116\sqrt{5 - l_{cp}} \quad \text{при } l_{cp} \leq 5 \quad (6)$$

$$t_{свс} = 300 - 38\sqrt{5 - l_{cp}} \quad \text{при } l_{cp} > 5 \quad (7)$$

Взаимосвязь между НКПВ и стехиометрическим коэффициентом перед кислородом (β) и числом атомов углерода (N_C) и водорода (N_H) подробно представлена в работах [5, 6]. В случае ВКПВ (C_6) подобные взаимосвязи также имеют место (8), (9), табл. 3 [7, 16, 17].

$$C_B = \frac{c}{a + b\beta} \quad (8)$$

$$C_B = \frac{1}{1,75\beta - 0,0337\beta^2 - 0,1816} \quad (9)$$

Таблица 3

Взаимосвязь C_6 , с N_C , N_H и β для различных классов веществ

Класс вещества	Расчетная формула	Условные обозначения
Для алканов и алкенов	$C_B = \frac{60}{N_H} + \frac{N_C}{20} + 2,2$	a , b , c – константы; N_{Hr} – число атомов водорода в радикалах; $N_{H'}$ – число атомов водорода не в радикалах.
Для изоалканов	$C_B = \frac{60}{N_H} + 2,3$	
Для аренов	$C_B = \frac{86}{2N_{Hr} + N_{H'}}$	
Для спиртов:	$C_B = \frac{80 - 2N_H}{2N_C} + 3$	
Для органических соединений	$1/C_B = 1,2773 + 1,213\beta$	

Для алканов также предложены уравнения (10) и (11), описывающие взаимосвязь темпера-

тур вспышки ($t_{всп}$) и самовоспламенения ($t_{свс}$) от числа атомов углерода (N_H) [18].

$$\ln(t_{свс}) = 199,15189 + 510,33872 \left(e^{-N_C / 3,1845309} \right) \quad (10)$$

$$t_{всп} = 215,13166 (N_C)^{0,32862864} \quad (11)$$

В табл. 4 представлены работы зарубежных ученых по прогнозированию ряда свойств веществ.

Таблица 4

Работы зарубежных исследователей

Описание работы, полученное уравнение	Условные обозначения
На основе работ G.W. Jones [18] и P. Lloyd [19] было выведено полустехиометрическое правило [20], описанное уравнением, которое еще называют правилом Lloyd [21]. ВКПВ (C_B) также может быть определен через стехиометрическую концентрацию $C_{стх}$ [20, 22]. $C_H = 0,55 C_{стх}$ $C_B = 4,8 (C_{стх})^{0,5}$	
Тайваньскими исследователями на основании сравнительного анализа набора уравнений 1, 3 и 4-го порядков выведена формула для вычисления температуры самовоспламенения ($T_{свс}$) ациклических, циклических и ароматических углеводов через структурные дескрипторы [23]. $T_{свс} = 750,3065 \sum_i v_i f_i - 8,644 \times 10^{-4} \times \left(\sum_i v_i f_i \right)^2 - 4,5604 \times 10^{-6} \times \left(\sum_i v_i f_i \right)^3$	v_i – число i групп; f_i – структурный дескриптор.
В 1991 году Т. Suzuki предложил уравнение, в котором температура вспышки $t_{всп}$ описывается двумя структурными дескрипторами χ_1 (индекс 1-го порядка связей) и G_i (индекс полярных характеристик i функциональной группы) [24]. $t_{всп} = 25,57 \times \chi_1 + \sum_i n_i G_i - 86$	
На основании QSPR изучения прогнозирования температуры вспышки (FP) углеводов с использованием GA-MLP (Genetic Algorithm – Multiple Linear Regressions) модели Y. Pan [25] вывел уравнение: $T_{всп} = 367,069 + 6,300 SCBO - 397,659 VEp2 + 1,616 (C * 002)$	FP – $T_{всп}$, K; SCBO – структурный дескриптор, характеризующий степень ненасыщенности молекулы ГВ; VEp2 – индекс Eigen, связанный с молекулярной геометрией размерами молекулы ГВ; C*002 – число метиленовых групп в молекуле.
Иранскими исследователями для прогнозирования температуры самовоспламенения углеводов предложено уравнение [26]. $T_{свс} = 647 + 33,33 N_C - 20,79 N_H + 58,20 F_{SH} + 81,03 F_{BH}$	N_C, N_H – число атомов углерода и водорода в молекуле ГВ; F_{SH}, F_{BH} – структурные дескрипторы.
Существует также направление по разработке методов прогнозирования теплоты сгорания на основе модификации закона Гесса [27]. Развиваются и новые подходы к прогнозированию теплоты сгорания горючего вещества. Так, В.В. Овчиниковым и др. [28-30] предложено принципиально новое уравнение для вычисления этого параметра пожарной опасности. $\Delta H_{сг} = I + f(N \pm g)$	$\Delta H_{сг}$ – мольная энтальпия сгорания, кДж/моль; I, f – структурно-тепловые дескрипторы; N – общее число электронов в молекуле ГВ; g – число неподеленных электронных пар гетероатомов в функциональных группах молекулы ГВ.

Разница между единицей и отношением НКПВ (C_H) и ВКПВ (C_B) к друг другу получила название F-фактор (F). Доступность F через структурные дескрипторы открывает возможность определения ВКПВ через НКПВ [31-33].

$$F = 1 - \left(\frac{C_H}{C_B} \right)^{0,5} \quad (12)$$

F. Gharagheizi использована выборка из 1025 органических веществ из которых им было выделено 146 структурных групп. С использованием нелинейного математического оптимизированного метода FFANN (Feed Forward Artificial Neural Network) с помощью программного обеспечения MATLAB осуществлено прогнозирование температуры самовоспламенения различных классов

органических соединений со средней ошибкой от 0,1 до 5,4 % [34].

Одними из старых подходов расчета теплоты сгорания являются закон Гесса и формула Менделеева [35]. Известны также уравнения расчета теплоты сгорания по структурным дескрипторам (формула Коновалова-Хандрика и другие) [36-45]. Необходимо отметить, что попытки усовершенствовать формулу Менделеева или создать что-то новое на её основе принимаются до сих пор [8, 46 – 53]. Следствием из формулы Менделеева можно считать нахождение зависимостей

$$T_{\text{свс}} = 495,39 + 57,79MS + 194,80ARR - 388,70RBF + 49,06(C*040) \quad (13)$$

где MS – дескриптор, учитывающий электротопологическое состояние молекулы ГВ; ARR – отношение ароматических связей к общему количеству неводородных связей; RBF – число связей, способных к вращению, деленное на число связей в молекуле; C*040 – число следующих фрагментов C(=X)-X, R-C≡X, X=C=X (X = O, N, S, P, Se, галоген).

В компьютерной программе ISIDA реализован метод SMF (*Substructural Molecular Fragments*) для расчета температуры самовоспламенения 265 органических соединений на основании зависимости (14) [57].

$$Y = a_o + \sum_i a_i N_i + \Gamma \quad (14)$$

где Y – температура самовоспламенения; a_i – фрагментный дескриптор; N_i – число фрагментов i типа; a_o – дескриптор независимого фрагмента;

$$T_{\text{всп}} = 82,08(Ss)^2 - 26,90J_{\text{hetv}} + 499,86(\text{HATS1m})^2 + 83,52 \quad (15)$$

$$T_{\text{свс}} = 349,76(Rlu+)^{0,5} + 10,33(nCIR)^2 - 1537,76(\text{Mor30m})^2 + 394,09 \quad (16)$$

где Rlu+ – коэффициент максимальной автокорреляции; nCIR – число циклов (цепей); Mor30m – дескриптор 3D-MorSE.

Переход от PSO-MLR к нейронной модели ANN позволяет повысить коэффициент корреляции от 0,918 до 0,946 [59, 61].

Для спиртов L.M. Egolf и P.C. Jurs с помощью программного пакета ADAPT выведено

$$T_{\text{свс}} = -18,69(\text{NBS}) + 2640(\text{VCC7}) + 152,2(\text{BJ1}) - 12,80(\text{STC}) + 395,1 \quad (17)$$

$$T_{\text{свс}} = -1700(\text{QPOS}) + 820(\text{RPCG}) + 1,94(\text{SAAA}) + 236(\text{RDTA}) - 197(\text{V4P}) + 43,4(\text{N2P}) + 136 \quad (18)$$

где NBS – число одинарных связей; VCC7 – валентность 7-членной цепи; BJ1 – J индекс Балабана; STC – дескриптор стерических напряжений; QPOS – максимальный положительный заряд атома молекулы горючего вещества; RPCG – относительный положительный заряд; SAAA – сумма площадей поверхности водорода, связывая акцепторные группы; RDTA – отношение числа атомов водорода, связанных водородными связями

$$T_{\text{свс}} = 725,978 + 22,820(X2v) - 41,713(\text{BEHe7}) - 122,363(\text{ATS5e}) - 12,543(C*002) + 210,134(\text{ARR}) \quad (19)$$

$$C_H = -0,325 - 3,170(\text{AAC}) + 15,545(\text{BICO}) + 0,940(\text{ATS4e}) + 0,047(\text{MLOGP}) \quad (20)$$

теплоты сгорания горючего вещества от числа атомов углерода в молекуле горючего вещества [17, 38, 54].

5. Прогнозирование через топологические и квантово-химические индексы

На основании обработки данных 820 соединений с молекулярной массой до 300 г/моль из базы DIPRR 801 с использованием модели MLR (*Multiple Linear Regression*) выведено уравнение (13) для определения температуры самовоспламенения [55, 56].

Г – слагаемое Г в работе [58] не расшифровано. В работе [58] индекс Г трактуется, как поверхностное натяжение.

G. Zahedi с сотр. с помощью модели PSO-MLR (*Particle Swarm Optimization-Multivariate Linear Regression*) для серосодержащих соединений (меркаптаны, сульфиды, тиофены и полифункциональные соединения общей брутто-формулой $C_xH_yO_vS_w$) в программном комплексе MATLAB получена формула (15), в которой Ss это структурный индекс, равный сумме Кайер-Холла (Kier-Hall) электротопологических состояний, Jhetv – индекс Балабана (Balaban index) и HATS1m – индекс 3-D автокорреляции, характеризующий отношение левиридж-усиленной автокорреляции первой степени к весу атомных масс. Эти дескрипторы рассчитаны с помощью программы Dragon. Им также предложено уравнение (16) для прогнозирования температуры самовоспламенения [59, 60].

уравнение (17). Аналогичные формулы были предложены также для углеводородов и спиртов [54, 60]. В дальнейшем В.Е. Mitchell и P.C. Jurs для органических соединений, включающих углеводороды, азот-, кислород- и серосодержащие соединения с использованием софта ADAPT получено уравнение (18) [60].

Y. Pan с сотр. [25] проведено QSPR изучение прогнозирования температуры самовоспламенения (AIT) и КПВ углеводородов с использованием MLP (*Multiple Linear Regressions*) и GA-MLP (*Genetic Algorithm – Multiple Linear Regressions*) моделей и получены зависимости (19) – (21).

$$C_B = 17,084 - 16,819(PW5) - 2,662(CIC0) + 0,650(Ui) - 3,496(ARR) \quad (21)$$

где X_{2v} – индекс возможной валентности; BE_{He7} – параметр Burden Eigen; ATS_{5e} , ATS_{4e} – коэффициенты 2D автокорреляции; C^*002 – число метиленовых групп в молекуле; ARR – структурный коэффициент ароматичности; AAC , $BIC0$, $CIC0$ – информационные дескрипторы; $MLOGP$ – дескриптор Moriguchi; $PW5$ – топологический индекс; Ui – молекулярный дескриптор ненасыщенности молекулы горючего вещества.

С использованием различных топологических и квантово-химических дескрипторов методом SVM (Support Vector Machines) выполнено прогнозирование температуры самовоспламенения 446 органических соединений классов углеводородов, галогеналканов, спиртов, альдегидов, кетонов, карбоновых кислот, аминов, амидов, нитрилов, нитросоединений, простых и сложных эфиров. Абсолютная ошибка прогноза составила $28,88^\circ\text{C}$, а среднеквадратичная ошибка – $36,86^\circ\text{C}$ [60].

Описаны также примеры прогнозирования КПВ, теплоты сгорания, температур вспышки и самовоспламенения с использованием других вариантов искусственных нейронных сетей, фрагментных и молекулярных дескрипторов и применением специального программного обеспечения.

6. Прогнозирование свойств веществ на основе данных углеродной цепи

Проведение анализа зависимостей температур вспышки, воспламенения, самовоспламенения, температурных и концентрационных пределов от длины углеводородной цепи позволяет определить линейные и степенные показатели пожарной опасности, которые зависят от длины углеводородной цепи [61].

Совместное использование формул и правила «углеродной цепи» дает возможность спрогнозировать основные показатели пожарной опасности вещества.

Метод углеродной цепи (МУЦ) является синтез-методикой, созданной на основе дескрипторного и сравнительного подходов прогнозирования показателей пожарной опасности. Из сравнительного метода прогнозирования МУЦ заимствовал подход сравнения пожароопасных свойств в гомологическом ряду. Отличие в данном случае заключается в том, что сравнение производится не между родственными классами органических соединений, а только в пределах одного гомологического ряда. При этом свойства в одном классе соединений в пределах 2-3 ближайших гомологов нормального строения изменяются по линейному закону. Этот прием позволил ввести новые дескрипторы

– основная углеродная цепь и условная углеродная цепь, которые использованы для прогнозирования физико-химических и пожароопасных параметров органических соединений. МУЦ опробован на различных классах органических соединений.

7. Прогнозирование свойств веществ с использованием моделей мембранных систем

Сущность метода прогнозирования основана на использовании модели искусственных биомембран и проницаемости лекарственных веществ. В качестве модели биосистемы предложены фосфолипидные моно- и бислои, везикулы и медьсодержащие полиамидокислоты (Cu-ПАК).

В результате корреляции между хорошей проницаемостью и биологической активностью, можно спрогнозировать ряд показателей пожароопасных веществ [62].

8. Система компьютерного прогнозирования канцерогенных свойств химических веществ

Сущность метода основывается на гибридном использовании структурно-числового описания объекта, а также содержательных моделей и моделей процесса. Интеллектуальная система позволяет обогащать имеющиеся данные о контрпродуктивных свойствах химических соединений числовыми характеристиками этих соединений (которые вычисляются автоматически или предоставляются экспертом), а затем проводить анализ с целью выявления причин наличия таких свойств и прогнозирования [63].

9. Метод прогнозирования основанный на использовании молекулярных дескрипторов и искусственных нейронных сетей

Наиболее усовершенствованным экспресс методом определения физико-химических свойств веществ является метод, основанный на использовании дескрипторов и нейронных сетей [2, 64–69].

Дескрипторы – это финальный результат логических и математических процедур, которые трансформируют химическую информацию, закодированную в рамках символического представления молекулы, в полезное число или результат какого-либо стандартизированного эксперимента. Важнейшим элементом метода, использующего дескрипторы является описание представителей гомологического ряда структуры химических соединений [70].

Молекулярная структура определяется тремя составляющими:

– конституцией, т.е. подразумевает определенный порядок и последовательность связывания атомов;

– конфигурацией, т.е. отражает трехмерное расположение атомов;

– конформацией, т.е. представляет термодинамически стабильное положение валентно несвязанных атомов по отношению друг к другу.

При компьютерной обработке, каждый из указанных компонентов молекулярной структуры описывают с помощью совокупности дескрипторов [71].

Совместно с дескрипторами используются искусственные нейронные сети. Программный продукт, совмещает модульный с иконным представлением интерфейс разработки нейронной сети, с реализацией усовершенствованных процедур обучения. При этом объектно-ориентированный дизайн разбивает нейронную сеть на нейронные компоненты.

Таким образом, в статье поднимается актуальный вопрос, связанный с прогнозированием пожароопасных свойств веществ. В целях решения поставленной задачи показаны современные способы определения свойств веществ и материалов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 12.1.044–89*. Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. Введ. 01.01.91 г. М.: Стандартинформ, 2006. 100 с.
2. Дербишер Е.В., Веденина Н.В., Александрова А.Ю., Радченко А.В., Дербишер В.Е. Методология прогнозирования класса опасности малоизученных соединений // Современные наукоемкие технологии. 2007. № 8. С. 60–62 URL: <http://www.top-technologies.ru/ru/article/view?id=25234> (дата обращения: 15.03.2016).
3. Д.С. Королев Прогнозирование пожароопасных свойств веществ и материалов с использованием дескрипторов // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. 2014. №1 С. 7–10.
4. Калач А.В., Сорокина Ю.Н., Карташова Т.В. Оценка пожароопасных свойств органических соединений с применением дескрипторов // Пожаровзрывобезопасность. 2013. 18–21 с.
5. Рудаков О. Б., Алексеев С. Г., Бердникова Н. В., Калач А. В., Барбин Н. М. Пожаровзрывобезопасность хроматографической аналитической лаборатории // Пожаровзрывобезопасность. 2012. Т. 21. № 1. С. 57–60.
6. Kondo S., Takahashi A., Tokuhashi K., Sekiva A. RF number as a new index for assessing combustion hazard of flammable gases // J. Hazard. Mater. 2002. Vol. 93. № 3. Pp. 259–267.
7. Ma T., Wang Q., Larrañaga M.D. Correlations for estimating flammability limits of pure fuels and fuel-inert mixtures // Fire Saf. J. 2013. Vol. 56. Pp. 9–19.
8. Рудаков О. Б., Черепашин А. М., Исаев А. А., Рудакова Л. В., Калач А. В. Температура вспышки бинарных растворителей для жидкостной хроматографии // Конденсированные среды и межфазные границы. 2011. Т. 13. № 2. С. 191–195.
9. Hsieh F.-Y., Hirsch D.B., Williams J.H., Beeson H.D. Upper flammability limits of some organosilicon compounds // Fire Mater. 2004. Vol. 28. № 6. Pp. 459–465.
10. Gharagheizi F., Eslamimanesh A., Mohammadi A.H., Richon D. Empirical method for representing the flash-point temperature of pure compounds // Ind. Eng. Chem. Res. 2011 Vol. 50. № 9. Pp. 5877–5880.
11. Алексеев С. Г., Барбин Н. М., Алексеев К. С., Орлов С. А. Связь показателей пожарной опасности с химическим строением. II. Кетоны (часть 1) // Пожаровзрывобезопасность. 2011. Т. 20. № 6. С. 8–15.
12. Vandebröek L., Verplaetsen F., Berghmans J. et al. Auto-ignition hazard of mixtures of ammonia, hydrogen, methane and air in urea plant // J. Hazard. Mater. 2002. Vol. 93. № 1. Pp. 123–136.
13. Боридко В. С. Применение вычислительной техники, математического моделирования и математических методов в научных исследованиях (химическая технология) : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.16 / Моск. гос. академия тонкой хим. пром. М., 2000. 107с.
14. Perry's Chemical Engineers' Handbook / by ed. D. W. Green, R. H. Perry. N.Y. : Mc-Graw-Hill, 2008. Pp. 2-516–2-517.
15. Девдариани Р.О. Новые топологические индексы в количественных соотношениях «структура–свойство» : дис. ... канд. хим. наук : 02.00.03 / МГУ им. Ломоносова. М., 1992. 170 с.
16. Shimy A.A. Calculating flammability characteristics of hydrocarbons and alcohols // Fire Techn. 1970. Vol. 6. № 2. Pp. 135–139.
17. Donaldson A.B., Yilmaz N., Shouman A. Correlation of the flammability limits of hydrocarbons with the equivalence ratio // Int. J. Appl. Eng. Res. 2006. Vol. 1. № 1. Pp. 77–85.
18. Калач А. В., Карташова Т. В., Сорокина Ю. Н., Облиенко М. В. Прогнозирование пожароопасных свойств органических

соединений с применением дескрипторов // Пожарная безопасность. 2013. № 1. С. 70–74.

19. Jones G.W. Inflammation limits and their practical application in hazardous industrial operations // Chem. Rev. 1938. Vol. 22. № 1. Pp. 1–26.

20. Lloyd P. The Fuel Problem in Gas Turbines // Proc. Inst. Mech. Eng. 1948. Vol. 159. № 4. Pp. 220–223.

21. Zabetakis M.G. Flammability Characteristics of Combustible Gases and Vapors // U.S. Bureau of Mines. Bulletin 627. – Washington: U.S. Dept. of the Interior, Bureau of Mines, 1965. 121 P.

22. Britton L.G. Using heats of oxidation to evaluate flammability hazards // Process Saf. Progress. 2002. Vol. 21. № 1. Pp. 31–54.

23. Ha D.-M. Prediction of upper explosion limits (UEL) by measurement of upper flash point using setaflash apparatus for *n*-alcohols // J. KOSOS. 2010. Vol. 25. № 2. Pp. 35–40.

24. Chen C.-C., Liaw H.-H., Kuo Y.-Y. Prediction of autoignition temperatures of organic compounds by the structural group contribution approach // J. Hazard. Mater. 2009. Vol. 162. № 2–3. Pp. 746–762.

25. *In silico* prediction of physicochemical properties: JRC scientific and technical report EUR 23051 EN – 2007 / Dearden J., Worth A. – Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2007. 73 P.

26. Pan Y., Jiang J., Wang R. et al. Prediction of flammability characteristics of pure hydrocarbons from molecular structures // AIChE J. 2010. Vol. 56. № 3. Pp. 690–701.

27. Keshavarz M.H., Gharagheizi F., Ghanbarzadeh M. A simple correlation for prediction of autoignition temperature of various classes of hydrocarbons // J. Iran. Chem. Soc. 2013. Vol. 10. № 3. Pp. 545–557.

28. Kondo S., Takahashi A., Tokuhashi K. Experimental exploration of discrepancies in *F*-number correlation of flammability limits // J. Hazard. Mater. 2003. Vol. 100. № 1–3. Pp. 27–36.

29. Kondo S., Takizawa K., Takahashi A., Tokuhashi K. Measurement and numerical analysis of flammability limits of halogenated hydrocarbons // J. Hazard. Mater. 2004. Vol. 109. № 1–3. Pp. 13–21.

30. Kondo S., Urano Y., Tokuhashi K. et al. Prediction of flammability of gases by using *F*-number analysis // J. Hazard. Mater. 2001. Vol. 82. № 2. Pp. 113–128.

31. Gharagheizi F. An accurate model for prediction of autoignition temperature of pure compounds // J. Hazard. Mater. 2011. Vol. 189. № 1–2. Pp. 211–221.

32. Демидов П.Г. Шандыба В.А., Щеглов П.П. Горение и свойства горючих веществ. М.: Химия, 1981. 272 с.

33. Краткий справочник физико-химических величин / Под ред. А.А. Равделя, А.М. Пономаревой. Л.: Химия, 1983. 232 с.

34. High M.S., Danner R.P. Prediction of upper flammability limit by a group contribution method // Ind. Eng. Chem. Res. 1987. Vol. 26. № 7. Pp. 1395–1399.

35. Gary C., Frossard J.S., Chenevard D. Heat of combustion, degree of reduction and carbon content: 3 interrelated methods of estimating the construction cost of plant tissues // Agronomie, EDP Sciences. 1995. Vol. 15. № 1. Pp. 59–69.

36. Mazumdar B.K. Konovalov correlation for molar heats of combustion of organic compounds: its adoption for coal // Fuel. 2002. Vol. 81. № 1. Pp. 119–124.

37. Sagadeev V.V., Sagadeev E.V. Calculation of the heats of hydrocarbons of the homologous series of methane // J. Eng. Phys. Thermophys. 2002. Vol. 75. № 3. Pp. 750–752.

38. Sagadeev E.V., Kafiatullin R.A., Sagadeev V.V., Sagadeev V.I. Applying an additive scheme to the calculation of heat of combustion of saturated hydrocarbons // Theor. Found. Chem. Eng. 2003. Vol. 37. № 1. Pp. 92–95. (Теоретические основы химической технологии. 2003. Т. 37. № 1. С. 100–103).

39. Sagadeev E.V., Kafiatullin R.A., Sagadeev V.V., Sagadeev V.I. Calculation of heats of combustion of 1-alkenes // Theor. Found. Chem. Eng. 2003. Vol. 37. № 5. Pp. 524–526. (Теоретические основы химической технологии. 2003. Т. 37. № 5. С. 558–560).

40. Sagadeev E.V., Sagadeev V.V. Calculation of the heat of combustion of components of unsaturated hydrocarbon-based power-generating fuel // High Temperature. 2005. Vol. 43. № 5. Pp. 706–710. (Теплофизика высоких температур. 2005. Т. 43. № 5. С. 708–712).

41. Sagadeev E.V., Sagadeev V.V. Calculation of the heats of combustion of aromatic hydrocarbons contained in power-generating fuel // High Temperature. 2006. Vol. 44. № 4. Pp. 530–534. (Теплофизика высоких температур. 2006. Т. 44. № 4. С. 534–538).

42. Kafiatullin R.A., Eremin S.A., Sagadeev E.V. Calculation of the heats of combustion of acetylene hydrocarbons // Theor. Found. Chem. Eng. 2007. Vol. 41. № 2. Pp. 221–224. (Теоретические основы химической технологии. 2007. Т. 41. № 2. С. 233–236).

43. Sagadeev E.V., Gimadeev A.A., Barabanov V.P. Calculation of the heat of combustion for organonitrogen compounds using a group additivity scheme // Theor. Found. Chem. Eng. 2009. Vol. 43. № 1. Pp. 108–118. (Теоретические основы

химической технологии. 2009. Т. 43. № 1. С. 114–123).

44. Kharasch M.S., Sher B. The Electronic Conception of Valence and Heats of Combustion of Organic Compounds // *J. Phys. Chem.* 1924. Vol. 29. № 6. Pp. 625–658.

45. Walters R.N. Molar group contributions to the heat of combustion // *Fire Mater.* 2002. Vol. 26. № 3. Pp. 131–145.

46. Yang Z., Li H., Mao S. et al. An improved approach to the determination of unknown organic compounds by measuring combustion heat based on non-linear regression analysis // *J. Chem. Pharm. Res.* 2014. Vol. 6. № 4. Pp. 880–887.

47. Keshavarz M.H., Saatluo B.T., Hassanzaden A. A new method for predicting the heats of combustion of polynitro arene, polynitro heteroarene, acyclic and cyclic nitramine, nitrate ester and nitroaliphatic compounds // *J. Hazard. Mater.* 2011. Vol. 185. № 2–3. Pp. 1086–1106.

48. Kondo S., Takahashi A., Tokuhashi K. Theoretical calculation of heat of formation and heat of combustion for several flammable gases // *J. Hazard. Mater.* 2002. Vol. 94. № 1. Pp. 37–45.

49. Albahri T.A. Method for predicting the standard net heat of combustion for pure hydrocarbons from their molecular structure // *Energy Convers. Manag.* 2013. Vol. 76. Pp. 1143–1149.

50. Albahri T.A. Accurate prediction of the standard net heat of combustion from molecular structure // *J. Loss Prev. Process Ind.* 2014. Vol. 32. Pp. 377–386.

51. Pryce J.D., Enfield G.F. Relationship between heat of combustion and elemental composition in some biological molecules // *Analyst* – 1978. Vol. 103. Pp. 772–774.

52. Lloyd W.G., Davenport D.A. Applying Thermodynamics to Fossil Fuels. Heats of combustion from elemental compositions // *J. Chem. Educ.* 1980. Vol. 57. № 1. Pp. 56–60.

53. Marlair G., Cwiklinski C., Tewarson A. An analysis of some practical methods for estimating heats of combustion in fire safety studies. – Edimbourg, 1999. 13 P. – Dep. in HAL archives-ouvertes, HAL Id: ineris-00972167.

54. Hsieh F.-Y., Hirsch D.B., Beeson H.D. Predicted heats of combustion of some important organosilicon intermediates // *Fire and Mater.* 2003. Vol. 27. № 1. Pp. 41–49.

55. Hsieh F.-Y., Hirsch D.B., Beeson H.D. Predicting heats of combustion of polymers using an empirical approach // *Fire and Mater.* 2003. Vol. 27. № 9. Pp. 9–17.

56. Suris A.L. Heating value of halogen-containing condensed materials // *Theor. Found. Chem. Eng.* 2011. Vol. 45. № 3. Pp. 343–345.

(Теоретические основы химической технологии. 2011. Т. 45. № 3. С. 359–362).

57. Diallo A.O., Len C., Morgan A.B., Marlair G. Revisiting physico-chemical hazards of ionic liquids // *Separation Purification Techn.* 2012. Vol. 97. Pp. 228–234.

58. Cordier J.-L., Butsch B.M., Birou B., von Stockar U. The relationship between elemental composition and heat of combustion of microbial biomass // *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 1987. Vol. 25. № 4. Pp. 305–312.

59. Ovchinnikov V.V. Thermochemistry of heteroatomic compounds: calculation of combustion and formation enthalpies of some bioorganic molecules with a different hydrophenanthrene rows // *Open J. Phys. Chem.* 2011. Vol. 1. Pp. 1–5.

60. Ovchinnikov V.V. Thermochemistry of heteroatomic compounds: enthalpy of combustion of organic compounds of group I–VII elements // *Dokl. Phys. Chem.* 2012. Vol. 443. № 1. Pp. 49–52.

61. Egolf L.M., Jurs P.C. Estimation of autoignition temperatures of hydrocarbons, alcohols, and esters from molecular structure // *Ind. Eng. Chem. Res.* 1992. Vol. 31. № 7. Pp. 1798–1807.

62. Mitchell B.E., Jurs P.C. Prediction of autoignition temperatures of organic compounds from molecular structure // *J. Chem. Inf. Comput. Sci.* 1997. Vol. 37. № 3. Pp. 538–547.

63. Raquel V. Vaz, Ana L. Magalhães, Carlos M. Silva Improved hydrodynamic equations for the accurate prediction of diffusivities in supercritical carbon dioxide // *Fluid Phase Equilibria*, Volume 360, 25 December 2013. Pp. 401–415

64. Ding Yi, Tian Yu, Zhipeng Li, Wei Zuo, Jun Zhang A comprehensive study into fouling properties of extracellular polymeric substance (EPS) extracted from bulk sludge and cake sludge in a mesophilic anaerobic membrane bioreactor // *Bioresource Technology*, Volume 192, September 2015, Pp. 105–114

65. Luis G. Valerio Jr., Kirk B. Arvidson, Ronald F. Chanderbhan, Joseph F. Contrera Prediction of rodent carcinogenic potential of naturally occurring chemicals in the human diet using high-throughput QSAR predictive modeling // *Toxicology and Applied Pharmacology*, Volume 222. Issue 1. 1 July 2007. Pp. 1–16

66. Королев Д.С., Калач А.В., Каргашилов Д.В. Прогнозирование пожароопасных свойств веществ и материалов с использованием дескрипторов и нейронных сетей // *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова*. 2015. №4. С. 100–103.

67. Королев Д.С., Калач А.В., Категорирование помещений на основе дескрипторов и метода нейронных сетей // *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова*. 2015. №5. С. 210–213.

68.Королев Д.С., Калач А.В., Каргашилов Д.В. Выбор системы молниезащиты с использованием дескрипторов и нейронных сетей// Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2015. №4 (15). С. 26–30

69.Королев Д.С., Калач А.В., Каргашилов Д.В., Сорокина Ю.Н. Прогнозирование основных показателей пожаровзрывоопасности органических соединений с помощью дескрипторов и искусственных нейронных сетей, используемых в расчете пожарного риска

// Пожаровзрывобезопасность. 2015. №9. С.32–38

70.Раевский О.А. Свойства химических соединений и лекарств как функции их структуры. М. Химия, 2013 . 353 с.

71.Королев Д.С., Калач А.В., Рудаков О.Б. Прогнозирование пожароопасных свойств веществ // Безопасность в техносфере. Т. 56. №5. С. 3 – 6. DOI: 10.12737/16957

72.Hansch C. Drug Metabolism Rev.,15, 1279 (1984-85).

Korolev D.S.

MODERN METHODS FIRE HAZARDOUS PROPERTIES OF SUBSTANCES (REVIEW)

The problem of predicting the properties of flammable substances is a priority today. Lack of information about your material does not allow to fully develop the system to prevent fire. Therefore, to solve this problem offers a variety of techniques and methods for determining fire risk assessment of the properties of substances and materials. This article deals with modern methods of predicting the properties of substances. Showing their features.

Key words: forecasting, handles, artificial neural networks, methods, codes, coefficients.

Королев Денис Сергеевич, преподаватель кафедры пожарной безопасности технологических процессов.
Воронежский институт Государственной противопожарной службы МЧС России
Адрес: Россия, 394052, г. Воронеж, ул. Краснознаменная, 231
E-mail: otrid@rambler.ru

Василенко Т.А., канд. техн. наук, доц.,
Мохаммед Абдифатах Харед, магистрант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ПРИМЕНЕНИЕ ОСАДКА МЕХАНИЧЕСКОЙ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ БЫТОВЫХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД В КАЧЕСТВЕ УДОБРЕНИЯ

pe@intbel.ru

Согласно российским нормативным документам, отработанный активный ил, образующийся в результате очистки бытовых и производственных сточных вод на станции биологической очистки г. Белгорода отнесен к первой категории и может быть использован под все виды сельскохозяйственных культур, кроме овощных, в то же время он полностью подходит для технической и биологической рекультивации загрязненных почвогрунтов по содержанию тяжелых металлов. Проведен эксперимент по использованию смешанного осадка сточных вод в различных пропорциях с почвой и совместно с пылью электрофильтров цементного производства (в количестве 1,5 и 2,5 %). Осуществлен подбор оптимальной почвенной смеси, содержащей осадок биологической и механической очистки сточных вод и пыли электрофильтров цементного производства. Определены фитотоксичность, всхожесть и длина стеблей семян кресс-салата (*Lepidium sativum*), ячменя (*Hordéum vulgáre*) и пшеницы (*Triticum vulgare*) в почвенных смесях. Методом рентгеноструктурного анализа определено содержание четырех тяжелых металлов (цинк, железо, марганец и медь) в золе зеленой массы проростков сельскохозяйственных культур *Triticum vulgáre* и *Hordéum vulgáre*, которые были выращены в почвенных смесях с добавкой осадка.

Ключевые слова: осадки сточных вод, органо-минеральные удобрения; тяжелые металлы, фитотоксичность, пыль электрофильтров цементного производства, почва.

Введение. Осадок (отработанный активный ил), образующийся в результате очистки бытовых и производственных сточных вод на станциях биологической очистки, в Российской Федерации рассматривается как органическое удобрение [1–3]. На основании многолетних исследований разработаны стандарты (ГОСТ Р 17.4.3.07-2001, ГОСТ Р 54534-2011 и ГОСТ Р 54535-2011) по их применению в качестве удобрений под сельскохозяйственные и садово-огородных культуры, а также для биологической рекультивации нарушенных земель и полигонов [4–6]. Свежие осадки сточных вод (ОСВ) относятся к четвертому классу опасности по федеральному классификатору отходов («Ил избыточный биологических очистных сооружений хозяйственно-бытовых и смешанных сточных вод», код отхода 7 22 200 01 39 4 и «Ил избыточный биологических очистных сооружений в смеси с осадком механической очистки хозяйственно-бытовых и смешанных сточных вод», код отхода 7 22 201 11 39 4), содержат ионы тяжелых металлов, патогенную микрофлору, часто засорены инородными предметами, что затрудняет их использование в качестве удобрений.

Детоксикация тяжелых металлов проводится путем перевода металлов в малорастворимые или не растворимые не токсичные аминокислотные комплексы, а также путем компостирования осадков с органическими удобрениями, содержащими кальций [7, 8]. Предлагается реагентная или реагентно-термическая обработка ОСВ с целью их детоксикации [9]. Авторами исследо-

ваны процессы биовыщелачивания металлов из ОСВ с участием гетеротрофов, при этом происходит гидрофобизация иловых коллоидов и снижение их отрицательного заряда, детоксикация ила, обогащение биоэлементами [10] или же с использованием гуминовых кислот в виде гумино-минерального концентрата [11]. Для получения осадка, который будет соответствовать необходимым требованиям, разработан ферментно-кавитационный метод с применением установки для их переработки [12]. Предлагается технология утилизации осадков сточных вод путем компостирования с торфом [13]. Разработан способ, который позволяет снизить экологическую нагрузку при термическом обезвреживании ОСВ, при этом проводят обработку осадка кальцийсодержащими реагентами для извлечения тяжелых металлов, центрифугирование, сушка и пиролиз при температуре 450–550 °С, что снижает эмиссию серо- и хлорсодержащих соединений [14]. В Санкт-Петербурге ОСВ сжигают в кипящем слое *Pyrofluid* с целью уменьшения их количества более чем в десять раз [15]. Они могут быть использованы в производстве строительных материалов [16], для рекультивации нарушенных земель [17–19]. Осадки относятся к крупнотоннажным отходам, образуются непрерывно, их длительное накопление на территории сооружений водоподготовки и очистки сточных вод оказывает негативное влияние на окружающую среду. Работа посвящена исследованию возможностей применения ОСВ в качестве органоминерального удобрения на основа-

нии анализа данных о их составе и о состоянии почв.

