

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**

**№ 8, 2016 год**

## **Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова**

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

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

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

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

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

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

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

д-р экон. наук, проф. Дорошенко Ю.А.;

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

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

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

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

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

д-р техн. наук, проф. Шаповалов Н.А.

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

# СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

|                                                                                                                                                                                                            |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Попов Д.Ю., Лесовик В.С., Мещерин В.С.</b><br>ХИМИЧЕСКАЯ УСАДКА ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ НА РАННЕЙ СТАДИИ ТВЕРДЕНИЯ                                                                                             | 6   |
| <b>Денисова Ю.В., Полуэктова В.А., Строкова В.В.</b><br>ФУНГИЦИДНЫЕ СВОЙСТВА ОКСИФЕНОЛЬНЫХ МОДИФИКАТОРОВ                                                                                                   | 13  |
| <b>Гузеева О.Н.</b><br>ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕРЕХОДНЫХ ФОРМ УГЛЕРОДА ПРИ ПОЛУЧЕНИИ<br>ТОКОПРОВОДЯЩИХ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ                                                                         | 19  |
| <b>Матюхин П.В., Ястребинский Р.Н., Широков А.В.</b><br>ОСНОВНЫЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГЕМАТИТА,<br>ПОДВЕРГНУТОГО ВОЗДЕЙСТВИЮ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЙ ПРЕССОВАНИЯ                                    | 23  |
| <b>Иващенко С.И., Фатиев М.М., Иващенко С.С., Горшкова И.В. Леонтьев Я.С.</b><br>ГИДРАТАЦИЯ СУЛЬФАТИРОВАННОГО ЦЕМЕНТА НА ОСНОВЕ<br>МОДИФИЦИРОВАННОГО БЕЗВОДНОГО СУЛЬФОАЛЮМИНАТА КАЛЬЦИЯ                    | 29  |
| <b>Лукаш А.А., Лукутцова Н.П.</b><br>ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ КОМПОЗИЦИОННЫХ<br>СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ                                                                           | 37  |
| <b>Денисова Ю.В., Тарасенко В.Н., Лесовик Р.В.</b><br>ДИФфуЗИОННЫЕ МЕМБРАНЫ В СОВРЕМЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ                                                                                                    | 42  |
| <b>Полуэктова В.А., Шаповалов Н.А., Ломаченко Д.В., Столярова З.В., Евтушенко Е.И.</b><br>МЕХАНО-ХИМИЧЕСКАЯ АКТИВАЦИЯ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА НАНОМОДИФИКАТОРОМ<br>НА ОСНОВЕ ФЛОРОГЛЮЦИНФУРФУРОЛЬНЫХ ОЛИГОМЕРОВ    | 47  |
| <b>Сулейманова Л.А., Погорелова И.А., Кириленко С.В.</b><br>НАУЧНО-ОБОСНОВАННАЯ МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРЕДЕЛА ДЛИТЕЛЬНОЙ<br>ПРОЧНОСТИ БЕТОНА И ЕГО ПРОЧНОСТИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СКОРОСТЯХ<br>ПРИЛОЖЕНИЯ НАГРУЗКИ | 52  |
| <b>Лебедев В.М., Ломтев И.А.</b><br>ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ КИРПИЧНЫХ ДОМОВ С СПОЛЬЗОВАНИЕМ<br>СИСТЕМОКВАНТОВ ПРОЦЕССОВ                                                                               | 58  |
| <b>Семенов А.С.</b><br>ОРГАНИЗАЦИЯ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА ЗДАНИЙ НА ОСНОВЕ СИСТЕМНОГО<br>ПОДХОДА                                                                                                             | 64  |
| <b>Ходяков В.А.</b><br>ОПТИМИЗАЦИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ДВУТАВРОВОЙ БАЛКИ ПО МАССЕ<br>С СОХРАНЕНИЕМ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ                                                                                           | 67  |
| <b>Малыхина В.С., Денисов А.Н.</b><br>ИССЛЕДОВАНИЕ СМЯТИЯ И СКАЛЫВАНИЯ СОЕДИНЕНИЯ ДЕРЕВЯННЫХ<br>ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ БЕЗ МЕХАНИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ                                                              | 72  |
| <b>Сокол Ю.В.</b><br>ОБЪЁМНО-КОМПОЗИЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ СЕКЦИОННЫХ ДОХОДНЫХ ДОМОВ<br>САНКТ-ПЕТЕРБУРГА XIX ВЕКА                                                                                                 | 75  |
| <b>Рудакова О.Н.</b><br>МОДЕЛИ ВИЗУАЛЬНОГО ВОСПРИЯТИЯ АРХИТЕКТУРНО-ПРОСТРАНСТВЕННЫХ<br>И КОМПОЗИЦИОННЫХ КАЧЕСТВ ЗАСТРОЙКИ ПРИБРЕЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ                                                            | 80  |
| <b>Шукуров И.С., Ахмед Эламин М.А., Микири К.И, Зебилила М.Х.</b><br>ВЛИЯНИЕ ЗАСТРОЙКИ ПРИБРЕЖНОЙ ТЕРРИТОРИИ НИЛА НА ВЕТРОВОЙ<br>РЕЖИМ И ЗАПЫЛЕННОСТИ ХАРТУМА (РЕСПУБЛИКА СУДАН)                           | 86  |
| <b>Горожанкин В.К.</b><br>ЖАНРЫ И КОДЫ АРХИТЕКТУРНОГО ФОРМООБРАЗОВАНИЯ                                                                                                                                     | 91  |
| <b>Выскребенцев В.С.</b><br>О ВЛИЯНИИ ХИМИЧЕСКОЙ СУФФОЗИИ НА ФИЗИЧЕСКИЕ И ДЕФОРМАЦИОННЫЕ<br>СВОЙСТВА ЛЁССОВЫХ ГРУНТОВ                                                                                      | 96  |
| <b>Гошовский С.В., Зурьян А.В.</b><br>СНИЖЕНИЕ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕПЛОНАСОСНЫХ<br>СИСТЕМ                                                                                              | 102 |

**Крюков И.В., Логачев И.Н., Уваров В.А.**

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ МИНИМИЗАЦИИ ОБЪЕМОВ УДАЛЯЕМОГО ВОЗДУХА ПРИ КОМБИНИРОВАННОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПЕРФОРИРОВАННОГО ЖЕЛОБА С ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ БАЙПАСНОЙ КАМЕРОЙ

108

**Ильина Т.Н., Глебова О.В., Небыльцова И.В.**

ИННОВАЦИОННЫЕ СПОСОБЫ МИКРОКЛИМАТИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ В ПОМЕЩЕНИЯХ КРЫТЫХ БАССЕЙНОВ

113

## МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

**Трофимченко В.Н., Воронов В.П., Мордовская О.С., Ханин С.И.**

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ЧАСТИЦЫ ПО ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ПОВЕРХНОСТИ КОНУСА

117

**Анциферов С.И.**

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КООРДИНАТ РАСПОЛОЖЕНИЯ И СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ СТЕРЖНЕЙ ПЛАНЕТАРНОГО СМЕСИТЕЛЯ

122

**Бойко А.Ф., Кудеников Е.Ю.**

ТОЧНЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА НЕОБХОДИМОГО КОЛИЧЕСТВА ПОВТОРНЫХ ОПЫТОВ

128

**Ефремов В.В., Кутовой С.С., Агошков А.В.**

ОСОБЕННОСТИ ПОДБОРА ЗЕРНИСТОСТИ АБРАЗИВНОГО ИНСТРУМЕНТА ПРИ ШЛИФОВАНИИ НАПЫЛЕННЫХ ПОКРЫТИЙ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ

133

**Бойчук И.П.**

ПРОХОЖДЕНИЕ ЗВУКОВОЙ ВОЛНЫ ЧЕРЕЗ СКАЧЕК УПЛОТНЕНИЯ

138

**Бешевли О.Б., Дуюн Т.А.**

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ БАББИТА В УСЛОВИЯХ РЕМОНТНОЙ ОБРАБОТКИ ОПОРНОЙ ПОВЕРХНОСТИ СКОЛЬЖЕНИЯ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ПОДШИПНИКОВ

142

**Дьяков И.Ф.**

ОПТИМАЛЬНЫЙ ВЫБОР ПОДВЕСКИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

148

## ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

**Рыбак Л.А., Мамаев Ю.А., Малышев Д.И., Вирабян Л.Г.**

ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ЗАДАННОЙ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ ВЫХОДНОГО ЗВЕНА РОБОТА-ГЕКСАПОДА ДЛЯ 3D-ПЕЧАТИ ИЗДЕЛИЙ

155

**Татаринovich Б.А., Котляров В.О., Курило Е. М.**

ОПЫТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ ДЛЯ ОБСЛЕДОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

165

**Лазебная Е.А.**

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СЛУЖБЫ ЗАНЯТОСТИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРЕДПОЧТЕНИЙ КЛИЕНТА И ПОДБОРА СВЕДЕНИЙ

170

**Бойчук И.П.**

МОДЕЛИРОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ КАНАЛОВ УТЕЧКИ ИНФОРМАЦИИ

176

## ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

**Бушуева Н.П., Панова О.А.**

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ УГЛЕЩЕЛОЧНОЙ ДОБАВКИ НА ДЕГИДРАТАЦИЮ ГЛИНИСТЫХ МИНЕРАЛОВ

180

**Ивлева И. А., Беликова М.Е.**

МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ ГЛИН КАК ОДИН ИЗ ОСНОВОПОЛАГАЮЩИХ ФАКТОРОВ МОРОЗОСТОЙКОСТИ ТЕПЛОЭФФЕКТИВНОЙ КЕРАМИКИ