Методика. Правильное применение ОСВ позволит повысить плодородие почв и урожайность сельскохозяйственных культур, обеспечит охрану окружающей среды. Ежедневно на очистных сооружениях бытовых и производственных сточных вод г. Белгорода при обезвоживании флокулянтном смешанного осадка механической (500 м³/сут.) и биологической очистки (1000 м³/сут.) получают около 70 м³/сут. кека. Данный обезвоженный кек состоит из осадка механической (на 1/3) и биологической очистки (2/3), который предварительно обработан овицидным препаратом «Пуроллат». Установлена доля органической части в кеке, которая составляет 64,5 %, при этом в норме должно быть не менее 20 % [1]. Содержание тяжелых металлов и мышьяка в исследуемой почве и в смешанном ОСВ не превышает допустимые нормы (табл. 1 и 2). Согласно ГОСТ Р 17.4.3.07-2001 осадок отнесен к первой категории и может быть использован под все виды сельскохозяйственных культур, кроме овощных, грибов, зелени и земляники, в то же время он полностью подходит для технической и биологической рекультивации загрязненных почвогрунтов по содержанию тяжелых металлов по ГОСТ Р 54534-2011 [2]. Проведен эксперимент по использованию смешанного ОСВ в различных пропорциях

с почвой и совместно с пылью электрофильтров цементного производства (в количестве 1,5 и 2,5 %). Содержание ОСВ составило, % к массе смеси: 20,0; 30,0; 40,0; 50; 60 и 100 %. Задачами исследования являлось:

1. Подбор оптимальной почвенной смеси, содержащей осадок биологической и механической очистки сточных вод и пыли электрофильтров цементного производства.

2. Определение всхожести (%) и длины стеблей семян кресс-салата (*Lepidium sativum*), ячменя (*Hordéum vulgäre*) и пшеницы (*Triticum vulgäre*) в почвенных смесях.

3. Определение фитотоксичности ОСВ по массе растений на вегетационный сосуд (%).

4. Определение концентрации тяжелых металлов в зеленой массе проростков для злаковых культур в пересчете на сухое вещество (*Hordéum vulgäre*, *Triticum vulgäre*), мг/кг.

Почва отбиралась в парковой зоне на территории БГТУ им. Шухова в сентябре 2014 г. Содержание тяжелых металлов и мышьяка анализировалось по методикам определения тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства и по определению мышьяка в почвах фотометрическими методами; значение pH (по хлориду калия) составило 6,8 (при норме pH_{KCl} > 5,5). В табл. 3 приведены данные по содержанию органического вещества (гумус), азота, фосфора и калия.

Таблица 1

Содержание тяжелых металлов в осадке сточных вод

Наименование металла	Концентрация, мг/кг сухого вещества, не более, для осадков группы		
	Группа I	Группа II	Осадок
Свинец (Pb)	250	500	21,4
Кадмий (Cd)	15	30	0,723
Никель (Ni)	200	400	20,8
Хром (Cr)	500	1000	0,723
Цинк (Zn)	1750	3500	485,7
Медь (Cu)	750	1500	160,4
Ртуть (Hg)	7,5	15	0,184
Мышьяк (As)	10	20	0,75

Таблица 2

Результаты анализов содержания тяжелых металлов в почве (валовые формы)

Содержание тяжелых металлов (мг/кг сухого вещества)							
Металл	Свинец	Кадмий	Никель	Хром	Цинк	Ртуть	Мышьяк
ОДК для почвы, pH _{KCl} > 5,5	130	2,0	80	не установлена	220	2,1	3,23
Исследуемая почва	15,40	0,332	22,81	21,29	32,43	0,025	10

Таблица 3

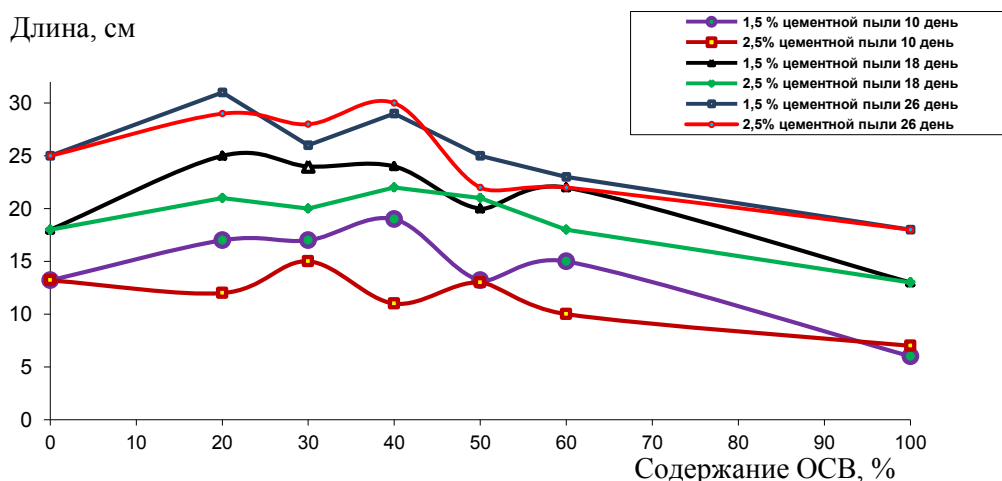
Результаты испытаний образца почвы на содержание гумуса, азота, фосфора и калия

Наименование показателя	Ед. измерения	Наименование НД, регламентирующей методику проведения испытаний	Фактическое значение по результатам измерения	Погрешность значения	Группировка по содержанию
Степень кислотности (pH_{KCl} вытяжки)	Ед. pH	ГОСТ 26483-85	6,8	$\pm 0,1$	нейтральная
Азот гидролизующий	мг/кг	по методу Корнфилда, МСХ, 1985 г.	151	± 15	средняя
Органическое вещество (гумус)	%	ГОСТ 26213-91	4,9	$\pm 0,73$	средняя
Фосфор подвижный	мг/кг	ГОСТ 26213-91	43	$\pm 3,0$	повышенная
Калий подвижный	мг/кг	ГОСТ 26213-91	530	± 42	высокая

В работе для приготовления почвенных смесей использовали пыль электрофильтров ЗАО «Белгородский цемент», которая имеет щелочную реакцию среды, содержит калий в количестве более 5,0 % в пересчете на оксид. Согласно литературным данным пыль может быть использована для раскисления кислых почв и как удобрение, ее химический состав представлен, % масс.: Fe_2O_3 – 6,49–7,11; CaO – 44,97–53,54; SiO_2 – 14,27; Al_2O_3 – 1,28–6,20; MgO – 0,53–6,32; K_2O – 5,25; Na_2O – 0,25; SO_3 – 2,30; Cl – 2,24; ппп – 4,84–22,1. Пыль представляет собой смесь карбонатов с преобладанием карбоната кальция, бикарбонатов, гидроксида кальция, сульфатов, глинистых минералов, тонкодисперсного кремнезема, в небольшом коли-

честве силикатов калия, а также пониженное количество клинкерных минералов. Присутствуют гипс, оксид кальция, полуторные оксиды и некоторые микроэлементы. При приготовлении почвенных смесей учитывалось значение pH водной вытяжки, которое не должно выходить за пределы, более чем 8,0.

Основная часть. Семена ячменя и пшеницы высаживали в пластиковые контейнеры (вегетационные сосуды) в количестве по сто штук. Повторность эксперимента была трехкратная. На рис. 1–6 приведена зависимость длины ростков и всхожести семян ячменя (*Hordéum vulgäre*), пшеницы (*Triticum vulgäre*) и кресс-салата (*Lepidium sativum*) от содержания ОСВ в почвенных смесях.

Рис. 1. Зависимость длины ростков *Hordéum vulgäre* от содержания ОСВ в почвенных смесях

Как видно из представленных результатов, длина ростков уменьшается с увеличением доли осадка в почвенных смесях (особенно после 40–50 %), что говорит о его фитотоксическом действии. В тоже время, он отнесен к первой категории по ГОСТ Р 17.4.3.07-2001. Возможным фактором негативного влияния осадка биологической очистки является то, что он является техногенным отходом и разработанные нормативы по содержанию металлов в осадке ориен-

тированы на санитарно-гигиеническое нормирование для человека, но не учитывают фитотоксическое действие на растения.

Как следует из рис. 3 и 4 всхожесть семян ячменя и пшеницы снижается с увеличением доли осадка, более чувствительным из двух злаковых является ячмень. Следует отметить положительное влияние добавки осадка в количестве до 40 % на всхожесть семян. Сравнивая содержание пыли электрофильтров цементного про-

изводства, следует отметить, что ее содержание в количестве 1,5 % также положительно влияет

на растения, а содержание 2,5 % снижает всхожесть семян.

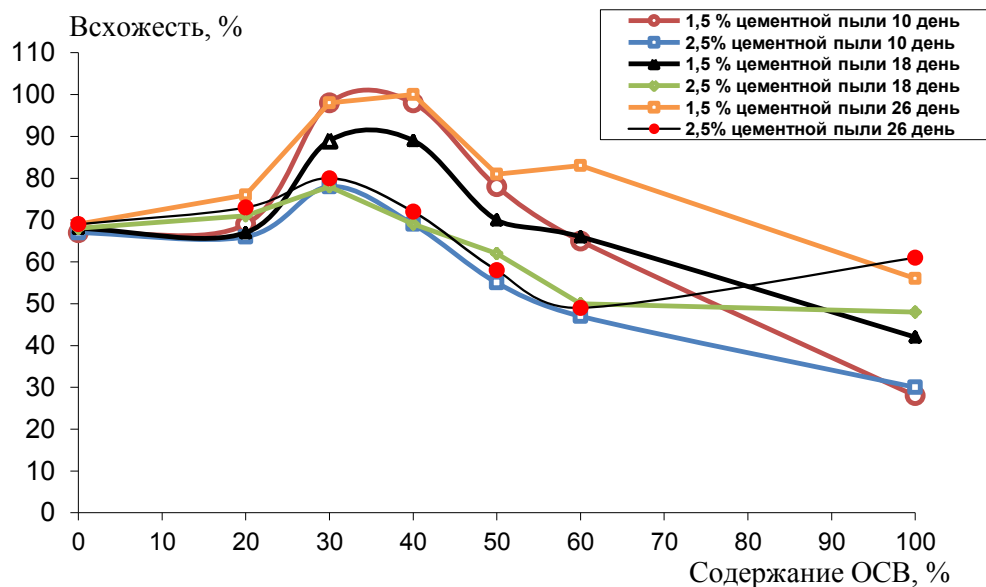


Рис. 2. Зависимость всхожести *Hordéum vulgare* от содержания ОСВ в почвенных смесях

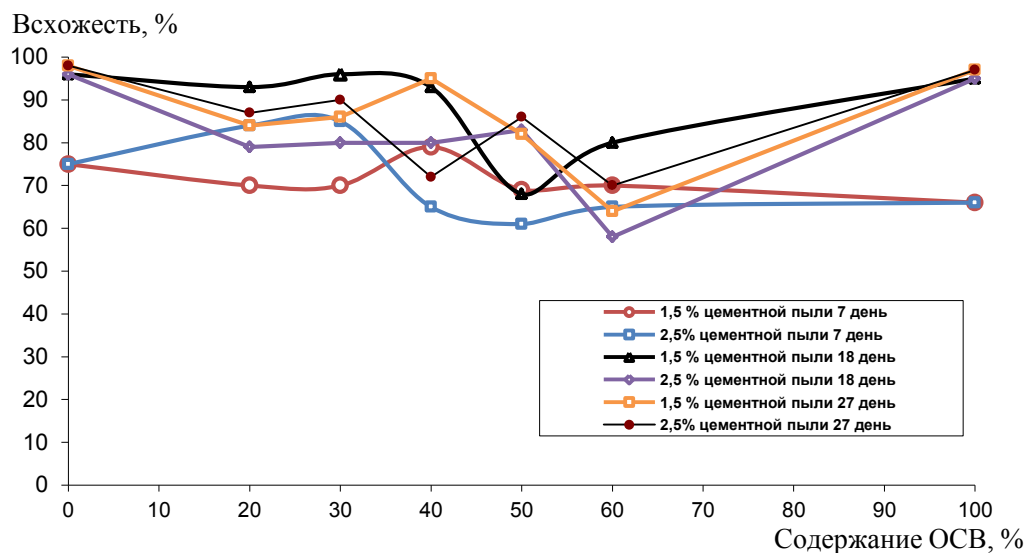


Рис. 3. Зависимость всхожести семян *Triticum vulgare* от содержания ОСВ в почвенных смесях

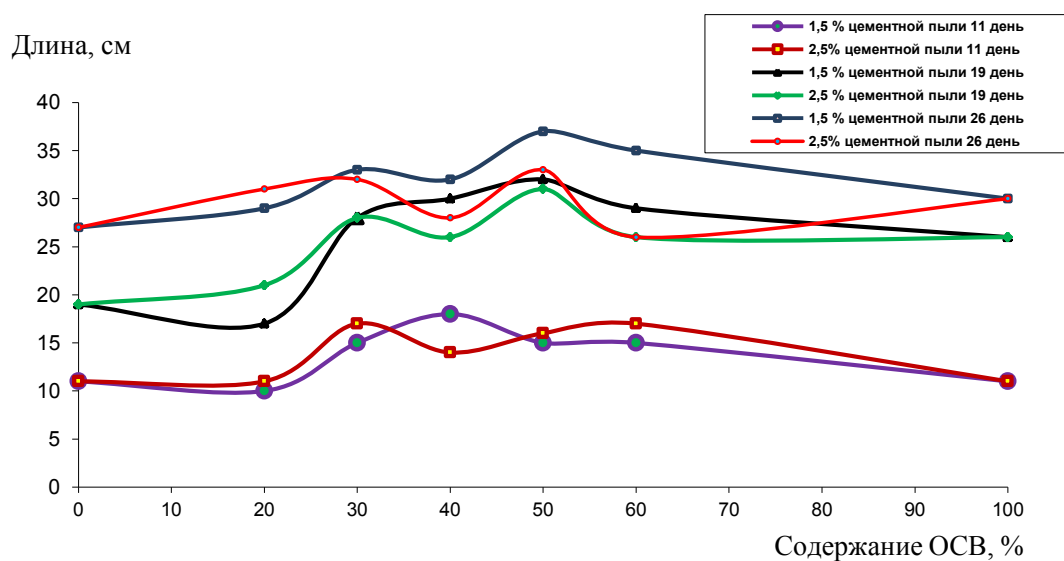
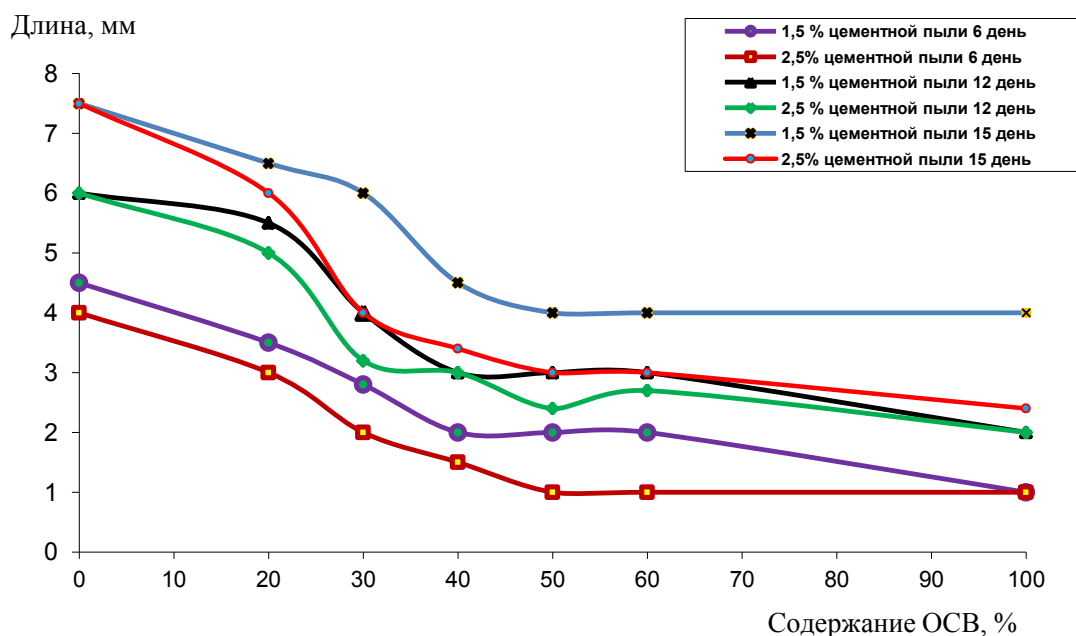
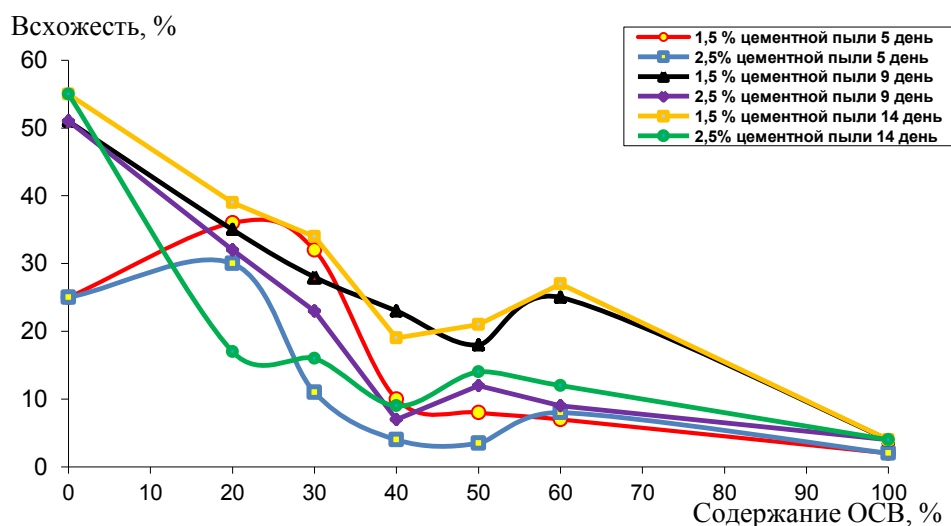


Рис. 4. Зависимость длины ростков *Triticum vulgare* от содержания ОСВ в почвенных смесях

Рис. 5. Зависимость длины ростков *Lepidium sativum* от содержания ОСВ в почвенных смесяхРис. 6. Зависимость всхожести семян *Lepidium sativum* от содержания ОСВ в почвенных смесях

Кресс-салат оказался самым чувствительным растением, из рис. 5 следует отметить, что с увеличением доли осадка длина ростков уменьшается. Например, на 12 день эксперимента, длина стеблей в контроле составила 6 см (при наличии 1,5 % пыли электрофильтров цементного производства), а в осадке биологической очистки – 2 см. Пыль электрофильтров в количестве 2,5 % не рекомендуется, т.к. она угнетает проростки по сравнению с содержанием 1,5 %, т.е. при содержании пыли 1,5 %, при прочих равных условиях (одинаковая доля осадка биологической очистки) длина стеблей выше на 6, 12 и 15 дни эксперимента.

В отношении кресс-салата визуально было заметно негативное воздействие ОСВ с увеличением его доли в составе почвенной смеси. При содержании пыли электрофильтров

цементного производства в количестве 2,5 % ростки слабые и единичные при содержании ОСВ в количестве 40 и 50 % соответственно. В вегетационном сосуде с содержанием пыли 1,5 %, а осадка 60 % всходы дружные, в при 100 % содержании осадка они практически отсутствуют. Как известно, кресс-салат является очень чувствительным тест-объектом.

Определение тяжелых металлов в озоленной зеленой массе проростков в пересчете на сухое вещество проводили методом рентгеновской флуоресценции (XRF) на приборе «Thermo Scientific Серия ARL 9900 IntelliPower ARL 9900 WorkStation», который позволил определить элементный состав проб. Для его выполнения растения срезали, высушивали до постоянной массы, далее проводили озоление при температуре 700 °C в течении 40 минут. Количество тя-

желых металлов в золе определяли с использованием формулы:

$$C_{\text{TM}} (\%) = C_{\text{TM в золе}} \frac{M_{\text{зола}}}{M_{\text{сух. вва}}} \cdot 100\% \quad (1)$$

где C_{TM} – масса тяжелых металлов, %; $C_{\text{TM в золе}}$ – масса тяжелых металлов в золе, г; $M_{\text{зола}}$ – масса золы, г; $M_{\text{сух. вва}}$ – масса сухого вещества (высушенная зеленая масса ростков злаковых культур), г.

В дальнейшем вели пересчет на сухое вещество в мг/кг сухой продукции. Согласно нормативном документу [20] предельно допустимые концентрации цинка, железа и меди в грубых и сочных кормах составляют 50,0; 50,0 и 30 мг/кг корма соответственно. Марганец согласно данному документу не нормируется в растительных кормах, но в табл. 4 и 5 представлен и в отношении него наблюдается тенденция к увеличению с ростом доли ОСВ в составе почвенной смеси. Как видно из приведенных данных, содержание меди не превышает во всех случаях.

Таблица 4

Содержание тяжелых металлов в зеленой массе *Hordéum vulgäre*, мг/кг

Металл	Содержание ОСВ в почвенной смеси, % (в пересчете на сухое вещество)							
	Почва	Песок	20	30	40	50	60	100
Содержание пыли электрофильтров цементного производства 2,5 %								
Fe	18,0	20,4	15,5	29,0	42,0	51,0	73,0	66,5
Cu	16,5	0,9	10,0	13,0	12,9	29,0	30,0	28,5
Zn	37,0	20,0	27,2	30,0	44,5	56,0	59,0	52,0
Mn	62,0	12,0	22,5	38,0	34,5	67,0	78,0	75,0
Содержание пыли электрофильтров цементного производства 1,5 %								
Fe	18,0	20,9	26,7	30	42	30,0	25,0	66,5
Cu	16,5	60,0	50,0	20,0	10,0	8,2	10,0	28,5
Zn	37,0	20,0	23,0	32,0	38,0	44,5	49,0	52,0
Mn	62,0	32,0	35,0	40,0	49,6	51,6	52,0	75,0

Содержание железа и цинка превышает норму в сухой массе ячменя от 50 % содержания ОСВ в почвенных смесях (при содержании пыли электрофильтров цементного производства 2,5 %). Количество железа превышает в зеленой

массе пшеницы при 60 % содержания ОСВ в почвенной смеси. При выращивании в сосуде, где содержание ОСВ составляло 100 %, цинк и железо в зеленой массе пшеницы также превышают.

Таблица 5

Содержание тяжелых металлов в зеленой массе *Triticum vulgäre*, мг/кг

Металл	Содержание ОСВ в почвенной смеси, % (в пересчете на сухое вещество)							
	Почва	Песок	20	30	40	50	60	100
Содержание пыли электрофильтров цементного производства 2,5 %								
Fe	11,7	7,3	21,1	20,4	27,5	41,0	60,9	74,0
Cu	8,6	0,66	14,7	15,8	17,6	19,6	19,7	27,2
Zn	32,0	15,7	34,7	35,9	38,3	36,0	49,5	58,6
Mn	80,0	44,0	24,0	53,2	66,0	59,7	75,0	85,4
Содержание пыли электрофильтров цементного производства 1,5 %								
Fe	11,7	7,3	10,6	23,6	26,2	39,4	44,0	74,0
Cu	8,6	0,66	н/о	19	н/о	н/о	н/о	27,2
Zn	32,0	15,7	17,6	19,6	22,6	38,5	32,0	58,6
Mn	50,8	44,0	61,2	66,8	57,0	68,2	73,0	85,4

Метод определения фитотоксичности методом проростков [21] основан на реакции культур при внесении в почву отхода (ОСВ и цементной пыли), он позволяет выявить ингибирующее действие веществ, их стимулирующее влияние, активизирующее развитие культур. Фитотоксический эффект (ФЭ) рассчитан по массе растений по формуле (%):

$$\text{ФЭ} = \frac{M_{\text{K}} - M_{\text{X}}}{M_{\text{K}}} \cdot 100, \quad (2)$$

где M_{K} – масса всех растений на сосуд в контрольном сосуде; M_{X} – масса всех растений, выращенных на предположительно фитотоксичной среде.

Для каждого вегетационного сосуда рассчитывали вес высушенной зеленой массы. На рис. 7–9 представлены диаграммы, по которым можно проследить стимулирующее влияние и ФЭ в зависимости от количества ОСВ и пыли электрофильтров. Как показали исследования, ФЭ по

массе на сосуд для проростков *Hordéum vulgäre* наблюдается при содержании осадка в количестве ближе к 100 %. Отрицательный результат при расчете ФЭ говорит о стимулирующем эффекте ОСВ на проростки семян. Аналогичные

результаты получены и для проростков *Triticum vulgäre* к окончанию вегетационного периода (для них фитотоксический эффект вообще отсутствует).

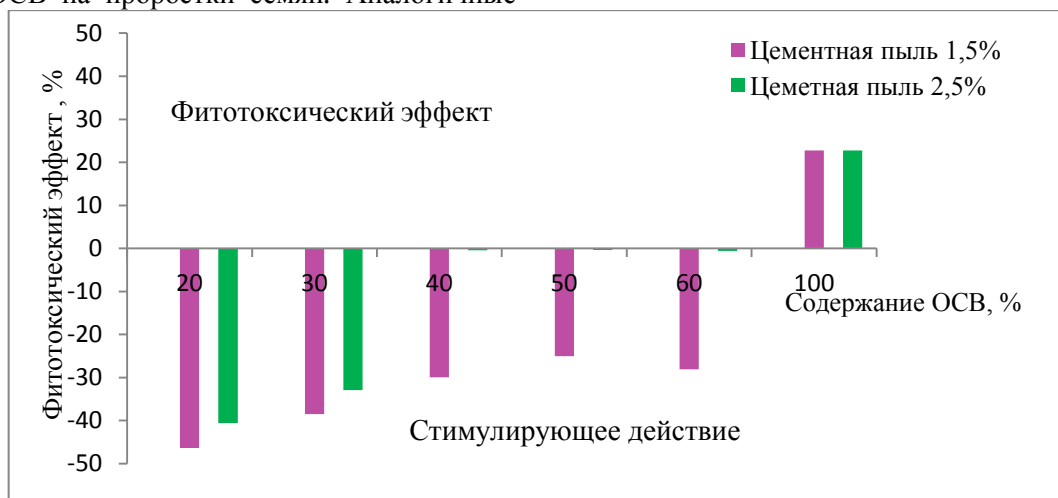


Рис. 7. Стимулирующее и фитотоксическое действие почвенных смесей с добавкой ОСВ на проростки *Hordéum vulgäre* (по массе в вегетационном сосуде на 28 день)

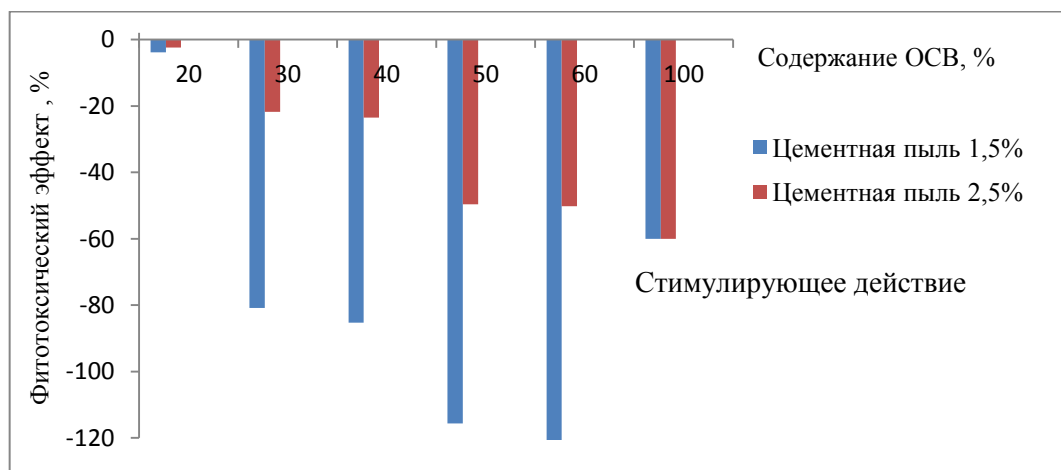


Рис. 8. Стимулирующее действие почвенных смесей с добавкой ОСВ на проростки *Triticum vulgäre* (по массе в вегетационном сосуде на 28 день)

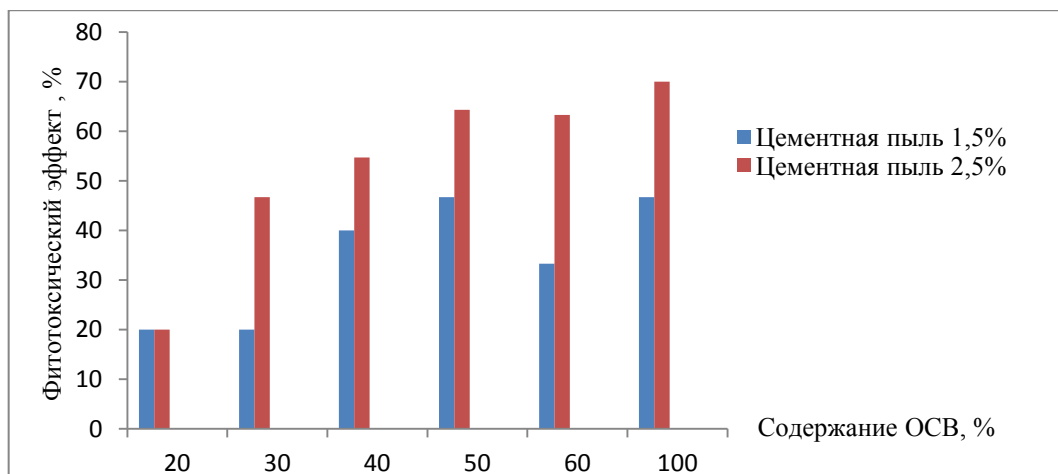


Рис. 9. Фитотоксическое действие почвенных смесей с добавкой ОСВ на проростки *Lepidium sativum* (по длине стеблей на 15 день эксперимента)

Самым чувствительным тест-объектом оказался кресс-салат, фитотоксическое действие наблюдается при содержании ОСВ от 20 до 100 % в почвенных смесях, причем ФЭ выше в случае использования пыли электрофильтров цементного производства в количестве 2,5 %. Осадки сточных вод следует использовать в качестве органо-минерального удобрения в дозах от 20 до 40 т/га при влажности 50%. Согласно полученным данным при фиксировании всхожести и длины стеблей, рекомендуемая норма осадка для пшеницы и ячменя составляет до 30–40%.

Выводы. Установлено фитотоксическое действие осадка биологической очистки и пыли электрофильтров цементного производства при их добавке к почве. Самым чувствительным тест-объектом оказался кресс-салат (*Lepidium sativum*), фитотоксическое действие наблюдается при содержании осадка в почвенных смесях от 20 до 100 %, причем ФЭ по длине проростков выше в случае использования пыли электрофильтров в количестве 2,5%. ФЭ по массе на сосуд для проростков ячменя (*Hordéum vulgáre*) наблюдается при содержании ОСВ в количестве ближе к 100 %. ФЭ для проростков *Triticum vulgáre* вообще отсутствует.

Методом рентгеноструктурного анализа определено содержание четырех тяжелых металлов (цинк, железо, марганец и медь) в золе зеленой массы сельскохозяйственных культур *Triticum vulgáre* и *Hordéum vulgáre*. Установлено, что содержание меди не превышает во всех случаях. Для марганца наблюдается тенденция к увеличению с ростом доли осадка биологической очистки в составе почвенной смеси (но он не нормируется в грубых и сочных кормах). Содержание железа и цинка превышает норму в сухой массе ячменя от 50 % его содержания в почвенных смесях (при содержании пыли электрофильтров цементного производства 2,5 %, но не при 1,5%). Железо также превышает при 60 % его содержания в зеленой массе пшеницы. При выращивании в 100 % осадке цинк и железо в зеленой массе пшеницы превышают.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Старостина И.В., Овчарова И.В., Дауд Р., Антипова А.Н. Органоминеральные удобрения – перспективность использования осадков сточных вод для их получения // Сб. материалов Междунар. научно-техн. конф. «Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды», 24–25 ноября 2015 г., Белгород. Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. Ч. III. С. 346–355.
2. Довгань С.А. Экологические, технологические и экономические аспекты использование осадков сточных вод // Экология и промышленность России. 2012. № 5. С. 28–30.
3. Пахненко Е.П. Осадки сточных вод и другие нетрадиционные органические удобрения: учебное пособие. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. 311 с.
4. ГОСТ Р 17.4.3.07-2001. Охрана природы. Почвы. Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрений. М.: Стандартинформ, 2008. 5 с.
5. ГОСТ Р 54534-2011. Ресурсосбережение. Осадки сточных вод. Требования при использовании для рекультивации нарушенных земель. – М.: Стандартинформ, 2012. 8 с.
6. ГОСТ Р 54535-2011 «Ресурсосбережение. Осадки сточных вод. Требования при размещении и использовании на полигонах». М.: Стандартинформ, 2012. 7 с.
7. Нефедов Б.К., Ермилов В.В., Поляков В.С. Использование осадков сточных вод в качестве органо-минерального удобрения // Экология и промышленность России. 2007. № 11. С. 42–45.
8. Старостина И.В., Дауд Р., Антипова А.Н. Использование кальцийсодержащих материалов для извлечения тяжелых металлов из активного ила // Сб. материалов Междунар. научно-техн. конф. «Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды», 24–25 нояб. 2015 г., Белгород. Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. Ч. III. С. 342–346.
9. Гуляева И.С. Разработка способов и технологий обработки осадков городских сточных вод, содержащих тяжелые металлы // Водоочистка. 2015. № 11–12. С. 47–59.
10. Никовская Г.Н., Калинин К.В., Бойко Ю.П. Изменение поверхностных свойств активного ила после выщелачивания тяжелых металлов // Химия и технология воды: междунар. науч.-техн. журн. Т. 35. № 4. С. 320–330.
11. Бернадинер И.М., Степанова Т.А., Хорева П.В., Д.Д. Чевычелов, Д.А. Николаев, Бернадинер М.Н. // Экология и промышленность России. 2012. № 6. С. 44–45.
12. Пындак В.И., Помогаев Е.Ф. Решение экологических проблем на очистных сооружениях с получением высокоэффективных удобрений // Водоочистка. 2013. № 1. С. 67–70.
13. Ксенофонов Б.С. Утилизация осадков сточных вод путем компостирования с торфом // Экология производства. 2011. № 2. С. 40–44.
14. Дьяков М.С., Вайсман Я.И., Глушанкова И.С. Экологически безопасный способ утилизации твердых отходов биохимических очистных сооружений с получением продуктов, обладающих

щих товарными свойствами // Экология и промышленность России. 2013. № 11. С. 53–57.

15. Сватовская Л.Б., Титова Т.С., Русанова Е.В. Новый строительный материал из осадка сточных вод // Экология и промышленность России. 2005. № 10. С. 20–21.

16. Соколов Л.И. Использование осадков сточных вод при производстве строительных материалов // Экология и промышленность России. 2006. № 2. С. 19–21.

17. Сметанин В.И., Земсков В.Н. Результаты исследования физико-механических свойств смесей осадка сточных вод с грунтами и фосфогипсом для использования их в качестве рекультивантов // Вестник МГСУ: науч.-техн. журн. по строительству и архитектуре. 2013. № 6. С. 204–213.

18. Сметанин В.И., Земсков В.Н. Исследование специально подготовленного осадка сточных вод, используемого для рекультивации

нарушенных земель // Природообустройство: науч.-техн. журн. 2013. № 3. С. 14–18.

19. Капелькина Л.П., Скорик Ю.И., Венцюлис Л.С. Использование осадка сточных вод для рекультивации земли на полигонах ТБО // Экология и промышленность России. 2009. № 9. С. 52–55.

20. Временный максимально допустимый уровень (МДУ) содержания некоторых химических элементов и госсипола в кормах для сельскохозяйственных животных и кормовых добавках (утвержденные ГУВ Госагропрома СССР 07.08.87 № 123-4/281-7 и согласованные с зам. Главного государственного санитарного врача СССР 19.08.87).

21. Орлов Д.С., Садовникова Л.К., Лозановская И.Н. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении: Учеб. пособие для хим., хим.-технол. и биолог. спец. вузов. М: Высшая школа, 2002. 334 с.

Vasilenko T.A., Mohammed Abdifatah Hared

THE APPLICATION OF SLUDGE MECHANICAL AND BIOLOGICAL TREATMENT DOMESTIC AND INDUSTRIAL SEWAGE AS FERTILIZER

*According to Russian normative documents, the waste activated sludge generated from the treatment of domestic and industrial wastewater in the biological treatment plant of Belgorod assigned to the first category and can be used under all kinds of crops, except vegetable, in the same time it is fully suitable for technical and biological recultivation of soils polluted by heavy metals. Conducted an experiment using mixed sewage sludge in different proportions with the soil and together with the electrostatic dust cement production (in quantities of 1.5 and 2.5%). Selection of an optimal soil mixture containing the precipitate biological and mechanical sewage treatment and electrostatic dust cement production. Defined phytotoxicity, germination and stem length of seeds of watercress (*Lepidium sativum*), barley (*Hordéum vulgáre*) and wheat (*Triticum vulgare*) in soil mixtures. The x-ray diffraction analysis determined the contents of four heavy metals (zinc, iron, manganese and copper) in the ash of the green mass of seedlings of crops *Triticum vulgáre* and *Hordéum vulgáre* that were grown in soil mixtures with the addition of sediment.*

Key words: sewage sludge, organic-mineral fertilizers; heavy metals, phytotoxicity, electrostatic dust cement production, soil.

Василенко Татьяна Анатольевна, кандидат технических наук, доцент кафедры промышленной экологии

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

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

E-mail:land-vna78@list.ru

Мохаммед Абдифатах Харед, магистрант кафедры 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.*

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ СОВОКУПНОГО ИНТЕГРАЛЬНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ РИСКОВОГО ОКРУЖЕНИЯ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ РЕКОНСТРУКЦИИ ОБЪЕКТОВ НЕДВИЖИМОСТИ

igor_bgtu@mail.ru

Существенный исследовательский потенциал присущ аспектам оптимизации практического инструментария инвестиционного анализа, повышения адекватности и достоверности оценок экономической эффективности инвестиционных проектов реконструкции объектов недвижимости. Эта достоверность, особенно в условиях одномоментного возникновения нескольких инвестиционных альтернатив во многом обеспечивает инвестору объективное представление о потенциальной эффективности и рентабельности инвестиционных вложений в реконструкцию. В работе предлагается методика построения совокупного интегрального показателя рискованного окружения инвестиционных проектов реконструкции объектов недвижимости, необходимая для повышения достоверности расчета ставки дисконтирования инвестиционных проектов реконструкции и дальнейшей корректировки планов денежных потоков и экономических показателей.

Ключевые слова: *Инвестиционный проект реконструкции, рискованное окружение, ставка дисконтирования, рискованные факторы, совокупный интегральный рискованный показатель объектов реконструкции.*

Введение. Очевидно, задачи корректного ранжирования инвестиционных проектов реконструкции объектов недвижимости 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, рискованное окружение инвестиционных проектов реконструкции объектов недвижимости) условия ведения хозяйственной деятельности участниками строительства будут положены в их основу [1].

Инвестиционно-строительная деятельность как и любая отрасль современной интенсивной экономики, основанная на прогнозах и предположениях подвержена воздействию неопределенности и риска [2]. Значительный аналитический базис практическая рискология получила в области рынка финансовых инвестиций, в то время как сектор производственных (прямых) инвестиций оперирует во многом эмпирическими и субъективными методиками оценки и учета рисков контрагентов, усугубляемыми многообразием трактовок и методологических подходов к определению ключевых понятий инвестиционного анализа — ставки дисконтирования, рис-

кового окружения проекта и т.д., многие из которых содержат внутренние противоречия или несовместимы друг с другом [3].

Отечественными и зарубежными учеными выполнен существенный объем исследовательской работы в этом направлении, однако, на наш взгляд, значительный резерв повышения экономической эффективности инвестиционных проектов реконструкции объектов недвижимости за счет более детального рассмотрения, документирования и ретроспективного анализа рискованного окружения инвестиционного проекта остается нереализованным. Одним из перспективных направлений этой деятельности можно считать индивидуальный статистический анализ совокупного экономического окружения финансово-хозяйственной деятельности инвестора. В сфере прямых инвестиций, к которым относятся и вложения в строительном секторе экономики, определяющими аспектами такого анализа являются множественные факторы организационно-технологического и финансово-экономического характера, выражаемые последствиями наступления того или иного риска.

Методология. Для инвестиционно-строительный проект (ИСП) реконструкции характерны специфические и общие инвестиционные риски. Среди всех рисков, присущих ИСП, можно выделить снижение прибыли, сто-

имости активов, возникновение дополнительных затрат. Анализ рискового окружения заключается в получении достоверных критериев эффективности инвестпроекта и повышении обоснованности инвестиционного решения [4].

Основополагающим фактором рискового окружения ИСП является так называемое асимметричное распределение информации, отсутствие знаний о будущих переменных. Составляющие риска — это отклонение действительности от ожидаемого. Рисковые финансовые потери связаны с недостижимостью поставленных целей, просчетами в прогнозировании, субъективизмом в оценке ожидаемых результатов [5].

В настоящее время в практике строительного инвестирования не существует единых, универсальных подходов к разработке плана реализации ИСП. Как правило, инвестор опирается на сложившийся в данной сфере деятельности опыт, сочетая его с прогнозом пропорционального распределения реализуемых ИСП во времени [3]. Однако, можно выделить следующие основные риски, существующие в процессе планирования и реализации ИСП: маркетинговый риск, риск нежизнеспособности проекта, риск несоблюдения графика проекта, риск превышения бюджета проекта, а также общеэкономические риски.

Экономическая эффективность ИСП во многом зависит от того, насколько объективно и полно учитываются и оцениваются риски на прединвестиционной стадии, еще до осуществления его реализации. Оценить рисковое окружение ИСП можно заложив поправку на риск в ставку дисконтирования, если речь идет о небольших проектах или провести комплексное исследование рисков, если проект крупный [6].

В изучении рискового окружения ИСП сегодня имеется еще ряд слабоизученных проблем, требующих скорейшего разрешения. В частности, к ним можно отнести проблему формирования эффективного управления инвестиционными рисками в строительной отрасли, а также принятия эффективных инвестиционных решений в условиях риска. Специфика строительной отрасли накладывает определенные особенности на динамику проявления конкретных ситуаций неопределенности, что позволяет говорить о различной степени актуальности и специфических особенностях тех или иных рисков применительно к ИСП.

Строительство как отрасль материального производства характеризуется уникальным набором таких внешних и внутренних факторов, сопутствующих инвестиционным процессам, формирующим устойчивый спектр организационно-технологических и финансовых рисков,

отражающий вид, качество и последовательность производимых строительно-монтажных работ. В отраслевой литературе установлена возможность упрощенного деления инвестиционно-строительных рисков на организационно-технологические и финансово-экономические [7].

В 1994 г. были разработаны «Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования», утвержденные Госстроем, Министерством экономики, Министерством финансов и Госкомпромом России [8]. На сегодняшний же день к числу главных недостатков Рекомендаций относится отсутствие методики построения количественных эквивалентов рисков, связанных с осуществлением проекта, особенно для инвестиционных проектов реконструкции объектов недвижимости несмотря на то, что учет неопределенности и рисков декларируется ими приоритетным принципом оценки экономической эффективности инвестиций, в том числе и в ИСП.

Основная часть. Основной проблемой для анализа инвестиций с использованием критериев дисконтирования денежных потоков в условиях неопределенности и неполной информации о проекте является выбор оптимальной ставки дисконтирования (СД). Распространенным методом определения значения СД является кумулятивный, в основе которого лежит эмпирический принцип назначения некоторой базовой безрисковой ставки с ее повышением на величину т.н. премии за риск. Простота использования данного метода компенсируется его главным недостатком — высокой степенью субъективности экспертных оценок [9]. Если в качестве приближенного значения безрисковой СД используются различные количественные показатели, хотя бы относительно достоверно характеризующие доходность максимально надежного альтернативного размещения капитала или требования к таковой, то наличие того или иного фактора риска и значение каждой рисковой премии определяются преимущественно качественно, с учетом большого количества специфических особенностей объекта и сегмента рынка инвестиций, поэтому величина премий за риск у разных исследователей может варьироваться в больших пределах [10].

С методологической и экономической точек зрения, по нашему мнению, в рамках реализации инвестиционно-строительных проектов реконструкции объектов недвижимости от практики использования безрисковых методов расчета СД, на наш взгляд, следует полностью отказаться, в связи с не достоверностью получаемых ис-

ходных данных для расчета ставки дисконтирования, а использовать для расчета СД методов основанных на различных «премиях за риск» [11]. Учет рисков и случайностей инвестиционно-строительного проекта необходимо рассмотреть в наиболее, на наш взгляд, доступном и объективном методе:

$$R = R_f + Z_{\text{риск}} \quad (1)$$

где R – ставка дисконтирования; R_f – безрисковая ставка дохода; $Z_{\text{риск}}$ – величина рисков.

Для применения данного метода для расчета рискованной ставки дисконтирования при инвестиционных вложениях в реконструкцию объектов недвижимости необходимо разработать модифицированную модель оценки капитальных вложений в реконструкцию объектов недвижимости с применением факторного метода расчета и рискованного коэффициента эластичности с дальнейшей корректировкой ставки дисконтирования посредством применения совокупного интегрального рискованного показателя объектов реконструкции, преобразованная формула расчета СД имеет следующий вид [12]:

$$R_{\text{рек}} = R_f + K_{\text{эл}} \times Z_n \quad (2)$$

где $R_{\text{рек}}$ – ставка дисконтирования для объектов реконструкции; Z_n – совокупный интегральный рискованной показатель объектов реконструкции; $K_{\text{эл}}$ – коэффициент эластичности величины рискованных премий для объекта реконструкции; R_f – безрисковая ставка дохода, рассчитывается по формуле:

$$R_f = \left(1 + \frac{r_f}{365}\right)^{365} - 1 = 10,5 \quad (3)$$

где r_f – доходность по депозитным операциям, определяется по данным Центробанка РФ, на 2015 г. составляет 10 %;

Факторный метод расчета совокупного интегрального рискованного показателя Z_n при инвестиционных вложениях в реконструкцию основывается на применении набора факторов, описываемых и внедренных в работе [13] и характеризующих рискованное окружение реконструкции. Алгоритм расчета рискованного коэффициента основывается на 4-х этапах:

На 1-ом этапе методом агрегирования определяем принадлежность каждого фактора к организационно-технологическому или финансово-экономическому риску:

Таблица 1

Агрегирование рискованных факторов

№	Рискованный фактор	Организационно-технологический риск (30%)	Финансово-экономический риск (70%)
1	Градостроительный потенциал		+
2	Процент износа	+	
3	Конструктивные и объемно-планировочные характеристики здания	+	
4	Этажность здания	+	
5	Строительный объем		+
6	Плотность застройки	+	
7	Состояние инфраструктуры		+
8	Экологическая обстановка		+
9	Территориальный потенциал		+
10	Инженерные сети	+	

На 2-ом этапе присваиваем величину риска каждой группе и назначаем весовые коэффициенты каждому рискованному фактору с учетом функционального назначения объекта недвижимости по правилу Фишберна по формуле:

$$r_i = \frac{2(n-i+1)}{(n+1)n} \quad (4)$$

где r_i – рейтинговый коэффициент, n – величина рейтинга.

На 3-ом этапе рассчитываем значение риска для каждого фактора по формуле:

$$Z_n = Z \times r_i \quad (5)$$

где: Z_n – совокупный интегральный рискованной показатель объектов реконструкции; Z – общий риск.

На 4-ом этапе проводим корреляцию величины риска для каждого фактора и балльной оценки и заносим результаты в таблицу 2.

В результате натурного расчета ставки дисконтирования для ряда инвестиционно-строительных проектов реконструкции с учетом всех корректировок, коэффициентов и констант

были получены следующие зависимости ставки дисконтирования от величины рисков.

Анализируя результаты, получаем скорректированное уравнение расчета ставки дисконтирования для инвестиционно-строительных проектов объектов реконструкции:

$$R_{рек} = \alpha + \beta \times Z_n \quad (6)$$

где α и β – рисковые коэффициенты объектов реконструкции, подбираемые экспертным путем: $\alpha=0,19$; $\beta=0,125$.

Следующим этапом идет непосредственный расчет ставки дисконтирования и коэффициента дисконтирования, который будет являться основной корректировки денежных потоков при расчете инвестиционных показателей капитальных вложений в реконструкцию объектов недвижимости [14].

Таблица 2

Величина индивидуальных рисков ИСП реконструкции

Рисковый фактор	Организационно-технологический риск (30%)		Финансово-экономический риск (70%)	
	Коммерческие объекты	Жилые и социальные объекты	Коммерческие объекты	Жилые и социальные объекты
1	-	-	0 баллов = 23,3 % 100 баллов = 0 %	0 баллов = 23,3 % 100 баллов = 0 %
2	0 баллов = 10 % 100 баллов = 0 %	0 баллов = 10 % 100 баллов = 0 %	-	-
3	0 баллов = 4 % 100 баллов = 0 %	0 баллов = 2 % 100 баллов = 0 %	-	-
4	0 баллов = 2 % 100 баллов = 0 %	0 баллов = 4 % 100 баллов = 0 %	-	-
5	-	-	100 баллов=18,6 % 0 баллов = 0 %	100 баллов = 4,6 % 0 баллов = 0 %
6	0 баллов = 8 % 100 баллов = 0 %	0 баллов = 6 % 100 баллов = 0 %	-	-
7	-	-	0 баллов = 14 % 100 баллов = 0 %	0 баллов = 14 % 100 баллов = 0 %
8	-	-	0 баллов = 4,6 % 100 баллов = 0 %	0 баллов = 18,6 % 100 баллов = 0 %
9	-	-	0 баллов = 9,3 % 100 баллов = 0 %	0 баллов = 9,3 % 100 баллов = 0 %
10	0 баллов = 6 % 100 баллов = 0 %	0 баллов = 8 % 100 баллов = 0 %	-	-

Таблица 3

Зависимость ставки дисконтирования от величины рисков

$R_{рек}$	0,2025	0,215	0,2275	0,24	0,2525	0,265	0,2775	0,29	0,3025	0,315
Z_n , %	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1

Коэффициент дисконтирования рассчитывается по следующей формуле, приведенной в [8]:

$$\alpha_{r(рек)} = \frac{1}{(1+R_{рек})^{t_m-t_0}} \quad (7)$$

где α_r – коэффициент дисконтирования; $R_{рек}$ – ставка дисконтирования для объектов реконструкции; $t_m - t_0$ – период в годах.

Выводы. Предлагаемый нетрадиционный подход к учету рисков инвестиционно-строительного проекта реконструкции основан на введении и инструментарии инвестиционного

аналитика процедуры формализуемой регистрации и учета индивидуальных организационно-технологических и финансово-экономических рисков объектов реконструкции, позволяющей подвести аналитическую основу под количественную интерпретацию качественных состояний рискованного окружения реконструкции для дальнейшей корректировки планов денежных потоков при расчете экономических показателей [15].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Жариков И.С. К вопросу о необходимости совершенствования методики оценки объек-

тов 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. Галасюк В., Вишневская А. Метод NPV: фундаментальные недостатки // Финансовый директор. 2005. 2(30). С.12–19.

4. Жариков И.С., Шарапова А.В. Современный механизм концепции технико-экономического обоснования инвестиционно-строительного проекта // В сборнике: Теоретические и прикладные вопросы науки и образования сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 16 частях. 2015. С. 58–62.

5. Жариков И.С., Шарапова А.В., Потапенко Ю.С. Понятие и экономическое содержание инвестиций в строительство и реконструкцию в России // Научные труды SWorld. 2015. Т. 18. № 1 (38). С. 50–55.

6. 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.

7. Зуева, Л. М. Учет факторов риска в строительном производстве // Экономика строительства. 1997. № 8. С. 46–53.

8. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов: (Вторая редакция) / М-во экон. РФ, М-во фин. РФ, ГК по стр-ву, архит. и жил. политике; рук. авт. кол.: Коссов В.В., Лившиц В.Н., Шахназаров А.Г. М.: ОАО «НПО «Изд-во «Экономика», 2000. 421 с.

9. Щенятская М. А., Авилова И. П., Наумов А. Е. Успех реализации инвестиционно-строительного проекта в контексте инфраструктурных факторов // Научные труды SWorld. 2015. Выпуск 3(40). Том 9. С. 40–44.

10. 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 31 августа 2015 г. Том 1. Тамбов, 2015. С. 180–183.

11. Щенятская М. А., Авилова И. П., Наумов А. Е. Строительное инвестирование как особый вид инвестиционной деятельности // Мир науки и инноваций. Выпуск 2(2). Том 9. Иваново: Научный мир, 2015. С. 61–65.

12. Авилова И.П., Жариков И.С. Методические аспекты экспресс диагностики эффективности инвестиционных процессов при реконструкции объектов недвижимости // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 1. С. 159–163.

13. 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.

14. Дорошенко Ю.А., Бухонова С.М., Сомина И.В. Теоретические аспекты инвестиционной привлекательности экономических систем // Белгородский экономический вестник. 2014. № 2 (74). С. 3–7.

15. Дорошенко Ю.А., Бобова К.Н. Актуальные проблемы повышения инвестиционной привлекательности России // Белгородский экономический вестник. 2012. № 2 (66). С. 20–23.

Avilova I.P., Zharikov I.S.

A METHOD OF CONSTRUCTING AN INTEGRAL INDICATOR OF THE TOTAL RISK ENVIRONMENT OF INVESTMENT PROJECTS OF RECONSTRUCTION OF OBJECTS OF REAL ESTATE

Significant research potential inherent in the aspects of optimization of practical tools of investment analysis, improve the adequacy and reliability of estimates of economic efficiency of investment projects of reconstruction of objects of real estate. This reliability, especially in conditions of simultaneous occurrence of several investment alternatives largely provides the investor with an objective view of the potential efficiency and profitability of investments in the reconstruction. This paper proposes a method of constructing an integral indicator of the total risk environment of investment projects of reconstruction of objects of real estate, necessary to improve the accuracy of the calculation of the discount rate of investment projects of reconstruction and further adjustment of plans for cash flow and economic indicators.

Key words: Investment project reconstruction, risk environment, discount rate, risk factors, and total integral risk index reconstruction.

Авилова Ирина Павловна, кандидат экономических наук, профессор.
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.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.
E-mail: igor_bgtu@mail.ru

Абакумов Р.Г., канд. экон. наук, доц.,
Унежева В.А., магистрант,
Страхова А.С., магистрант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

АНАЛИЗ СИСТЕМНЫХ ПРОБЛЕМ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА ГОРОДА БЕЛГОРОДА И ПРИМЕНЕНИЕ ЗАРУБЕЖНОГО ОПЫТА РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В СИСТЕМЕ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА

abakumovrg2000@mail.ru

В статье приводится анализ системных проблем жилищно-коммунального хозяйства города Белгорода на основе обработки обращений граждан с жалобами в адрес управляющих организаций в разрезе тематики, направления жалоб, степени удовлетворенности решением проблемы. Приводятся рейтинговые показатели деятельности управляющих организаций города Белгорода. Систематизированы проблемы жилищно-коммунального хозяйства по следующим направлениям: технические, правовые и социально-экономические, кадровые, экологические, энергосбережение. Обобщен опыт зарубежных стран в решении данных групп проблем и обоснованно его применение в системе жилищно-коммунального хозяйства города. Выделены приоритетные направления инновационной деятельности в системе жилищно-коммунального хозяйства.

Ключевые слова: проблемы, зарубежный опыт, жилищно-коммунальное хозяйство.

На сегодняшний день в России активно применяются мероприятия по повышению уровня жизни населения. Одной из важнейших составляющих качества уровня жизни являются условия проживания, то есть жилищно-коммунальное хозяйство (ЖКХ). В связи с этим становятся актуальными проблемы ЖКХ.

В настоящее время остро встал вопрос модернизации системы ЖКХ, усовершенствования проблемных направлений деятельности, таких как: техническое, правовое и социально-экономическое, кадровое, энергетическое, экологическое.

Для решения поставленных задач необходимо, прежде всего, по результатам анализа основных проблем в системе жилищно-коммунального хозяйства систематизировать приоритетные направления инновационного развития, отражающие сущность и содержание инновационной деятельности в этой системе. Требуется своего решения проблема формирования системной модели и ее функционирования на основе выявленных принципов управления инновационной деятельностью в системе жилищно-коммунального хозяйства с учетом основных положений системы менеджмента качества и инновационного менеджмента.

Чтобы принятие решений, направленных на борьбу с проблемами жилищно-коммунального хозяйства было более эффективным, требуется применить следующий порядок действий:

- 1) проанализировать и сопоставить по степени важности проблемы ЖКХ;
- 2) произвести систематизацию проблем по направлениям;

3) изучить опыт решения типичных проблем в других странах;

4) выделить особенности применения зарубежного опыта;

5) составить обоснованную программу решения проблем ЖКХ.

Жилищно-коммунальное хозяйство (ЖКХ) – комплекс отраслей экономики, обеспечивающий функционирование инженерной инфраструктуры различных зданий в населённых пунктах, создающий удобства и комфортабельность проживания и нахождения в них людей путём предоставления им широкого спектра услуг. Включает в себя также объекты социальной инфраструктуры для обслуживания жителей [4].

Жилищно-коммунальное хозяйство включает в себя такие сферы, как: водоснабжение и водоотведение; газоснабжение; энергоснабжение; вентиляция и кондиционирование; системы пожарной безопасности; системы коммуникации; лифтовое хозяйство; капитальный ремонт зданий; текущий ремонт; содержание придомовых территорий; текущая уборка; вывоз мусора.

В ходе анализа отчета о работе управления по контролю за соблюдением прав потребителей в сфере жилищно-коммунальных услуг администрации города Белгорода, нами была выделена тематика проблем обращений граждан с жалобами в адрес управляющих организаций (табл. 1).

Таким образом, наглядно видно, что большее число жалоб поступало на оплату жилищно-коммунальных услуг (17 %) и неудовлетворительное состояние системы отопления в частно-

сти (15 %). Наименьший интерес вызвало состояние вентиляционных каналов, места общего пользования, дворовая территория (2 %).

Анализ количества обращений по направлениям жалоб в ответственные органы города Белгорода в 2015 году представлен в табл. 2.

Таблица 1

Характер, количество и структура обращений граждан с жалобами в адрес управляющих организаций города Белгорода в 2015 году

№п/п	Характер обращения	Количество обращений	% от общего числа обращений
1.	Неудовлетворительное состояние инженерных коммуникаций: систем отопления; система канализации; система горячего водоснабжения; система холодного водоснабжения; система электрооборудования.	<u>216</u> 79 44 37 43 13	<u>34</u> 15 8 7 8 5
2.	Ненадлежащее состояние общего имущества: конструктивные элементы; кровля; вентиляционные каналы;	<u>130</u> 71 48 11	<u>25</u> 14 9 2
3.	Неудовлетворительное санитарное состояние: места общего пользования; дворовая территория	<u>22</u> 11 11	<u>4</u> 2 2
4.	Оплата жилищно-коммунальных услуг*	<u>88</u>	<u>17</u>
5.	Вопросы общей юрисдикции**	<u>63</u>	<u>12</u>
ВСЕГО		519	100
* – в частности: не соблюдение порядка снятия показаний и расчета оплаты за отопление в многоквартирных домах, оборудованных общедомовыми приборами учета, завышение относительно норматива размера оплаты за жилищно-коммунальные услуги. ** – организация общих собраний собственников, формирование размера платы за ЖКУ, не информированность жителей о результатах финансово-хозяйственной деятельности УК и ТСЖ и т.д.			

Таблица 2

Уровни обращений граждан с жалобами в ответственные органы города Белгорода в 2015 году

№ п/п	Уровни обращений	Количество обращений
1.	Управляющие организации	519
2.	Администрация города Белгорода	53
3.	Прокуратура города Белгорода	49
4.	Региональна общественная приемная ПП «Единая Россия»	5
5.	Совет депутатов города Белгорода	2
6.	Управление ЖКХ Белгородской области	3
7.	Управление по контролю за соблюдением прав потребителей в сфере ЖКУ	119
ВСЕГО		750

На основании табл. 2 можно прийти к выводу, что потребители коммунальных услуг в подавляющем большинстве случаев направляют жалобы в адрес управляющих организаций, после чего основная часть проблем решается на данном уровне. Если же граждан не удовлетворяет решение проблемы управляющей организацией, то жалобы поступают в управление по контролю за соблюдением прав потребителей в сфере жилищно-коммунальных услуг (ЖКУ). Наименьшее количество жалоб приходится на совет депутатов города Белгорода. Данные вы-

воды наглядно иллюстрирует рис. отражающий структуру жалоб по уровням обращений.

В табл. 3 представлен рейтинговый анализ качества работы деятельности управляющих организаций города Белгорода в 2015 году.

Оценивая качество предоставляемых услуг по совокупности показателей с учетом «веса» каждого показателя, лидерами по качеству предоставляемых жилищных услуг являются: ООО УК «Центральная», ООО УК «Жилищный фонд», ООО «УК № 4», ТСЖ «Ватутинское», ООО «УК-14», ТСЖ «Губкинское», ООО «ДРЭП ДСК».



Рис. Структура жалоб на качество жилищно-коммунальных услуг в городе Белгород по уровням обращения в 2015 году

Таблица 3

Рейтинговые показатели деятельности управляющих организаций города Белгорода в 2015 году

№ п/п	Наименование организации	Всего обслуживаемая площадь (тыс. м ²)	Количество обращений	Индекс удовлетворенности работой (социологические исследования)	Индекс текущей работы рабочих кадров (РТР), %	Средний срок эксплуатации МКД
1.	ООО УК «Центральная»	382,0	134	+0,58	102	49,0
2.	ООО УК «Жилищный фонд»	529,0	59	+0,39	43	32
3.	ООО «УК по жилью № 3»	153,0	43	-0,22	9	33
4.	ООО «УК № 4»	360,5	79	+0,04	32	30
5.	ТСЖ «Вагутинское»	147,5	146	+0,22	130	22
6.	ООО «УК № 6»	154,7	91	-0,43	61	34
7.	ООО «УК № 7»	270,1	134	+0,05	200	34
8.	ТСЖ «Южное»	236,7	213	-0,36	347	33
9.	ООО УК РЭУ № 9	360,5	68	-0,4	56	19
10.	ООО «УК Стройэксплуатация»	241,0	155	-0,54	159	19
11.	УО «Молодежное»	356,8	143	-0,32	43	21
12.	ТСЖ «Единство»	255,3	114	-0,45	28	18
13.	ТСЖ «Восход»	249,4	88	-0,37	89	34
14.	ООО «УК 14»	234,6	102	+0,2	108	34
15.	ООО УК «Вагутинское»	382,2	414	-0,26	104	29
16.	ТСЖ «Салют - 16»	159,0	70	+0,08	62	21
17.	ООО «УК РЭУ - 17»	328,8	177	+0,52	153	26
18.	ООО «УК Благострой-С»	664,5	330	+0,48	64	10
19.	ООО «УК Аспект»	257,3	59	+0,15	190	33
20.	ТСЖ «Губкинское»	274,4	111	+0,03	103	20
21.	ООО «ДРЭП ДСК»	330,6	21	+0,01	69	4
22.	ООО ЖЭУ «Белгородстрой Плюс»	344,7	88	-0,04	76	10
23.	ООО «Сантехподрядчик ООО «УК по ЖКО-25»	96,0	59	0	125	19
24.	ООО «УК по ЖКО - 25»	149,1	76	+0,19	107	6
25.	ООО «ЖУ ЖБК - 1»	221,6	6	-	290	6
Среднее значение показателей		285	119	-0,01	110	23

Самые низкие по качеству жилищные услуги оказывают ООО «УК по жилью № 7», ТСЖ «Южное», ООО УК «Ватутинское», ООО «УК РЭУ-17», ООО «Сантех-подрядчик».

В табл. 4 систематизированы проблемы жилищно-коммунального хозяйства по следующим направлениям: технические, правовые и социально-экономические, кадровые, экологические, энергосбережение.

Таблица 4

Систематизация проблем жилищно-коммунального хозяйства по направлениям

	Направления систематизации проблем жилищно-коммунального хозяйства				
	Технические	Правовые и социально-экономические	Кадровая политика	Экологическая эффективность	Энергосбережение
Содержание проблем жилищно-коммунального хозяйства	- высокий % износа жилищного фонда; - нехватка имеющихся мощностей - высокое количество аварий.	- оплата жилищно-коммунальных услуг; - недостатки в работе органов местного самоуправления; - недовольство качеством предоставляемых услуг - высокие показатели жалоб в органы Роспотребнадзора; - отсутствие адекватной тарифной политики и строгих норм расчета.	- кадры с низкой квалификацией; - устаревание кадров (персонал со средним возрастом 55 лет); - не нормативная загрузка (переутомление, стресс, ухудшение здоровья кадров).	- увеличение количества вывозимых ТБО; - увеличение размеров свалок; - увеличение несанкционированных свалок; - отсутствие процесса селективной пересортировки ТБО; - отсутствие технологий качественной переработки ТБО во вторичное сырье; - отсутствие эффективных технологий по качественной и полной утилизации отходов непригодных для дальнейшей переработки; - невысокое замещение традиционных способов производства тепла и энергоресурсов, альтернативными экологически безопасными.	- сохранение массового потребления электроэнергии; - неэффективность энергосберегающих программ; - отсутствие реформирования в пользу альтернативных источников энергии.

В ходе обобщения и анализа опыта зарубежных стран в решении проблем жилищно-коммунального хозяйства, нами выделены конкретные мероприятия по рассматриваемым направлениям проблем.

Подходы к решению технических проблем.

Практически во всех странах Восточной Европы и Балтии законодательными актами, разрешавшими приватизацию квартир, обязанности по содержанию и ремонту дома были переданы от государства или органа местного самоуправления новым собственникам. Но при этом разрабатывались и применялись меры содействия частным собственникам жилья в улучшении состояния приватизированных индивидуальных и многоквартирных жилых домов.

Таковыми мерами являются:

- предоставление собственникам жилья финансовой помощи за счет бюджетов различных уровней при капитальном ремонте и модернизации многоквартирных домов;

- обеспечение доступности для собственников жилья кредитов на капитальный ремонт и модернизацию многоквартирных домов.

В странах Восточной Европы собственникам жилья предоставляются средства за счет государственного и/или муниципального бюджета для финансирования части расходов на проведение капитального ремонта дома. Бюджетные средства предоставляются безвозмездно и безвозвратно в форме субсидии (гранта) для софинансирования расходов на капитальный ремонт (модернизацию) или в форме компенсации определенной части фактически произведенных собственниками затрат.

Общими для всех исследованных стран являются следующие принципы:

- инициатива по принятию решения о проведении капитального ремонта дома принадлежит собственникам,
- решение принимается на общем собрании;
- предоставление бюджетных средств осуществляется по заявлению собственников (или уполномоченных ими организаций) и, как правило, на конкурсной основе;
- бюджетные средства предоставляются только на условии и только по факту финансирования определенной доли стоимости работ самими собственниками помещений (из собственных и заемных средств).

Подход к решению энергетических проблем.

Варианты рационального и энергетически эффективного использования природных ресурсов и продуктов жизнедеятельности, на примере опыта различных стран.

Использование тепла сточных вод очистных сооружений города (ТЭЦ «Хаммарбю»). Положительный эффект: бесплатное тепло.

Использование древесных отходов (ТЭЦ «Бриста»). Положительный эффект: выработка тепла из отходов, улучшение экологии.

Извлечение тепла из воздуха, который проходит через вентиляционные системы (энергетического концерна «Фортум»). Положительный эффект: в течение последних пятнадцати лет в домах перестали работать индивидуальные отопительные системы, использующие органическое топливо, существенным образом изменилась экология.

Производство экологичной энергии, путем установки ветряных генераторов. В современном мире доля ветроэнергетики слишком мала, всего 1 %, однако в некоторых странах ветряные генераторы производят 20 % от общего объема энергии, производимой традиционными способами. В настоящее время 235 тыс. человек занято в производстве ветровой энергии. Положительный эффект: выработка экологически чистой энергии, не оказывающей пагубного влияния на экологию; занятость населения [7].

5. Использование энергии солнца с помощью гелиоустановок на кремниевых фотопреобразователях и солнечных коллекторных устройств для получения тепловой энергии (Программа "Солар-91", Швейцария). Заметим, что использование всего лишь 0.0125 % этого количества энергии Солнца могло бы обеспечить все сегодняшние потребности мировой энергетики, а использование 0,5 % – полностью покрыть потребности на перспективу. Множество передовых стран осуществили программы развития солнечной энергетики. В Германии

была осуществлена программа «100 000 солнечных крыш», в США аналогичная программа «Миллион солнечных крыш». В 1996 г. архитекторы Германии, Австрии, Великобритании, Греции и других стран разработали Европейскую хартию о солнечной энергии в строительстве и архитектуре. В Азии лидирует Китай, где на основе современных технологий внедряются системы солнечных коллекторов в строительство зданий и использование солнечной энергии в промышленности. Положительный эффект: выработка экологически-чистой и экономичной энергии, не оказывающей пагубного влияния на экологию [8].

6. Энергосбережение в системах потребления и распределения тепловой энергии. Это может быть осуществлено за счет внедрения современных энергосберегающих технологий при строительстве («компания Danfoss (Дания)»). Положительный эффект: сокращение энергозатрат в процессе эксплуатации.

7. Утепление фасадов домов, с использованием мокрых (штукатурных) материалов. Например: «7 октября 1959 года в Германии была оформлена патентная заявка на технологию наружного утепления фасада». Положительный эффект: сокращение энергозатрат в процессе эксплуатации.

8. Утепление труб, с использованием теплоизоляционных цилиндров из минеральной ваты на синтетическом связующем основании. Например: «торговая марка «CUTWOOL». Положительный эффект: сокращение затрат энергии в процессе эксплуатации, а также сохранение работоспособности инженерных сетей на более длительный срок.

9. Монтаж системы «антиобледенения» для кровель. Основа таких систем - греющие кабели, которые прокладываются по краям кровли, в желобах и водостоках, - везде, где может образовываться наледь. В системах «антиобледенения» применяются резистивные и саморегулирующиеся кабели. Основные производители резистивных кабелей, представленные на российском рынке, это NOKIA (Финляндия), DE-VI (Дания), ALCATEL (Норвегия). Производителей саморегулирующихся кабелей во всем мире немного: RAYCHEM (США), HEATTRACE (Великобритания), ISOPAD (Германия), THERMON (США). Положительный эффект: сокращение числа несчастных случаев и повышение безопасности жизнедеятельности населения [9].

Важным фактором, усиливающим эффективность внедрения инновационных мероприятий, может являться проекты на основании частного и государственного партнерства, а также тренинги формирующие менталитет по-

требителей коммунальных услуг, заинтересованных в эффективном управлении жилищным фондом.

На основе зарубежного опыта, можно предложить следующие направления государственного реформирования:

- стимулирующая налоговая политика в отношении фирм-застройщиков, использующих в процессе работы передовые инновационные материалы и энергосберегающие технологии;
- государственная экономическая поддержка фирм-застройщиков, использующих в процессе работы передовые инновационные материалы и энергосберегающие технологии [11].

Политика в отношении тарифов на предоставляемые услуги/

Тарифы ЖКХ и их рост в большинстве стран Европы находятся под контролем государства и рынка, а для обслуживающих компаний предусмотрено общее пользование сетевой инфраструктурой. При этом в некоторых европейских странах инфраструктура ЖКХ национализирована и обслуживается специальными подрядчиками, получающими оплату от государства или от самих компаний.

Магистральные трубопроводы отдельных государств были переданы частным фирмам, однако на законодательном уровне таким фирмам запрещается заниматься поставками электро- и теплоэнергии, газа или воды. Тарифы этих компаний, владеющих какой-либо сетью и обслуживающих ее, регулируются на государственном уровне, что позволяет не допускать монополизации отрасли и роста цен на ее услуги.