185



# ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

|                                                                                                                                                                                                                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Бухонова С.М., Киреева Ю.В.</b><br>ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К ФОРМИРОВАНИЮ РЕГИОНАЛЬНОЙ<br>ИНВЕСТИЦИОННОЙ СТРАТЕГИИ В СФЕРЕ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ                                                                                                          | 189 |
| <b>Мурадова З.Р., Адамов М.Г.</b><br>СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И РАЗВИТИЕ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО<br>ХОЗЯЙСТВА РЕСПУБЛИКИ ДАГЕСТАН                                                                                                                                   | 195 |
| <b>Шелайкина А.Н., Приходько Е.С., Дуброва И.В., Дедов Е.В.</b><br>МЕТОДИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТАРИЙ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ РИСКА<br>ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ                                                                                      | 200 |
| <b>Дорошенко Ю.А., Малыхина И.О.</b><br>ВЛИЯНИЕ ИННОВАЦИОННО-ИНВЕСТИЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА РЕГИОНА<br>НА УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ МАЛЫХ ИННОВАЦИОННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ,<br>СОЗДАННЫХ НА БАЗЕ ВУЗОВ                                                                          | 209 |
| <b>Таничева Т.С.</b><br>РАЗВИТИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ МАЛЫХ<br>ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ                                                                                                                                                               | 213 |
| <b>Клейменычева И.Д.</b><br>ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ В УСЛОВИЯХ<br>ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА: МЕТОДЫ, ПРОЦЕДУРЫ, ПОКАЗАТЕЛИ                                                                                                       | 217 |
| <b>Аридова С. В., Фролов Н. В., Стрекозова Л.В., Тюремских М.А.</b><br>ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗРАБОТКИ МЕТОДИКИ<br>ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ РЕКОНСТРУКЦИИ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОГО<br>АНАЛИЗА ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА БЕЛГОРОДА | 222 |
| <b>Калугин В. А., Королькова Д.И., Шкуркин А.А</b><br>МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕНЕЖНЫХ ПОТОКОВ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ<br>В УСЛОВИЯХ ВЕРОЯТНОСТНОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ                                                                                                      | 231 |
| <b>Романович Л.Г., Рошковану Еуджен, Романович М.А.</b><br>АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ МАЛОГО ИННОВАЦИОННОГО БИЗНЕСА<br>В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛИЗАЦИИ                                                                                                                        | 235 |
| <b>Дорошенко Ю.А., Малыхина И.О.</b><br>СОЗДАНИЕ ИННОВАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЦЕНТРОВ В ВУЗАХ<br>КАК МЕРА СТИМУЛИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИОННО-ИНВЕСТИЦИОННОГО<br>ПОТЕНЦИАЛА РЕГИОНА                                                                           | 241 |
| <b>Божков Ю.Н., Ковалева Т.Н., Носов С.М.</b><br>СПЕЦИФИКА ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В РОССИЙСКОЙ ЭКОНОМИКЕ                                                                                                                                                     | 246 |

# СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

*Попов Д.Ю., аспирант,  
Лесовик В.С., д-р техн. наук, проф.  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова  
Мещерин В.С., д-р техн. наук, проф.  
Технический университет Дрездена, Германия*

## ХИМИЧЕСКАЯ УСАДКА ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ НА РАННЕЙ СТАДИИ ТВЕРДЕНИЯ

popov.dmitry412@yandex.ru

*В статье представлена информация о химической усадке цементного камня в ранние сроки твердения. Отмечены факторы возникновения химической усадки, причины ее развития, методы определения и теоретические подходы для расчета. Установлено, что химическая усадка определяется общим изменением объема цементного камня и складывается, частично, из внешнего изменения объема – аутогенной усадки, и внутреннего изменения – за счет образования пор. Химическая усадка является следствием реакций гидратации цемента. Приводятся сведения об основных используемых методах измерения химической усадки, их достоинствах и недостатках.*

**Ключевые слова:** химическая усадка, контракция, гидратация цемента на ранней стадии.

**Введение.** С учетом наметившейся современной тенденции синтеза прочности и долговечности высококачественных строительных материалов – за счет более полного использования ресурса портландцемента и других гидравлических вяжущих, создания оптимальной микроструктуры цементного камня, уменьшения макропористости и повышения трещиностойкости, упрочнения контактных зон цементного камня [1], использования в современном строительстве высокоэффективных композиционных вяжущих [2] – формирование плотной структуры бетона в ранние сроки твердения [3] является важным фактором для набора прочности конечного композита. При этом химическая усадка является одним из основополагающих механизмов, которые необходимо учитывать.

**Основная часть.** Химическая усадка в цементных композитах процесс неизбежный. Взаимодействие цемента с водой сопровождается непрерывным уменьшением количества воды и увеличением объема твердой фазы. При этом происходит контракция или химическая усадка – уменьшение абсолютного объема системы цемент–вода по сравнению с объемом исходных реагирующих компонентов.

Химическая усадка – это естественный процесс, который известен уже более 100 лет [4–6], и является основной, но не единственной причиной аутогенной усадки и самоусыхания бетона. Ле Шателье [7] был первым, кто сообщил о измерениях химической усадки цемента. Химическая усадка – это общее уменьшение объема

цементной системы, произошедшей в ходе гидратации цемента [8], так как объем продуктов гидратации значительно меньше объема вступающих в реакцию компонентов [9]. Исследованиями [10] установлено, что при полной гидратации цемента усадка может составлять около 7 % от первоначального объема. Однако, сам бетон никогда не проявляет такую высокую деформацию, поскольку в основном изменения объема материала приводят к образованию мельчайших пор в цементном камне. К тому же, изменению объема цементного камня противодействуют крупный и мелкий заполнители, арматура, различные армирующие компоненты.

И.Н. Ахвердов [11] установил, что формирование коагуляционной структуры цементного геля сопровождается сжатием его объема, так называемой контракцией цементного геля. Это явление возникает через 10–15 мин после затворения цемента водой и достигает своего максимума в стадии завершения коагуляционного структурообразования, а затем экспоненциально убывает в процессе формирования и упрочнения кристаллогидратной структуры цементного камня.

И.Н. Ахвердов [11] описывает механизм контракции цементного геля следующими физико-химическими процессами:

- 1) достижением полного смачивания частиц и вытеснением с их поверхности адсорбированного воздуха;
- 2) сорбцией воды поверхностью и наружными порами смачиваемых частиц, сопровож-

дающей более плотной упаковкой ориентированных молекул пленочной воды;

3) образованием ионной среды вокруг частиц цемента (в результате поверхностного растворения составляющих минералов), ведущим к увеличению количества связанной воды;

4) изменением плотности частиц цемента и «воды» при образовании кристаллогидратов.

Luga и др. [12] разделяют процесс гидратации и момент затвердевания цементного геля на несколько фаз (рис. 1):

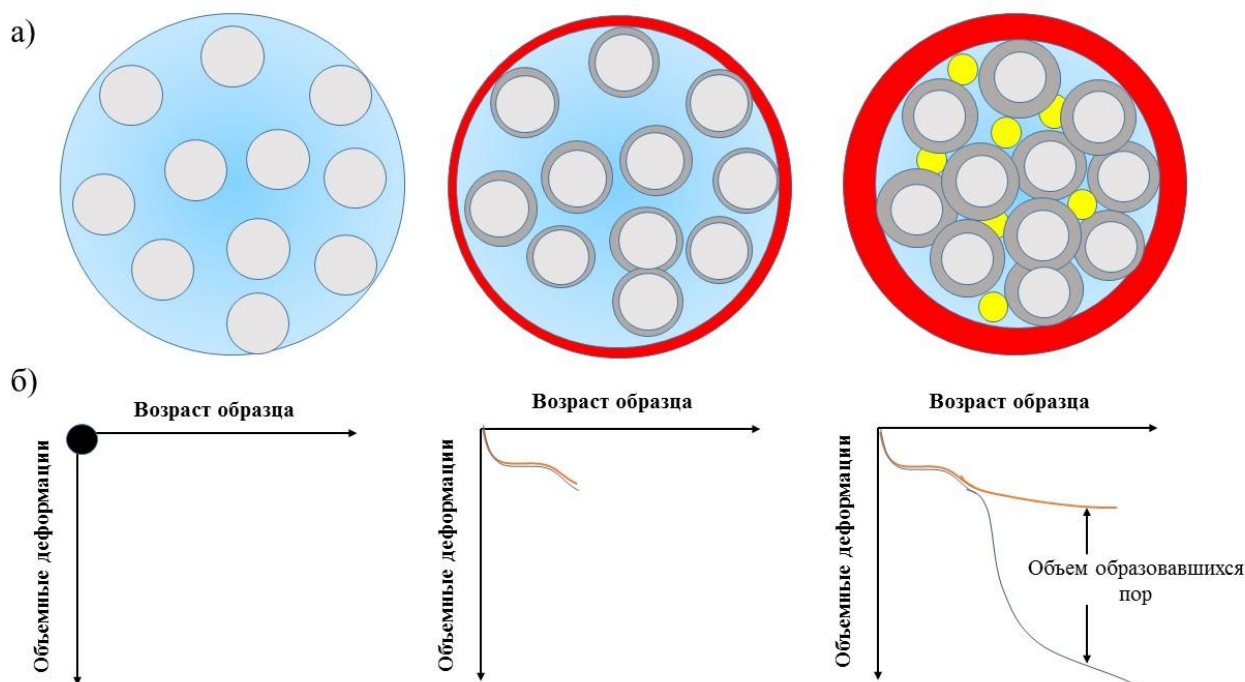


Рис. 1. Схематическое изображение цементного геля на различных стадиях гидратации (а) и одновременное развитие химической и аутогенной усадки (б)

На рисунках 1-а, вода представлена синим цветом, цементные зерна – светло-серым, продукты гидратации – темно-серым, пустые поры внутри цементной пасты – желтым и аутогенная (объемная) усадка – красным цветом. Величина аутогенной усадки увеличена для наглядности описания этого процесса. На графиках 1-б, синей линией представлена химическая усадка и красной линией аутогенная усадка [12]

1. При смешении цемента с водой, цементный гель можно рассматривать как суспензию частиц цемента в воде (рис. 1-а, слева). В этот момент отсутствуют какие-либо процессы во времени (рис. 1-б, слева), так как практически процесс гидратации еще не начался и химическая усадка еще не образуется.