Так, потребитель в Великобритании имеет право самостоятельно выбрать поставщика, чьи расценки и качество услуг будут наиболее приемлемы лично для него. Государство обеспечивает равный доступ к сетевой инфраструктуре всем компаниям, работающим в отрасли ЖКХ. Если в дальнейшем потребителя перестанет устраивать уровень предоставляемых услуг, – он может в любой момент заменить поставщика. В связи с этим на рынке коммунальных услуг Великобритании между компаниями существует высокая конкуренция, а тарифная ставка остается практически единственным инструментом для привлечения потребителей. Компании-поставщики часто проводят разнообразные акции, – например, предлагая потенциальным клиентам заключение контракта на пять лет при условии определенной скидки или фиксированного тарифа на весь срок действия договора. Подобная схема борьбы за потребителя функционирует и в других европейских странах.

Что касается европейских рынков газоснабжения и электроэнергетики, – ситуация здесь также разительно отличается от отечественных реалий. Так, в странах Евросоюза все электросчетчики оснащены специальным ключом со встроенным микрочипом. Каждый чип имеет привязку к банковскому счету отдельной энергетической компании, а владелец ключа (потребитель услуги) может пополнить этот счет в любом терминале. В распоряжении хозяина жилья может находиться несколько таких ключей, и человек сам решает, какого из поставщиков ему выбрать. Газоснабжающие компании работают по такому же принципу, с тем лишь отличием, что вместо электронного чипа для газовых счетчиков используется пластиковая карта [12].

Подобный механизм взаимоотношений между поставщиком и потребителем услуг обеспечивает серьезную конкуренцию на европейском рынке ЖКХ, что в результате приводит к снижению тарифов. Функция государства в данном случае – следить за тем, чтобы рынок коммунальных услуг не монополизировался, и регулировать ценовую политику отрасли (помимо поставок газа и электричества, поскольку ими торгуют на бирже).

Кадровая политика.

В ряде стран Европы подход к решению проблем, связанных с кадровой политикой, предусматривает решение следующих задач:

- подготовка высококвалифицированных специалистов для обеспечения эффективного функционирования предприятий и предоставления жилищных и коммунальных услуг;
- актуализация учебно-методических материалов по программам подготовки и переподготовки жилищно-коммунальных специалистов, разработка новых обучающих программ, в т. ч. дистанционных;
- апробация новых методических подходов и методик подготовки кадров органов МСУ для успешного взаимодействия с монополистами и частными управляющими компаниями.

Обучение строится на следующих основных принципах: системность, то есть построение программы с учетом целевых групп обучения (например, руководителей ТСЖ), приоритетных направлений подготовки и форм обучения; комплексность (учет потребностей в обучении по профессиональному и территориальному принципам); делегирование функций (обеспечение участия профильных учебных заведений в реализации проектов программы); модульный принцип, то есть возможность встраивания в структуру программы дополнительных мероприятий (например, блок вопросов по бухгалтерскому учету для ТСЖ); целенаправленность

(адресная реализация программ на основе поступающих заявок от предприятий ЖКХ); конкурсность подбора исполнителей учебных программ на основе объективных методик оценки поступивших предложений; рыночная обоснованность цены на разработку и реализацию учебных курсов; постоянный мониторинг учебной деятельности.

Решение экологических проблем.

Неэффективное расходование природных ресурсов. Пути решения: переработка и утилизация отходов; создание программ для перехода на более рациональный и экономный образ жизни.

В табл. 5 представлен опыт зарубежных стран по переработке отходов.

Таблица 5

Сырье, получаемое после переработки отходов в зарубежных странах

Отходы	Способ переработки	Конечный результат
Токсичные отходы (ртутные лампы)	Сжигание, захоронение в специальных свалках или	Строительные и промышленные материалы
Электронный мусор	Технические преобразования	Металлы (медь, железо, алюминий) и стекло
Растительные (органические) отходы	Производство почвы	Компост для выращивания растений
Холодильники	Масло и хладагент высасываются, остальные части разрубаются и перерабатываются	80% материалов можно использовать заново, 20% уходит на свалку
Автомобили	Прием отработанных масел	Запчасти от старой машины, которые еще не вышли из строя
Бумага	Сортировка и захоронение	Продажа и формирование сортов бумаги
Стекло	Технические преобразования	Новые стеклянные изделия
Синтетические волокна	Технические преобразования	Впоследствии используются в текстильной продукции

Отходы, которые нельзя переработать, европейцы сжигают, получая из них электричество и тепловую энергию. В европейских странах сжиганию подвергают 20 – 25 % объема городских отходов, в Японии – около 65 %, в США – около 15 %. Прямое сжигание ТБО экологически опасный процесс. В ходе него образуются не только токсичные выбросы в атмосферу (тяжелые металлы, дибензодиоксины, дибензофураны, оксиды углерода и азота), но и большое количество шлаков. Несмотря на этот очевидный недостаток, организация мусоросжигательных предприятий – прогрессивный метод утилизации ТБО. Экологическая проблема решается применением систем газоочистки, а образующийся шлак используется при строительстве дорог. Метод способствует снижению роста площадей под захоронение ТБО и дает экономически положительный эффект от полученного пара и энергии.

Для выхода из сложившейся кризисной ситуации необходимо предпринимать кардинальные меры, способные в кратчайшие сроки обеспечить высокий экономический, социальный, экологический эффект. Одним из наиболее подходящих вариантов решения данной проблемы,

видится в систематизации приоритетных направлений, отражающих сущность и содержание развития инновационной деятельности в системе ЖКХ.

Приоритетными направлениями, отражающими сущность и содержание развития инновационной деятельности в системе ЖКХ могут быть:

- использование современных, а также разработка новейших средств и способов защиты инженерных сетей от износа и деформации;
- поиск современных утеплительных материалов, защитных составов, позволяющих улучшить надежность объектов ЖКХ, а также стойкость к перепадам температур;
- использование современных, а также разработка новейших строительных материалов и технологий, позволяющих снизить затраты при строительстве жилой недвижимости, и экономить энергоресурсы при ее эксплуатации;
- анализ и использование современных достижений науки, в области коммунальной техники, позволяющих обеспечить энергосбережение, повышенный КПД и срок эксплуатации;
- развитие энергетического комплекса и анализ опыта передовых стран, в области малой

энергетики, для проведения ряда энергосберегающих мероприятий, позволяющих снизить энергоемкое потребление и разработать альтернативные энергетические технологии, позволяющие вырабатывать энергию, менее затратным способом, с повышенным КПД, и нанесением меньшего вреда для экологии страны;

- использование современных информационных технологий и систем, для формирования поквартирных баз данных, автоматического учета эксплуатационных затрат, а также информации о реагировании обслуживающего персонала на вызовы жильцов в случае аварийных ситуаций;

- организация среднего и высшего образования, на основе дуальной формы обучения, и систем стандартизации, сертификации, аттестации, при подготовке кадров для ЖКХ;

- формирование комплекса организационно-правовых мер, обеспечивающих, на этапе утверждения плана застройки, контроль над соответствием коммунальной инфраструктуры требованиям будущего жилого объекта;

- формирование и внедрение комплекса административно-правовых мер, нормативов и тарифов, позволяющих обеспечить справедливую оценку необходимого возмещения за израсходованные тепло и энергоресурсы;

- вовлечение собственников жилья в процесс принятия управленческих решений в рамках обсуждения политики дальнейшего потребления жилищно-коммунальных услуг;

- формирование инициативной группы собственников жилья, представляющей свои интересы и интересы других собственников, для выявления потребностей и желаний жильцов, а также учета их мнения, при выборе поставщиков ЖКУ и обслуживающих организаций;

- проведение инвентаризационных мероприятий, для учета существующих мест по складированию и переработке ТБО;

- формирование системы обнаружения, и быстрого реагирования на незаконно образующиеся свалки, а также мероприятий снижающих вероятность их повторного возникновения;

- разработка дополнений, к системе нормативно-правовых актов и штрафных санкций, по эксплуатации существующих и борьбе с «новоиспеченными» местами складирования ТБО;

- организация системы селективного сбора ТБО, путем проведения тренингов и реализации образовательных программ;

- опираясь на отечественные разработки и на мировой опыт, разработать комплекс мероприятий, и технологических операций по осуществлению селективной сортировки ТБО, и дальнейшей переработке отсортированной мас-

сы, для получения вторичного сырья и утилизации непригодной массы;

- организовать строительство автоматизированных мусороперерабатывающих предприятий;

- организовать систему регулярной экспертизы заброшенных, существующих и вновь появляющихся мест для сваливания ТБО, с целью оценки их пагубного влияния на экологию;

- использовать современные ресурсосберегающие технологии по переработке ТБО, обеспечивающие минимизацию вреда для экологии;

- предоставление финансовой помощи (гранты, субсидии) для проведения собственниками многоквартирных жилых домов капитального ремонта.

Комплексный подход к данным направлениям может стать источником сбережения и привлечения предприятиями ЖКХ дополнительных средств, необходимых, для финансирования дальнейших мероприятий по реформированию отечественного ЖКХ.

В основу будущей системы управления коммунальным хозяйством должен быть положен принцип рационального разделения функций и организация взаимоотношений между собственниками инженерной инфраструктуры, управляющими компаниями, организациями, выступающими в роли подрядчиков, осуществляющих обслуживание объектов инженерной и коммунальной инфраструктуры, и органами государственного контроля, осуществляющие надзор за поставляемыми ЖКУ необходимого качества и сохранностью жилищного фонда независимо от его принадлежности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. 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.

2. Белик А.И., Абакумов Р.Г. Реконструкция объектов жилой недвижимости // В сборнике: Актуальные вопросы развития современного общества. Сборник научных статей 5-ой Международной научно-практической конференции. Курск, 2015. С. 26–28.

3. Мамзина Т.Ю., Наумов А.Е., Авилова И.П. Анализ и выбор наиболее привлекательно-го инвестиционно-строительного проекта с помощью расчета показателей экономической эффективности // Научные труды SWorld. 2014. Т. 23. № 2. С. 65–68.

4. Крылова Д.Д., Абакумов Р.Г. Проблемы оценки инновации в инвестиционно-строительной сфере // В сборнике: Стратегия социально-экономического развития общества: управленческие, правовые, хозяйственные аспекты. Ответственный редактор Горохов А.А.. Курск, 2015. С. 161–164.

5. Урсу И.В. Прогрессивное инновационное развитие как безальтернативный тип развития экономики России // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2012. № 1. С. 460–464.

6. Погорелова Ю.В., Абакумов Р.Г. Методы повышения эффективности системы управления ЖКХ // 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. 197–200.

7. Соколова Н.Ю., Абакумов Р.Г. Анализ структурно-содержательной базы понятия инвестиционного климата в секторе недвижимости // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2015. № 1 (6). С. 190–193.

8. Соколова Н.Ю., Наумов А.Е., Щенятская М.А. Качественное влияние инфраструктурного насыщения территории на риски реализации

жилых объектов // Наука и образование в жизни современного общества. Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 30 апреля 2015 г.: в 14 томах. Тамбов, 2015. С. 138–141.

9. Соколова Н.Ю., Абакумов Р.Г. Вопросы модернизации многоэтажных панельных зданий с целью повышения энергоэффективности, комфорта и безопасности проживания // В сборнике: Поколение будущего: Взгляд молодых ученых - 2015 сборник научных статей 4-й Международной молодежной научной конференции : в 4-х томах. Ответственный редактор Горохов А.А.. Курск, 2015. С. 185–188.

10. Шумайлова Н.С., Абакумов Р.Г. Критический анализ зарубежного опыта ценообразования в строительстве и перспективы развития российской сметно-нормативной базы // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2015. № 1 (6). С. 225–228.

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., Unezheva V.A., Strahova A.S.

THE ANALYSIS OF SYSTEM PROBLEMS OF HOUSING AND COMMUNAL SERVICES OF CITY OF BELGOROD AND APPLICATION OF FOREIGN EXPERIENCE OF DEVELOPMENT OF INNOVATIONAL ACTIVITY IN SYSTEM OF HOUSING AND COMMUNAL SERVICES

In clause the analysis of system problems of housing and communal services of city of Belgorod is resulted on the basis of processing references(manipulations) of citizens with complaints to address of managing organizations in a cut(section) of subjects, a direction of complaints, a degree of satisfaction the decision of a problem. It is resulted рейтинговые parameters of activity of managing organizations of city of Belgorod. Problems of housing and communal services on the following directions are systematized: technical, legal and social and economic, personnel, ecological, энергосбережение. Experience of foreign countries in the decision of the given groups of problems is generalized and its application in system of housing and communal services of city is proved. Priority directions of innovational activity in system of housing and communal services are allocated.

Key words: problems, foreign experience, housing and communal services.

Абакумов Роман Григорьевич, кандидат экономических наук, доцент.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.
E-mail: abakumovrg2000@mail.ru

Унежева Виктория Андреевна, магистрант кафедры экспертизы и управления недвижимостью.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.
E-mail: vunezheva@mail.ru

Страхова Анастасия Сергеевна, магистрант кафедры управления имущественными комплексами государственных закупок и нормативно-технической документации, отдел нормативно-технической документации
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.
E-mail: strahova_nasty@mail.ru

*Демененко И.А., ст. препод.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Папанова О.А., канд. псих. наук, доц.
Белгородский государственный национальный исследовательский университет*

РЕИНЖИНИРИНГ МЕНЕДЖМЕНТА КОМПАНИИ ЧЕРЕЗ ПРИЗМУ СОЦИАЛЬНОГО КОНСАЛТИНГА

inna12manager@gmail.com

Трансформации социально-экономических отношений управления оказали непосредственное влияние на формирование и развитие подсистем менеджмента отдельной компании [3]. В современных условиях менеджеры руководят высококвалифицированным персоналом, способным не только к монотонной трудовой деятельности, но и к активной творческой и инновационной деятельности. Именно поэтому основной аспект системы управления сменяется от авторитарно-демократического стиля к системной модели построения мотивационного кодекса, развитию командообразования и неформального лидерства посредством психофизиологических и социальных особенностей отдельного работника.

Ключевые слова: менеджмент, консалтинг, персонал, консультант, реинжиниринг.

Введение. На сегодняшний день у российских бизнесменов сложилось представление о консалтинге как о непосредственной деятельности **системных интеграторов**. Конечно, данная позиция рассматривает различные аспекты реинжиниринга крупных коммерческих структур как фактора экономического показателя развития. В данном случае прогнозируются изменения бизнес-процессов организации, внедряемые с учетом тактических и стратегических целей для достижения роста социально – экономической эффективности.

В условиях масштабных социально-политических и экономических изменений в России актуализировалась повышенная объективная потребность в высококачественных консалтинговых услугах. Поиск оптимальных форм социального взаимодействия всегда был и продолжает оставаться предметом научного осмысления [3]. Современные менеджеры руководят высококвалифицированными работниками, способными не только к рутинному труду, но и готовыми к творческой деятельности. Поэтому центр тяжести методики управления смещается от грубого принуждения и примитивного стимулирования к тщательно продуманной мотивации и внимательному отношению к неформальной структуре организации и личностям ее сотрудников. В целом изменяется тип и характер управления социальными организациями.

Суть социального консалтинга, в отличие от консалтинга производственного и экономического, в объекте преломления предлагаемых технологий. Объектом социального консалтинга являются все социальные аспекты жизнедеятельности организации. Заблуждением является мнение, что социальный консультант предоставляет пакет услуг, увеличивающих эффективность работы персонала и с персоналом.

Помимо персонала, социальные аспекты жизнедеятельности организации равномерно распределены по всему циклу ее существования. Социальный консалтинг призван решать как внутренние проблемы организации (организационная культура, организационная структура, организационный наполнитель - персонал, организационное руководство), так и внешние (имидж организации, отношения с внешней средой, отношение с представителем внешней среды – клиентом и др.).

Методология. По справедливому замечанию Ф.Д. Кадария, социальный консалтинг является культурно-исторически детерминированной социальной технологией, заключающейся в управлении организационными изменениями со стороны профессиональных внешних консультантов в интересах организации-клиента, содержание он представляет собой единство профессиональной активности и управления менеджментом, обладающее свойствами инновационности, клиентоориентированности, системности, субъект-субъектности, адаптивности [2].

Данная позиция позволяет определить, теоретически генерировать и дифференцированно исследовать показатели верификации консалтинговой деятельности и практикоориентированность направлений развития консалтинговых услуг.

Основная часть. Отношение к социальному консалтингу в Российском предпринимательском мире не однозначное и, можно сказать, на рынке потребителей представлены два противоположных мнения по этому вопросу. На основе сформированного отношения к социальному консалтингу существует четкое деление всего предпринимательского сообщества на две большие группы:

1) приветствующие консалтинг, тратящие большие деньги на консультантов, использующие все консультационные новинки на своих фирмах;

2) отрицающие консалтинг, не представляющие его технологий, желающие жить по старинке, ориентироваться на свое субъективное мнение в управлении организацией, не желающие выкидывать деньги на ветер.

Помимо этих основных групп можно выделить так называемые переходные группы: потенциально готовые к социальному консалтингу, потенциально неготовые к нему. Эти переходные группы пополняют ряды приветствующих и отрицающих консалтинг, но это происходит независимо от их первоначального настроя. Каким станет отношение такой организации к консалтингу, будет ли оно пользоваться услугами консультанта ил навсегда откажется от подобно-

го рода инноваций зависит от двух основных причин:

1) успешность первого опыта обращения в консалтинговое агентство;

2) наличие достаточных средств для постоянной оплаты услуг консультанта.

Благоприятное сочетание этих факторов приводит переходные организации в первую группу (положительное отношение), неблагоприятное - во вторую (отрицательное отношение).

Эти две большие группы организаций (точнее сказать, руководителей таких организаций) обладают специфическими характеристиками, которые позволяют предположить, как данный субъект предпринимательской деятельности будет относиться к социальному консалтингу. Наборы этих полярных характеристик приведены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристики организаций, имеющих полярное мнение о социальном консалтинге

	Организации, приветствующие социальный консалтинг	Организации, отрицающие социальный консалтинг
1.	Большинство располагается в социальных центрах, столицах (материальных и духовных) в больших городах с развитой социальной сферой	Большинство располагается на периферии, в провинции, в городах с слабо развитой социальной сферой
2.	Большинство используют зарубежные технологии производства и продажи товаров и услуг	В основном используют современный арсенал по производству товаров и услуг
3.	Имеют большой штат персонала, задействованный в социальных коммуникациях	Имеют небольшой штат персонала или слабо задействуют его в коммуникациях
4.	Чаще всего, организация относится к социальной сфере	Чаще всего организация относится к производственной сфере, с выходом на сбыт
5.	Личность руководителя отличается высокой инновационной активностью и мотивацией достижения	Личность руководителя отличается большой консервативностью и боязнью неудач

По своей численности вторая группа организаций на данный момент является лидирующей. Это объясняется новизной данного вида услуг на Российском рынке, не устоявшейся системой цены и качества, большого количества лже-специалистов и лже-технологий. Недоверие к системе социального консультирования серьезно затрудняет работу специалистов в этой области и, как следствие, пропаганду эффективного и конструктивного подхода к работе с персоналом. Поэтому на данном отрезке времени, миссией всех консалтинговых компаний (особенно в провинции) можно провозгласить отсутствие компенсации за свои интеллектуальные вложения, а приобщение к передовому опыту отбора, организации и стимулирования российского предпринимательства.

Для достижения цели введения инновационного знания на рынок России необходимо оформить принципиальные основы социального консультирования.

Выполнение минимума предложенных принципов позволит социальному консультанту

составить первоначальный устав своего агентства и сформировать этические нормы своей индивидуальной деятельности:

1) постоянное повышение уровня знаний, освоение новых технологий;

2) решение задач в пределах своей компетенции;

3) правильное соотношение цены и качества услуг, цены и объема услуг, цены и дохода населения города (населенного пункта);

4) реальная оценка своих возможностей;

5) адекватное прогнозирование результата деятельности.

Социальный консалтинг организации может быть представлен в виде следующих технологических этапов:

1) социальный аудит - диагностика социальных процессов, социальной структуры и социального потенциала организации;

2) прогностический комплекс - определение тенденции социального развития организации при неизменных переменных;

3) моделирование социальных процессов, социальной структуры и повышение социального потенциала организации;

4) сопровождение социальной реорганизации организации.

Каждый из этапов технологического пакета несет в себе максимально полные, объективные фундаментальные, практические и технологические портфели мероприятий.

Создание полного технологического пакета социального консультирования организации требует не только материальных и временных затрат. Специалисты, пользующиеся данным пакетом должны обладать достаточными специальными знаниями, так как каждый из этапов социального консалтинга имеет вид сложного алгоритма.

Сложность проведения социального консалтинга усугубляется скоростью возникновения новейших методов осуществления его технологических составляющих. Так, на данном этапе развития этого рода деятельности, помимо общепринятых и общеизвестных социологических, психологических и статистических методов появился новый, психоаналитический метод консультирования организаций.

Выводы. Таким образом, основу успеха деятельности социального консультанта составляет, прежде всего:

1) наличие эффективного технологического пакета проведения диагностических, прогностических, моделирующих и корректирующих процедур;

2) наличие навыка и умения свободно манипулировать методическим аппаратом всех этапов консультирования;

3) возможность и активная мотивация постоянного обновления и усовершенствования технологического пакета;

4) умение доказать и наглядно показать эффективность консультативной деятельности.

Для успешного продолжения своей деятельности на рынке, поддержания высокого уровня конкурентоспособности, руководителям малых предпринимательских структур, при принятии решений, полезно применять на практике такие принципы как: установление четких границ, понимание последствий и принятие ответственности, качественный подход, своевременность, косвенная коллегиальность [1].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гулей И.А., Целютина Т.В. От стратегического управления до современных принципов принятия управленческих решений в малом бизнесе // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. №2. С. 188–191.

2. Кадария Ф.Д. Социальный консалтинг в управлении основными сферами жизнедеятельности современного российского общества: автореф. дис. ... докт. соц. наук. Ростов – на – Дону. 2004. 33с.

3. Ключник И.В. Формирование толерантности молодежи в современных условиях: автореф. дис. ... канд. соц. наук. Белгород. 2005. С. 1–2.

4. Avilova Z.N., Gulei I.A., Shavyrina I.V. Formation of the Customer-Centric Organizational Culture of the University as a Factor of Effective Social and Economic Development of the Region // Mediterranean Journal of Social Sciences. June 2015, Vol. 6, No 3 S5, p. 207–215.

Demenenko I.A., Papanova O.A.

REENGINEERING THE COMPANY'S MANAGEMENT THROUGH THE PRISM OF SOCIAL CONSULTING

Transformation of socio-economic relations management have a direct impact on the formation and development of subsystems separate management company. In modern conditions the managers led by highly qualified personnel, able not only to monotonous work, but also to the active and creative innovation. That is why the main aspect of the control system is replaced by an authoritarian style to a democratic system model of construction Code motivational, team-building and the development of informal leadership through psycho-physiological and social peculiarities of the individual worker.

Key words: management, consulting, staff, consultants, reengineering.

Демененко Инна Арамовна, старший преподаватель кафедры социологии и управления Института экономики и менеджмента.

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

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

E-mail: inna12manager@gmail.com

Папанова Ольга Анатольевна, доцент кафедры управления персоналом Института управления

Белгородский государственный национальный исследовательский университет

Адрес: Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, д. 85.

E-mail: papanova@bsu.edu.ru

Романов Р.В., аспирант

Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского

ВЗАИМОСВЯЗЬ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОДДЕРЖКИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА С БАНКОВСКИМ СЕКТОРОМ

r-r-v91@mail.ru

В статье проанализированы государственные расходы на поддержку сельского хозяйства, рассмотрено ресурсное обеспечение государственной программы развития сельского хозяйства до 2020 года. В том числе на субсидирование процентных ставок по кредитам. В настоящее время финансовое состояние сельскохозяйственных организаций характеризуется как критическое. Суть всех проблем присутствующих в сельском хозяйстве напрямую от самого сельского хозяйства не зависит. Наибольшее влияние среди отрицательных факторов на социально-экономические показатели в сельском хозяйстве осуществляет современной кредитно-финансовой системой. Так же выявлено то наибольшая часть денежных средств, направленных на субсидирование сельскохозяйственной отрасли, остается в банковском секторе, что приводит к низкой рентабельности сельского хозяйства, и высвобождению денежных средств из сельскохозяйственной отрасли. Также описывает механизм косвенного перераспределения ресурсов из сельского хозяйства через другие сектора экономики вследствие макроэкономической политики поддержания высоких ставок процента по кредитам, которые в России являются одними из самых высоких среди развитых стран. В статье предлагаются меры по совершенствованию финансирования и кредитования сельского хозяйства.

Ключевые слова: сельское хозяйство, государственная поддержка, кредитование сельского хозяйства, банк, процентная ставка, ссудные проценты, макроэкономика, сельскохозяйственная кооперация.

Инвестиционная политика в системе сельского хозяйства должна быть подчинена задачам структурной перестройки экономики и направлена на обеспечение сбалансированного и гармоничного развития всех звеньев комплекса, на обновление производственного потенциала, повышение эффективности его использования на основе внедрения в практику достижений научно-технического прогресса, освоения ресурсосберегающих технологий, модернизации и реконструкции производства.

В условиях рыночных отношений, государство должно оказывать регулирующее воздействие на инвестиционный процесс путем обеспечения научно обоснованного ценообразования, проведения гибкой кредитной, налоговой и амортизационной политики, расширения возможностей лизинга, стимулирования предпринимательской деятельности и предоставления льгот инвесторам при приватизации, целевого государственного финансирования, выделения приоритетных направлений инвестирования и капиталовложения, составления индикативных планов капитальных вложений [1].

Либерально-рыночная наука и образование по управлению и экономике, либерально-рыночная модель управления страной и макроэкономикой, расселенческая доктрина, урбанизация оказывают непосредственное влияние на положение дел в сельском хозяйстве.

Систематическим подтверждением статистических данных подтверждающих предположения является удельный вес государственных

расходов на субсидирование процентных ставок по кредитам в общих расходах на сельское хозяйство. Расходы бюджета, их структура, пропорции являются зеркалом реальной ситуации в сельском хозяйстве, так как именно на бюджетные планы ориентируются крупный и малый бизнес.

Одной из форм господдержки сельскохозяйственных товаропроизводителей является предоставление государственных субсидий на возмещение части процентов по кредитам, полученным в кредитных организациях. Основные вопросы предоставления субсидий регламентированы Постановлением Правительства РФ от 28.12.2012 № 1460 «Об утверждении Правил предоставления и распределения субсидий из федерального бюджета бюджетам субъектов Российской Федерации на возмещение части затрат на уплату процентов по кредитам, полученным в российских кредитных организациях, и займам, полученным в сельскохозяйственных кредитных потребительских кооперативах». С изменениями и дополнениями от: 5 октября 2013 г., 2 апреля 2014 г., 27 января, 28 июля 2015 г. [2].

Возмещение затрат заемщику проводится в рамках региональных государственных программ и регламентируется также нормативными актами субъектов федерации.

Схема получения субсидии на возмещение затрат по обслуживанию кредита выглядит следующим образом:

1. Заемщик получает кредит;

2. Расходует полученные средства на цели, указанные в кредитном договоре;
3. Документально оформляет все произведенные расходы;
4. Подтверждает целевое использование кредита;
5. Сдает пакет документов, включающий также документы, которые подтверждают целевое расходование средств, в органы местного самоуправления;
6. Оплачивает проценты и основной долг в банке;
7. Делает расчет субсидий, который вместе с документами, подтверждающими факт оплаты кредита, передается для получения субсидий;
8. Получает субсидии.

Размер государственной помощи напрямую зависит от того, кто получал кредит (фермерское хозяйство или юридическое лицо), когда получал, на какие цели и на какой срок. Для уточнения возможности получения субсидии необходимо детально изучить условия региональной государственной программы либо обратиться за консультацией в уполномоченный орган. При принятии решения о привлечении кредитных ресурсов с учетом возможности субсидирования части затрат, обязательно нужно учитывать, что проценты по кредиту сначала должны быть

оплачены, а затем будет принято решение о субсидировании [3].

Согласно планам по ресурсному обеспечению Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы (См. Приложение 6 к Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы). Доля государственных расходов на субсидирование процентных ставок по кредитам в общих расходах на сельское хозяйство по планам снижается с 37 % до 24 %. (табл. 1).

Данные рассчитаны на основе Приложения 6 к Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы.

Размер косвенной государственной поддержки банковского сектора напрямую зависит от ставки рефинансирования, которая не регулируется напрямую государством, а управляется достаточно автономным Центральным банком России. В России ставка рефинансирования является одной из самых высоких в мире, особенно среди развитых стран (см. табл. 2).

Таблица 1

Ресурсное обеспечение реализации Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы в млн. руб.

Показатели/ Годы	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Итого по Госпрограмме	231263	238862	236753	263247	280033	294301	310327	325120	338670
Итого субсидирование процентных ставок по кредитам	86236	87111	85935	88103	88219	88422	83642	80827	79408
Доля субсидирования процентных ставок по кредитам	37 %	36 %	36 %	33 %	32 %	30 %	27 %	25 %	23 %

Таблица 2

Процентные ставки ведущих стран мира (%)

Страна	Учётная ставка
Россия	11
Новая Зеландия	2,5
Австралия	2
Швейцария	-0,75
Канада	0,5
Япония	-0,1
Великобритания	0,5
Еврозона	0,05
США	0,5

По данным на март 2016 г. портала <http://www.fxteam.ru/forex/cb-rates/> [4].

От ставки рефинансирования на прямую зависит сумма государственной поддержки, чем

выше ставка рефинансирования, тем больше средств государственной поддержки необходимо направить в банковский сектор для её субсидирования. Исходя из этого если бы в России снизили ставку рефинансирования до нуля либо сделали отрицательной для стратегических отраслей, как это сделано во многих преуспевающих странах, то средства государственной поддержки субсидирования процентной ставки можно было бы направить напрямую в сельское хозяйство: развитие сельской инфраструктуры, диверсификацию сельской занятости, обучение, кредитное обеспечение и др.

Если данную ситуацию рассмотреть с макроэкономической точки зрения, то такая поли-

тика государства при поддержке сельского хозяйства за счет предоставления государственных субсидий на возмещение части процентов по кредитам, является по сути политикой по перераспределению средств из сельского хозяйства в банковский сектор, хотя банковский сектор должен являться организационной инфраструктурой для реального сектора народного хозяйства, в том числе и для сельского хозяйства. Но как показывает практика на деле все противоположно: не банки для экономики, а экономика для банков. Если сравнивать эти две инфраструктуры, то видно, что в банках – высокая норма прибыли, заработки, образовательный уровень, статус, а в сельском хозяйстве – всё наоборот. Подтверждением данного факта могут послужить источники из бухгалтерских балансов сельскохозяйственных и банковских предприятий, либо оценить масштаб и оснащенность зайдя в офисы банков и сельскохозяйственные конторы. Разница более чем очевидна.

Данного рода «банковская» макроэкономическая политика так же осуществлялась и в период последних кризисов, когда антикризисная программа в первую очередь была направлена на поддержку финансового сектора, а не реального.

Исходя из того, что, в макроэкономике все отрасли народного хозяйства взаимодействуют друг с другом и непосредственно влияют друг на друга, поэтому для того что бы изменить финансовое состояние одной из отраслей, нет необходимости делать это напрямую. Так как можно просто изменить финансовое состояние сопряжённых отраслей в следствии чего автоматически произойдут изменения в финансовом состоянии управляемой отрасли [5].

Банковский сектор кредитуют практически все экономические отрасли, в том числе и предприятия электроэнергетики, газовой промышленности, транспорта, торговли, машиностроения и другие, которые непосредственно связаны напрямую с сельским хозяйством. Расходы на выплату процентов по кредитам относятся на себестоимость продукции, а значит и на цены различных товаров и услуг, которые потребляют сельскохозяйственные предприятия. Для сельского хозяйства это означает рост издержек, а для банковского сектора – рост прибыли. Исходя из этого, чем выше ставка ссудного процента, тем выше расходы бюджета на субсидирование процентной ставки, тем выше прибыль банковского сектора, тем меньше государственных денег напрямую доходит до сельского хозяйства, тем выше издержки сельского хозяйства [6].

В таких условиях, развивать конкурентоспособный бизнес более чем затруднительно,

тем временем, когда иностранные компании кредитуются по более низким ставкам, а экономические границы всё больше стираются. Для реального сектора экономики, высокие процентные ставки не позволяют запускать масштабные, долгосрочные, инфраструктурные проекты с большими сроками окупаемости, что делает отечественное сельское хозяйство неконкурентоспособным и нерентабельным.

Так же одной из первоочередных проблем, приводящих к инфляции, являются высокие ставки по кредитованию, так как проценты, уплачиваемые предприятием за пользование кредитными денежными средствами, относятся на себестоимость производимой продукции, так как процентные выплаты по кредитам относятся на себестоимость продукции. В результате высокие процентные расходы определяют высокие тарифы и цены по всей экономике. Общие недостатки инфляции для народного хозяйства дополняются ослаблением конкурентных позиций всех отечественных производителей, в том числе и сельскохозяйственных.

Эффективность государственной поддержки сельского хозяйства, совершенствование её инструментов – важнейшие задачи в условиях вступления России в ВТО и принятия общих правил международной торговли. Европа и США традиционно тратят большие бюджетные средства на сельское хозяйство, лоббируя интересы национальных АПК по всему миру. От эффективности российской государственной поддержки зависит, как мы сможем закрепиться и развиваться на мировых продовольственных рынках.

В 2012 г. в бюджете Евросоюза на поддержку сельского хозяйства и сельских территорий было запланировано 58,58 млрд. евро, в том числе 40 млрд. евро – на прямые выплаты фермерским хозяйствам и 14 млрд. евро – на развитие сельских территорий. То есть не менее 54 млрд. евро (более 92% всей господдержки АПК) Евросоюз направил напрямую на развитие сельских производителей и территорий.

В новом бюджете Евросоюза на 2014-20 гг. затраты на поддержку сельского хозяйства составят 38% и снизятся с 417 млрд. евро в предыдущем семилетнем бюджете до 363 млрд. евро – на 13%. Таким образом, ежегодная поддержка сельского хозяйства в ближайшие семь лет будет обходиться Объединенной Европе, в среднем, в 50 млрд евро в год. [7].

В Евросоюзе цель – довести средства поддержки до сельского хозяйства, а не банков, кредитующих сельское хозяйство, как это делается в России.

В США в структуре бюджетных расходов на поддержку сельского хозяйства преобладают расходы на продовольственные карточки населению, доля которых на 2013-2023 гг. запланирована на уровне 78% [8]. Таким образом, осуществляется стимулирование спроса на сельскохозяйственную продукцию. В России же сейчас преобладает стимулирование предложения. В итоге предложение растёт, спрос не растёт, цены снижаются, что ведёт к ухудшению финансового состояния сельскохозяйственных товаропроизводителей.

Субсидирование процентных ставок по кредитам для АПК в развитых странах не может быть основной мерой государственной поддержки, так как, во-первых, ставки и так невысокие и нет смысла их субсидировать, а, во-вторых, уже освоены более эффективные механизмы адресной поддержки села.

Пока государственная сельскохозяйственная политика не будет учитывать комплексное влияние кредитно-финансовой системы, все точечные попытки поддержки сельского хозяйства не будут давать должного результата, а ресурсы будут продолжать перетекать из сельского хозяйства в финансовый сектор.

Снижение до минимального размера или вообще обнуление ставки ссудного процента для реального сектора, в том числе и сельскохозяйственного, существенно улучшит его финансовое и кредитное состояние.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Романов Р.В. Перспективы инвестиционной деятельности в сельском хозяйстве Рос-

сийской Федерации //Аграрный вестник Урала. 2015. №11. С. 92–94.

2. <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?base=LAW;n=183910;req=doc> (06.03.2016г.).

3. Киселёв С. В. Сельская экономика. Учебник. М.: Инфра-М. 2011.

4. <http://www.fxteam.ru/forex/cb-rates/> (05.03.2016г.).

5. Ефимов В.А., Величко М.В. Организационно-технологический подход к макроэкономическим системам - ключ к успеху экономического и общекультурного развития общества. Альманах «Ключь». Вып.2. СПб - Пушкин. 2010.

6. Ефимов В.А. Методология экономического обеспечения демографической политики устойчивого развития. СПб: Изд-во СЗАГС. 2012.

7. <http://agro-new.ru/?p=13402> (06.03.2016г.).

8. Бабкин К. А. Дорожная карта развития сельского хозяйства России до 2020 года, <http://archive.is/XW6UY> (06.03.2016г.).