2. В первые часы гидратации цементное тесто все еще пластичное и химическая усадка полностью переходит в объемную (аутогенную) усадку (рис. 1-а и 1-б, в центре). Цементное тесто под собственной массой заполняет пустоты, образовавшиеся в результате уменьшения объема продуктов гидратации.

3. По мере гидратации, цементное тесто приобретает достаточную жесткость, чтобы сохранить первые зародившиеся пустоты. Насту-

пает период, когда видимые объемные изменения приостанавливаются и аутогенная усадка затухает. В этой фазе поры образуются все активнее не подвергаясь разрушению, вызванным подвижностью смеси. Эта фаза соответствует точке дивергенции между кривыми химической и аутогенной усадок (рис. 1-б, справа). Общий объем пор, создаваемый в этой фазе, соответствует разнице между общим изменением объема (химической усадкой) и внешним изменением объема (аутогенной усадкой).

Исходя из выше изложенного, следует вывод, что химическая усадка – это общее изменение объема вследствие гидратации цемента, проявляющаяся в виде видимых внешних изменений объема материала, в период начала гидратации цемента и до момента полного затвердевания, и внутренних изменений, в виде образовавшихся пор, пустот. Значительная величина химической усадки, из-за высокой скорости гидратации цемента в первые часы твердения, вызывает большую аутогенную усадку, и, следовательно, большую общую усадку, что приводит к высокому риску трещинообразования.

Химическая усадка измеряется в миллилитрах на 100 г цемента. Портландцементы, содер-

жащие разное количество клинкерных минералов, характеризуются разной скоростью твердения и разной величиной химической усадки.

А.В. Волженский и др. [13] установили зависимости уменьшения абсолютного объема основных фаз цементного клинкера при их взаимодействии с водой (рис. 2):

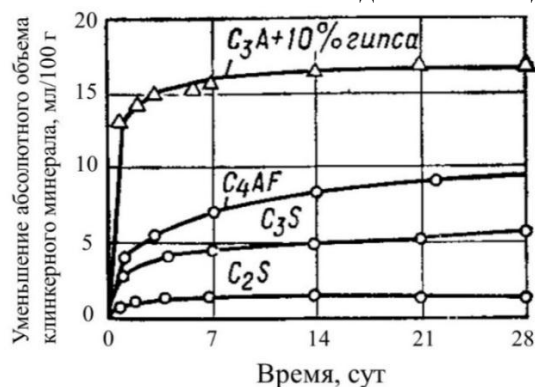


Рис. 2. Уменьшение абсолютного объема при взаимодействии различных клинкерных минералов с водой [13]

Приведенные данные свидетельствуют, что наибольшая химическая усадка характерна для цементных систем, включающих трехкальциевый алюминат ( $C_3A$ ) и четырехкальциевый алюмоферрит ( $C_4AF$ ). Наибольшим содержанием указанных клинкерных минералов обладают высокомарочные и быстротвердеющие цементы, соответственно, они больше всего подвержены химической усадке.

По данным В.В. Некрасова [14], предельные значения химической усадки для обычных цементов составляют 5–8 мл на 100 г или в среднем 6–7 л на 100 кг цемента. Также, Ю.М. Баженов [1] сообщает, что средний размер химической усадки цементного камня составляет 7–9 мл на 100 г цемента.

Вследствие химической усадки происходит увеличение пористости цементного камня, которая через 28 суток твердения составляет 4–7 % его объема [13]. Это зависит от свойств цемента, а также в значительной степени от исходного водоцементного отношения. При образовании пор в системе возникает вакуум, из-за которого

они заполняются водой или воздухом, в зависимости от условий твердения цементного камня.

Holt [15] установил, что величина химической и аутогенной усадок в течение 24 часов также зависит от вида цемента, количества содержащихся основных клинкерных минералов и тонкости помола (рис. 3). Так быстротвердеющий цемент (табл. 1), имеющий значительную удельную поверхность и высокое содержание  $C_3A$ , имеет большие величины химической и аутогенной усадок.

Geiker и Knudsen в своей работе [16] изучали влияние водоцементного отношения на величину химической усадки нормального портландцемента. Было установлено, что повышение водоцементного отношения вызывает ускорение темпов развития химической усадки. Была установлена зависимость между общей химической усадкой и водоцементным отношением ( $0,4 < В/Ц < 0,8$ ,  $T = 20^\circ C$ ,  $t = 300 \text{ ч}$ ). Это явление объясняется присутствием большего количества свободной воды, способной активировать заблокированные частички клинкерных минералов.

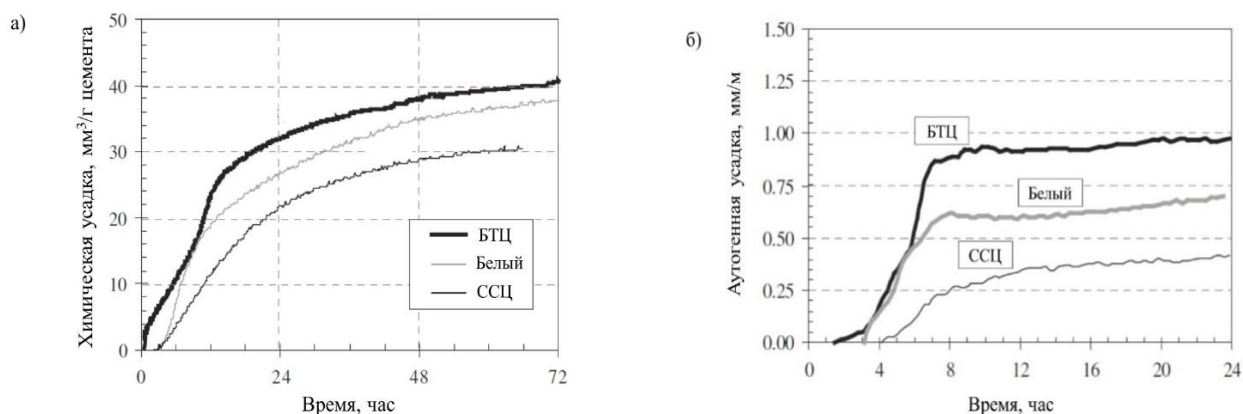


Рис. 3. Химическая (а) и аутогенная (б) усадки цементов различного химического состава и тонкости помола, см. табл. 1 [15]

Таблица 1

**Химический состав и тонкость помола цемента, используемого в эксперименте Holt [15]**

| Состав, %                           | Быстротвердеющий цемент, БТЦ | Белый цемент, Белый | Сульфатостойкий цемент, ССЦ |
|-------------------------------------|------------------------------|---------------------|-----------------------------|
| C <sub>3</sub> S                    | 68                           | 67                  | 75                          |
| C <sub>2</sub> S                    | 10                           | 23                  | 5                           |
| C <sub>3</sub> A                    | 8                            | 4                   | 1                           |
| C <sub>4</sub> AF                   | 8                            | 1                   | 14                          |
| Тонкость помола, м <sup>2</sup> /кг | 440                          | 400                 | 300                         |

В работе [17] установлено влияние температуры на химическую усадку в ранние сроки твердения. Испытания проводились на цементных пастах с водоцементным отношением В/Ц= 0,25; 0,30; 0,35 и 0,40 при различных тем-

пературах (10, 20, 30, 40 и 50 °С) в течение 24 часов (рис. 4). Анализ кривых свидетельствует, что повышение температуры приводит к увеличению скорости развития химической усадки, а также ее величины при достижении 24 часов.

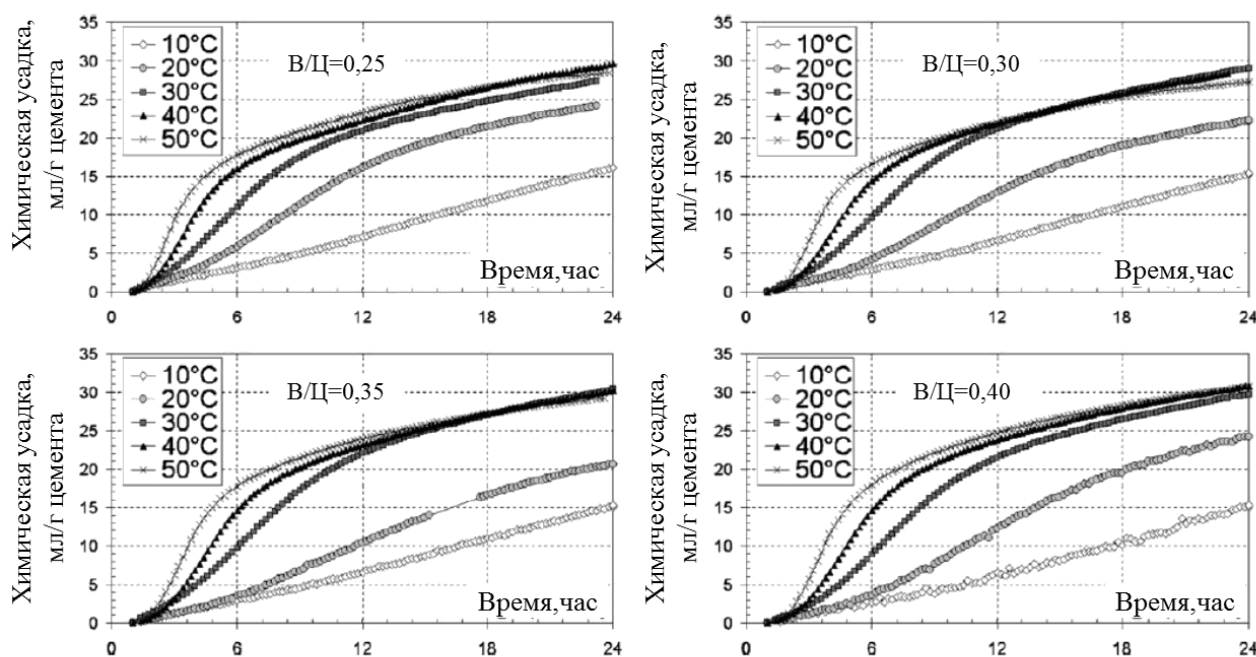


Рис. 4. Влияние температуры на развитие химической усадки в течение 24 часов при различных В/Ц отношениях [17]

Как сообщается в работе [9], химическая усадка измеряется в постоянно обеспеченном водонасыщенном состоянии материала. С учетом этого условия, проведены многочисленные экспериментальные исследования и предложены некоторые аналитические и численные модели процессов усадки. Химическая усадка может быть определена непосредственно путем измерения объема образца цементного камня во время гидратации или косвенно, т.е. путем определения химической усадки, как изменение удельного объема воды, которое можно вычислить из

удельного объема цемента насыщенного плотного образца и общего количества воды в образце.

Основные реакции цементного клинкера, как правило, определяются четырьмя основными клинкерными минералами C<sub>3</sub>S, C<sub>2</sub>S, C<sub>3</sub>A и C<sub>4</sub>AF. Величина химической усадки может быть оценена с помощью молекулярного веса и плотности соединений, измерения основных продуктов реакции. Химическую усадку цементного геля можно оценить с помощью уравнения Паулини [18]:

$$V_{CS} = 0,0775 \cdot C_3S + 0,0742 \cdot C_2S + 0,171 \cdot C_3A + 0,117 \cdot C_4AF \quad (1)$$

где, C<sub>3</sub>S, C<sub>2</sub>S, C<sub>3</sub>A, C<sub>4</sub>AF являются процентной массой индивидуальной фазы портландцемента, соответственно.

В источнике [16] представлена математическая модель химической усадки как функции от времени:

$$V = V_{\infty} \frac{t - t_0}{t - t_0 + t_{50}} \quad (2)$$

где  $V$  – химическая усадка, измеряемая в момент времени  $T$ ;  $V_{\infty}$  – химическая усадка при "бесконечном времени";  $t_0$  – продолжительность периода покоя и  $t_{50}$  – время реакции ( $t - t_0$ ), необхо-

димое чтобы достичь 50 %  $V_{\infty}$ . Эта модель подходит для отношения, когда  $V/V_{\infty} > 0,10$ .

Justnes и др. [19] установили три основных метода измерения химической усадки: дилатометрия, пикнометрия и гравиметрия (рис. 5).

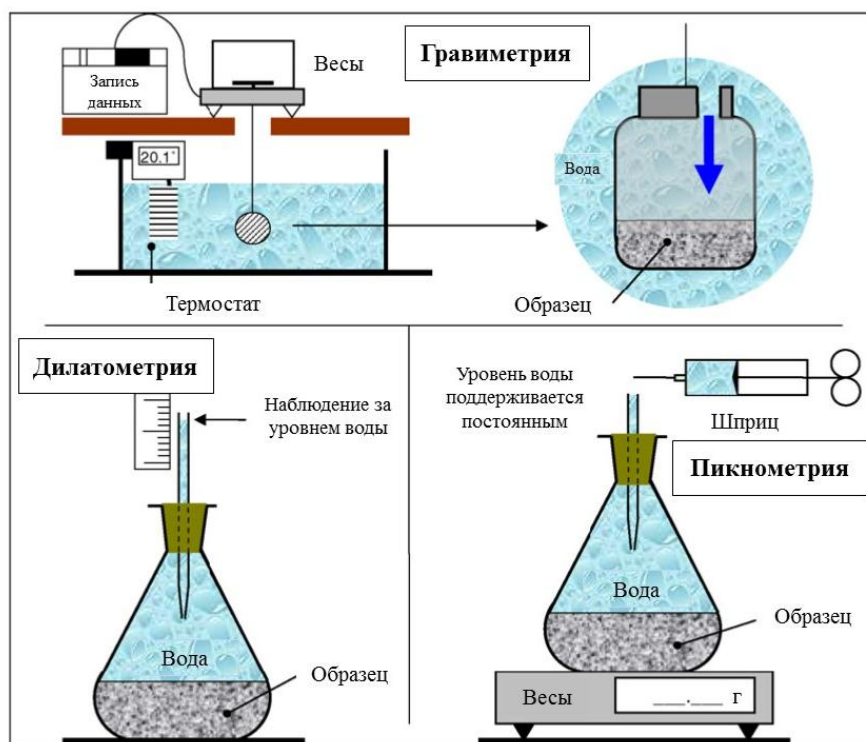


Рис. 5. Основные методы измерения химической усадки [19]

**Методом дилатометрии** измеряется падение уровня воды в гидратируемой системе цементного теста с помощью пипетки или подходящей трубки, а объем химической усадки цементного теста рассматривается как изменение объема воды в пипетке [20].

**Методом пикнометрии** измеряется увеличение массы увлажненной цементной пасты. Так как объем пасты уменьшается при увлажнении цемента, то объем общей системы поддерживается путем постоянного добавления воды, поэтому химическая усадка увлажненного цементного теста может быть рассчитана согласно увеличению массы системы [9].

**Метод гравиметрии** следует из метода пикнометрии, в котором результаты могут быть записаны автоматически [16].

Методы дилатометрии и пикнометрии были приняты Американским обществом по испытанию материалов (American Society for Testing and Materials) [21] в качестве стандарта – ASTM C1608 [23] и используются различными исследователями в качестве надежных методов испытаний для определения химической усадки цементных материалов.

Zhang и др. разработали [22] **усовершенствованный дилатометрический метод** (рис.

6). Отличительной особенностью усовершенствованного метода является постоянное перемешивание пробы, благодаря чему достигается полная гидратация цемента.

По сравнению с ASTM C 1608, усовершенствованный метод дает почти аналогичную химическую усадку в течение первых 12 ч, но гораздо более высокую точность он показал после 24 ч. По истечению 28 дней химическая усадка портландцемента, полученного методом ASTM C 1608, составила 5,80 мл/100г, в то время, как химическая усадка измеренная усовершенствованным методом достигла 7,41 мл/100г. Химическая усадка, измеренная усовершенствованным методом имела хорошую корреляцию с уравнением Паулини (1), показывающей эту величину при полной гидратации цемента по истечению 28 суток.

Американским обществом по испытанию материалов (American Society for Testing and Materials), разрабатывающим и издающим стандарты для материалов, продуктов, систем и услуг, созданы специальные нормативные требования для проведения нормированных исследований по установлению усадочных характеристик цементных материалов [23–26].



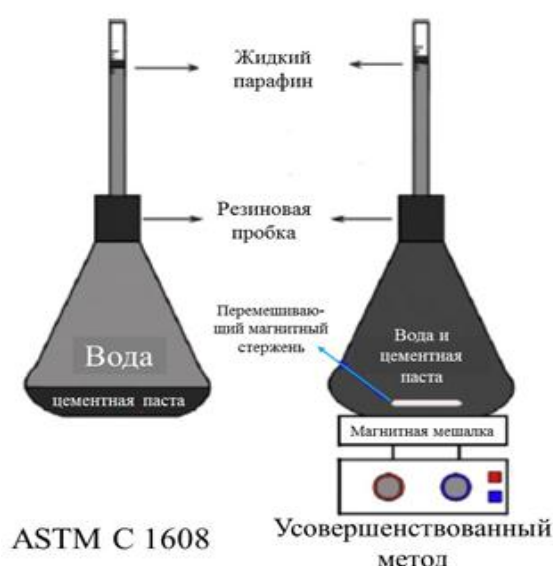


Рис. 6. Усовершенствованный метод дилатометрии [22]

**Выводы.** В результате проведения теоретического обзора выявлены основные факторы, влияющие на величину химической усадки. Установлено, что алюминатная фаза в портландцементе менее желательна по сравнению с алитом или белитом, так как она придаёт цементному камню, а следовательно, и бетону повышенную пористость и деформативность. Цементы должны обладать таким минералогическим составом, который обеспечивал бы наряду с другими требуемыми свойствами, также, и оптимальные показатели химической усадки, что достигается регулированием соотношения между содержанием силикатов и алюминатов кальция в клинкере.

Установлено влияние химической усадки цементного камня в ранние сроки твердения, определен механизм ее образования, выявлены закономерности развития скорости химической усадки. Рассмотрены экспериментальные методы определения и теоретические модели описания. Точное измерение химической усадки имеет важное значение для установления ранних и последующих изменений объема цементного теста, что приведёт к лучшему пониманию факторов, влияющих на химическую усадку и позволит рассчитать риски, срок службы и избежать серьезных дефектов оказывающих влияние на несущую способность конечного материала.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баженов Ю.М. Технология бетона. Учебник. 3-е издание. М.: Изд-во АСВ, 2003. 500 с. ил.
2. Алфимова Н.И., Лесовик В.С., Савин А.В., Шадский Е.Е. Перспективы применения

композиционных вяжущих при производстве железобетонных изделий // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2014. № 5 (88). С. 95–99.

3. Лесовик В.С., Чулкова И.Л. Влияние составов материалов на формирование структуры строительных композитов // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2015. № 4. С. 69–79.