9. Романов Р.В. Основные направления и методы государственного регулирования сельскохозяйственного производства // Аграрный Вестник Урала. 2015. № 9. С. 97–101.

10. Быстров Г.Е. Государственное регулирование сельского хозяйства в России (понятия, функции, формы, методы): теория, практика, проблемы // Том I Правовое регулирование аграрных отношений в России, Украине, Белоруссии, Казахстане, других странах СНГ и государствах ЕС. М.: Март 2011. С.17–37.

Romanov R.V.

RELATIONSHIP STATE SUPPORT FOR AGRICULTURE WITH THE BANKING SECTOR

The article analyzes government spending to support agriculture, considered resource provision of the state program of development of agriculture until 2020. Including the subsidization of interest rates on loans. Currently, the financial condition of agricultural organizations is characterized as critical. The essence of all problems present in agriculture directly from the agriculture depends. The greatest influence among the negative factors in the socio-economic indicators in agriculture carried out the modern credit and financial system. Just found the largest portion of funds aimed at subsidizing the agricultural sector remains in the banking sector, leading to low profitability of agriculture, and the release of funds from the agricultural growing back. Also describes the indirect mechanism of redistribution of resources from agriculture through to other sectors of the economy as a result of macroeconomic policies to maintain high interest rates on loans, which are among the highest among developed countries in Russia. The article proposes measures to improve the financing and crediting of agriculture.

Key words: agriculture, governmental support, lending to agriculture, bank, interest rate, lending rates, macroeconomics, agricultural cooperation.

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

**Шатерников М.Н., аспирант,
Моисеев В.В., д-р ист. наук, доц., проф.**
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ПРОБЛЕМЫ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНЫХ САНКЦИЙ

Mshaternikov@yandex.ru

Рассмотрены вопросы обеспечения продовольственной безопасности нашей страны, которые выходят на первый план в связи с расширением экономических санкций со стороны США и ЕС. Россия оказалась в сложной продовольственной ситуации, вызванной кризисными явлениями, дееномацией рубля, снижением объема поставок и роста цен на продовольственные товары. Отечественный агропромышленный комплекс в силу ряда причин не может пока удовлетворить насущные потребности, обеспечить продовольственную безопасность. В статье рассматриваются факторы, способные привести к развитию АПК, реальному воплощению разработанных программ собственно-го производства продовольственных товаров.

Ключевые слова: продовольственная безопасность, западные санкции, агропромышленный комплекс, проблемы импортозамещения.

Введение. К национальным проблемам, которые пытается как можно быстрее и эффективнее решить практически каждое государство, независимо от уровня его политического, социально-экономического развития и положения в мире, следует отнести проблему надежного снабжения населения отечественным продовольствием. С этой целью оно развивает и укрепляет свой агропромышленный комплекс.

Агропромышленный комплекс (АПК) – это важнейший сектор экономики страны, включающий отрасли по производству сельскохозяйственной продукции, ее переработке, а также отрасли экономики, обеспечивающие сельское хозяйство и перерабатывающую промышленность средствами производства.

Российская Федерация имеет сегодня недостаточно развитый агропромышленный комплекс, который не в состоянии обеспечить продовольственную безопасность страны, решить проблему надежного снабжения населения отечественным продовольствием в соответствии с утвержденными медицинскими нормами и требованиями.

Современная модель отечественной экономики, базирующаяся преимущественно на экспорте сырья и топлива, а так же крупномасштабном импорте продовольственных товаров и сельскохозяйственного сырья, не отвечает национальным интересам и требует кардинального изменения. Это становится очевидным в условиях, когда продовольствие становится одним из основных факторов политического и экономического давления экономически развитых стран на Россию, что унижительно для нее как государства, располагающего одним из самых крупных в мире аграрным потенциалом. Россия, имея примерно 8 % пригодной для сельскохозяйственного производства земли, 24 % пресной

воды, другие огромные природные ресурсы, может прокормить не только себя, но население как минимум половины планеты. Аграрный сектор может стать «прорывным» направлением, локомотивом экономики. Для этого необходимо уделять АПК больше внимания со стороны политического руководства, увеличить финансирование предприятий, устранить препятствия, мешающие их динамичному развитию. В Послании главы государства Федеральному собранию, с которым президент В.В.Путин выступил 3 декабря 2015 г., отмечалось, что «на достижение этой цели должны быть направлены наши программы импортозамещения и поддержки экспорта, технологического обновления производств и подготовки профессиональных кадров». Ориентируя политическую элиту на согласованные действия в условиях западных санкций, В.В. Путин поставил задачу национального уровня: к 2020 году полностью обеспечить внутренний рынок отечественным продовольствием. «Мы не только можем сами себя накормить с учётом своих земельных, водных, что особенно важно, ресурсов, – заявил национальный лидер. – Россия способна стать крупнейшим мировым поставщиком здоровых, экологически чистых, качественных продуктов питания, которые давно уже пропали у некоторых западных производителей, тем более что спрос на глобальном рынке на такую продукцию устойчиво растёт. Нужно ввести в оборот миллионы гектаров пашни, которые сейчас простаивают...» [1].

С введением западных санкций, кратной девальвацией национальной валюты, ростом цен на продукты питания, а также продовольственным эмбарго, введенным Российской Федерацией в ответ на западные санкции, проблемы обеспечения продовольственной безопасности стали

еще значительнее и сложнее, на их решение требуется гораздо больше финансовых и иных ресурсов, чем может выделить правительство в период кризиса.

Эти и другие обстоятельства требуют пересмотра аграрной политики государства, переоценки ранее принятых программ и проектов развития АПК и его базовой отрасли – сельского хозяйства. Нужен объективный анализ состояния и развития агропромышленного производства и реальные меры по улучшению работы отечественного АПК в условиях импортозамещения и западных санкций.

Основная часть. Дискуссии о том, как обеспечить продовольственную безопасность страны, ведутся еще с начала 1990-х годов. Для решения этой задачи предлагались два разных подхода. Первый заключается в необходимости восстановления и развития отечественного сельхозпроизводства с целью обеспечить независимость от импорта, доля которого растет год от года, и развивать собственное производство продуктов питания и сельскохозяйственного сырья для российской пищевой промышленности. Второй подход заключается в обеспечении продовольствием населения как раз за счет наращивания импорта, но с реализацией импортных продовольственных товаров по доступным ценам. Подобная политика обосновывалась удобствами международного разделения труда: Россия продает нефть и газ, а на нефтедоллары закупает необходимое продовольствие. Такая политика успешно продолжалась до кризиса 2014-2016 годов, когда цены на нефть и газ существенно упали, валютная выручка уменьшилась и возможности государства и бизнеса закупить недостающий ассортимент продовольственных товаров при дефиците иностранной валюты резко снизились. Наступила полоса роста цен на продовольствие из-за рубежа, сопровождающаяся снижением покупательной способности основной части населения.

Наиболее остро проблема продовольственной безопасности проявилась с введением российского продовольственного эмбарго (Указ Президента России № 560 от 6 августа 2014 г) [2] – запрет ввоза в Россию «отдельных видов» сельхозпродукции, сырья и продовольствия, страной происхождения которых является государство, вводившее экономические санкции в отношении российских юридических и физических лиц в 2014 году.

Нынешняя приостановка импорта продовольствия из ряда стран означает в первую очередь переориентацию России с западноевропейского и североамериканского рынков на рынок БРИКС. Безусловно, диверсификация импорта

может способствовать продовольственной безопасности России. Фактически сегодня речь идет просто об увеличении объемов импорта из ряда стран, которые и так поставляют продовольствие в Россию. Однако смена импортеров никоим образом не решает задач продовольственной независимости. Ограничения затрагивают товары, которые составляют лишь 19,5 % российского импорта продовольствия, и даже для этой группы товаров находятся альтернативные импортеры. Расширение китайского продовольственного коридора и экспорта китайских овощей и фруктов на российский Дальний Восток отнюдь не способствует возрождению отечественного сельского хозяйства.

Многие экономисты и политологи утверждают, что нынешнее бедственное положение сельского хозяйства России, засилие импорта и взлет цен на продукты питания – это следствие неверной аграрной политики, осуществленной в период ельцинских реформ. Результатом этих реформ стало массовое банкротство коллективных хозяйств, отток из деревни активной части рабочей силы, сокращение посевных площадей на 41 млн гектаров. В итоге среднестатистическое производство зерна в России в 1990-1999 гг. снизилось более чем в 2 раза, мяса – в три раза, молока – в 1,5 раза; общий объем всей сельскохозяйственной продукции в результате ельцинских реформ снизился на 45 %.

Лишь в начале 2010 г. была принята Доктрина продовольственной безопасности, согласно которой «продовольственная безопасность Российской Федерации является одним из главных направлений обеспечения национальной безопасности страны». Законодательное оформление идеи продовольственной безопасности широко распространено в мире. Такие законы есть в США, Франции, Швеции, Германии, Китае и других развитых странах [3, с.230–231].

В 2012 г. была разработана и утверждена постановлением Правительства РФ от 12 июля 2012 г. новая Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 годы. 19 декабря 2014 г. в нее были внесены коррективы, связанные с импортозамещением и обеспечением «продовольственной независимости России» в условиях западных санкций. Объем запланированного бюджетного финансирования впечатляет. Так, на 2016 г. предполагается выделить из госбюджета – 258,140 млрд, 2020 – 350,363 млрд рублей. Не факт, что все запланированные финансовые средства будут выделены, но уже одно то, что государство стремится направлять всё больше ресурсов в агропромышленный ком-

плекс страны, не может не радовать. Здесь следует заметить, что наряду с бюджетными ассигнованиями в АПК увеличивается приток заемных средств за счет кредитов и субсидирования процентных ставок заемщикам из агросектора. Только Россельхозбанк за время действия Государственных программ развития АПК выдал сельскому бизнесу кредитов, начиная с 2008 г. 2,3 трлн. руб. кредитных средств. Из них более 34 % приходится на инвестиционные кредиты, выданные на строительство и приобретение основных средств, развитие животноводческих комплексов, предприятий птицеводства и другие цели.

В результате реализации государственной программы развития АПК к 2020 г. планируется довести собственное производство зерна до 99,7 %, свекловичного сахара – до 93,2 %, растительного масла – до 87,7 %, картофеля – до 98,7%, мяса и мясопродуктов – до 91,5 %, молока и молокопродуктов – до 90,2 %. Эти показатели не только коррелируются, но и несколько превышают рубежи, установленные Доктриной продовольственной безопасности Российской Федерации, утвержденной указом Президента России от 30 января 2010 г., № 120, которая предусматривает самообеспечение основными продуктами питания на 80–95 % [4].

Безусловно, не должно быть никаких иллюзий относительно того, что только за один год можно значительно увеличить производство отечественной сельскохозяйственной продукции, тем самым кардинальным образом улучшить продовольственное обеспечение населения, существенно сократить запредельный импорт сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия. Однако этого невозможно достичь не только из-за непродолжительного периода и особенностей ведения сельского хозяйства, но и освоения дополнительных инвестиций в короткие сроки, потребность в которых к тому же отрасль постоянно испытывала. Но, даже если они и были бы выделены в необходимом объеме, то следует учитывать, что сельское хозяйство – это сравнительно инерционная отрасль с медленным оборотом капитала и высокими рисками по его освоению.

Тем не менее, Правительство заявило о намерении увеличить финансирование сельского хозяйства. По словам вице-премьера А. Дворковича, курирующего развитие АПК, основное внимание планируется уделить проектам по выращиванию крупного рогатого скота и индейки, производству молока и тепличному производству. На решение проблем импортозамещения

потребуется порядка 5 лет и 40–50 млрд. руб. ежегодной господдержки [5].

Чтобы успешно осуществить ускоренное импортозамещение, а не перераспределение значительных импортных потоков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия между новыми странами-экспортерами, потребуется сравнительно длительный период, а не один и не два года для наращивания отечественного агропромышленного производства. Оно не сможет относительно быстро отреагировать даже на повышение внутреннего спроса на сельскохозяйственную продукцию, сырье и продовольствие вследствие наличия и других причин, таких как:

- высокая зависимость отдельных подотраслей сельского хозяйства от импортных поставок семян, генетического материала, новых технологий, технологического оборудования, химических средств защиты растений, ветеринарных препаратов и невозможность наладить их производство в стране в относительно короткие сроки в условиях девальвации рубля требует более дорогих инвестиций для осуществления импортозамещения;

- неразвитость кооперации и отсутствие существенных подвижек в кооперативном движении, которое, например, в странах Европейского Союза является своеобразным локомотивом развития сельского хозяйства;

- недоступность более чем у половины сельскохозяйственных организаций и 2/3 крестьянских (фермерских) хозяйств к относительно дешевым кредитным ресурсам при одновременно высокой общей закредитованности сельскохозяйственных организаций, составляющей около 2,1 трлн руб., тех, кто их получал, но в силу разного рода причин не может своевременно рассчитаться с кредиторами, что делает неизбежной реструктуризацию их долговых обязательств;

- неразвитость инфраструктуры агропродовольственного рынка (особенно оптово-логистических центров) и невозможность доступа к ней большинства сельскохозяйственных товаропроизводителей;

- хронический дефицит финансовых ресурсов и особенно времени, поскольку обеспечивать население страны отечественным продовольствием необходимо почти немедленно, а не через несколько лет;

- высокая зависимость импортозамещения от инвестиционной деятельности, активность которой в последние шесть лет снизилась и привела к сокращению объема привлечения инвестиций почти на 9% в сельское хозяйство, что подрывает основу для ведения отрасли на рас-

ширенной основе и делает проблематичным проведение ее системной технико-технологической модернизации, а следовательно, ускоренное наращивание производства отечественной сельскохозяйственной продукции и невозможности ее удешевления и повышения конкурентоспособности из-за опережающего роста цен на материально-технические ресурсы;

- значительное истощение демографического потенциала села и невозможность остановить этот негативный процесс в короткие сроки особенно во многих регионах европейской части страны с угрожающими темпами сокращения сельского населения.

В качестве положительного момента для осуществления ускоренного импортозамещения все же следует отметить повышенное внимание со стороны государства и агробизнеса к развитию сельского хозяйства в связи с введенными зарубежными санкциями против России. Это дает дополнительный импульс для развития сельского хозяйства, хотя и не решает даже часть накопившихся за многие годы его системных проблем. Вместе с тем зарубежные санкции довольно четко показали, что государство обязано постоянно поддерживать сельское хозяйство, а не только при возникновении разного рода форс-мажорных обстоятельств. Поэтому вне зависимости от возможного ослабления или даже снятия зарубежных санкций, которые рано или поздно закончатся, ориентация аграрной сферы экономики на скорейшее достижение продовольственной независимости страны останется единственно верным направлением в решении этой сложной и многоаспектной проблемы национального масштаба.

Для действительного возрождения отечественного сельского хозяйства, решения проблем продовольственной безопасности России и реализации программ импортозамещения, по нашему убеждению, требуется:

- реструктуризация долговых обязательств сельхозпредприятий, снижение налогов;
- всячески развивать сельхозкооперацию, помогать кооперативам льготными кредитами и техникой;
- выплачивать дотацию на произведенную продукцию, как это принято в отношении фермеров в США и ряде стран Европы;
- компенсировать часть затрат на горючее, удобрения, новую технику;
- остановить истощение демографического потенциала села, восстановить льготы для молодых специалистов, приступивших к работе на селе, в том числе по предоставлению им жилья;

- помочь начинающим фермерам и другим сельхозпроизводителям в вопросах маркетинга, в продвижении их продукции на рынок;

- инвестиции направлять не только на перевооружение сельскохозяйственного производства, модернизацию техники, строительство ферм, цехов и хранилищ, но и на обустройство села, создание человеческих условий для работы с тем, чтобы сделать сельский труд престижным, чтобы молодежь пошла работать в эту отрасль;

- увеличить инвестиции в сельскохозяйственное производство, выделяя на поддержку села до 5 % ВВП ежегодно;

- возобновить госзаказ на сельхозпродукцию; государство в лице Минсельхоза должно гарантировать крестьянам реализацию не менее 75 процентов производимого ими зерна, молока, мяса по рыночным ценам через заготконторы и закупочные кооперативы и т.д.

- защищенность и поддержка сельхозтоваропроизводителей государством от колебания цен на мировом агропродовольственном рынке.

Заключение. Таким образом, чтобы решить проблемы продовольственной безопасности России в новых политических и экономических условиях, вызванных очередным кризисом и западными санкциями, возникает необходимость кардинального пересмотра аграрной политики российского государства.

Надежное обеспечение продовольственной безопасности России является необходимым условием сохранения целостности и укрепления суверенитета российского государства, достижения продовольственной безопасности, успешной реализации стратегического национального приоритета – повышение качества жизни населения путем повсеместного гарантирования высоких стандартов жизнеобеспечения, включая и экономическую доступность продовольствия, достаточного для ведения активного и здорового образа жизни.

Насколько эффективными окажутся новые планы и программы по развитию российского агропромышленного комплекса в условиях западных санкций, покажет время. На наш взгляд, реализация программ импортозамещения в России, несмотря на отмеченные сложности, имеют все шансы на успех.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Послание президента В.В.Путина Федеральному Собранию Российской Федерации// Российская газета. – 2015. – 4 декабря.
2. Указ Президента РФ от 6 августа 2014 г. № 560 «О применении отдельных специальных экономических мер в целях обеспечения без-

опасности Российской Федерации».— URL: <http://base.garant.ru/70711352/#ixzz3sF9AOjBB> (дата обращения – 25.11.2015).

3. Глаголев, С.Н., Моисеев В.В. Импорт-замещение в экономике России. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. 276 с.

4. Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков

сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 годы». – URL: <http://mcx.ru/navigationdocfeeder/show/342.htm> (дата обращения – 22.11.2015).

5. На импортозамещение в АПК потребуется 250 млрд рублей. – URL: <http://www.tvc.ru/news/show/id/47553> (дата обращения – 19.11.2015).

Shaternikov M.N., Moiseev V.V.

THE ISSUE OF FOOD SECURITY IN THE CONDITIONS OF WESTERN SANCTIONS

The results of studying the ensuring of food security of our country, which comes to the fore in connection with the extension of economic sanctions from the direction of USA and EU. Russians were in a difficult food situation caused by crises, denomination ruble decline in supply and a rise in prices for food products. The domestic agricultural sector for various reasons can not yet meet the urgent needs, to ensure food safety. The article examines the factors that could lead to the development of agriculture, the real embodiment of the developed programs of their own food production.

Key words: Food security, western sanctions, agriculture, problems of import substitution.

Шатерников Михаил Николаевич, аспирант.

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

E-mail: Mshaternikov@yandex.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

Ряпухина В.Н., канд. эконом. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

АТРИБУЦИЯ ПОНЯТИЯ И КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ФАКТОРОВ МОТИВАЦИИ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

viktorer_r@mail.ru

Инновации в регионах стали приоритетным направлением государства, поэтому актуальна проблема стимулирования инновационной деятельности, а значит и анализа её мотивации. Теоретико-методологическую базу исследования составила система взглядов ученых на проблему инновационной мотивации. В работе представлены авторское определение инновационной мотивации и гипотеза о разделении мотива и стимула, рассмотрены факторы формирования мотивации и стимулы инновационного процесса. Автор предполагает, что важную роль в создании инноваций играет психологический аспект и, что инновационная культура может являться действенным инструментом инновационной мотивации.

Ключевые слова: инновационная мотивация, инновационная деятельность, инновационный процесс, стимул инновационного развития.

Мотивация в инновационной сфере является неотъемлемым элементом системы управления прогрессивными изменениями и катализатором инновационной активности в экономике региона. В рамках исследования проблемы инновационного менеджмента в современных условиях безусловно нужно принимать во внимание мотивационные аспекты инновационной деятельности. Впервые встретив термин «инновационная мотивация» в научных и научно-периодических изданиях мы занялись поиском точного определения данного понятия, но в современной литературе оно нам не встретилось. Необходимо пояснить, что в данном контексте речь идет не об инновационных методах мотиваций субъектов экономической деятельности, а о мотивации их к ведению или реализации инновационной деятельности. В научных источниках, посвященных проблеме инноватики, нами не было найдено какого-либо описания явления инновационной мотивации, и мы задались рядом вопросов: что именно стимулирует людей к ведению инновационной деятельности? кто способен вести инновационную деятельность? все ли подвержены инновационной мотивации? все ли способны быть инноваторами?

Если речь идет о мотивации создания, продажи и покупки инноваций, то, с точки зрения экономики и менеджмента, мотивация – это совокупность потребностей и их мотивов, определяющих деятельность компании в определенном направлении. В теории и практике инновационного менеджмента мотивация рассматривается как набор методов по направлению действия побудительных сил (то есть мотивов) для достижения поставленной цели. В данном случае мотивация инноваций представляет собой совокупность потребностей и мотивов, побуждающих производителя

и менеджера к активной деятельности в направлении создания и продажи инновации или, наоборот, путем ее покупки и использования в хозяйственном процессе. В рамках данного подхода мотивацию инноваций можно рассматривать в двух аспектах: мотивация создания и продажи инноваций и мотивация покупки инноваций. При этом мы считаем, что мотивация состоит из четырех элементов, к которым мы относим: цель, мотивы, факторы, стремление к достижению цели.

В рассматриваемом случае, целью создания и продажи инновации является получение хозяйствующим субъектом денежных средств от продажи новых продуктов (операций) для того, чтобы вложить эти средства в прибыльные сферы предпринимательства, поднять свой имидж на рынке, повысить свою конкурентоспособность. Основными мотивами создания и продажи инноваций для предпринимателей обычно являются: повышение конкурентоспособности своих новых продуктов; повышение своего имиджа на рынке; захват новых рынков; увеличение величины денежного потока; снижение ресурсоемкости продукта. При этом конкурентоспособность нового продукта (или технологии) означает способность его в определенный период времени соответствовать запросам и требованиям рынка и быть выгодно проданным при наличии на рынке предложений других аналогичных продуктов (или технологий). Конкурентоспособность продукта определяется его свойствами, представляющими интерес для покупателей, то есть свойствами, позволяющими продукту обеспечивать удовлетворение потребностей покупателей в условиях рынка. Конкурентоспособность нового продукта обусловлена: соответствием

качества продукта сложившимся стандартам; более низкой ценой при одинаковом уровне качества; уверенностью потребителя в возможностях поставщика не только обеспечить стабильность качества продукта, но и осуществлять поставки в заданные сроки; наличием быстрого и надежного послепродажного сервиса; соответствием продукта международным и национальным стандартам, обеспечивающим его совместимость, унификацию и взаимозаменяемость; рекламой.

Мотивы создания и продажи инноваций обусловлены целым рядом факторов. Основными факторами являются: усиление конкуренции; изменения в производственно-торговом процессе; совершенствование технологий операций; изменения в системе налогообложения; достижения на международном финансовом рынке. Целью покупки инновации является получение хозяйствующим субъектом денежных средств в будущем за счет реализации им новых продуктов или технологий, купленных сегодня. Основными мотивами покупки инноваций являются: повышение конкурентоспособности и имиджа хозяйствующего субъекта; получение в перспективе дохода на капитал, вложенный сегодня. Мотивы покупки инноваций обусловлены целым рядом факторов как объективных, так и субъективных. Основными объективными факторами покупки инноваций являются: изменения в производственно-торговом процессе; изменения в системе налогообложения; достижения на международном рынке. К субъективным факторам относятся факторы, отражающие интересы конкретного покупателя, планы и программы его инвестиционной и финансовой деятельности, психологические способности, профессионализм менеджеров и др.

Если речь идет о стимулировании инновационной активности извне, то, по мнению Васюхина О.В. и Павлова Е.А., главным мотивационным стимулом для руководителей промышленных предприятий могут служить «намечающиеся (явно существующие) тенденции к потере предприятием конкурентных преимуществ и снижение определяющих экономических показателей ниже порогового значения» [4]. В случае рассмотрения внешней мотивации работников промышленного предприятия, мы считаем целесообразным применять типологию стимулирования труда по Слинкову А.М. [14], который выделяет: моральное стимулирование, влияющее на удовлетворение потребности в

уважении, признании; материальное стимулирование в виде денежных выплат и различных благ; стимулирование временем, направленное на удовлетворение потребности в свободном времени и стимулирование трудом, влияющее на удовлетворение потребности в самореализации, развитии, росте. При этом необходимо помнить о том, что эффективность применения моральных стимулов к труду снижает увеличение частоты их применения, девальвация в случае стимулирования не заслуживающих это работников, отрыв от других типов стимулов, отсутствие четких критериев, понятных трудовому коллективу.

Интересным на наш взгляд является факт, что впервые проблемы анализа инновационной мотивации и формирования инновационно восприимчивой среды были описаны ещё К. Э. Циолковским в статье «Двигатели прогресса», в которой рассматривается процесс применения новшеств и делается вывод о том, что причина невосприятия достижений научно-технического прогресса кроется в недостатках природы человека. К. Э. Циолковский выделил ряд отрицательных факторов, противодействующих реализации новшеств и новаций, это – инертность, косность, консерватизм, недоверие к неизвестным именам, себялюбие, узкий эгоизм, непонимание собственного и общественно блага, страх временных убытков, противодействие непривычному, нежелание переучиваться, приверженность корпоративным интересам, профессиональная зависть и т.д. [15].

Тем не менее, проведенный нами анализ имеющихся публикаций по теме показал, что вопросы мотивации в сфере инновационной деятельности в настоящее время разработаны недостаточно. В частности отсутствует исчерпывающее определение инновационной мотивации, которое бы отделило данное понятие от общего термина мотивации. Кроме того, на сегодняшний момент: 1. отсутствует теоретическое обоснование специфики мотивации в контексте инновационной деятельности, 2. отсутствует разграничение мотивов и стимулов инновационной активности, 3. не изучены элементы и структура механизма управления инновационной мотивацией, 4. не проработан экономический аспект мотивации инноваций.

Целью нашей работы была разработка адекватного определения инновационной мотивации и теоретическое обоснование её специфики применительно к инновационной деятельности в регионе, а также качественный анализ инновационной мотивации для

разграничения стимулов и мотивов. Теоретическую и методологическую базу исследования составили научные труды отечественных и зарубежных ученых, и в целом система научных взглядов на проблему инноватики и в частности на проблему инновационной мотивации. Полученные в ходе нашего исследования выводы позволяют перейти к изучению непосредственно механизма формирования инновационной мотивации, его структуры и составных элементов (совокупности мотивационных стимулов и побудительных мотивов), а также позволят в будущем разработать с учетом особенностей внутренней и внешней среды адекватные инструменты формирования и управлению инновационной мотивацией для устойчивого развития и эффективной реализации инновационного потенциала.

В рамках предыдущих этапов исследования мы определили, что инновация не то же самое, что новация (изобретение, новшество, нововведение и т.д.). Новация становится инновацией при коммерциализации, т.е. инновация является результатом инновационной деятельности состоящей в общем случае из новаторской деятельности (научно-технического творчества, разработке образцов и моделей, оформлении авторских прав) и коммерциализации – маркетинговых мероприятий, производства и получения прибыли. Можно сказать, что новация является результатом новаторской деятельности, а инновация – инновационной включающей в себя также и новаторскую. Но, неправильно было бы ограничивать определение инновации, сводя его к результату инновационной деятельности, как делают многие исследователи. Мы считаем, что в нашем случае имеет смысл обратиться к известному определению Й. Шумпетера, который трактует инновацию как новую научно-организационную комбинацию производственных факторов, мотивированную предпринимательским духом. Также нет необходимости напоминать, что проблема инновационной мотивации в нашей стране возникла при переходе к рыночной экономике, когда предпринимательские способности официально заняли главное место среди других факторов производства.

Стохастические закономерности присущи инновационному процессу на любой его стадии; управление ими требует глубинного анализа их сути. Формирование адекватной системы управления инновационными процессами в регионе возможно только на основе знания о феномене возникновения инновации: рождения

идеи и стимула активизировать инновационную деятельность – для этого нужно знать, какие мотивы лежат в основе такого поведения субъектов экономической деятельности. Для построения механизма мотивации как источника активности участников инновационной деятельности по разработке, внедрению и эффективному использованию инновационного продукта в регионе, необходимо, прежде всего, создать понятийный аппарат.

Рассмотрим точки зрения некоторых российских и зарубежных ученых на проблему определения понятия мотивация. По определению Занюка С.С. [11] мотивация – совокупность побуждающих факторов, которые вызывают активность личности и определяют направления её деятельности. Другое определение дают Мескона М.Х., Альберта М. и Хедоури Ф. [9], они считают, что мотивация это процесс побуждения себя и других к деятельности для достижения личных целей и целей организации. Принято различать два вида мотивации – внутреннюю, включающую «побудительные силы и действия, формируемые внутри самой системы», и внешнюю, которая представляет собой «совокупность факторов, действующих за пределами системы, но целенаправленно и/или опосредованно воздействующих на эту систему так, чтобы она развивалась в нужном направлении» [4]; при этом под системой мы понимаем объект мотивации. Под внешней мотивацией мы понимаем мотивацию как функцию менеджмента, подразумевающую планирование, организацию и контроль. Мы считаем, что инновационную мотивацию можно определить как процесс активизации системы внешних и внутренних факторов инновационной активности как способствующего, так и препятствующего характера, которые в условиях возникновения потребности в изменениях приводят хозяйствующий субъект либо к действию, либо к бездействию – в зависимости от наличия стимула к ведению инновационной деятельности, его характера и интенсивности[©].

В целях нашего исследования целесообразно подвергнуть анализу структуру формирования мотивации участников инновационной деятельности в регионе на различных этапах её осуществления. В общем случае, механизм мотивации в соответствии с этапами её реализации выглядит следующим образом:

потребность → *мотив* + *стимул* → *действие* (1)

Прежде всего, при рассмотрении структуры инновационной мотивации важно определить:

кто из участников инновационной деятельности является субъектом мотивирования, а кто – объектом; какой фактор инновационной активности является точкой приложения мотивации. В каждом конкретном случае специфика действия инновационного механизма зависит от ответа на эти вопросы; так оказывать мотивационное воздействие может региональные власти на предприятия, научные организации, институты, финансовые учреждения или на инновационную систему региона в целом, или предприятия на своих работников, инвесторов, научные организации и т.д.

Факторы инновационной активности можно разделить на позитивные, вызывающие положительную реакцию в виде активизации инновационной деятельности, и негативные факторы принуждения к участию в инновационном процессе. Инновационные процессы всегда сопряжены с фактором риска и неопределенности, что является их неотъемлемой характеристикой, поэтому эту их особенность можно отнести к отрицательным факторам. Похилько Т.Н. в своей статье пишет, что «источники прямого, активного сопротивления против осуществления инновационной деятельности определяют факторы» экономического (недостаток собственных денежных средств, финансовой поддержки государства, низкий платежеспособный спрос на инновации, высокая стоимость нововведений, высокий экономический риск, долгий срок окупаемости инноваций), производственного (низкий инновационный потенциал организации, недостаток возможности кооперации, квалифицированного персонала, информации о новых технологиях и о рынках сбыта, невосприимчивость организации к нововведениям) и социального характера (низкий спрос на инновационную продукцию, неразвитость рынка технологий и инновационной структуры, неопределенность сроков инновационного процесса, недостатки нормативно-правовой базы) [10. с.31.].

Инновационная деятельность всегда ориентированна на будущее, влечет за собой существенные затраты, а ее результат может быть непредсказуемым. Всем этапам инновационной деятельности свойственна индивидуальная структура мотивов, на которую влияют многие факторы как положительного (способствующие), так и отрицательного (препятствующие) характера. На этапе формирования идеи новшества в основе творческой активности инноваторов лежит

стремление решить определенную задачу технического характера, а на этапе коммерциализации на первый план выдвигается желание достичь максимального экономического эффекта в виде экономии или прибыли от внедрения наиболее рациональной в конкретном случае новаций.

В современных условиях особое внимание должно уделяться именно начальной стадии инновационного процесса, а именно возможностям кадровой и интеллектуальной составляющей инновационного потенциала как источнике генерации идей. Главной движущей силой инновационного процесса является человеческий потенциал и его неисчерпаемая интеллектуальная возможность. Поэтому изучение вопросов мотивации научно-технического творчества, создания новшеств является ключевым фактором преодоления барьеров инновационной инертности субъектов экономики региона.

Реалии современной экономики таковы, что зачастую основным мотивом инновационной деятельности является получение и максимизация прибыли с перспективой получения сверхприбыли в будущем – снятии сливок на продаже нового продукта или технологии и избежание потери преимущества перед конкурентами. Баймульдин М.М. считает, что «лица, создающие инновации, как правило, не требуют никакой дополнительной мотивации, кроме финансовой поддержки их деятельности, чаще всего, довольно незначительной» [3]. Таким образом, мотивация участников инновационно процессе – а это не только создатели, но и потребители инноваций – зачастую сводится только в прагматичным интересам материального характера, что логично, если рассматривать в качестве конечной стадии этого процессе коммерческое предприятие, которое рассматривает коммерческую прибыль в качестве основной цели деятельности. Михайло Раичевич [12. с.34] в своей работе пишет, что такой подход «делает планету прекрасной средой для инноваций, но тяжелым местом для жизни».

Проблема состоит в том, что многие инновации носят рисковый характер, и срок окупаемости может быть выше нормативного для инвестиционных проектов, что становится дополнительным препятствием для активизации инновационной деятельности. Андреева Л.Н. говорит о том, что инновационный бизнес является «наиболее уязвимой частью российской предпринимательской деятельности» [1]. Кроме того, выдвигание на первый план мотива получения прибыли сводит

на нет значение нематериальных факторов – потребность к самореализации, самоуважению, общественному признанию, которые могут быть мощным мотивом инновационной деятельности. Целесообразно создать такую систему мотивации, в которой интеллектуальная деятельность является достаточным мотивом, хотя и отказываться от дополнительных внешних инструментов мотивации не стоит.

Очевидно, что определяющую роль в преодолении инновационной инертности хозяйствующих субъектов как главного негативного фактора играет психологический аспект. Директор института стратегических инноваций Николаев Н. Считает, что «отсутствие инновационной культуры общества – одна из главных причин инновационной стагнации» [8]. Одним из ярких примеров низкой инновационной культуры является бюрократизм большинства крупных государственных учреждений и частных корпораций, где продвижение даже рутинного нововведения требует колоссальных усилий, не говоря уже об огромной степени полного отторжения чего-либо действительно революционного. На промышленных предприятиях, по мнению Васюхина О.В. и Павлова Е.А., низкий уровень инновационной культуры проявляется в предпочтении «жить сегодняшним днем, обеспечивая свои предпринимательские потребности в основном за счет текущей операционной деятельности» [4].

Поэтому изменение существующего отношения людей к инновациям, их восприятия реалий инновационной экономики, а также осознание значения и роли активизации инновационных изменений является объективной необходимостью. Достичь этих целей поможет выявление и значение реальных мотивов инновационной активности. Мотивационная структура личности и механизм мотивирования лежат в основе управления человеческим ресурсом. Особенно актуально сегодня построение адекватного современным условиям мотивационного механизма инновационной деятельности на основе всестороннего анализа аспектов инновационной мотивации как решающего причинного фактора результативности инноваций.

Создание действующего механизма инновационного менеджмента позволит создать условия для эффективной реализации накопленного национального или регионального инновационного потенциала и его дальнейшего наращивания, что обеспечит движение по инновационному пути экономического развития.

Похилько Т.Н. в своей статье пишет, что «отсутствие до настоящего времени разработанной теоретико-методологической основы развития национальной инновационной системы и её составляющих элементов, сохранение проблемы создания действенных институтов отечественной инновационной сферы, слабо работающая инновационная инфраструктура в регионе, сдерживают мотивационные стимулы экономических субъектов к инновационной деятельности» [10. с. 24]. Мотивация инновационного процесса должна стать непрерывной и целесообразно включать с состав её взаимосвязанных составных частей силу воздействия, объект воздействия, инструменты реализации этого воздействия, цель воздействия, выраженная в желаемом результате. Так профессор Владимирова О.Н. считает, что «в рамках региональной инновационной политики необходимо предусмотреть более значительное стимулирование мотивации к повышению инновационной восприимчивости через рычаги и инструменты организационного, экономического, методического воздействия» [5. с.123].