4. L'Hermite R.G. Volume changes of concrete. In: 4th International symposium on the chemistry of cement. Washington. DC. 1960.

5. La Chatelier H. Sur les changements de volume qui accompagnent le durcissement des ciments. In: Bulletin Société de l'encouragement pour l'industrienne. Paris. 1900.

6. Powers T. Absorption of water by Portland cement paste during the hardening process // Ind.eng Chem. 1935. №27(7). P. 790–794.

7. Le Chatelier. Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale. 1900.

8. Sant G., Lura P., Weiss W. Measurement of volume change in cementitious materials at early ages: review of testing protocols and interpretation of results // Transport Res Rec. 2006. P. 1979.

9. Bouasker M., Mounanga P., Turcry P., Loukili A., Khelidj A. Chemical shrinkage of cement pastes and mortars at very early age: Effect of limestone filler and granular inclusions // Cement and Concrete Composites. 2008. №30. P. 13–22.

10. Bentz D.P. A review of early-age properties of cement-based materials // Cement and Concrete Research. 2008. № 38. P. 196–204.

11. Ахвердов И.Н. Основы физики бетона. – М.: Стройиздат, 1981. 464 с. ил.

12. Lura P., Couch J., Jensen O.M., Weiss J. Early-age acoustic emission measurements in hydrating cement paste: Evidence for cavitation during solidification due to self-desiccation // Cement and Concrete Research. 2009. № 39. P. 861–867.

13. Волженский А.В., Буров Ю.С., Колокольников В.С. Минеральные вяжущие вещества: (технология и свойства). Учебник для вузов – 3-е изд., перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1979. 476 с. ил.

14. Некрасов В.В. Кинетика гидратации цементов различных типов // Журнал прикладной химии. 1948. т. XXI. № 3. С. 204–211.

15. Holt E., Leivo M. Cracking risks associated with early age shrinkage // Cement and Concrete Composites. 2004. № 26. P. 521–530.

16. Geiker M., Knudsen T. Chemical shrinkage of Portland cement pastes // Cement and Concrete Research. 1982. № 12(5). P. 603–10.

17. Mounanga P., Khelidj A., Loukili A., Baroghel-Bouny V. Predicting  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  content and chemical shrinkage of hydrating cement pastes us-

ing analytical approach // Cement and Concrete Research. 2004. № 34(2). P. 255–65.

18. Zhang T., Gao P., Luo R., Guo Yi., Wei Ji., Yu Q. Measurement of chemical shrinkage of cement paste: Comparison study of ASTM C 1608 and an improved method // Construction and building materials. 2013. № 48. P. 662–669.

19. Justnes H., Clemmens F., Depuydt P., Van Gemert D., Sellevold E.J. Correlating the deviation point between external and total chemical shrinkage with the setting time and other characteristics of hydrating cement paste. In: Baroghel-Bouny V editors. Proceedings rilem symposium on shrinkage of concrete (Shrinkage 2000). Paris. 2000. P. 57–73.

20. Lura P. Autogenous deformation and internal curing of concrete. PhD thesis, The Netherlands: Delft University of Technology. 2003.

21. Официальный сайт Американской международной добровольной организацией. Режим доступа: <http://www.astm.org>.

22. Zhang T., Gao P., Luo R., Guo Yi., Wei Ji., Yu Q. Measurement of chemical shrinkage of cement paste: Comparison study of ASTM C 1608 and an improved method // Construction and building materials. 2013. № 48. P. 662–669.

23. Standard test method for chemical shrinkage of hydraulic cement paste. Designation: C1608 – 07.

24. Standard test method for density (unit weight), yield, and air content (gravimetric) of concrete. Designation: C138/C138M – 14.

25. Standard test method for drying shrinkage of mortar containing hydraulic cement. Designation: C596–07.

26. Standard Test Method for Length Change of Hardened Hydraulic-Cement Mortar and Concrete. Designation: C 157/C 157M – 08.

---

**Popov D.Ju., Lesovik V.S., Mechtcherine V.S.**

#### **CHEMICAL SHRINKAGE OF CEMENT STONE IN EARLY HARDENING PHASE**

*The article at hand provides an insight into the processes behind the chemical shrinkage of cement-stone. Different factors influencing the mechanism of the chemical shrinkage, its origin and development as well as methods and theoretical approaches for its quantification are discussed. It was established that the chemical shrinkage can be determined based on the volumetric changes of the cement-stone by partial summation of the volumetric changes occurring due to autogenous shrinkage and pore formation. Chemical shrinkage is a consequence of the hydration reactions of cement. The discussed methods for the chemical shrinkage quantification are compared regarding the advantages and disadvantages of each.*

**Key words:** chemical shrinkage, contraction, hydration of cement in early phase

---

**Попов Дмитрий Юрьевич**, 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: [popov.dmitry412@yandex.ru](mailto:popov.dmitry412@yandex.ru)

**Лесовик Валерий Станиславович**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой строительного материаловедения, изделий и конструкций.

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

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

E-mail: [naukavs@mail.ru](mailto:naukavs@mail.ru)

**Мещерин Виктор Сергеевич**, доктор технических наук, профессор, директор института строительных материалов.

Технический университет Дрездена.

Адрес: Германия, 01187, Дрезден, Georg-Schuman-Str.7.

E-mail: [mechtcherine@tu-dresden.de](mailto:mechtcherine@tu-dresden.de)



Денисова Ю.В., канд. техн. наук, доц.,  
Полужкова В.А., канд. техн. наук, доц.,  
Строкова В.В., д-р техн. наук, проф.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ФУНГИЦИДНЫЕ СВОЙСТВА ОКСИФЕНОЛЬНЫХ МОДИФИКАТОРОВ\*

jdenisowa@mail.ru

*Исследования показали наличие фунгицидных свойств пластифицирующих добавок на основе оксифенольных олигомеров. Доказано, что оксифенольные олигомеры являются полифункциональными модификаторами бетона. Проведены испытания по определению грибостойкости и фунгицидности цементных образцов с добавками. Представлена оценка по 6-ти балльной шкале (образец/среда) для оксифенольных олигомеров. Изучены зависимости прочности цементных и бетонных образцов с добавками, заражёнными спорами плесневых грибов, в зависимости от времени.*

**Ключевые слова:** биокоррозия, фунгицидные добавки, суперпластификаторы, грибной мицелий, грибы *Aspergillus niger* и *Penicillium*, грибостойкость, полифункциональные модификаторы.

В настоящее время во многих отраслях промышленности широко используются полимерные, гипсовые, газосиликатные, цементные, бетонные материалы. Ценные физико-механические свойства, которыми они обладают, позволяют использовать их в жестких экологических условиях. Эксплуатация архитектурных и строительных объектов происходит при активном действии температуры, влажности, химических веществ и микроорганизмов окружающей среды. Сочетание благоприятной кислотности и высокой влажности приводит к заселению микроорганизмами поверхности строительных материалов и последующему микроразрушению проникновению их вглубь материала, что приводит к преждевременному разрушению изделий. При этом возможно изменение состава и прочности материала, а продукты деструкции материала и жизнедеятельности микроорганизмов могут быть токсичными [1].

Потребность в надежных биокоррозионно-стойких материалах – постоянный стимул дальнейшего совершенствования технологии производства строительных изделий и материалов. Ущерб, причиняемый биокоррозией, достигает миллиардов долларов в год и продолжает возрастать по мере накопления запасов материалов и изделий. Обладая уникальным ферментативным аппаратом, грибы способны разрушать практически все материалы, на которые попадают их споры, превращая их в простые минеральные соединения. Только наличие в веществе ферментных ядов может приостановить разрушающее действие грибов. На поверхности образцов всегда существуют микроорганизмы в неактивном состоянии. Одним из наиболее распространенных способов защиты материалов от биоповреждений является использование химических соединений, обладающих биоцидным действием.

Для защиты от воздействия плесневых грибов широко используют фунгицидные добавки. Фунгициды наносят на поверхность материала или вводят в его состав на стадии изготовления материала или изделия. Однако использование фунгицидных добавок имеет и существенные ограничения. Многие из применяемых в настоящее время фунгицидов, вводимых в состав материала, ухудшают его физико-механические свойства. Поэтому проблема поиска и разработки новых эффективных фунгицидных добавок, не ухудшающих прочностные показатели строительных материалов, на сегодняшний день остается актуальной задачей.

В ходе исследований была выдвинута гипотеза, что синтезированные в БГТУ им. В.Г. Шухова суперпластификаторы на основе оксифенольных олигомеров, получаемые из отходов производства фенола, резорцина, пирокатехина, обладают фунгицидными свойствами. Предпосылками данного предположения является то, что в структуре всех суперпластификаторов этой серии имеется бензольное кольцо. А фенол сам обладает бактерицидными и дезинфицирующими свойствами. Впервые он был использован в медицине как антисептик Листером в 1867 году. Наличие оксифенольных групп в составе СБ-2А, СБ-3, СБ-4, СБ-5 позволяет предполагать, что они будут иметь фунгицидные свойства.

На основе отходов производств оксифенолов в ходе исследований были синтезированы модификаторы, представляющие собой олигомеры различного состава, строения молекул, с различным количеством функциональных групп. Аббревиатура, используемые мономеры и технологии получения наиболее эффективных по пластифицирующей способности модификаторов представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Модификаторы на основе кубовых остатков химических производств**

| Название модификатора | Используемые мономеры                                                                                                                                   |                      |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
|                       | Отход производства, мас. (%)                                                                                                                            | Конденсирующий агент |
| СБ-2А                 | Фенола (фенол (5–7), димеры $\alpha$ -метилстирола (до 29), кумилфенол (25–30), диметилфенилкарбинол (до 10), ацетофенол (10–17), тяжелые смолы (9–25)) | Формальдегид         |
| СБ-3                  | Резорцина (мономерные фенолы (20–40), димерные фенолы (20–35), тримерные фенолы (10–25), резорцин (2–18))                                               | Формальдегид         |
| СБ-5                  | Резорцина (мономерные фенолы (20–40), димерные фенолы (20–35), тримерные фенолы (10–25), резорцин (2–18))                                               | Фурфурол             |
| СБ-4                  | Пирокатехина (пирокатехин (15–16), резорцин (2–4), тяжелые смолы (75–80), NaCl (10–15), Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (10–12))                        | —                    |

В процессе синтеза происходит поликонденсация молекул резолов, в результате которой оксифенольные ядра связываются между собой метиленовыми группами или простыми эфирными связями. Фенольные гидроксильные группы не участвуют в образовании. Эти выводы основываются на исследованиях отверждения фенольной смолы со стабильным изотопом водорода в гидроксильной группе [2].

Все полученные оксифенольные добавки являются по ГОСТ 24211-2008 пластифицирующими. СБ-2А и СБ-4 отнесен к пластификаторам, а СБ-3 СБ-5 к суперпластификаторам. По пластифицирующей активности они не уступают широко известным отечественным и зарубежным аналогам [3–5].

В тяжелых, мелкозернистых и легких бетонах данные добавки могут регулировать как свойства бетонных смесей, так и свойства затвердевшего бетона. Они предназначены для: улучшения технологических свойств бетонной смеси (повышения удобоукладываемости); регулирования потери подвижности смеси во времени; сокращения продолжительности тепловой обработки бетона; повышения прочности; увеличения морозостойкости, стойкости бетона и железобетона в различных агрессивных средах; повышения защитных свойств бетона по отношению к стальной арматуре; уменьшения расхода цемента; экономии топливно-энергетических ресурсов [6–8, 12–19].

Целью данной работы было выявление фунгицидных свойств оксифенольных олигомеров путем биоцидных исследований. Проведены испытания по определению грибоустойчивости и фунгицидности цементных и бетонных образцов с полученными добавками, а также для сравнения

с известным суперпластификатором С-3 (добавка на основе натриевых солей продуктов конденсации нафталинсульфокислоты и формальдегида) и комплексной пластифицирующей добавкой ЛМГ. Последняя добавка является ускорителем твердения бетона и эффективным пластификатором 2 группы с воздухововлекающим действием и ингибитором коррозии арматуры.

Исследования показали, что стойкость к воздействию плесневых грибов у исследованных образцов с добавками на основе оксифенолов достаточно высока. Являясь типичными гетеротрофами, *Aspergillus niger* и *Penicillium* не использует бетоны с оксифенольными добавками в качестве источника питания для своего развития и жизнедеятельности. Все испытанные цементные образцы с добавками серии СБ обладают грибоустойчивостью и являются фунгицидными, в отличие от аналога – добавки ЛМГ, которая является благоприятной средой для развития плесневых грибов.

Визуальные наблюдения эксперимента по грибоустойчивости показали, что образцы, изготовленные с суперпластификаторами серии СБ, не обрастают грибным мицелием. За счет адсорбции суперпластификаторов на минеральных частицах, затруднен процесс взаимодействия с кислотами, которые являются продуктами жизнедеятельности грибов. Таким образом, экспериментальным путем доказано, что оксифенольные олигомеры снижают рост плесневых грибов.

При этом оценка по 6-ти балльной шкале (образец/среда) для ЛМГ составляет 4 / 4–5 балла, а для оксифенольных олигомеров на примере суперпластификатора СБ-3 на основе резорцинформальдегидных олигомеров – 0 / 0 баллов (табл. 2) [9–11].

Таблица 2

**Определение грибостойкости и фунгицидности цементных образцов с добавками**

| Добавка<br>(вид) | К-во,<br>% | Оценка по 6-ти балльной шкале<br>(образец/среда) в баллах |
|------------------|------------|-----------------------------------------------------------|
| Контроль         | 0          | 2 / 3                                                     |
| ЛМГ              | 0,3        | 4 / 4-5                                                   |
| С-3              | 0,4        | 0 / 2-3, бок. поверх. 1-2 балла                           |
| СБ-3             | 0,3        | 0 / 0                                                     |

Изменение прочности цементных образцов, заражённых спорами плесневых грибов, во вре-

мени с различными добавками представлено на рис. 2.

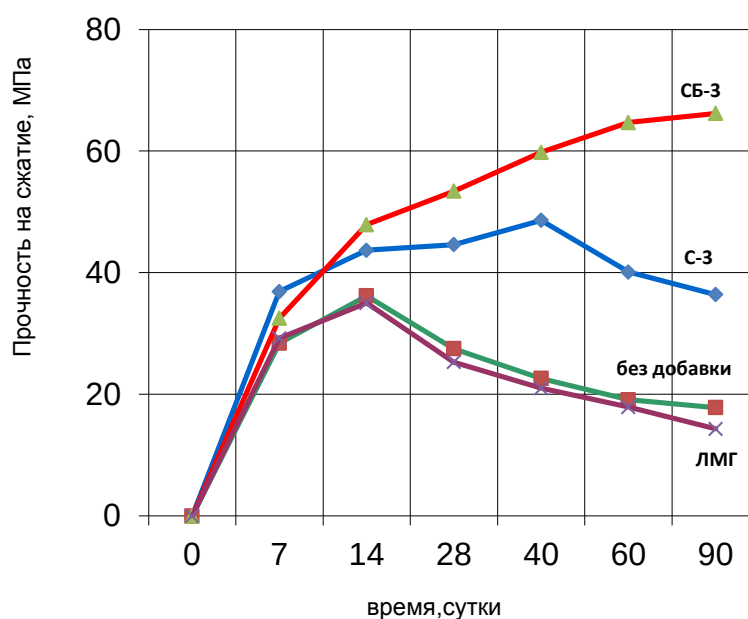


Рис. 2. Изменение прочности цементных образцов во времени с различными добавками (образцы заражали спорами плесневых грибов)

Введение добавки ЛМГ дает некоторое снижение прочности бетона во времени по сравнению с контрольным составом. Образцы с добавкой С-3 показывают большую прочность по сравнению с контрольными образцами, хотя во времени прочность образцов с добавкой С-3 снижается. В тоже время, образцы с добавками

на основе оксифенолов показывают устойчивый рост прочности бетона во времени.

Сравнительный анализ прочности контрольных образцов с оптимальным количеством добавок и аналогичных образцов, но заражённых грибами представлен в табл. 3.

Таблица 3

**Влияние грибов на прочность образцов**

| Добавка<br>(вид) | К-во,<br>% | Прочность образцов без грибов<br>Рсж, МПа | Прочность образцов с грибами<br>Рсж, МПа |
|------------------|------------|-------------------------------------------|------------------------------------------|
| Контроль         | 0          | 59,25                                     | 59,00                                    |
| ЛМГ              | 0,3        | 43,7                                      | 23,1                                     |
| С-3              | 0,4        | 66,50                                     | 63,50                                    |
| СБ-3             | 0,3        | 59,8                                      | 66,9                                     |

На основании многочисленных экспериментальных данных был сделан вывод: синтези-

рованные добавки на основе оксифенольных олигомеров обладают фунгицидными свойства-

ми и могут быть рекомендованы в качестве фунгицидов, а также позволяют получать бетоны с повышенными прочностными показателями.

Важным показателем биостойкости бетонов является изменение pH водной вытяжки из бетонов с течением времени, так как большая часть грибов размножаясь, приводит к уменьшению значения pH. В процессе жизнедеятельности выделяются продукты биокоррозии, также приводящие к снижению значения pH. Зависимость изменения pH водной вытяжки из бетонов, зараженных грибами, от времени показала, что введение суперпластификатора С-3 приводит к незначительному возрастанию pH по сравнению с контрольным образцом. Введение ЛМГ приводит к снижению биоцидных свойств бетона, значительно снижая значение pH. Это обусловлено тем, что основой строения добавки ЛМГ являются лигносульфонаты, которые служат питательной средой для роста плесневых грибов. В то же время введение суперпластификатора СБ-3 резко снижает падение pH во времени, что обусловлено наличием резольных групп в составе данной добавки. Такое изменение pH позволяет сделать вывод о проявлении фунгицидных свойств добавки.

Изменение прочности цементных образцов во времени с различными добавками (образцы заражали спорами плесневых грибов) показало, что введение добавки СБ-3 показывают устойчивый рост прочности бетона во времени, что обусловлено меньшим воздействием биокоррозии на бетоны с СБ-3 и согласуется с представленными данными по грибостойкости.

Таким образом, применение оксифенольных фунгицидных добавок позволяет устранить воздействие плесневых грибов на бетоны, повысить биостойкость бетонов. Полученные модификаторы-биоциды, предназначенные для улучшения технологических свойств и защиты строительных материалов. Они удовлетворяют токсикологическим, санитарно-гигиеническим требованиям и эффективности не уступают известным добавкам в бетоны, а некоторые даже превосходят.

В настоящий момент наряду с основными продуктами нефтехимического синтеза образуется большое количество побочных и промежуточных продуктов, которые до настоящего времени практически не находят применения и часто рассматриваются как отходы. В связи с этим необходимо одновременно искать пути снижения выхода отходов и методы их переработки в ценные промышленные продукты, что позволит улучшить экологическую обстановку. Поэтому разработка новых технологий и технологических процессов переработки вторичного сырья является важней-

шей проблемой промышленной экологии. Сложности поисков путей использования промышленных отходов и побочных продуктов органического и нефтехимического синтеза заключаются в том, что все они, как правило, состоят из смеси углеводородов, различающихся по своему составу, строению и реакционной способности. Разделение же такой смеси на индивидуальные соединения зачастую очень сложная производственно-техническая задача, требующая больших технико-экономических затрат. Поэтому синтез добавок на основе отходов производства оксифенолов без разделения их на отдельные компоненты является перспективным использованием отходов вредных химических производств. С другой стороны доказано, что оксифенольные добавки обладают рядом положительных свойств: обладают пластифицирующим действием, водоредуцирующими, антикоррозионными, фунгицидными свойствами, улучшают прочностные показатели и т.п. Таким образом, оксифенольные олигомеры обладают полифункциональным действием, и их можно отнести к полифункциональным модификаторам бетона.