На конечный результат инновационной деятельности определяющее воздействие оказывают некоторые факторы, которые мы можем назвать критическими. Выявлению данных факторов способствует структурная классификация и систематизация составных элементов инновационного потенциала. Но помимо ресурсной составляющей, как считает Андрианов Д.С. [2], «необходимо наличие ещё одного элемента для эффективной реализации инновационного потенциала, а именно развитой инновационной культуры». Также Андрианов Д.С. [2] говорит о том, что инновационная культура непосредственно не является структурным элементом инновационного потенциала экономической системы, но выполняет роль своего рода катализатора или силы, задающей направление вектору приложения усилий по достижению положительного конечного результата инновационной деятельности; и, чем выше уровень инновационной культуры предприятия, тем больше вероятность эффективной реализации какого бы то ни было инновационного проекта. По определению Андрианова Д.С., инновационная культура это «мера восприимчивости организации к нововведениям, опыт внедрения новых проектов, политика менеджмента в области инноваций, отношение персонала к новациям» и с её помощью можно достичь «в сфере

конкретной экономики – ускорения и повышения эффективности внедрения новых технологий и изобретений, в сфере управления – реального противодействия бюрократическим тенденциям, в сфере образования – содействия раскрытию инновационного потенциала личности и его реализации, в сфере культуры – оптимизации соотношения между традициями и обновлением, различными типами и видами культур» [2].

Для коренного изменения ситуации в целом и формировании инновационной культуры в различных сферах жизни общества недостаточно будет задействовать только воспитательный и образовательный ресурс, но также потребуются финансовая поддержка инновационной инициативы, а также всего инструментария кадровой и административной политики и управления (нормативно-правовая база, санкции, контроль и т.д.). Инновационная культура может найти своё применение практически повсеместно, начиная от создания среды эффективного использования инновационного потенциала до реализации его развития и усовершенствования.

Одним из способствующих факторов инновационного развития также является тенденция сглаживания несоответствие между уровнями развития культуры и науки, техники и естествознания, противоречия между уровнями перемен в материальной и нематериальной сфере – по О. М. Штемпелю т.н. «культурное запаздывание» [6]. При условии наличия достаточно высоко уровня инновационной мотивации в обществе такое сглаживание происходит быстрее за счет взаимной корреляции и тесной взаимосвязи всех сфер жизни общества. Но в ситуации, когда наблюдается общий низкий уровень инновационной культуры, механизм саморегуляции не заработает без активизации извне за счет организационно-управленческих и нормативно-правовых инструментов воздействия.

Мы можем сделать вывод о том, что в современных условиях, в целях быстрого решения проблемы отсутствия инновационной культуры и низкого уровня мотивации к ведению инновационной деятельности, оправданной мерой станет консолидация усилий всех участников инновационного процесса по институционализации инновационной культуры и преобразование её развития в организованный, упорядоченный процесс, характеризуемый структурно упорядоченной системой отношений, правилами и нормами поведения, определенной мерой ответственности

участников преобразования. В этой связи особенно важным представляется проведение регулярных социологических и социально-психологических исследований на региональном, межрегиональном и международном уровне инновационной мотивации, которые позволят определить уровень её влияния на производственно-экономические показатели.

Хотя нельзя наряду с инновационной мотивацией пренебрегать другими мощными факторами инновационного развития – политическими, экономическими, социальными и т.д., невозможно переоценить значение развития инновационной культуры и. в частности, мотивационной сферы, в деле социокультурного и экономического роста страны. Николаев А. считает, что «не вызывает сомнения органическая связь инновационной культуры с другими её областями. Именно инновационная культура обеспечивает восприимчивость людей к новым идеям, их готовность и способность поддерживать и реализовывать новшества во всех сферах жизни. Инновационная культура отражает целостную ориентацию человека, закреплённую в мотивах, знаниях, умениях и навыках, а также в образах и нормах поведения. Она показывает как уровень деятельности соответствующих социальных институтов, так и степень удовлетворения людей участием в них и его результатах» [8].

Успех инновационной политики по созданию инновационной инфраструктуры оценивается по способности НИС и РИС формировать входы для инновационной деятельности, обеспечивать полное применение всех располагаемых ресурсов, создавать инновации и обеспечивать их диффузию в широких масштабах, обеспечивать новое качество экономического роста. Сейчас первостепенная задача в России и в регионах заключается в преодолении барьеров инновационного развития и создании самовоспроизводимой культуры инноваций на всех уровнях социально-экономической жизни общества. В числе серьезных современных проблем развития инновационной активности в регионе можно назвать неразвитый спрос на инновации, недостаточное финансирование НИОКР, отсутствие действенного механизма стимулирования инновационной деятельности, неразвитость инновационной инфраструктуры, отсутствие взаимосвязи в звеньях инновационного цикла, что указывает на то, что инновационная инфраструктура в регионе ещё не создана.

Авторское определение инновационной мотивации было построено на разграничении мотивов и стимулов инновационной деятельности, что дает предпосылку для дальнейшего изучения механизма инновационной мотивации. Нами были рассмотрены основные негативные и позитивные факторы процесса формирования мотивации к ведению инновационной деятельности. Мы считаем, что главным препятствующим фактором является некоторые особенности психики человека (по К.Э. Циолковскому), внешних факторы экономического, производственного и социального характера (по Т.Н. Похилько), ограниченность эффективности стимулов материального характера в условиях высокого уровня риска и неопределенности инноваций, а также мер экономического, организационного и методического воздействия (по О.Н. Владимировой), психологический аспект – низкий уровень инновационной культуры (по А. Николаеву). Среди основных факторов способствующего характера необходимо назвать наличие индивидуальной структуры мотивов на каждом этапе инновационной деятельности (научный интерес, творческий и предпринимательский дух и т.д.) и «культурное запаздывание» (по О. М. Штемпелю). Мы считаем, что при наличии такой структуры мотивов самым эффективным стимулом к ведению инновационной деятельности в регионе было бы становление и развитие инновационной культуры, что, однако, не снижает значения, а требует интенсификации мер по созданию инновационной инфраструктуры, проектированию РИС и развитию научных исследований в этой области.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Андреева Л.Н. Проблемы мотивации инновационной деятельности // Сборник трудов Научного общества «Феникс». Вязьма. 2012. [Электронный ресурс]. URL: http://www.vfmgju.ru/Nauchnoe-obschestvo-Feniks-1208/Nashi_publicacii/Problemy_motivacii/index.html (дата обращения: 17.02.2016 г.).
2. Андрианов Д.С. Сущность и структура инновационного потенциала организации // Вестник ТИСБИ. 2006. № 4. [Электронный ресурс]. URL: <http://tisbi.ru/science/vestnik/2006/issue4/econom2.html> (дата обращения: 01.03.2016 г.).
3. Баймульдин М.М. Мотивация инновационной деятельности [Текст] 2014. [Электронный ресурс]. URL:

<http://www.kstu.kz/wp-content/uploads/2014/03/Motivatsiya-innovatsionnoj-deyatelnosti.pdf> (дата обращения: 17.03.2016 г.).

4. Васюхин О.В., Павлова Е.А. Основы мотивации инновационной деятельности промышленного предприятия // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 4. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=9477> (дата обращения: 17.03.2016).
5. Владимирова О.Н. Формирование региональных инновационных систем как фактор устойчиво развития региона // Известия Иркутской государственной экономической академии [Электронный научный журнал]. 2010. № 4. С. 120-125. URL: <http://eizvestia.isea.ru> (дата обращения: 25.02.2016 г.).
6. Культурология. Краткий тематический словарь. Драч Г. В., Матяш Т. П. [Электронный ресурс] Библиотека Гумер - гуманитарные науки. URL: http://www.gumer.info/bibliotek_Buks/Culture/Dict_Tem/10.php (дата обращения: 10.03.2016 г.).
7. Малаховская М.В., Скрыльникова Н.А. Формирование мотиваций к созданию инновационной экономики в России // Вестник Томского государственного университета. 2009. № 1 (5). С. 24–38.
8. Николаев А. Инновационное развитие и инновационная культура // Проблемы теории и практики управления [Электронный ресурс]. 2001. № 5. URL: <http://www.masters.donntu.edu.ua/2008/fem/dolzhenkova/library/article4.html> (дата обращения: 15.02.2016 г.).
9. Основы менеджмента: Пер. с англ. М.: Дело, 1992. 702 с.
10. Похилько Т.Н. Формирование инновационной системы как условие социально-экономического развития региона // Гуманитарные и социальные науки. 2010. № 4. С. 23–33.
11. Психология мотивации: Теория и практика мотивирования. Мотивационный тренинг. К.: Эльга. Н: Ника-Центр, 2001. 352 с.
12. Раичевич М. Неолиберализм и современный экономический кризис // Актуальные проблемы экономического развития: сб. докл. Междунар.заочной науч.-практич. конф. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2011. Ч.3. С. 31–34.
13. Рогов А. В. Мотивация инновационной деятельности в промышленности : автореферат дис. ... кандидата экономических наук : 08.00.05 / Саратовский гос. социально-экон. ун-т. - Саратов, 2000. 15 с.

14. Слинков А.М. Формирование системы морального стимулирования к труду: инновационный подход // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. № 1. С. 112–115.

15. Циолковский К. Э. Двигатели прогресса // Изобретатель и рационализатор. 1980. № 3. С. 32-34. URL: <http://epizodsspace.airbase.ru/bibl/i-i-r/1980/3/tsiolk.html>. (дата обращения: 20.02.2016 г.).

Riapukhina V.N.

**ATTRIBUTION OF THE CONCEPT AND QUALITATIVE ANALYSIS OF THE FACTORS
MOTIVATING INNOVATION**

Innovation in the regions become a priority for the state, so the problem of stimulating innovation and problem of the analysis of motivation become more actual. Theoretical and methodological basis of the study was a system of views of scientists on the issue of innovation motivation. The paper presents the author's definition of innovation motivation and hypothesis of the separation of motive and stimulus. The factors of motivation and incentives for innovation are considered at this study. The author suggests that an important role in the creation of innovations plays a psychological aspect and that innovation culture can be an effective tool for motivating innovation.

Key words: *innovation motivation, innovation, innovation process, the inducement of the innovation development*

Ряпухина Виктория Николаевна, кандидат экономических наук, доцент кафедры стратегического управления.

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

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

E-mail: viktorer_r@mail.ru

Чикина Е.Д., канд.экон. наук, доц.,
Шевченко М.В., ст. преподаватель

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

АПРОБАЦИЯ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММ MICROSOFT EXCEL И MATHCAD

atchikina@mail.ru

Экономико-математическое моделирование с использованием современных информационных технологий в реализации функций управления предприятием играет значительную роль, позволяя оптимизировать затраты при реализации бизнес-проектов, повысить эффективность деятельности хозяйствующих субъектов. В статье приведена апробация решения задачи Монжа-Кантаровича с использованием систем автоматизированного проектирования Microsoft Excel и Mathcad на примере предприятий цементной промышленности.

Ключевые слова: задача Монжа-Кантаровича, модель оптимизации, планирование, экономико-математическое моделирование.

В современных экономических условиях одним из основных факторов поддержания устойчивого функционирования хозяйствующего субъекта, обеспечения его развития, является проведение компетентного анализа и планирования хозяйственной деятельности предприятия. Процессы управления и принятия решений опираются на достаточно широкий круг экономико-математических методов. Особое место занимает экономико-математическое моделирование при решении вопросов финансирования проектов, составления материальных, трудовых и финансовых балансов, выборе лучших способов вложения денежных средств, логистике. С развитием информационных технологий решение задач экономико-математического моделирования значительно упрощается.

В настоящей статье рассмотрим апробацию экономико-математических моделей в анализе деятельности хозяйствующих субъектов на примере промышленных предприятий, функционирующих в Центральном и Центрально-Черноземном регионе (ЦЧР). В качестве программной поддержки будем использовать пакеты электронных расчетных таблиц и графических инструментов Microsoft Excel и Mathcad. Для оценки был выбран ряд моделей объединяющий широкий круг экономических задач в единый математический моделируемый комплекс, который наиболее применим в деятельности предприятий.

Отметим некоторые особенности. Использование задачи Монжа-Кантаровича в анализе деятельности предприятия – это один из методов ЭММ специального вида. Данная задача является поиском оптимального распределения однородных объектов. Для простоты понимания задача Монжа-Кантаровича рассматривается как задача об оптимальном плане перевозок грузов из пунктов отправления в пункты потребления с

минимальными затратами на перевозки. Данная задача по теории сложности вычислений входит в класс P (от англ. *polynomial*), который называют множеством «быстрых» алгоритмов решения. Здесь время расчетов полиномиально зависит от размера входных данных и выделяют два типа задач: по критерию стоимости – минимум затрат (или минимальное расстояние) и по критерию времени – минимальный интервал времени.

Для решения задач Монжа-Кантаровича используют симплекс-метод (линейные уравнения), метод потенциалов, теории графов. Рассмотрим алгоритм расчета такой задачи.

1. *Этап – выбор заводов.* На данном этапе осуществляется отбор заводов-производителей, чья деятельность подлежит исследованию. В нашем случае были отобраны такие заводы, как: ЗАО «Осколцемент», ЗАО «Белгородский цемент», Воронежский ф-л «Евроцементгруп» (Подгоренский цементный завод), ЗАО «Липецкцемент», ЗАО «Михайловцемент». Все они входят в единый производственный комплекс «Евроцементгруп».

2. *Этап – выбор регионов-потребителей.* Здесь необходимо отобрать регионы, в которые может осуществляться реализация продукции исследуемых предприятий. Нами были отобраны такие области: Белгородская (БО), Курская (КО), Орловская (ОО), Рязанская (РО), Тульская (ТО), Воронежская (ВО), Липецкая (ЛО) и Московская (МО). Данные области были выбраны в связи с большой концентрацией заводов-цементников в данных округах.

3. *Этап – составление матрицы расстояний.* На данном этапе необходимо построить матрицу расстояний от заводов-производителей до регионов-потребителей. Для этого мы воспользовались публикуемыми картографическими данными. Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1

Матрица расстояний от заводов-производителей до регионов-потребителей

	БО	КО	ОО	РО	ТО	ВО	ЛО	МО	Объем производства цемента, тонн
ОсколЦем	142	149	273	514	462	124	241	616	3 700 000
БелЦем	0	142	302	645	495	255	371	665	2 200 000
ВоронежЦем	282	398	533	584	531	190	310	703	3 000 000
ЛипецкЦем	371	324	295	266	293	152	0	467	2 000 000
МихайловЦем	607	466	309	67	121	382	228	213	1 900 000
Потребность, млн.т	1	1,2	1,3	1,6	1,7	1,8	2	2	-

Представленная матрица необходима для расчета затрат на транспортировку продукции от завода производителя как по системе тарифов железнодорожных перевозок, так и автотранспортом. Далее сравним результаты и сделаем вывод об оптимальности перевозок.

4. Этап – Составление матрицы расстояний с учетом тарифов. На данном этапе мы построили дополнительную матрицу расстояний от производителей цементной продукции до регионов-потребителей с учетом тарифов на ж/д перевозки и на перевозки автотранспортом. Для этого мы воспользовались публикуемыми данными по тарифам [7] (табл. 2). Результаты представлены в табл. 3 и 4.

Таким образом, из табл. 2 необходимо выбрать тариф в зависимости от расстояния и занести его в соответствующую ячейку табл. 3. Так, например, для «Осколцемента» по БО расстояние равно 142 км – это соответствует тарифу 553 руб./т из табл. 2 ячейка с данными 140–144 км. Занесем данное значение в табл. 3. и сделаем тоже самое с остальными ячейками.

Для заполнения табл. 4, а именно, для расчета тарифов ж/д перевозок, мы воспользовались сайтом, предназначенным для публикации и расчета в онлайн-режиме грузоперевозок ж/д путями [8, 9]. Пример приведен на рис. 2 – 5.

Таблица 2

Тарифы на перевозку грузов в зависимости от расстояния

Расстояние, км	Тариф, руб./т	Расстояние, км	Тариф, руб./т	Расстояние, км	Тариф, руб./т	Расстояние, км	Тариф, руб./т	Расстояние, км	Тариф, руб./т
0-4	139	100-104	447	200-204	711	300-304	973	400-404	1235
5-9	161	105-109	460	205-209	724	305-309	986	405-409	1248
10-14	183	110-114	473	210-214	737	310-314	1000	410-414	1261
15-19	224	115-119	487	215-219	750	315-319	1013	415-419	1274
20-24	237	120-124	500	220-224	762	320-324	1026	420-424	1287
25-29	251	125-129	513	225-229	775	325-329	1039	свыше 425	1300
30-34	264	130-134	526	230-234	788	330-334	1051		
35-39	277	135-139	539	235-239	802	335-339	1064		
40-44	290	140-144	553	240-244	815	340-344	1077		
45-49	303	145-149	566	245-249	828	345-349	1090		
50-54	317	150-154	579	250-254	841	350-354	1103		
55-59	330	155-159	592	255-259	854	355-359	1117		
60-64	343	160-164	605	260-264	868	360-364	1130		
65-69	356	165-169	618	265-269	881	365-369	1143		
70-74	369	170-174	632	270-274	894	370-374	1156		
75-79	383	175-179	645	275-279	907	375-379	1169		
80-84	396	180-184	658	280-284	920	380-384	1182		
85-89	409	185-189	671	285-289	934	385-389	1195		
90-94	422	190-194	684	290-294	947	390-394	1208		
95-99	434	195-199	698	295-299	960	395-399	1222		

Таблица 3

**Матрица расстояний от заводов-производителей до регионов-потребителей
с учетом автотарифов**

	БО	КО	ОО	РО	ТО	ВО	ЛО	МО	Объем производства цемента, тонн
ОсколЦем	533	533	894	1287	1300	500	815	1300	3 700 000
БелЦем	139	553	973	1300	1300	854	1077	1300	2 200 000
ВоронежЦем	920	1222	1300	1300	1300	684	1000	1300	3 000 000
ЛипецкЦем	1156	1026	960	881	947	579	139	1300	2 000 000
МихайловЦем	1300	1300	986	356	500	1182	775	737	1 900 000
Потребность, млн.т	1	1,2	1,3	1,6	1,7	1,8	2	2	-

08.06.2015

Результаты расчета

Результаты расчета провозной платы

Исходные данные

Станция отправления	43450 Белгород (Юго-Восточная дорога)
Страна отправления	20 Россия
Станция назначения	20820 Курск (Московская дорога)
Страна назначения	20 Россия
Груз ЕТСНГ	28100 ЦЕМЕНТ
Груз ГНГ	44030000
Вес груза, кг	60000
Грузоподъемность, т	66
Принадлежность	Общего парка
Порожний	нет

Маршрут следования

Государство	Дорога	Код	Станция	Код	Станция	Перегон, км
Россия	Юго-Восточная	43450	Белгород	20820	Курск	160
Россия	Московская	20820	Курск	20820	Курск	0
						Россия 160

Рис. 2. Исходные данные для провозной платы

Поправочные коэффициенты:

Повышение уровня тарифа гр.В (с 01 января 2015 г.)	3.475	*
Итого (вагонная составляющая)	4750.32	RUB
Скидка за использование вагона общего парка РЖД	-337.00	RUB

Итоговая провозная плата 14228.00 RUB

Дополнительные сборы:

К взысканию:

Итого	14228.00	RUB
Налог (НДС, 18%)	2561.04	RUB
Всего по стране Россия (за 1 ПС)	16789.04	RUB
За одну тонну	279.82	RUB

Рис. 4. Поправочные коэффициенты для ж/д перевозок

Таким образом, стоимость ж/д перевозки от станции отправления «Белгород» до станции назначения «Курск» для Белгородского цемента составит: общая стоимость 18 383,22 руб. за вагон деленная на объем вагона, который равен 60

Детализация расчета

Описание

Значение Валюта

Расчёт провозной платы по стране РОССИЯ за 160 км.

Схема расчета 8 В4 25_1

Ставка по схеме 8	3487.00	RUB
Поправочные коэффициенты:		
Повагонная отправка одного вагона в завис. от расст. перевозки	278.96	RUB
Скидка от расст. перевозки грузов 1 т.к.	0.750	*
Повышение уровня тарифа (с 1 января 2015 г.)	3.475	*
Итого (инфраструктурная составляющая)	9815.03	RUB
Ставка по схеме В4	1367.00	RUB

Рис. 3. Детализация расчетов ж/д перевозок

Расчёт провозной платы за возврат по стране РОССИЯ за 96 км.

Схема расчета 25_1 25_1

Ставка по схеме 25_1	360.00	RUB
Поправочные коэффициенты:		
Повагонная отправка одного вагона в завис. от расст. перевозки	28.80	RUB
Повышение уровня тарифа (с 1 января 2015 г.)	3.475	*
Итого (инфраструктурная составляющая)	1351.08	RUB
Итоговая провозная плата	1351.00	RUB

Дополнительные сборы:

К взысканию:

Итого	1351.00	RUB
Налог (НДС, 18%)	243.18	RUB
Всего по стране Россия (за 1 ПС)	1594.18	RUB

Общая стоимость по всем странам за 1 ПС	18383.22	RUB
В том числе налогов	2804.22	RUB

Рис. 5. Окончательный расчет тарифа ж/д перевозок с учетом расстояния

тонн. Следовательно, за 1 тонну перевозка составит: $18\,383,22 : 60 = 306,387$. Мы в ячейку записали примерно 307 руб, т.к. некоторые онлайн калькуляторы дают большее значение. Все расчетные значения занесены в табл. 4.

Таблица 4

**Матрица расстояний от заводов-производителей до регионов-потребителей
с учетом ж/д тарифов**

	БО	КО	ОО	РО	ТО	ВО	ЛО	МО	Объем производства цемента, тонн
ОсколЦем	378	338	471	654	567	362	442	757	3 700 000
БелЦем	0	307	415	670	610	501	560	928	2 200 000
ВоронежЦем	661	567	677	677	731	378	478	897	3 000 000
ЛипецкЦем	596	495	435	495	495	345	0	654	2 000 000
МихайловЦем	788	684	574	325	426	634	567	518	1 900 000
Потребность, млн. т	1	1,2	1,3	1,6	1,7	1,8	2	2	-

Перейдем к следующему этапу – поиску оптимального плана с помощью программы Mathcad.

5. Этап – Поиск оптимального плана грузоперевозок с помощью программы Mathcad. На данном этапе мы использовали уже сформиро-

ванные матрицы (табл. 3 и 4) и получили следующие результаты.

5.1. Модель оптимального плана доставки цемента по регионам с учетом тарифов автотранспортом представлена на рис. 6.

$$\begin{aligned}
 & \text{ORIGIN} = 1 \\
 & S := \begin{pmatrix} 533 & 553 & 894 & 1287 & 1300 & 500 & 815 & 1300 \\ 139 & 553 & 973 & 1300 & 1300 & 854 & 1077 & 1300 \\ 920 & 1222 & 1300 & 1300 & 1300 & 684 & 1000 & 1300 \\ 1156 & 1026 & 960 & 881 & 947 & 579 & 139 & 1300 \\ 1300 & 1300 & 986 & 356 & 500 & 1182 & 775 & 737 \end{pmatrix} \quad a := \begin{pmatrix} 3700000 \\ 2200000 \\ 3000000 \\ 2000000 \\ 1900000 \end{pmatrix} \quad b := \begin{pmatrix} 1000000 \\ 1200000 \\ 1300000 \\ 1600000 \\ 1700000 \\ 1800000 \\ 2000000 \\ 2200000 \end{pmatrix} \\
 & x := \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \\
 & f(x) := \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^8 (S_{i,j} \cdot x_{i,j}) \\
 & \text{Given} \\
 & \begin{aligned} & x_{1,1} + x_{2,1} + x_{3,1} + x_{4,1} + x_{5,1} \leq b_1 & x_{1,5} + x_{2,5} + x_{3,5} + x_{4,5} + x_{5,5} \leq b_5 \\ & x_{1,2} + x_{2,2} + x_{3,2} + x_{4,2} + x_{5,2} \leq b_2 & x_{1,6} + x_{2,6} + x_{3,6} + x_{4,6} + x_{5,6} \leq b_6 \\ & x_{1,3} + x_{2,3} + x_{3,3} + x_{4,3} + x_{5,3} \leq b_3 & x_{1,7} + x_{2,7} + x_{3,7} + x_{4,7} + x_{5,7} \leq b_7 \\ & x_{1,4} + x_{2,4} + x_{3,4} + x_{4,4} + x_{5,4} \leq b_4 & x_{1,8} + x_{2,8} + x_{3,8} + x_{4,8} + x_{5,8} \leq b_8 \end{aligned} \\
 & \begin{aligned} & x_{1,1} + x_{1,2} + x_{1,3} + x_{1,4} + x_{1,5} + x_{1,6} + x_{1,7} + x_{1,8} = a_1 \\ & x_{2,1} + x_{2,2} + x_{2,3} + x_{2,4} + x_{2,5} + x_{2,6} + x_{2,7} + x_{2,8} = a_2 \\ & x_{3,1} + x_{3,2} + x_{3,3} + x_{3,4} + x_{3,5} + x_{3,6} + x_{3,7} + x_{3,8} = a_3 \\ & x_{4,1} + x_{4,2} + x_{4,3} + x_{4,4} + x_{4,5} + x_{4,6} + x_{4,7} + x_{4,8} = a_4 \\ & x_{5,1} + x_{5,2} + x_{5,3} + x_{5,4} + x_{5,5} + x_{5,6} + x_{5,7} + x_{5,8} = a_5 \end{aligned} \\
 & h := \text{Minimize}(f, x) \\
 & h = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1300000 & 0 & 0 & 1800000 & 0 & 600000 \\ 1000000 & 1200000 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1400000 & 0 & 0 & 1600000 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2000000 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1600000 & 300000 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \\
 & f(h) = 8542400000
 \end{aligned}$$

Рис. 6. Расчет оптимального плана доставки цемента автотранспортом в системе Mathcad.

Таким образом, нами был получен следующий план по доставке продукции автотранспортом:

$$h = \begin{pmatrix} 0 & 1200000 & 100000 & 0 & 1700000 & 0 & 0 & 700000 \\ 1000000 & 0 & 1200000 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1200000 & 0 & 1800000 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2000000 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 400000 & 0 & 0 & 0 & 1500000 \end{pmatrix}$$

Рис. 7. Оптимизационный план реализации цемента.

Как видно из рис. 7 для оптимизации своей деятельности, например, Осколцемент должен реализовать следующие объемы своей продукции по регионам: 1,2 млн. тонн для КО, 100 тыс.

для ОО, 1,7 для ТО и 700 тыс. для МО и т.д. Сведем все расчетные значения в табл.5.

5.2. Рассмотрим теперь модель для ж/д перевозок. Также будем использовать программу Mathcad. Результаты представлены на рис.8.

Таблица 5

Оптимизационный план доставки цемента автотранспортом в системе Mathcad

	БО	КО	ОО	РО	ТО	ВО	ЛО	МО	Объем производства цемента, тонн
ОсколЦем	0	0	1 300 000	0	600 000	1 800 000	0	0	3 700 000
БелЦем	1 000 000	1 200 000	0	0	0	0	0	0	2 200 000
ВоронежЦем	0	0	0	0	800 000	0	0	2 200 000	3 000 000
ЛипецкЦем	0	0	0	0	0	0	2 000 000	0	2 000 000
МихайловЦем	0	0	0	1 600 000	300 000	0	0	0	1 900 000
Потребность, млн.т	1	1,2	1,3	1,6	1,7	1,8	2	2	-

ORIGIN=1

$$S := \begin{pmatrix} 378 & 338 & 471 & 654 & 567 & 362 & 442 & 757 \\ 0 & 307 & 415 & 670 & 610 & 501 & 560 & 928 \\ 661 & 567 & 677 & 677 & 731 & 378 & 478 & 897 \\ 596 & 495 & 435 & 495 & 495 & 345 & 0 & 654 \\ 788 & 684 & 574 & 325 & 426 & 634 & 567 & 518 \end{pmatrix} \quad a := \begin{pmatrix} 3700000 \\ 2200000 \\ 3000000 \\ 2000000 \\ 1900000 \end{pmatrix} \quad b := \begin{pmatrix} 1000000 \\ 1200000 \\ 1300000 \\ 1600000 \\ 1700000 \\ 1800000 \\ 2000000 \\ 2200000 \end{pmatrix} \quad x := \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

$$f(x) := \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^8 (S_{i,j} \cdot x_{i,j})$$

Given

$$\begin{aligned} x_{1,1} + x_{2,1} + x_{3,1} + x_{4,1} + x_{5,1} &\leq b_1 & x_{1,5} + x_{2,5} + x_{3,5} + x_{4,5} + x_{5,5} &\leq b_5 \\ x_{1,2} + x_{2,2} + x_{3,2} + x_{4,2} + x_{5,2} &\leq b_2 & x_{1,6} + x_{2,6} + x_{3,6} + x_{4,6} + x_{5,6} &\leq b_6 \\ x_{1,3} + x_{2,3} + x_{3,3} + x_{4,3} + x_{5,3} &\leq b_3 & x_{1,7} + x_{2,7} + x_{3,7} + x_{4,7} + x_{5,7} &\leq b_7 \\ x_{1,4} + x_{2,4} + x_{3,4} + x_{4,4} + x_{5,4} &\leq b_4 & x_{1,8} + x_{2,8} + x_{3,8} + x_{4,8} + x_{5,8} &\leq b_8 \end{aligned} \quad x \geq 0$$

$$x_{1,1} + x_{1,2} + x_{1,3} + x_{1,4} + x_{1,5} + x_{1,6} + x_{1,7} + x_{1,8} = a_1$$

$$x_{2,1} + x_{2,2} + x_{2,3} + x_{2,4} + x_{2,5} + x_{2,6} + x_{2,7} + x_{2,8} = a_2$$

$$x_{3,1} + x_{3,2} + x_{3,3} + x_{3,4} + x_{3,5} + x_{3,6} + x_{3,7} + x_{3,8} = a_3$$

$$x_{4,1} + x_{4,2} + x_{4,3} + x_{4,4} + x_{4,5} + x_{4,6} + x_{4,7} + x_{4,8} = a_4$$

$$x_{5,1} + x_{5,2} + x_{5,3} + x_{5,4} + x_{5,5} + x_{5,6} + x_{5,7} + x_{5,8} = a_5$$

$$h := \text{Minimize}(f, x)$$

$$h = \begin{pmatrix} 0 & 1200000 & 100000 & 0 & 1700000 & 0 & 0 & 700000 \\ 1000000 & 0 & 1200000 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1200000 & 0 & 1800000 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2000000 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 400000 & 0 & 0 & 0 & 1500000 \end{pmatrix}$$

$$f(h) = 4844300000$$

Рис. 8. Модель ж/д перевозок цемента в программе Mathcad

6. Этап – Поиск оптимального плана доставки цемента по регионам с помощью программы Microsoft Excel. На данном этапе мы снова воспользуемся уже сформированными матрицами (табл. 3 и 4). В результате получим подэтапы 6.1. и 6.2.

6.1. Оптимальный план с учетом ж/д тарифов. Отметим, что для решения нашей задачи в табличном процессоре необходимо составить две таблицы, приведенные ниже (вторую таблицу данными заполнять не нужно) (рис.9).

Решение поставленной задачи представлено на рис. 11.

	Белгородская область (г. Белгород)	Курская область (г. Курск)	Орловская область (г. Орел)	Рязанская область (г. Рязань)	Тульская область (г. Тула)	Воронежская область (г. Воронеж)	Липецкая область (г. Липецк)	Московская область (г. Москва)	Производство цемента
1 «ОСКОЛЦЕМЕНТ» (Белгородская область, Стрый Оскол)	378	338	471	654	567	362	442	757	3700000
2 «БЕЛГОРОДСКИЙ ЦЕМЕНТ» (Белгородская область, г.Белгород)	0	307	415	670	610	501	560	928	2200000
3 ВОРОНЕЖСКИЙ ФИЛИАЛ «ЕВРОЦЕМЕНТ ГРУП» (Воронежская область, пгт. Подгоренский)	661	567	677	677	731	378	478	897	3000000
4 «ЛИПЕЦКЦЕМЕНТ» (Липецкая область, г.Липецк)	596	495	435	495	495	345	0	654	2000000
5 «МИХАЙЛОВЦЕМЕНТ» (Рязанская область, пос. Октябрьский)	788	684	574	325	426	634	567	518	1900000
6 Потребность	1000000	1200000	1300000	1600000	1700000	1800000	2000000	2200000	

Рис. 9. Расчет оптимального плана ж/д перевозок в программе Microsoft Excel

Для решения задачи Монжа – Канторовича потребуются такие функции, как: СУММПРО-

ИЗВ, СУММ и надстройка «Поиск решения». Получим (рис. 10).

Параметры поиска решения

Оптимизировать целевую функцию: $\$J\$16$

До: ☐ Максимум ☒ Минимум ☐ Значения: 0

Изменяя ячейки переменных: $\$B\$11:\$I\$15$

В соответствии с ограничениями:

- $\$B\$11:\$I\$15 = \text{целое}$
- $\$B\$11:\$I\$15 \geq 0$
- $\$B\$7:\$I\$7 = \$B\$16:\$I\$16$
- $\$J\$2:\$J\$6 = \$J\$11:\$J\$15$

☒ Сделать переменные без ограничений неотрицательными

Выберите метод решения: Поиск решения линейных задач симплекс-методом

Метод решения: Для гладких нелинейных задач используйте поиск решения нелинейных задач методом ОПГ, для линейных задач - поиск решения линейных задач симплекс-методом, а для негладких задач - эволюционный поиск решения.

Найти решение

Рис. 10. Оптимизация целевой функции с учетом ж/д тарифов

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1		Белгородская область (г. Белгород)	Курская Область (г. Курск)	Орловская область (г. Орел)	Рязанская область (г. Рязань)	Тульская область (г. Тула)	Воронежская область (г. Воронеж)	Липецкая область (г. Липецк)	Московская область (г. Москва)	Производство цемента
2	«ОСКОЛЦЕМЕНТ» (Белгородская область, Стрый Оскол)	378	338	471	654	567	362	442	757	3 700 000
3	«БЕЛГОРОДСКИЙ ЦЕМЕНТ» (Белгородская область, г. Белгород)	0	307	415	670	610	501	560	928	2 200 000
4	ВОРОНЕЖСКИЙ ФИЛИАЛ «ЕВРОЦЕМЕНТ ГРУП» (Воронежская область, пгт. Подгоренский)	661	567	677	677	731	378	478	897	3 000 000
5	«ЛИПЕЦКЦЕМЕНТ» (Липецкая область, г. Липецк)	596	495	435	495	495	345	0	654	2 000 000
6	«МИХАЙЛОВЦЕМЕНТ» (Рязанская область, пос. Октябрьский)	788	684	574	325	426	634	567	518	1 900 000
7	Потребность	1 000 000	1 200 000	1 300 000	1 600 000	1 700 000	1 800 000	2 000 000	2 200 000	
10		Белгородская область (г. Белгород)	Курская Область (г. Курск)	Орловская область (г. Орел)	Рязанская область (г. Рязань)	Тульская область (г. Тула)	Воронежская область (г. Воронеж)	Липецкая область (г. Липецк)	Московская область (г. Москва)	Производство цемента
11	«ОСКОЛЦЕМЕНТ» (Белгородская область, Стрый Оскол)	0	1 200 000	100 000	0	1 700 000	0	0	700 000	3 700 000
12	«БЕЛГОРОДСКИЙ ЦЕМЕНТ» (Белгородская область, г. Белгород)	1 000 000	0	1 200 000	0	0	0	0	0	2 200 000
13	«ЕВРОЦЕМЕНТ ГРУП» (Воронежская область, пгт. Подгоренский)	0	0	0	1 200 000	0	1 800 000	0	0	3 000 000
14	«ЛИПЕЦКЦЕМЕНТ» (Липецкая область, г. Липецк)	0	0	0	0	0	0	2 000 000	0	2 000 000
15	«МИХАЙЛОВЦЕМЕНТ» (Рязанская область, пос. Октябрьский)	0	0	0	400 000	0	0	0	1 500 000	1 900 000
16	Потребность	1 000 000	1 200 000	1 300 000	1 600 000	1 700 000	1 800 000	2 000 000	2 200 000	4 844 300 000

Рис. 11. Оптимизационный план доставки цемента по регионам с учетом ж/д тарифов.

Напомним, что результаты вычисления в программе Mathcad следующие:

$$h = \begin{pmatrix} 0 & 1200000 & 100000 & 0 & 1700000 & 0 & 0 & 700000 \\ 1000000 & 0 & 1200000 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1200000 & 0 & 1800000 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2000000 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 400000 & 0 & 0 & 0 & 1500000 \end{pmatrix}$$

$$f(h) = 4844300000$$

Таким образом, полученные нами данные, в обеих программах совпадают. Отметим, что модель оптимизации поставок цемента по регионам автотранспортом в программе Microsoft Excel была нами проведена также как и ж/д перевозками. Сделаем следующий вывод. Как оказалось, несмотря на то, что средневзвешенная цена перевозки груза автотранспортом составляет 250 руб. за тонну, а средневзвешенная стоимость ж/д перевозки равна 364 руб. за тонну, оптимизационный план по всем заводам показал выгодность ж/д перевозок.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бендерская О.Б., Слабинская И.А. Теория экономического анализа: учебник. Белгород: изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2009. 252 с.
2. Богачев В.И., Колесников А.В. Задача Монжа-Кантаровича: достижения, связи и перспективы // Успехи математических наук. 2012. Т. 67. № 5. С. 3–110.
3. Бухонова С.М., Дорошенко Ю.А., Слабинская И.А., Чикина Е.Д. Оценка и управление устойчивым развитием предприятия: монография. СПб.: Химиздат, 2009. 222с.

4. Глаголев С.Н., Дорошенко Ю.А., Бухонова С.М., Лычев А.Ю. Стратегическое развитие промышленности строительных материалов: монография. Белгород: Изд-во БГТУ, 2010. 212с.

5. Учет, анализ и аудит: перспективы развития: монография / под общ. ред. проф. И.А. Слабинской. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. 245 с.

6. Чинова Е.Н., Шевченко М.В. Учет региональной составляющей при оценке эффективности системы управления промышленным предприятием // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2010. № 2. С. 54–61.

7. Экономико-математическое и компьютерное моделирование: учеб. пособие / А. В. Стариков, И. С. Куцева; Фед. агентство по образованию, ГОУ ВПО «ВГЛТА». Воронеж, 2008. 132 с.

8. <http://www.cementavoz.ru> - сайт транспортной компании ООО «ЦементАвоЗ».

9. <http://rpp.rzd.ru/> - онлайн-калькулятор стоимости грузоперевозок ж/д транспортом (ОАО «РЖД»).

10. <http://www.umniylogist.ru/calc/> - онлайн-калькулятор стоимости грузоперевозок.

11. <http://www.exponenta.ru/> - образовательный математический сайт.

Chikina E.D., Shevchenko M.V.

**APPROBATION OF ECONOMIC AND MATHEMATICAL MODELS IN ACTIVITY
OF THE ENTERPRISES WITH THE HELP OF USING MICROSOFT EXCEL AND MATHCAD
PROGRAMS**

Economic and mathematical modeling with the help of using the modern information technologies in the realization of enterprise's management functions plays an important role, allowing to optimize expenses during realization of business projects, to increase efficiency of economic entities activity. In this article the approbation of Monge-Cantarovitch's problem solution with the help of using the computer-aided engineering systems Microsoft Excel and Mathcad at the enterprises of the cement industry is given.

Key words: *economic and mathematical modeling, Monge-Cantarovitch's problem, optimization model, planning.*

Чикина Елена Дмитриевна, кандидат экономических наук, доцент.

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

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

E-mail: atchikina@mail.ru

Шевченко Мария Владимировна, старший преподаватель.

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

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

E-mail: shevmv@mail.ru

Страхова А.С., магистрант,
Унежева В.А., магистрант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ КАК РЕСУРС ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ И ФАКТОР МОДЕРНИЗАЦИИ ЭКОНОМИКИ СТРОИТЕЛЬСТВА

Infobelinvest2015@mail.ru

В статье рассматриваются вопросы применения инновационных технологий в строительстве с целью снижения стоимости строительства и стоимости эксплуатации зданий и сооружений. Приводится классификация основных видов инноваций, выделены цели инновационной деятельности. Дается определение инноваций в строительстве. Рассматриваются особенности инновационных технологий в строительстве новых и реконструкции существующих зданий. Приводятся примеры архитектурно-планировочных и инженерных решений, повышающих техническую надёжность, комфортность, экологическую безопасность и экономическую эффективность эксплуатации зданий. Описаны некоторые инновационные технологии, применяемые в строительстве и инновационные строительные материалы. Акцентируется внимание на экономических эффектах применения различных инновационных технологий в строительстве и разработке концепций малоэтажного домостроения.

Ключевые слова: инновации, строительство, ресурсы, экономическое развитие.

Любое строительство – это сложный много-ступенчатый процесс, включающий в себя организационные, изыскательские, проектные, строительно-монтажные, пусконаладочные и многие другие работы. Результатом строительства считается - здание или сооружение, с полным комплектом документации, действующими инженерно-технологическими системами и комплексом других работ, позволяющих обрести зданию или сооружению законченный, эстетический и облагороженный вид.

На сегодняшний день для обеспечения и снижения стоимости строительства, сокращения сроков, повышения качества и комфортности, в эту сферу внедряют различные инновации. Именно инновационные технологии становятся определяющим ресурсом и фактором модерни-

зации экономики страны, что и обосновывает актуальность темы статьи.

Инновация – это изменение с целью внедрения, применения и использования новых научно-технических (технологических), организационно-экономических или иных решений, новых рынков сбыта и форм организации в промышленности, новых производственных и транспортных средств, а также видов потребительских товаров и др. [1]. Из определения можно сделать вывод, что инновация – это результат деятельности, получающий воплощение в виде новой технологии, услуги, продукции, создаваемый с целью получения какого-либо эффекта.

Основные виды инноваций представлены в табл. 1.

Таблица 1

Основные виды инноваций

Основные виды	Описание
Технологические инновации	Направлены на создание и освоение в производстве новой продукции, технологии, модернизацию оборудования, реконструкцию зданий, реализацию мероприятий по охране окружающей среды
Производственные инновации	Ориентированы на расширение производственных мощностей, диверсификацию производственной деятельности
Экономические инновации	Связаны с изменением методов планирования производственной деятельности
Торговые инновации	Направлены на целевые изменения сбытовой деятельности
Социальные инновации	Связаны с улучшением условий труда, социального обеспечения коллектива
Инновации в области управления	Направлены на улучшение организационной структуры, методов принятия решений

Под инновационной деятельностью при этом понимается совокупность организацион-

ной, финансовой, научно-технической и коммерческой деятельности, направленной на со-

здание и внедрение на рынке нового (усовершенствованного) продукта, организационно-экономической формы, технологий, обеспечивающих необходимую экономическую и социальную выгоду.

Инновационная деятельность охватывает создание и внедрение: новой продукции; новых технологических процессов и форм организации

производства; нового рынка; новых процессов управления и решения социально-экономических задач, соответствующих им финансовых инструментов и организационных структур [2].

Цели инновационной деятельности представлены на рис. 1.

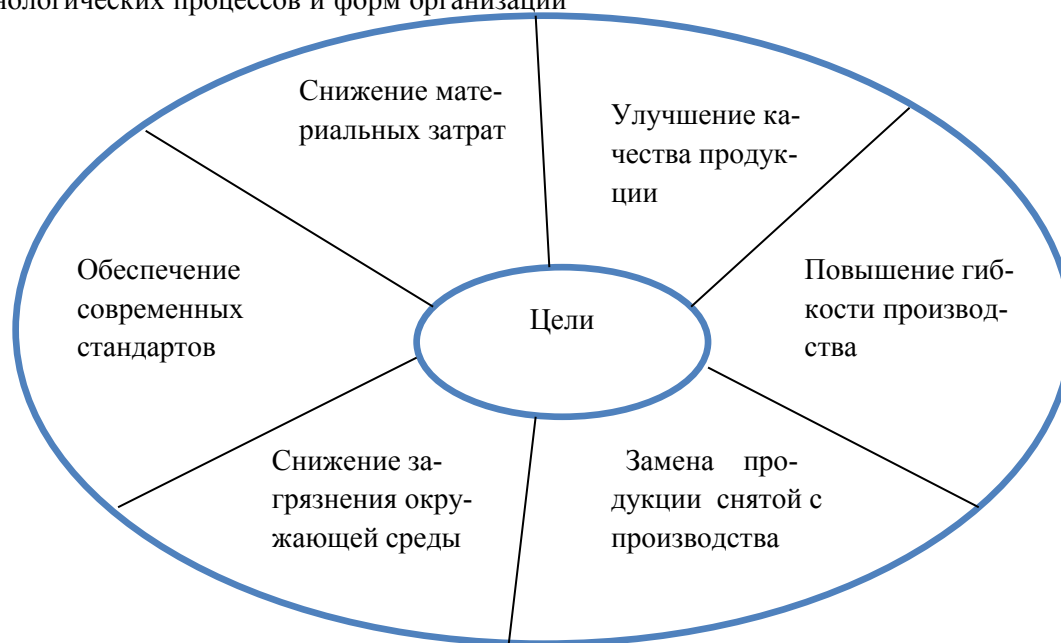


Рис. 1. Цели инновационной деятельности

Под инновацией в строительстве понимается не только внедрение технологий в строительство новых, но и в реконструкцию и модернизацию существующих. При этом реконструкция и модернизация совершенствуют архитектурно-планировочные и инженерные решения этих зданий, повышают техническую надёжность, комфортность, экологическую безопасность и экономическую эффективность эксплуатации, минимизируя при этом энергопотребление [3].

Решением проблем инноваций в строительстве является использование гибкой планировки жилья, увеличение ширины здания, строительство квартир – дуплекс, объединение нескольких помещений в одно и многое другое. Гибкая планировка жилья позволяет видоизменять квартиры в зависимости от различных жизненных ситуаций, а развитие так называемых растущих домов дает возможность создавать здания практически любой планировки.

При совершенствовании конструктивных решений широко используется монолитная технология строительства, которая позволяет возводить различные по архитектурной композиции здания, применяя при этом всевозможные

сочетания традиционных материалов с легкими высокоэффективными [4].

Так как значительную часть жилого фонда составляют жилые здания, прослужившие от 50 до 100 лет и более, при этом пригодные по техническому состоянию к дальнейшей продолжительной эксплуатации, но их индивидуальный облик, а иногда незначительный физический и моральный износ препятствуют их дальнейшей эксплуатации. Поэтому реконструкция является самым оптимальным решением и представляет собой важную архитектурную, градостроительную и техническую задачу.

Реконструкцию можно условно поделить на комплексную и частичную. Комплексная реконструкция одновременно решает задачи повышения капитальности здания, благоустройства и увеличения полезной и жилой площадей, а частичная, обычно ограничивается перепланировкой внутренних помещений без замены перекрытия и значительной перекладки стен [5].

Востребованы, в реконструкции на данный момент являются такие работы, как: увеличение площади квартиры, реконструкция промышленных и иных зданий под офисные и жилые помещения, увеличение объёма площадей за счёт установки монолитного перекрытия или допол-

нительных балок перекрытия со сборными металло-конструкциями, изменение планировки помещений, возведение надстроек, встроек, пристроек, а при наличии необходимых обоснований – их частичная разборка, улучшение архитектурной выразительности здания, реконструк-

ция сетей, кроме магистральных и многие другие.

Также касаясь инноваций нового строительства, внедряются новые технологии возведения. Описание некоторых инноваций в технологиях строительства приведены в табл. 2.

Таблица 2

Технологии возведения зданий, считающиеся в России инновационными

Технология	Суть инновации
Полносборное крупнопанельное домостроение нового типа	Принцип конструктора LEGO – комбинирование типовых конструкций для создания различных по структуре сооружений
Сочетание сборных заводских конструкций с монолитным домостроением	Использование стеновых панелей и других заводских заготовок, опираясь на монолитный каркас
Несъемная опалубка	Заливка бетона в армированную несъемную опалубку из полистирола или древесины
Домокомплекты для строительства малоэтажных жилых домов	Полный набор материалов и комплектующих для строительства индивидуальных и многоквартирных жилых домов «под ключ»
Монолитно-каркасное строительство	Возведение монолитного бетонного каркаса с использованием съемной опалубки – создание единой, целой конструкции
Технология легких стальных тонкостенных конструкций	Стальной несущий каркас с готовых стеновыми, перегородочными, кровельными и прочими элементами

Достоинствами этих технологий являются скорость строительства, высокое качество конечного продукта, облегчение веса, хорошая энергоэффективность, высокая прочность и сейсмоустойчивость.

Многие специалисты могут возразить, что многие технологии, на самом деле хорошо известны и уже довольно широко используются в России, но на самом деле с точки зрения текущего строительного законодательства эти технологии все еще не сильно распространены [7].

Существенная часть инноваций приходится на производство строительных материалов. Описание некоторых инновационных строительных материалов представлено в табл. 3.

Разумеется, новых материалов, которые уже используются в строительстве или только пробивают себе дорогу, гораздо больше. Отдельно стоит сказать, что большой интерес вызывают новинки с приставкой «нано».

Одним из успешных проектов, который уже реализован в нашей стране, можно считать создание нанокompозитных труб для систем отопления, водоснабжения и газоснабжения. А также нанопокрывание для бетона и каменных полов, дерева и камня и многие другие материалы.

Очень многие технологии, которые в России применяются всего 5–10 лет и считаются новыми, в Европе, Канаде или давно уже являются традиционными. Эксперты признают: западный строительный рынок ушел далеко впе-

ред, а российскому ничего не остается, как его догонять.

Так как у нас инновации не имеют широкого распространения специалисты строительных и консалтинговых компаний считают, что чтобы инновационные методы распространялись, нужно создавать комплексные решения – союзы девелоперов со строителями и производителями строительных материалов. Это создаст эффект масштаба и позволит наладить конвейерное производство, с прицелом на качество, энергосбережение и экологичность [8].

На протяжении последних десяти лет во всех регионах Российской Федерации разрабатываются и внедряются различные инновационные технологии и концепции в малоэтажном домостроении.

Одной из инновационных российских технологий является технология скоростного домостроения «Теплоскор», которая разработана в компании «НИИ Теплостен», и включает в себя инновационный материал – теплоэффективный блок, состоящий из несущей, внутренней и фасадной части. Эта технология позволяет возвести здания за гораздо меньший срок и относительно низкую себестоимость, при этом имея высокие эксплуатационные качества, к которым можно отнести долговечность и огнестойкость, а также низкую теплопроводность. Одним из достоинств теплоэффективного блока является его вес, он очень упрощает транспортные расходы и не требует мощных подъемных механиз-

мов. Кроме этого эти блоки упрощают дорогостоящие операции, а именно декоративное оформление и утепление стены. В скоростной

технологии разработано шесть групп конструкций и подсистем (табл.4)

Таблица 3

Строительные материалы, считающиеся в России инновационными

Материалы	Описание	Достоинства
Углепластик	Углепластики— полимерные композиционные материалы из переплетённых нитей углеродного волокна, расположенных в матрице из полимерных смол.	высокая прочность, жёсткость, малая масса, часто прочнее стали, но гораздо легче
Фибра	фибра представляет собой волокна, добавляемые в бетон, газо- и пенобетоны, полистиролбетон, строительный раствор, сухие строительные смеси и т. д.	повышает физико-механические свойства материалов по всему объёму, обладает высокой адгезией к цементу и прочно встраивается в матрицу бетонов
Утепленные стеновые ЖБИ-панели	Трехслойная железобетонная конструкция с пенополистирольным утеплителем внутри	Ускоряют и удешевляют строительство за счет «встроенного» утепления
Торфоблоки	Торф, переработанный и превращенный в пасту, связывает наполнители – древесные опилки, стружку или солому	Имеют хорошие тепло- и звукоизоляционные характеристики
Микроцемент	На основе мелкоструктурного цемента с добавлением полимеров и различных по составу и свойствам красителей	Используется как защитный, декоративный материал, прочный и надежный
Стекломагнетитовый лист	Плиты на основе оксида магния, хлорида магния, перлита и стекловолокна	Гибкий, прочный, огнеупорный и влагостойкий отделочный материал
Эковата	Целлюлозный утеплитель, на 80% состоящий из макулатуры с включением лигнина	Биостойкий, экологичный тепло-и звукоизоляционный материал
Инфракрасные греющие панели	Лист гипсокартона с электропроводящей углеродной нитью, служащей нагревателем	Сохранение влажности воздуха, равномерное распределение тепла
Нанобетон	С добавлением наночастиц оксида кремния, поикарбоксилата, диоксида титана, углеродных нанотрубок, фуллеренов или волокон	Бетоны разной плотности с повышенной огнестойкостью, прочностью и энергосберегающими свойствами

Таблица 4

Группы конструкций и подсистем в скоростной технологии

Группы конструкций и подсистем	мелкозаглубленные утепленные монолитные железобетонные фундаменты, совмещенные с цоколем, на песчаной подушке
	пространственные монолитные железобетонные каркасы
	стены зданий из теплоэффективных блоков с наружным защитно- декоративным слоем
	железобетонные сборно-монолитные перекрытия из предварительно напряженных балок таврового сечения
	малые формы для архитектурного украшения фасада
	полимерно-песчаной черепичная кровля

В нашей стране на основе европейской технологии «Active house - активный дом» был построен уникальный дом, в котором пытались достигнуть оптимального баланса между энергосбережением, бережным отношением к природе и здоровым микроклиматом [9].

Этот дом построен со смещенным перекрёстным каркасом, в качестве утеплителя применена каменная вата, фасад максимально ори-

ентирован на юг, как и практически все окна, что увеличивает процент освещения в 10 раз, а также за счет архитектурной концепции достигается энергосбережение около 40 %. Для отопления и горячего водоснабжения в доме предусмотрены солнечные коллекторы и геотермальный тепловой насос, кроме этого применяется гибридная вентиляция с рекуперацией тепла [10].

В доме установлена система «умный дом», которая призвана упрощать жизнь человека. В ней все домашнее оборудование и системы собраны в единый комплекс, а управление обеспечивается с помощью сенсорной панели, которая регулирует газо- и водоснабжение, электро-снабжение, отопление, системы микроклимата (кондиционирование, вентиляция), видеонаблюдение и сигнализацию, бытовую технику и приборы, систему освещения и т.д.

Это дорогостоящее капиталовложение, но, по словам экспертов, имеет средний срок окупаемости – 2–3 года. У такой системы есть ряд преимуществ по сравнению с обычными домами. Она снижает уровень электромагнитного излучения, обеспечивает экономию электроэнергии и безопасность, управляет бытовыми приборами, предотвращает возникновение внештатных ситуаций и сообщает о принятых мерах, управляет тёплыми полами, сауной, системой полива на участке, регулировать освещение и прочее.

Такую систему можно поставить в любом доме, офисе, квартире, складе, предприятии и всегда быть информированным о происходящем на этих объектах. Для наружной части стены применены сэндвич-панели, которые имеют очень высокие теплоизоляционные свойства и малый вес, а к характеристикам можно отнести гигиенические и антикоррозионные свойства наружной обшивки, прочность, удобство в про-

кладке коммуникаций, а также у сэндвич-панелей хорошая долговечность.

Кроме технологии Active house в последние годы развивается концепция пассивного дома. Она заключается в том, что отопление должно осуществляться за счет тепла, которое выделяют люди, бытовые приборы и другие альтернативные источники энергии, и сводится к использованию приточно-вытяжной вентиляции, с употреблением рекуператоров и использованием природных источников энергии, например солнца, для отопления и горячей воды. «Пассивные дома» не только удобны и комфортны, но и изготавливаются и экологически чистого сырья [11].

Рассмотрим подробнее из чего состоит «пассивный дом». Основные критерии для построения «пассивного дома» приведены на рис. 2. Замкнутая наружная оболочка создаётся строительными ограждающими конструкциями и теплоизоляцией; герметичная внутренняя оболочка – внутренней отделкой здания; учёт и оптимизация тепловых мостов достигается путем устранения теплопотерь через соединения строительных конструкций; специальные энергоэффективные окна дают высокое сопротивление теплопередаче, позволяя сохранять тепло внутри здания; система вентиляции с рекуперацией в зависимости от времени года тепло/холод удаляемого из помещения воздуха используется для подогрева/охлаждения входящего воздуха.



Рис. 2. Критерии «пассивного дома»

Для того чтобы определить конструктивные решения дома необходимо составить энергетический баланс [12]. Утечки и источники тепла

изображены на рис. 3.

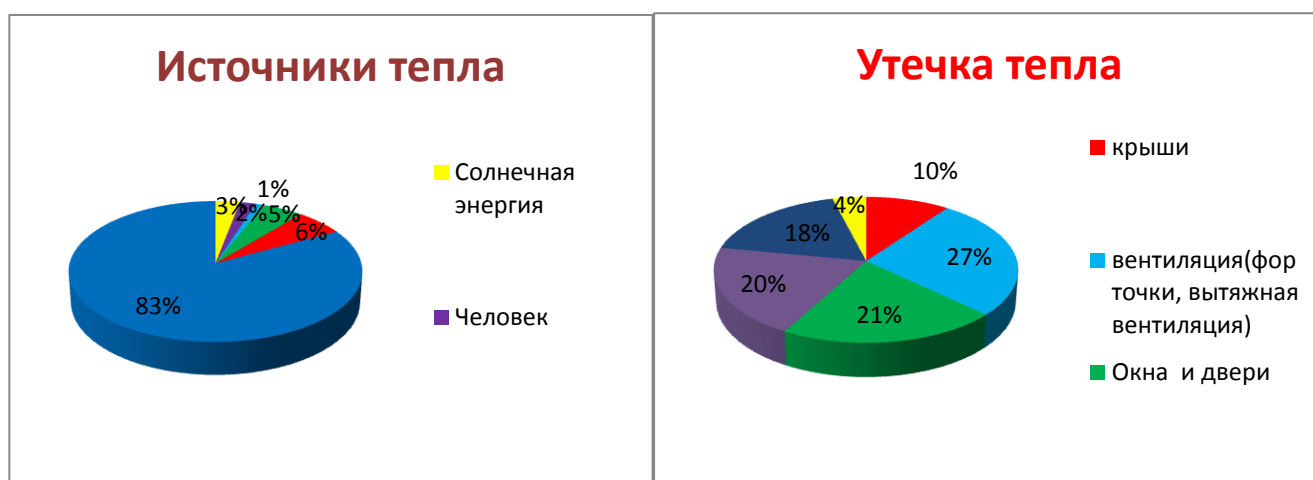


Рис. 3. Утечки и источники тепла в доме

На основе анализа утечки и источников тепла и критериев «пассивного дома», нами предлагается использование следующих инновационных технологий в строительстве:

- 1) использование солнечных коллекторов, которые будут служить для нагрева воды в течение года;
- 2) использование специальных таймеров и датчиков, например датчиков движения;
- 3) использование солнечных батарей как альтернативных источников электроэнергии для освещения и отопления дома;
- 4) обязательная проверка всех деревянных элементов на сухость, если дерево будет иметь

высокую степень влажности, то при высыхании в нем могут образоваться щели, и все работы по теплоизоляции будут проведены в «пустую», кроме этого крыша должна быть идеально утеплена и герметична (толщина утеплителя – от 30 см и более) [13];

- 5) использование приточно-вытяжной вентиляции с рекуперацией тепла с применением грунтового теплообменника, который предварительно нагревается за счет накопившегося воздуха в грунте. На рис. 4 показана организация приточно-вытяжной вентиляции;



Рис. 4. Организация приточно-вытяжной вентиляции

6) на южном фасаде дома окон должно быть намного больше, чем с любого другого, не рекомендуется устанавливать окна очень большой площади, ведь они могут быть причиной повышенных потерь, а так же из-за большой площади в летнее время возникает необходимость охлаждения помещений. Монтаж окон является очень важной составляющей, он должен полностью исключать возникновение мо-

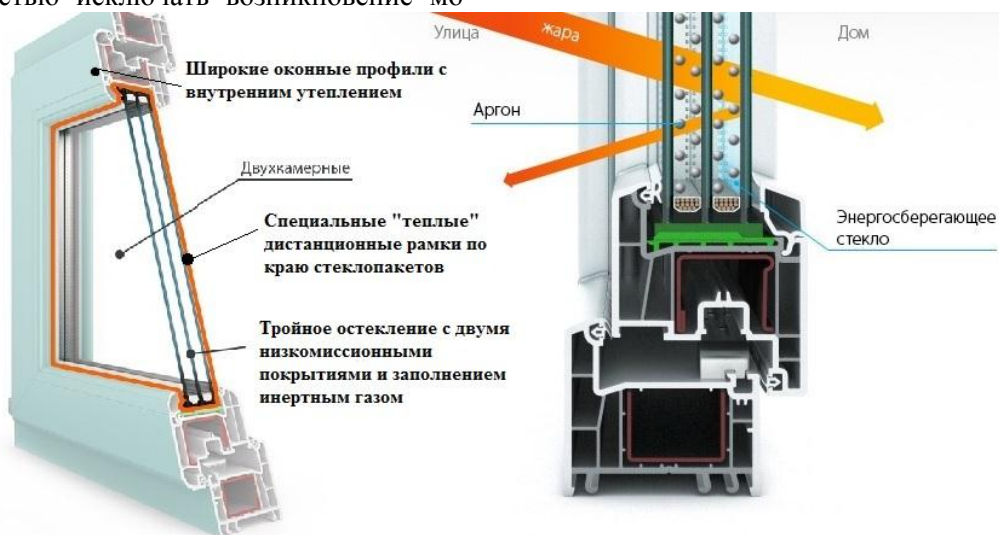


Рис. 5. Двухкамерный стеклопакет с техническими решениями

7) двери в доме должны удовлетворять следующим требованиям: звуко- и теплоизоляция; водонепроницаемость; безопасность; максимальная герметичность;

8) использование каркасных стен с гидроизоляционной пленкой, пароизоляционной мембраной, льняными матами, эковатой и наружной части из ячеистого бетона или плит Velox завода «БелВелокс», которые по своему составу 100 % экологически чистые, безопасные, не гниют, сохраняют геометрические размеры, пожаростойкие, не боятся смены температуры, влаги, атмосферного воздействия, обеспечивают хорошую воздухопроницаемость [15];

9) повышение теплового сопротивления фундамента путем использования воздухопроницаемой оболочки, дополнительной теплоизоляции, применение термовкладок из конструкционных материалов с низкой теплопроводностью;

10) применение автоматизированной системы управления техническими устройствами здания, которые, снижают температуру помещения в ночное время или при отсутствии людей.

В результате применения инновационных технологий в строительстве затраты на эксплуатацию таких домов в разы меньше чем на обычные, что является перспективным ресурсом экономического развития, а широкое применение данных технологий становится факто-

стиков холода [14]. На рис. 5 показан двухкамерный стеклопакет с техническими решениями.

Профиль обязательно должен иметь и обеспечивать:

- высокое тепловое сопротивление;
- герметичность стыка с конструктивными элементами здания.

ром модернизации экономики строительства в стране.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Владимирова А.С., Абакумов Р.Г. Современные проблемы энергоэффективности и меры ее повышения // Современные подходы к трансформации концепций государственного регулирования и управления в социально-экономических системах. Сборник научных трудов 5-й Международной научно-практической конференции. Ответственный редактор Горохов А.А.. Курск, 2016. С. 48–50.
2. Коваленко Т.Л., Абакумов Р.Г. Проявление инноваций в инвестиционно-строительной деятельности // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2016. № 1 (11). С. 126–130.
3. Абакумов Р.Г., Ходыкина И.В. Анализ существующих моделей для прогнозирования ценообразования на региональных рынках недвижимости // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2016. № 1 (11). С. 14–18.
4. Остапенко А.С., Абакумов Р.Г. Оценка процесса инновационного воспроизводства основных средств, базирующегося на инвестициях // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2016. № 1 (11). С. 201–205.

5. Разумная Е.А., Абакумов Р.Г. Инновационные инструменты расширенного воспроизводства доступного жилья в регионах // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2016. № 1 (11). С. 220–225.
6. Шелайкина А.Н., Абакумов Р.Г. Управление инвестиционными рисками в строительстве // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2016. № 1 (11). С. 314–318.
7. Абакумов Р.Г., Подоскина Е.Ю. Методы оценки эффективности инновационных проектов // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2016. № 1 (11). С. 9–13.
8. Абакумов Р.Г., Криволапова В.В. Обоснование эффективности государственного участия в решении вопросов эффективного развития индивидуального жилищного строительства // Инновационная наука. 2016. № 2-1 (14). С. 7–9.
9. Абакумов Р.Г., Подоскина Е.Ю. Методы оценки эффективности инновационных проектов // Инновационная наука. 2016. № 1-1 (13). С. 11–13.
10. Абакумов Р.Г. Экономические проблемы в строительстве в условиях импортозамещения // Молодой инженер – основа научно-технического прогресса Сборник научных трудов Международной научно-технической конференции. Ответственный редактор Губанов В.С.. Курск, 2015. С. 14–17.
11. Катен М.А., Абакумов Р.Г. Градостроительные аспекты повышения энергоэффективности // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2015. № 1 (6). С. 81–85.
12. Крылова Д.Д., Абакумов Р.Г. Проблемы оценки инновации в инвестиционно-строительной сфере // Стратегия социально-экономического развития общества: управленческие, правовые, хозяйственные аспекты Ответственный редактор: Горохов А.А.. Курск, 2015. С. 161–164.
13. Линкова А.П., Абакумов Р.Г. Управление обеспечением материальными ресурсами инвестиционно-строительного процесса // Инновационная наука. 2016. № 2-2 (14). С. 19–21.
14. Маликова Е.В., Абакумов Р.Г. Практика применения инновационных технологии в строительстве // Молодой инженер - основа научно-технического прогресса Сборник научных трудов Международной научно-технической конференции. Ответственный редактор Губанов В.С.. Курск, 2015. С. 212–216.
15. Маликова Е.В., Абакумов Р.Г. Технология реконструкции типовых многоквартирных домов // Молодой инженер - основа научно-технического прогресса Сборник научных трудов Международной научно-технической конференции. Ответственный редактор Губанов В.С.. Курск, 2015. С. 216–221.
16. Соколова Н.Ю., Абакумов Р.Г. Вопросы модернизации многоквартирных панельных зданий с целью повышения энергоэффективности, комфорта и безопасности проживания // Поколение будущего: Взгляд молодых ученых - 2015 сборник научных статей 4-й Международной молодежной научной конференции в 4-х томах. Ответственный редактор: Горохов А.А.. Курск, 2015. С. 185–188.
17. Страхова А.С., Абакумов Р.Г. Инновационные технологии строительства в России // Экономика и социум. 2015. № 3-2 (16). С. 865–869.
18. Ярыгина А.Ю., Абакумов Р.Г. Проблематика системного управления энергосбережением в жилищном фонде // Инновационная наука. 2016. № 2–2 (14). С. 166–168.
19. Абакумов Р.Г., Цымбалюк Н.П. Инновационные процессы как фактор ускорения процесса воспроизводства основных средств // Современные тенденции развития науки и производства. Сборник материалов II Международной научно-практической конференции. Западно-Сибирский научный центр. Кемерово, 2015. С. 126–129.
20. Абакумов Р.Г., Ряднова А.В. Модель стратегии воспроизводства основных средств с учетом перехода к новому инновационному типу развития // Молодежь и XXI век - 2015. Материалы V Международной молодежной научной конференции в 3-х томах. Ответственный редактор: Горохов А.А.. Курск, 2015. С. 15–22.
21. Крылова Д.Д., Абакумов Р.Г. Проблемы оценки инновации в инвестиционно-строительной сфере // Стратегия социально-экономического развития общества: управленческие, правовые, хозяйственные аспекты Ответственный редактор: Горохов А.А.. Курск, 2015. С. 161–164.
22. Абакумов Р.Г., Меренкова К.А. Инновации на рынке ипотечного кредитования в Белгородской области // Современные подходы к трансформации концепций государственного регулирования и управления в социально-экономических системах. Сборник научных трудов 4-й Международной научно-практической конференции. Ответственный редактор: Горохов А.А.. 2015. С. 16–20.
23. Абакумов Р.Г., Скрыпник О.Г. Строительство как основополагающая отрасль развития экономики страны // Научное мышление мо-

лодых ученых: настоящее и будущее. Белгород, 2015. С. 184–188.

24. Медведева Ю.А., Абакумов Р.Г. Особенности и тенденции развития регионального рынка малоэтажного домостроения // В сборнике: Актуальные проблемы развития хозяйствующих субъектов, территорий и систем регионального и муниципального управления материалы X международной научно-практической конференции. под ред. Ю.В. Вертаковой. Курск, 2015. С. 241–245.

25. Аридова С.В., Абакумов Р.Г. Реконструкция городского пространства. Классификация и основные принципы. // Актуальные вопросы развития современного общества. Сборник научных статей 5-ой Международной научно-практической конференции. Курск, 2015. С. 24–26.

26. Белик А.И., Абакумов Р.Г. Реконструкция объектов жилой недвижимости // Актуальные вопросы развития современного общества. Сборник научных статей 5-ой Международной научно-практической конференции. Курск, 2015. С. 26–28.

27. Берёза А.Н., Абакумов Р.Г. Организационно-экономическое обоснование эффективности государственного участия в решении вопроса эффективного развития индивидуального жилищного строительства // Будущее науки - 2015. Сборник научных статей 3-й Международной молодежной научной конференции в 2-х томах. Ответственный редактор: Горохов А.А.. Курск, 2015. С. 27–32.

28. Назина К.С., Абакумов Р.Г. Методические аспекты оценки трансформационных процессов на рынке жилой недвижимости // Актуальные проблемы развития хозяйствующих субъектов, территорий и систем регионального и муниципального управления. Материалы X международной научно-практической конференции. под ред. Ю.В. Вертаковой. Курск, 2015. С. 275–278.

29. Нейман К.И., Абакумов Р.Г. Выработка новых и совершенствование существующих методик определения стоимости мероприятий по комплексному инфраструктурному развитию территорий под индивидуальное жилищное строительство // Актуальные проблемы развития хозяйствующих субъектов, территорий и систем регионального и муниципального управления. Материалы X международной научно-практической конференции. под ред. Ю.В. Вертаковой. Курск, 2015. С. 281–283.

30. Маликова Е.В., Абакумов Р.Г. Организационно-технологические риски в строительстве // Молодежь и XXI век - 2015. Материалы V

Международной молодежной научной конференции: в 3-х томах. Ответственный редактор: Горохов А.А. 2015. С. 295–298.

31. Абакумов Р.Г., Берёза А.Н., Соловьева И.А. Особенности оценки инновационной эффективности инвестиционно-строительных проектов // Молодежь и XXI век - 2015. Материалы V Международной молодежной научной конференции: в 3-х томах. Ответственный редактор: Горохов А.А.. 2015. С. 65–68.

32. Винюкова И.Н., Соловьева И.А., Абакумов Р.Г. Методология оценки эффективности внедрения инноваций в инвестиционно-строительный цикл // Стратегия социально-экономического развития общества: управленческие, правовые, хозяйственные аспекты Ответственный редактор: Горохов А.А.. Курск, 2015. С. 82–85.

33. Абакумов Р.Г., Грищенко Е.Н. Инвестиционный проектный риск в инновационной сфере // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 3-3 (34). С. 4–5.

34. Медведева Ю.А., Абакумов Р.Г. Ключевые проблемы развития индивидуального жилищного строительства в сельской местности // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2015. № 1 (6). С. 120–125.

35. Соколова Н.Ю., Абакумов Р.Г. Анализ структурно-содержательной базы понятия инвестиционного климата в секторе недвижимости // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2015. № 1 (6). С. 190–193.

36. Шумайлова Н.С., Абакумов Р.Г. Критический анализ зарубежного опыта ценообразования в строительстве и перспективы развития российской сметно-нормативной базы // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2015. № 1 (6). С. 225–228.

37. Денисова К.В., Абакумов Р.Г. Сравнение методов определения сметной стоимости строительства // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2015. № 1 (6). С. 44–47.

38. 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.

39. Дорошенко Ю.А., Сомина И.В. Оценка трендов и структурных гармоний инвестиционного обеспечения инновационной деятельности малых предприятий России // Креативная экономика. 2015. Т. 9. № 4. С. 461–472.

Strahova A.S., Unezheva V.A.**INNOVATIONAL TECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION AS THE RESOURCE OF ECONOMIC DEVELOPMENT AND THE FACTOR OF MODERNIZATION OF ECONOMY OF CONSTRUCTION**

In clause questions of application of innovational technologies in construction for the purpose deprecations of construction and cost of operation of buildings and constructions are considered. Classification of the basic kinds of innovations is resulted, the purposes of innovational activity are allocated. Is defined innovations in construction. Features of innovational technologies in construction new and reconstruction of existing buildings are considered. Examples architectural and the engineering decisions raising technical reliability, comfort, ecological safety and economic efficiency of operation of buildings are resulted. Some innovational technologies used in construction and innovational building materials are described. The attention to economic benefits of application various innovational technologies in construction and development of concepts housing construction is accented.

Key words: *innovations, construction, resources, economic development.*

Страхова Анастасия Сергеевна, магистрант кафедры экспертизы и управления недвижимостью.