Таким образом, модификаторы на основе оксифенольных олигомеров являются добавками, сочетающими эффективные пластифицирующие и фунгицидные свойства, которые можно использовать при изготовлении всех конструктивных элементов зданий и сооружений в условиях биологически активных сред [1, 20].

Как показали лабораторные исследования, введение полифункциональных модификаторов в состав бетона в количестве 0,1-0,25% от массы цемента, полностью подавляет рост плесневых грибов, выделенных с поверхности аналогичных и незащищенных образцов бетонов. Прочностные характеристики цементного камня с исследуемыми добавками при заражении спорами плесневых грибов не снижается, а наоборот несколько увеличиваются за счет увеличения подвижности цементного теста, снижения В/Ц отношения, уменьшения микротрещин в теле бетона и уплотнения его структуры.

*\*Работа выполнена в рамках научного проекта № 14-41-08015 р\_офи\_м при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Белгородской области.*

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Денисова, Ю.В. К вопросу использования фунгицидных добавок в борьбе с биокоррозией композиционных соединений // Вестник науки и образования Северо-Запада России: электронный журнал, 2015. Т. 1, № 1. URL: <http://vestnik-nauki.ru/wp-content/uploads/2015/10/2015-№1-Денисова.pdf>.

2. Шварц А.Г., Динзбург Б.Н. Совмещение каучуков с пластиками и синтетическими смолами // Изд-во «Химия», М., 1972. 224 с.
3. Poluektova V.A., Shapovalov N.A. and Gorodov A.I. Modifiers On The Base Of Oxyphenol Chemical Production Waste For The Industrial Mineral Suspensions // International journal of applied engineering research. 2015. T.10. №21. С. 42654–42657.
4. Poluektova V.A., Shapovalov N.A., Kosukhin M.M., Slusar A.A. Plasticizing Additives For Water Mineral Dispersions On The Basis Of Oxyphenol Oligomers // Advances in Natural and Applied Sciences. 2014. T. 8. № 5. С. 373–379.
5. Шаповалов Н.А., Полуэктова В.А., Машиновкер В.М., Крайний А.А., Городов А.И. Регулирование агрегативной устойчивости и реологических свойств дисперсий  $\text{CaCO}_3$  добавкой на основе отходов производства пирокатехина // Фундаментальные исследования. 2015. № 2–5. С. 948–952.
6. Шаповалов Н.А., Полуэктова В.А. Наномодификатор для цементных смесей и бетона // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 5. С. 72–76.
7. Полуэктова В.А., Шаповалов Н.А., Слюсарь А.А. Суперпластификатор на основе флороглюцинофурфурольных олигомеров для водных минеральных суспензий. Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. 108 с.
8. Слюсарь А.А., Шаповалов Н.А., Полуэктова В.А. Регулирование реологических свойств цементных смесей и бетонов добавками на основе оксифенолфурфурольных олигомеров // Строительные материалы. 2008. №7. С.42–43.
9. Шаповалов Н.А., Слюсарь А.А., Ломаченко В.А., Косухин М.М., Шеметова С.Н. Суперпластификаторы для бетонов // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2001. № 1. С. 29.
10. Шаповалов И.В., Огрель Л.Ю., Косухин М.М., Павленко В.И., Попова Ю.В., Шаповалов Н.А., Слюсарь А.А. Фунгицидный модификатор минеральных строительных композиций. Патент 2235695 РФ // Оpubл. 07.10.02 С. 6.
11. Косухин М.М., Шаповалов Н.А., Денисова Ю.В. Вибропрессованные бетоны с различными типами пластифицирующих добавок. // Известия вузов. Строительство. 2007. №6. С. 26–29.
12. Шаповалов И.В., Огрель Л.Ю., Косухин М.М., Павленко В.И., Попова Ю.В., Шаповалов Н.А., Слюсарь А.А. Фунгицидный модификатор минеральных строительных композиций // Экологические системы и приборы. 2006. № 4. С. 50–51.
13. Сулейманова Л.А. Энергия связи - основа конструктивных и эксплуатационных характеристик бетонов // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2007. № 9. С. 91–99.
14. Хархардин А.Н., Сулейманова Л.А., Строкова В.В. Топологические свойства полидисперсных смесей и составляющих их фракций по результатам ситового и лазерного анализов гранулометрии // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2012. № 11–12 (647). С. 114–124.
15. Полуэктова В.А., Шаповалов Н.А., Балятинская Л.Н. Синтез и строение суперпластификаторов на основе оксифенольных олигомеров // Фундаментальные исследования. 2013. № 11–6. С. 1136–1141.
16. Полуэктова В.А., Шаповалов Н.А., Балятинская Л.Н. Адсорбция оксифенолфурфурольных олигомеров на дисперсных материалах // Фундаментальные исследования. 2012. №11–6. С. 1470–1474.
17. Денисова Ю.В., Косухин М.М., Попова А.В., Шаповалов Н.А., Лещев С.И., Каморова Н.Д. Вибропрессованные бетоны с суперпластификатором на основе резорцинформальдегидных олигомеров // Строительные Материалы. 2006. №10. С. 32–33.
18. Лесовик Р.В., Шаповалов Н.А., Денисова Ю.В. Вибропрессованные бетоны с суперпластификатором на основе резорцинформальдегидных олигомеров. Белгород: Изд-во БГТУ, 2006. 136 с.
19. Свид. 2016611705 Российская Федерация. Свидетельство об государственной регистрации программы для ЭВМ. Программа определения прочностных характеристик однородности бетона по прочности / Ю.В. Денисова; заявитель и правообладатель ФГБОУ ВПО БГТУ им. В.Г. Шухова (RU). – №2015662768; заявл. 23.12.15; опубл. 09.02.16, Реестр программ для ЭВМ. 1 с.
20. Шаповалов Н.А., Полуэктова В.А. Поверхностно-активные модификаторы для водных минеральных суспензий, применяемых в строительной индустрии // В сборнике: Региональная научно-техническая конференция по итогам конкурса ориентированных фундаментальных исследований по междисциплинарным темам, проводимого Российским фондом фундаментальных исследований и Правительством Белгородской области Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2015. С. 469–476.

---

**Denisova Y.V., Poluektova V.A., Strokov V.V.****FUNGICIDAL PROPERTIES OXYPROLINE MODIFIERS**

*Studies have shown the presence of the fungicidal properties of plasticizers on the basis of oxyproline oligomers. It is proved that oxyproline oligomers are polyfunctional modifiers of concrete. The tests for determining the resistance to fungi and fungicides cement samples with additives. Presents an assessment on a 6-point scale (sample/environment) for oxyphenonium oligomers we have Investigated the dependence of the strength of cement and concrete samples with additives, infected with mould fungi spores, depending on time.*

**Key words:** corrosion, fungicidal admixtures, superplasticizers, mushroom mycelium, the fungi *Aspergillus niger* and *Penicillium*, fungal resistance, polyfunctional modifiers.

---

**Денисова Юлия Владимировна**, 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: jdenisowa@mail.ru

**Полуэктова Валентина Анатольевна**, кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической и прикладной химии.

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

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

E-mail: valpo@freemail.ru

**Строкова Валерия Валерьевна**, доктор технических наук, проф., директор Инновационного научно-образовательного и опытно-промышленного центра Наноструктурированных композиционных материалов

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

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

E-mail: s-nsm@mail.ru

Гузеева О.Н., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕРЕХОДНЫХ ФОРМ УГЛЕРОДА ПРИ ПОЛУЧЕНИИ СУХИХ НАПОЛЬНЫХ ТОКОПРОВОДЯЩИХ СМЕСЕЙ

ox.guzeeva@yandex.ru

Исследованы процессы электрической перколяции углеродсодержащих дисперсий в резистивных материалах на основе токопроводящих сухих строительных смесей и изучены способы рационального подбора их составов. Установлен концентрационный порог электрической перколяции для модельных систем гидратационного типа твердения «цементный камень – кварцевый наполнитель – углеродсодержащий компонент», составляющий при использовании графита, шунгита, антрацита 0,15; 0,23; 0,30 соответственно. Доказано, что применение поверхностно-активных веществ в составе токопроводящих смесей способствует увеличению удельной электрической проводимости, однако порог электрической перколяции не изменяется. Рассмотрена возможность применения метода полусухого прессования при формировании резистивных композитов из строительных смесей. Установлен характер влияния содержания жидкостной фазы на электротехнические свойства материалов. Предложена технология применения токопроводящих смесей для низкотемпературных электрических систем напольного обогрева, отличающихся высоким уровнем электро- и пожарной безопасности.

**Ключевые слова:** электрическая перколяция, сухие смеси, углерод, поверхностно-активные вещества, напольное отопление.

**Введение.** Перспективной областью коммерческого использования резистивных композитов на основе переходных форм углерода являются низкотемпературные технологии систем напольного отопления, применение которых позволяет достичь экономию тепловой энергии в жилых зданиях на 20–30 %, а в помещениях с высокими потолками на 50 % и выше [1, 2]. Электротеплоснабжение по сравнению с традиционными энергоносителями обладает следующими преимуществами [3–7]: высокий КПД; конструктивная компактность нагревательной системы; высокий уровень индустриализации строительно-монтажных работ; возможность адаптивного регулирования теплоотдачи и графика электрических нагрузок установок индивидуального отопления в соответствии с фактической потребностью; пожаробезопасность, экологичность, эстетичность, бесшумность и гигиеничность условий отопления.