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

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

E-mail: infobelinvest@mail.ru

Унежева Виктория Андреевна, магистрант кафедры экспертизы и управления недвижимостью.

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

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

E-mail: vunezheva@mail.ru

*Герасименко О.А., канд. экон. наук, доц.
Белгородский государственный национальный исследовательский университет
Авилова Ж.Н., канд. соц. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*

КЛЮЧЕВЫЕ БИЗНЕС-КОМПЕТЕНЦИИ КАК ЭКОНОМИЧЕСКАЯ КАТЕГОРИЯ

gerasimenko@bsu.edu.ru

Глобальные экономические процессы, происходящие в последней четверти XX века и в начале нового столетия, характеризуют как информационно-технологическую революцию, резко изменяющую подходы к стратегическому управлению организацией. Среди основных тенденций названного периода мы хотели бы выделить следующие: рост подвижности и неопределенности внешней среды, а значит усиление зависимости организации от внешних факторов и условий; в сфере структурных преобразований предприятий - распространение структур сетевого типа и постепенный отказ от жестких иерархических систем; повышение роли знаний, как работника, так и организации в целом, увеличение роли человеческого фактора. На сегодняшний день все большую роль играют инновационный потенциал, способность порождать более эффективные стратегии и постоянно развивать компанию, обновляя ее структуру и ключевые бизнес-процессы в ответ на вызовы внешней среды.

Ключевые слова: бизнес-компетенции, конкурентоспособность, управление, стратегия, регион.

Введение. В течение последних десятилетий у рабочих и служащих любого предприятия было четкое понимание того, что от них ожидают, что представляет собой «стандарт» профессии и чему должен обучиться человек, чтобы соответствовать требованиям, предъявляемым организацией к конкретной работе. Да и у наших специалистов по кадрам не было проблем с такими понятиями как профессионализм и компетентность. В настоящее время мало кто из них может четко сформулировать, каким должен быть каждый сотрудник компании, чтобы она процветала. И дело не в том, что сегодняшние кадровики менее профессиональны, чем вчерашние, а в том, что они должны стать на порядок более профессиональными. В эпоху перехода от «индустриальной» к «информационной» экономике проблема компетентности приобрела особую актуальность. Компетенции – одна из самых популярных тем, обсуждаемых сегодня в кругах профессионалов по управлению персоналом.

Методология. Основанием для исследования проблемы формирования бизнес-компетенций послужили фундаментальные труды классиков научной мысли по широкому спектру проблем, а также современные работы зарубежных и отечественных ученых по вопросам функционирования и развития различных региональных социально-экономических систем. Методология основана на использовании общенаучных методов диалектического, ретроспективного, логического анализа и конкретизирована совокупностью специальных методов – сравнение, синтез, нормативный, балансовый, прогнозный и пр.

Основная часть. Исходя из этого, можно отметить проблему формирования новых интегративных подходов к стратегическому развитию организации. Одним из таких подходов является компетентностный подход, общая логика которого заключается в формулировании ключевых бизнес-компетенций, становящихся основой процесса саморазвития организации. Под ключевыми бизнес-компетенциями традиционно понимают определенные специфические факторы функционирования и развития организации, которые в организации осознаются как базовые, ключевые [1]. На основе бизнес-компетенций определяется стратегическая направленность компании, требования ко всем элементам организации, в том числе к персоналу. Отсюда комплекс выработанных предприятием бизнес-компетенций может быть реализован посредством персональных компетенций. На основе механизма выработки бизнес-компетенций, формулирования стратегий компании, ее целей и задач, описания требований должности и определения персональных компетенций в современной экономической науке формируется новая парадигма ключевых компетенций.

С позиций экономической теории определяют ключевые компетенции как специфические преимущества, по отношению к конкурентам отрасли, которые обеспечивают базовую основу добавленной стоимости [1]. Необходимо подчеркнуть, что центральным моментом во всех определениях является рассмотрение набора специфических факторов с четким акцентом на уникальность и конкурентоспособность. Отсюда следует, что концепция ключевых компетенций обуславливает стратегические характеристики организации, что предопределяет ориентацию

бизнеса на стратегические возможности и лидерство в конкурентной борьбе.

Исторически возникновение данной концепции связано с именем Селзника, который в 1957 году в книге «Лидерство в управлении» обозначил ключевые компетенции как внутренние факторы, определяющие вероятность успеха организации. В его концепции организация рассматривается как система, вырабатывающая «характер», который и отличает компанию от других, создает отличительные преимущества. Этот «характер» был назван отличительной компетенцией, проявляющейся через ряд особых способностей и ограничений, содержащихся в формирующейся со временем институциональной системе, влияющей на способность организации формировать и придерживаться определенных стратегий [2]. Хотели бы обратить внимание, что Селзник, определяя бизнес-компетенции как «характер» организации, акцентировал внимание на ретроспективности, исследовании причинно-следственных связей, историчности формирования компетенций, подчеркивал, что прошлое, по сути, определяет настоящее и будущее. Данная трактовка, на наш взгляд, имеет ограниченный характер, лишаящий организацию гибкости и адаптивности, что, по всей видимости, привело к новому пониманию категорий, рассмотренных впервые Селзником.

Топ-менеджеры компаний заняты определением и поиском путей достижения ключевых бизнес-компетенции (core-competences), на которых основывается конкурентоспособность их компаний, тренинговые институции – поддержкой конкурентного преимущества путем обучения персонала, а отделы по управлению персоналом – составлением исчерпывающего набора персональных компетенции и их индикаторов, определяющих достижение целей бизнеса. Компании-разработчики систем автоматизации управления (ERP software) интегрируют модели компетенции в соответствующие модули своих систем. И наконец, «компетенция» – одно из наиболее употребляемых сегодня менеджмент-консультантами жаргонных слов.

Последние десятилетия произошли крупные перемены в управлении бизнесом. Все больше менеджеров соглашаются с тем, что среди факторов, влияющих на долгосрочный успех компании, первое место занимает человеческий – теперь именно хорошо обученный, правильно организованный и мотивированный персонал определяет судьбу предприятия. Повышение роли персонала связано, прежде всего, с кардинальными изменениями в производстве. В индустриальной экономике традиционная технология, включая конвейерную, нацелена на мини-

мизацию вмешательства человека в производственные процессы, на усиление их независимости от квалификации персонала. Эти требования и лежат в основе научных концепций управления, применяемых в условиях индустриального общества [3].

Компетентность компании – совокупность характеристик компании, которая делает ее профессиональной на уровне конкурентов. Компетентность состоит из отдельных компетенций и в целом базируется на конкурентных и лидирующих технологиях. Каждая из компетенций – элемент общей компетентности.

Термин «компетенция» ввел в оборот В. Макелвил в 1982 году. По Макелвилу, компетенция – круг проблем, сфера деятельности, в которой данный человек обладает знанием и опытом; совокупность полномочий, прав и обязанностей должностного лица, общественной организации [4].

Компетенция компании (бизнес-компетенция) – набор взаимосвязанных навыков, способностей и технологий, обеспечивающий компании эффективное решение определенных задач, ситуаций. Стандартная компетенция компании – набор преимуществ, технологий, способностей, знаний и умений, позволяющий компании решать типичные для данного сегмента рынка задачи, осуществлять операционные процессы на уровне, принятом как стандарт.

Поскольку стандартными компетенциями обладает большинство конкурентов, отсутствие стандартной компетенции ведет к скорому исчезновению компании с рынка. Многие стандартные компетенции подтверждаются лицензиями, сертификатами. Иногда компетенциями ошибочно называют ресурсы компании. Для успешной конкуренции необходимо сформулировать все компетенции компании и выделить ключевые.

Ключевая (отличительная, базовая, исключительная, базисная, уникальная, бизнес-компетенция) компетенция компании (также используется термин «критический фактор успеха компании», КФУ) – такая компетенция, наличие которой позволяет компании решать задачи, непосильные для большинства других игроков рынка, устанавливает новый стандарт деятельности в отрасли и тем самым обеспечивает обладателю конкурентное преимущество.

Согласно Г. Хамелу и С.К. Прохаладу, компания должна восприниматься не как совокупность составляющих ее бизнес-единиц, а как сочетание ключевых компетенций – навыков, умений, технологий, позволяющих компании предоставлять своим потребителям определенные ценности [10, 11].

Ключевая компетенция – стратегический потенциал компании. Оперативное управление компанией (умение эффективно вести дела) – способ извлечения выгоды из потенциала.

Признаки ключевой компетенции:

- значимость для потребителей, их готовность платить за компетенцию как за большую часть приобретаемой ценности;
- способность изменяться и подстраиваться под новые требования рынка;
- уникальность, малая вероятность повторения конкурентами;
- связанность с несколькими видами деятельности или продуктами;
- актуальность, соответствие стратегическим устремлениям рынка и компании;
- возможность партнерства для создания новой ключевой компетенции;
- ясность, доступность формулировки компетенции для однозначного толкования [6].

Ключевыми компетенциями могут стать:

- знание потребностей рынка и умение регулярно получать это знание;
- способность реализовать на практике предложения, необходимые рынку;
- способность постоянно наращивать и развивать свою ключевую компетенцию [7].

Один из способов определения ключевых компетенций компании – через выявление ключевых клиентов, характера их потребностей и роли компании в удовлетворении этих потребностей. Такой способ позволяет клиенто-ориентированной компании получить ответ на вопрос [8, 15].

Однако иногда такой подход делает невозможным определение отличительной компетенции компании (пример – Sony с ее продуктами, намного опередившими потребности рынка). Выявление отличительной компетенции – не просто анализ сильных сторон; оно требует управленческой интуиции владельца бизнеса. Формулировка компетенции должна быть четкой, но достаточно обобщенной, чтобы долго оставаться актуальной.

Основное отличие состоит в том, что грань между так называемыми «белыми» и «синими» воротничками – теми, кто работает преимущественно головой, и теми, кто занят ручным трудом, должна быть стерта. Современный работник должен «впитать» в себя лучшие черты тех

и других. Теперь исполнители должны взять на себя часть обязанностей управляющих, а управляющим следует «спуститься с небес» – поближе к проблемам исполнителей и клиентов.

Понятие персональной компетенции связано с одним из ключевых понятий стратегического менеджмента – ключевыми бизнес-компетенциями. В своем бестселлере «Конкурируя за будущее» (Competing for the Future) Гари Хамел и С.К. Прохалада утверждают, что «понятие ключевых бизнес-компетенции находится за пределами таких понятий как продукт/сервис и таких как бизнес-единица». Согласно их теории, компания должна восприниматься не как совокупность составляющих ее бизнес-единиц, а как сочетание ключевых компетенции, то есть навыков, умений, технологий, позволяющих компании предоставлять своим потребителям определенные ценности [5, 14]. Классическим примером успешного использования своих сильных сторон служит компания Honda. Знание, что ее ключевой компетенцией является производство двигателей и электропоездов, а не только мотоциклов, позволило ей расширить бизнес за счет производства и реализации (в дополнение к мотоциклам – основной продукции компании) автомобилей, газонокосилок, минитракторов, двигателей для морских судов и генераторов. Другие известные примеры, когда компании определяли, что они умеют делать лучше других, и с успехом использовали свои преимущества, – компания Sony, компетенцией которой является миниатюризация; Motorola, владеющая уникальными технологиями беспроводной связи, сжатия цифровых данных, производства дисплеев с плоскими экранами и источников питания, а также быстрых циклов производства; компания Nike, конкурирующая за счет отличных дистрибьюторских сетей и технологий снабжения, качественного дизайна продукции, уникальных технологий разработки новых продуктов и программ поддержки спортсменов. Итак, ключевые бизнес-компетенции и персональные компетенции: в чем их различия и каким образом они взаимосвязаны? Прежде всего, в отличие от бизнес-компетенции, объекты персональных компетенции – конкретные сотрудники, а не вся организация, то есть персональные компетенции определяются отдельно для каждой конкретной должности (табл. 2).

Таблица 1

Отличия между бизнес-компетенциями и персональными компетенциями

Характеристика	Бизнес-компетенции	Персональные компетенции
Охват	Организация	Индивидуум
Назначение	Стратегические изменения	Тактические изменения
Объект	Бизнес-единица (и больше)	Работник
Точка отсчета	Процессы	Работы

При этом бизнес-компетенции не только служат одной из основ построения модели персональных компетенции компании, но и могут быть полностью включены в требования к какой-либо конкретной должности. Таким образом, формулировка бизнес-компетенции компании предшествует построению модели персональных компетенции ее сотрудников.

Прежде всего, в отличие от бизнес-компетенций, персональные компетенции охватывают конкретных сотрудников, а не всю организацию, то есть персональные компетенции определяются отдельно для каждой конкретной должности. Исходя из этого определяется и объект: в случае персональных компетенций это работник, в случае бизнес-компетенций – структурные подразделения организации различного уровня, начиная с бизнес-единиц [12].

Вторым принципиальным отличием является ориентация бизнес-компетенций на стратегические возможности и изменения, а значит, они определяют бизнес-процессы, протекающие на предприятии. Персональные компетенции традиционно прописываются для выполнения конкретных работ, связанных с определенной деятельностью, т. е. связаны с тактическими изменениями, однако необходимо подчеркнуть, что в целом можно говорить о стратегической направленности также и ряда персональных компетенций, т. к. персонал является движущим фактором изменений.

Особо подчеркнем, что бизнес-компетенции не только служат одной из основ построения модели персональных компетенции компании, но и могут быть полностью включены в требования к какой-либо конкретной должности. Таким образом, формулировка бизнес-компетенций компании в целом предшествует построению модели персональных компетенции ее сотрудников. При разработке моделей персональных компетенции за основу берутся ключевые бизнес-компетенции и стратегия компании, а также обеспечивающие ее реализацию бизнес-процессы.

Первое, что должно быть определено, – какие ключевые бизнес-компетенции компания противопоставит своим конкурентам в борьбе за потребителя и установление рыночной позиции. Затем предстоит разработка стратегии – определение того, какие цели должны быть достигнуты за какой-то период для поддержания имеющихся и развития потенциальных бизнес-компетенций. Достижение поставленных целей потребует от организации изменений в системе управления, а это значит, что соответствующим образом должны быть перестроены бизнес-процессы. Бизнес-процессы включают конкрет-

ные работы и действия, выполнение которых требует определенного уровня подготовки (знаний, умений, личностных качеств, способностей) персонала [9]. Совокупность этих характеристик и качеств определяет требуемую модель персональных компетенции.

Специалисты по управлению персоналом предпринимают множество попыток структурированно описать и классифицировать персональные компетенции, однако сложно охватить единой моделью все возможные требования ко всему разнообразию выполняемых работ [2, 13, 16]. Как правило, на рынке предлагаются готовые модели компетенции для отдельных категорий персонала и отдельных отраслей, что, конечно, весьма востребовано на рынке и приносит определенный результат. Хотелось бы заметить, что ограничения такого подхода очевидны: готовая модель не всегда может быть эффективно встроена в систему ключевых бизнес-компетенций, стратегий компании, ее бизнес-процессов. Очевидно, что четкая увязка в разработке, адаптации и использовании названных категорий позволяет формулировать необходимые требования к деятельности предприятия, начиная с уровня требований к организации вообще и заканчивая требованиями к конкретным сотрудникам. Таким образом, основой создания модели персональных компетенции каждого сотрудника компании могут являться такие документы как положения о бизнес-процессах и должностные инструкции, а также установленные для каждого сотрудника цели, принятые в компании принципы и правила поведения, ключевые бизнес-компетенции.

Выводы. Подводя итог сказанному, отметим, что современные стратегические подходы исходят из того, что конкурентное преимущество базируется на внутренних и внешних ключевых компетенциях, которые дают компании возможность достичь дохода выше среднего и поддерживать его. Таким образом, на сегодняшний день сформировалось понимание неразрывной связи внутренних и внешних компетенций и их комплексного применения. Однако понимание переменчивости и сложности внешней среды привело к пониманию важности динамической составляющей в деятельности компании, в постоянной работе по развитию существующих компетенций и определении новых. Исходя из представленных определений и подходов, можно определить ключевые компетенции как способность компании и ее персонала исполнять требуемый функционал в соответствии с определенным видением, миссией и ценностями.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мясоедов С. П. Междисциплинарный словарь по менеджменту. М.: Дело, 2005. 256 с.
2. Ефремов В. С., Ханыхов И. А. Ключевая компетенция организации как объект стратегического анализа // Менеджмент в России и за рубежом. 2002. №2. С. 37–45.
3. Козак Н. Новые роли для сотрудников // Управление компанией. 2001. №10. С. 4–7.
4. Щербakov А.В. Формирование комплементарного компетентностного профиля выпускника вуза // Вестник ТВГУ. Серия «Экономика и управление». 2012. №16. С.11–14.
5. Гари Хамел, Коимбатур Кришнарао Прахалад Конкурируя за будущее. Создание рынков завтрашнего дня/ Гари Хамел, Коимбатур Кришнарао Прахалад. М.: Олимп-Бизнес, 2014. 288 с.
6. Семибратский М.В. Бюджетная стратегия региона в новых экономических условиях России//Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика 2014. Т. 29. № 1–1 (172). С. 41–45.
7. Ломовцева О.А. Приоритеты и механизмы ГЧП в формировании инновационного промышленного комплекса региона / О.А. Ломовцева, О.А. Герасименко // Научные ведомости БелГУ. 2015. №13(210). Вып.35/1. С. 5–9.
8. Тхориков Б.А. Методология индикативного управления // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2012. № 10. С. 154–157.
9. Крейнер С. Ключевые идеи менеджмента. М.: Инфра-М, 2002. 347 с.
10. Хамел Г., Прахалад К., Томас Г., О'Нил Д. Стратегическая гибкость. Спб.: Питер, 2005. 384 с.
11. Прахалад К., Рамасвами М. Будущее конкуренции. Создание уникальной ценности вместе с потребителями. М.: Олимп-Бизнес, 2006. 352 с.
12. Фомичев Ю. Состояние и основные направления государственной политики вовлечения результатов научно-технической деятельности в хозяйственный оборот // Интеллектуальная собственность. Промышленная собственность. 2002. № 11. С. 127–131.
13. Блинец И., Леонтьев К. Понятие «интеллектуальной собственности»: формулировка проблемы// Интеллектуальная собственность. Авторские и смежные права. 2002. № 4. С.97–101.
14. Тютюнник А. Организация обслуживания ИТ-пользователей в банке // Банковские технологии. 2004. № 4. С.102–106.
15. Дробот М.В. Бизнес-компетенция как экономическая категория // Общество: политика, экономика, право. 2013 №1. С. 111–115.
16. Дорошенко Ю.А., Малыхина И.О. Направление реализации результатов инновационной деятельности вуза // Белгородский экономический вестник. 2014. № 4 (76). С. 6–12.

Gerasimenko O.A., Avilova Z.N.

KEY BUSINESS COMPETENCE AS AN ECONOMIC CATEGORY

The article reveals the contents of the key professional competencies of senior managers that influence the competitiveness of Russian companies headed by them, the necessity of the head of ownership required professional competence, consistency and commitment formation in the company's corporate culture, in which the competence, focused on competitiveness, would be inherent in the whole team. The article raises an important corporate governance issues that, with the help of public resources, formed core business competencies. The article reveals the contents of the key professional competencies of senior managers that influence the competitiveness of Russian companies headed by them.

Key words: business competence, competitiveness, governance, strategy, region.

Герасименко Ольга Александровна, кандидат экономических наук, доцент кафедры менеджмента организации.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет.

Адрес: Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, д. 85.

E-mail: gerasimenko@bsu.edu.ru

Авилова Жанна Николаевна, кандидат социологических наук, доцент кафедры социологии и управления. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308000, Белгород, ул. Костюкова, 46.

E-mail: janna-avilova@mail.ru

Винник А.Е., аспирант

Белгородский государственный национальный исследовательский университет

КОМПЕТЕНЦИИ КАК РЕСУРСЫ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

vinnik@bsu.edu.ru

В статье проанализированы основные положения и понятия ресурсной теории фирмы и обоснована возможность их применения к экономике региона. Дано авторское определение понятия стержневой (ключевой) компетенции региона. Рассмотрены факторы, обеспечивающие экономической системе устойчивые конкурентные преимущества. Показано значение нематериальных активов в структуре потенциала экономической системы.

Ключевые слова: компетенция, ключевая компетенция, конкурентоспособность, конкурентное преимущество, нематериальные активы, регион, ресурсы, ресурсная теория, способности.

Введение. Характерной чертой современного производства является наличие компонента знаний в каждом продукте и услуге, поэтому интеллектуальная работа и специальное знание становятся не только основными факторами создания добавленной стоимости, но также основой конкурентоспособности и экономического развития организации, отрасли или региона. Устойчивость конкурентных преимуществ определяется тем, насколько трудно их копировать конкурентам, поэтому источником современной конкурентоспособности являются трудно копируемые, трудно разрушаемые и трудно воспроизводимые нетривиальные активы, объединенные общим понятием «компетенции», впервые введенным основоположниками ресурсной теории фирмы К.К. Прахаладом и Г. Хамелом.

Методология. Основанием для исследования проблемы выявления и развития ключевых компетенций послужили классические работы по экономической теории прибыли и конкуренции, управлению организациями и стратегии фирм, а также современные работы зарубежных и отечественных ученых по вопросам функционирования и развития региональных социально-экономических систем. Методология основана на использовании общенаучных методов логического и ретроспективного анализа, а также конкретизирована совокупностью специальных методов - сравнение, синтез, экспертные оценки и др.

Основная часть. Новое направление в концептах науки управления, известное как ресурсный подход или ресурсная теория фирмы (RBV – resource – based view), получило свое развитие с начала 1990-х годов и нашло свое отражение в трудах зарубежных и отечественных ученых: Б. Вернерфельта, Э. Пенроуз [11], Дж. Барни, Р. Гранта, И. Дикерса, Д. Коллиза, К. Кула, С. Монтгомери, Д. Тиса [15], Г. Пизано, Э. Шуена [14], Р. Рамелта, В. Катъкало [6], Г. Клейнера [7], В. Ефремова, И. Ханыкова, И. Гуркова и других. Значительное влияние на

формирование ресурсного подхода оказали работы Р. Сайерта и Д. Марча «Поведенческая теория фирмы», Р. Нельсона и С. Уинтера «Эволюционная теория экономических изменений» [9], а также Джорджа Ричардсона «Организация промышленности».

Но прорывом в развитии ресурсного подхода стала классическая статья Г. Хамела и К. Прахалада «Ключевая компетенция корпорации», в которой авторы в качестве основного актива фирмы выделяли «ключевую компетенцию», которая и стала одной из важнейших структурообразующих в их не менее известных концепциях «конкуренции за будущее» и «стратегии как революции» [12].

Г. Хамел и К. Прахалад полагают, что в основе конкурентных преимуществ компании находятся ее глубоко укоренившиеся способности, обеспечивающие проникновение на новые рынки, в тех случаях, когда фирма находит новое применение тому, что у нее лучше всего получается. Поэтому главный тезис ресурсной теории заключается в том, что устойчивый успех фирмы зависит от наличия у нее уникальных ресурсов и организационных способностей или компетенций, которые, в свою очередь, являясь причиной недоступных соперникам экономических рент, определяют конкурентные преимущества организации. Исходя из этого, основная задача менеджмента заключается в том, чтобы развивать собственные, трудно копируемые другими компаниями компетенции как основной залог успеха бизнеса [2].

Обладая определенными ресурсами, организация развивает собственные способности к деятельности, формируя свои конкурентные возможности, трансформирующиеся по мере приобретения опыта в компетенции - совокупность навыков, знаний, ноу-хау, ресурсов и технологий, которые, становясь ценными в глазах потребителей, создают основу для ее конкурентного преимущества. Таким образом, «в то время как ресурсы являются источником спо-

собностей фирмы, способности есть основной источник ее конкурентного преимущества» [5].

Понятие «ресурсы» включает в себя все факторы, позволяющие компании производить и реализовывать продукцию или услуги на рынке и подразделяются на две основных категории: входные, являющиеся предметом купли – продажи и поступающие из внешней среды, а также организационные, которые вырабатываются и накапливаются внутри организации.

К входным ресурсам относятся материальные (сырье, материалы, станки, оборудование и финансовые ресурсы) и нематериальные (информационные и человеческие ресурсы), с преобладающей долей первой категории. Организационные ресурсы, в свою очередь, также подразделяются на материальные (специально построенные фирмой объекты, необходимые по технологии производства) и нематериальные (имидж, организационная культура, технология, способности, бренды, патенты, торговые марки, человеческие знания и знания, овеященные в документах и пр.), однако с преобладающей долей нематериальных ресурсов

К разновидности организационных ресурсов относятся также способности, которые вырабатываются и накапливаются в организации и связаны с человеческими знаниями, навыками и опытом в области эффективного использования материальных и нематериальных ресурсов, что находит свое отражение в высокой производительности труда, гибкости, а так же высоком качестве деятельности во всех функциональных областях деятельности.

Производной от категории «ресурсов» является понятие «компетенция», являющееся способом конфигурации способностей и ресурсов экономической системы. Прахалад К.К. и Хамел Г. под ключевой компетенцией понимают «коллективное научение организации, в частности, умение координировать разнообразные производственные навыки и интегрировать многочисленные технологические потоки» [16]. Некоторые авторы при этом отождествляют ключевую компетенцию с организационным знанием или интеллектуальным капиталом организации. Поэтому, с одной стороны, компетенции это ресурсные возможности компании, а с другой – способности, отражающие максимально возможные способы эффективного использования материальных и нематериальных ресурсов в определенной функциональной области деятельности экономической системы [8]. Будучи однажды разработанными, компетенции оказывают влияние на ресурсы, из которых они получили свое развитие, трансформируя их во что-то новое.

Т.е. компетенции можно рассматривать как определенные организационные механизмы, основывающиеся на человеческих знаниях, навыках и опыте, позволяющие обеспечить оптимальные комбинации различных ресурсов, в том числе способностей, приводящие к достижению конкурентных преимуществ. При этом, если они неотделимы от фирмы, не могут быть воспроизведены конкурентами и позволяют фирме повышать свою эффективность – такие компетенции рассматриваются как ключевые.

«Будучи мало мобильными или немобильными вовсе, ресурсы невозможно перепродать, вследствие чего они становятся менее полезными прочим потенциальным пользователям, они не так легко передаются от того, кто ими пользуется изначально», что способствует созданию долгосрочного конкурентного преимущества [4]. Необходимо подчеркнуть, что далеко не все ресурсы представляют собой стратегическую ценность для компании, поскольку некоторые из них могут даже препятствовать реализации успешных стратегий или же не оказывать никакого существенного влияния на ее деятельность. Ресурсы могут считаться таковыми, если соответствуют следующим критериям:

- являются ценными, т.е. позволяют организации улучшить свое положение на рынке по сравнению с конкурентами;
- являются редкими, т.е. спрос на подобные ресурсы должен значительно превышать предложение;
- не подвержены копированию или замене субститутами.

Следовательно, ресурсы могут стать источником устойчивого конкурентного преимущества только в случае, если компании-конкуренты, не имеющие данных ресурсов, не смогут получить их и в будущем. В качестве ресурсов, способных обеспечить стратегические преимущества компании, чаще всего выделяют:

- физические ресурсы (машины, заводы);
- человеческие ресурсы (опыт, образование и способности сотрудников организации);
- финансовые ресурсы (нераспределенная прибыль, акционерный и заемный капитал);
- организационные ресурсы (сформированные команды, дружеские отношения, доверие, репутация).

Необходимо отметить, что источником и способностей, и компетенций являются знания, которыми, в свою очередь, обладает один из наиболее важных ресурсов предприятия - персонал. Приложение ресурсного подхода к человеческим ресурсам позволяет рассматривать их как независимый потенциал, который может быть преобразован посредством инструментов

управления в специальные конкурентные преимущества организации, при условии, что сотрудники добавляют ценность, навыки и умения, которыми они обладают, являются редкими, уникальными и не могут быть повторены конкурентами, а сами работники не могут быть заменены другими.

Компетенция рассматривается как характеристика личности, т.е. ее способность работать со «знанием», поэтому непосредственно управлять своими способностями может только сам человек. В то же время, сами по себе сотрудники не являются носителями устойчивых конкурентных преимуществ. Эти преимущества организация получает только тогда, когда применяет соответствующие методы для превращения таких ресурсов в человеческий капитал, в течение длительного времени генерирующий ценность для организации. Компетенции создают дополнительную стоимость благодаря более эффективному использованию ресурсов, поскольку основываются на индивидуальных и корпоративных навыках и знаниях. Поэтому, для того чтобы создавать свои конкурентные преимущества, организация должна инвестировать средства в развитие ключевых навыков и знаний.

В современных условиях все субъекты экономических отношений вынуждены функционировать в условиях ограниченных ресурсов. Регион также не является исключением и специализируется на тех видах деятельности и производства, по которым в каждый момент времени обладает абсолютными или относительными преимуществами. По мнению М. Портера региональная и национальная конкурентоспособность зависит от способности отраслей экономики к инновациям и модернизации, достигается в тех отраслях, где внутренние условия оказываются наиболее благоприятными, перспективными и динамичными. Поэтому в системе регионального управления должны формироваться новые приоритеты и стратегии развития региональной системы, основывающиеся на устойчивых конкурентных преимуществах, позволяющих выстраивать конкурентную позицию региона в долгосрочной перспективе. Одним из возможных вариантов достижения указанной цели является использование концепции ключевых компетенций как современной теории о конкурентных преимуществах.

Поскольку региональная экономическая система, как и любое предприятие, выступает в роли хозяйствующего субъекта и рассматривается как квазикорпорация со свойствами экономической организации, следовательно, положения ресурсной теории фирмы и понятия стержневых компетенций применимы и к экономике

региона. Регион должен не только производить блага, но и формировать нужную среду, привлекать ресурсы и обеспечивать их эффективное использование, создавать необходимые условия для повышения конкурентоспособности предприятий и организаций, чтобы привлекать и удерживать их на данной территории. В этих условиях регион вынужден разрабатывать активные стратегии, создавать и развивать конкурентные преимущества, защищая при этом свою долю рынка [3].

И в то время как ресурсная теория теряет свою актуальность по отношению к фирме, что вызвано смещением акцентов и определяющим воздействием внешней среды на ее эффективность в конкурентной борьбе, то по отношению к региональным системам наибольшее влияние имеют внутренние источники, т.е. конкурентные преимущества более высокого порядка.

Под ключевыми компетенциями региона мы предлагаем понимать его способности эффективнее других использовать имеющиеся и создавать недостающие ресурсы, необходимые для обеспечения расширенного воспроизводства основных сфер жизнедеятельности местного сообщества, обеспечивающие своеобразие и конкурентоспособность инвестиционной, социальной, политической, культурной и предпринимательской подсистем региональной экономики.

Ключевые компетенции региона представляют собой сочетание имеющихся ресурсов (материальных и нематериальных) и способностей, выработанных экономической системой, позволяющих повышать региональную эффективность в различных сферах жизни общества, создавая конкурентные преимущества и повышая конкурентоспособность, что в свою очередь позволяет увеличивать капитализацию региональных производителей товаров и услуг и повышать инвестиционную привлекательность территории (рис. 1).

В целях повышения конкурентоспособности основной акцент необходимо сделать именно на нематериальные активы, особенно в той их части, которая напрямую связана с человеческим капиталом [13]: знания о продуктах, технологиях и рынках, которые являются собственностью компаний региона; репутация и имидж; отношения с каналами и конечными пользователями, отражающиеся в их рыночных долях и высоких показателях удовлетворенности клиентов; организационная культура и отработанные процессы, позволяющие компаниям региона оставаться лидерами; бизнес-климат и прочие.



Рис.1. Соотношение основных понятий ресурсной теории по отношению к региону

Подобные активы не поддаются физическому и моральному износу, а наоборот, способны приобретать все большую ценность с течением времени и обеспечивать устойчивые конкурентные преимущества [10]. Поэтому одной из актуальных задач управления является идентификация имеющихся в регионе текущих запасов нематериальных активов, а также успешное стратегическое управление ими.

Вывод. Таким образом, можно отметить, что в современных условиях системы управления знаниями превращаются в системы управления компетенциями, так как именно способность сотрудников использовать знание является основным ресурсом не только предприятий, но и регионов. Для этого необходимо сделать акцент в управлении человеческими ресурсами на управление текущими и будущими компетенциями для создания стратегического конкурентного преимущества. Выявление ключевых компетенций позволяет формировать конкурентные преимущества региональной экономической системы, использовать их в управлении его имиджем, а также служить обоснованием

мероприятий государственной региональной политики по выравниванию уровня развития.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Айрапетян Д.Г. Оценка капитализации регионального потенциала на основе ключевых компетенций региона [Электронный ресурс] / Д.Г. Айрапетян, В.А. Беляков // Вестник Удмуртского университета. 2011. Вып.1. С.13 – 20. URL: http://vestnik.udsu.ru20112011-021vuu_11_021_03.pdf.
2. Вернерфельт Б. Ресурсная трактовка фирмы / Б. Вернерфельт // Вестник СПб ГУ. 2006. Сер. 8. Вып. 1. С. 103-117.
3. Винокурова М.В. Конкурентные преимущества региона [Электронный ресурс] / М.В. Винокурова. URL: http://strategy.isea.ru/files/s1/25_Vinokurova%20M%20V.pdf.
4. Каталевский Д.Ю. Эволюция концепций стратегического менеджмента: от Гарвардской школы внешней среды до ресурсного подхода к управлению [Электронные ресурсы] // Государственное управление. Электронный вестник.

2008. Вып.16. С.1-18. URL: http://ejournal.spa.msu.ru/uploads/vestnik/2008/vipusk_16._sentjabr_2008_g./katalevskiy.pdf.

5. Каткало В.С. Теория стратегического управления: этапы развития и основные парадигмы // Вестник Санкт-Петербургского университета. 2002. №24. С. 3–26.

6. Каткало В.С. Место и роль ресурсной концепции в развитии теории стратегического управления [Электронный ресурс] // Вестник Санкт-Петербургского университета. 2003. №24. С. 3-17. URL: <http://www.vestnikmanagement.spbu.ruarchivepdf49.pdf>.

7. Клейнер Г.Б. Ресурсная теория системной организации экономики // Российский журнал менеджмента. 2011. №3. С. 3–28.

8. Мичурина О.Ю. Ресурсная концепция фирмы: интегративный аспект // Экономические науки. 2009. №10 (59). С. 164–168.

9. Нельсон Р.Р., Уинтер С. Дж. Эволюционная теория экономических изменений. 2002. 540с.

10. Ощепков В.М. Нематериальные корпоративные активы субъекта Федерации как фактор повышения региональной конкурентоспособности: Автореф. дис. канд. экон. наук. Пермь. 2011. 24с.

11. Penrose E.T. The Theory of the Growth of the Firm. Oxford, 1959.

12. Прахалад К. К., Хамел Г. Ключевая компетенция корпорации // Вестник СПбГУ. 2003. Вып. 3. С. 19-46.

13. Славин Б., Соловьев В. Управление компетенциями как ресурсами // Проблемы теории и практики управления. 2015. №9. С. 72–78.

14. Тис Д. Дж., Пизано Г., Шуен Э. Динамические способности фирмы и стратегическое управление // Вестник СПбГУ. 2003. Вып. 4. Сер. 8.

15. Тис Д. Дж. Получение экономической выгоды от знаний как активов: «новая экономика», рынки ноу – хау и нематериальные активы // Российский журнал менеджмента. 2004. №1. С. 95-120.

16. Хамел Г., Прахалад К. Конкурируя за будущее. Москва, 2002.

Vinnik A.E.

COMPETENCES AS RESOURCES IN THE ECONOMIC SYSTEM

The article analyzes the main provisions and concepts of the resource based theory of the firm and the possibility of their application to the economy of the region. It is given the author's definition of core (key) competences in the region. The author examines the factors responsible for sustainable competitive advantages of an organization. Shows the value of intangible assets in the structure potential of the economic system.

Key words: competence, core competence, competitiveness, competitive advantage, intangible assets, region, resources, resource theory, ability.

Винник Алина Евгеньевна, аспирант, старший преподаватель кафедры менеджмента организации. Белгородский государственный национальный исследовательский университет.
Адрес: Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, д. 85.
E-mail: vinnik@bsu.edu.ru

Научное издание

«Вестник БГТУ имени В.Г. Шухова»
№ 6, 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 01.04.16. Подписано в печать 25.05.16. Формат 60×84/8

Усл. печ. л. 32,90. Уч.-изд. л. 35,38

Тираж 1000 экз. Заказ 161. 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