Наличие геометрических размеров и конечной формы выпускаемых электропроводящих композитов ограничивает спектр применения изделий и систем на их основе, усложняет технологию производства. Решением данной проблемы является разработка сухих токопроводящих смесей, внедрение которых позволит снизить капитальные затраты на проектирование, изготовление, монтаж и эксплуатацию традиционных систем теплоснабжения.

Целью работы является получение сухих токопроводящих смесей и исследование влияния химической основы вводимых поверхност-

но-активных веществ на электрическую перколяцию резистивных композитов.

**Методы исследований.** При выполнении поставленных в работе задач использовались теоретические и экспериментальные методы. Методологической основой исследования послужили фундаментальные положения строительного материаловедения в области резистивных композиционных материалов с учетом современных тенденций электрофизики и механохимии. При проведении экспериментальной части работы использовали как стандартные методики, изложенные в нормативных документах, так и новейшие модели и высокоточное оборудование. Расчетно-экспериментальные исследования проводились на лабораторных образцах резистивных материалов на основе разработанных составов. Измерение электрической проводимости углеродсодержащих дисперсий проводили с помощью моста переменного тока при частоте 1000 Гц. Для исследования эксплуатационных характеристик токопроводящих смесей использовались методы рентгенофазового анализа, лазерной дифракции, электронной микроскопии и реометрии.

**Основная часть.** Цементно-песчаные смеси модифицировали углеродсодержащими компонентами, применение которых позволяет изменить характер электрической проводимости с ионного на электронный. В качестве токопроводящей фазы в работе использовали переходные формы углерода, характеристика которых представлена в табл. 1.



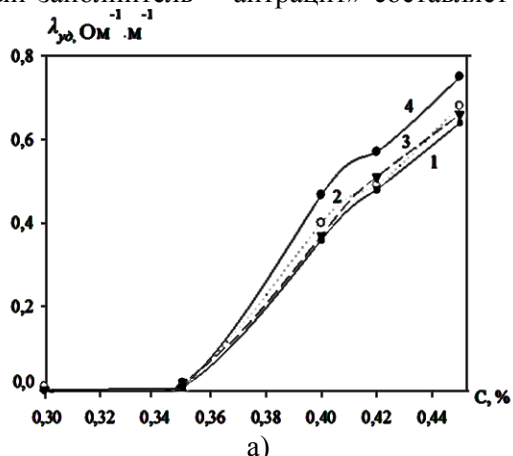
Таблица 1

## Характеристика углеродсодержащих материалов

| Наименование сырья | Характеристики материалов       |               |                                                                                   |
|--------------------|---------------------------------|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
|                    | Содержание углерода, не менее % | Месторождение | Соответствие сырья нормативным требованиям                                        |
| Графит             | 90                              | Завальевское  | ГОСТ 17022–81 «Графит. Типы, марки и общие технические требования»                |
| Шунгит             | 90                              | Забогинское   | ТУ 2169-001-57753937-2002 «Порошок шунгитовый. Технические условия»               |
| Антрацит           | 95                              | Ровеньковское | ГОСТ Р 51591–2000 «Угли бурые, каменные и антрацит. Общие технические требования» |

Токопроводящую смесь затворяли водой при оптимальном водоцементном отношении, для обеспечения нормальной густоты цементного теста, формовали опытные образцы-кубы с размером  $2 \times 2$  см. После выдержки образцов в течение месяца определяли их основные электрические характеристики. Установили, что концентрационный порог электрической перколяции для модельных систем гидратационного типа твердения «цементный камень – кварцевый заполнитель – графит» составляет 0,15 мас., при достижении которого в структуре композита происходит протекание электрического тока. При увеличении массовой доли графита в композиционном материале от 0,1 до 0,40 удельная электропроводность  $\lambda_{y0}$  увеличивается с 0,04 до  $14,7 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$  (рис. 1). Низкая удельная электрическая проводимость композитов при недостаточных массовых концентрациях дисперсий графита (менее 0,15 мас.) объясняется возникновением диэлектрических оболочек на углеродных частицах [8–10], которые служат барьером для переноса носителей заряда, т.е. электрической перколяции не наблюдается.

Концентрационный порог электрической перколяции для модельных систем гидратационного типа твердения «цементный камень – кварцевый заполнитель – антрацит» составляет



0,30 мас., «цементный камень – кварцевый заполнитель – шунгит» – 0,23 мас. (рис. 2).

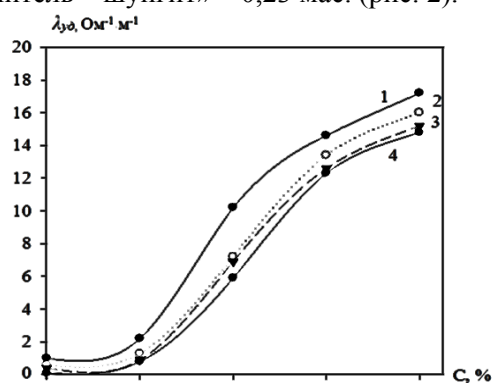


Рис. 1. Концентрационная зависимость удельной электрической проводимости графита в системе гидратационного типа твердения «цементный камень – кварцевый заполнитель – графит» с добавкой 0,05 % (мас.) пластификаторов: 1 – Melflux 2651 F; 2 – Реламикс М2; 3 – ПФМ-НКЛ; 4 – без добавок

Таким образом, рациональным углеродсодержащим компонентом является графит, использование которого в сухих строительных смесях позволяет снизить массовое содержание токопроводящей фазы по сравнению с антрацитом и шунгитом.

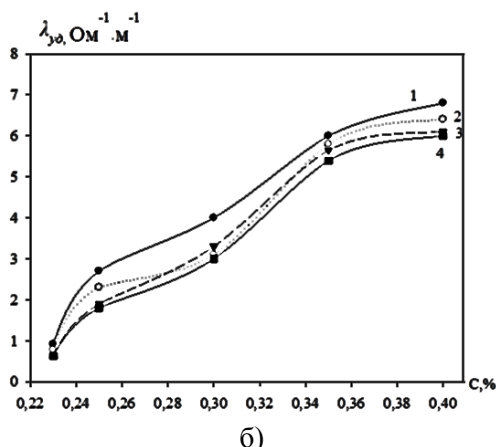


Рис. 2. Концентрационная зависимость удельной электрической проводимости дисперсий углеродсодержащих веществ в композитах гидратационного типа твердения для: а) антрацита; б) шунгита; с добавкой 0,05 мас. пластификаторов: 1 – Melflux 2651 F; 2 – Реламикс М2; 3 – ПФМ-НКЛ; 4 – без добавок

При введении в состав смесей поверхностно-активных веществ происходит повышение удельной электрической проводимости дисперсий углеродсодержащих компонентов при неизменном пороге электрической перколяции. Полученные результаты (рис. 1; 2) позволяют сделать вывод, что рациональной пластифицирующей добавкой является Melflux 2651 F.

С целью установления влияния содержания дисперсионной фазы на электрические характеристики цементно-песчаных резистивных композитов произвели формование образцов-цилиндров методом полусухого прессования при давлении 5 МПа. Установили, что снижение содержания жидкостной фазы до 5 % позволяет снизить концентрационный порог графита по сравнению с композитами гидратационного типа твердения до 0,06 мас.

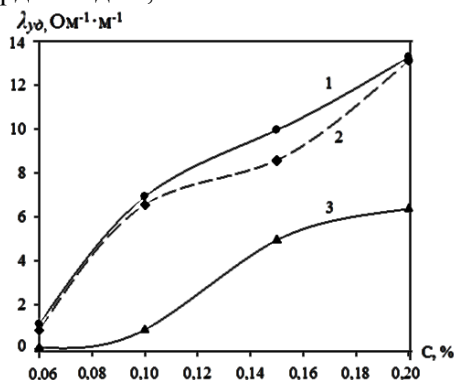


Рис. 4. Зависимость удельной электрической проводимости дисперсий графита в модельных системах полусухого прессования: 1 – «цементный камень – графит»; 2 – «графит – кварцевый наполнитель»; 3 – «цементный камень – кварцевый наполнитель – графит»

Использование токопроводящих смесей эффективно при устройстве системы напольного отопления (рис. 5). Отличительной особенностью предложенной конструкции является отсутствие нагревательных кабелей, обогрев осуществляется за счет прохождения электрического тока по контактирующим углеродным частицам, равномерно распределенным в цементно-песчаном композите. Кроме того, нагрев происходит при низкой удельной мощности, что позволяет снизить энергозатраты при эксплуатации системы. Одной из проблем электрических теплых полов является возникновение тепловых полос на поверхности пола за счет контраста температур, образующихся при неточной укладке резистивных кабелей в нагревательной системе [1,6]. Использование дисперсных углеродсодержащих компонентов позволяет решить данную проблему и обеспечить равномерный обогрев всей поверхности пола. Кроме того, использование модифицированных сухих смесей

упрощает технологию монтажа [11-14] нагревательной системы.

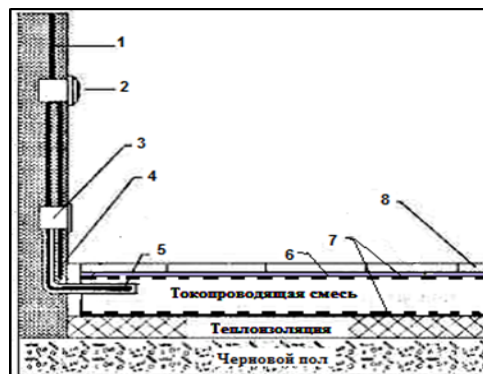


Рис. 5. Схема конструкции системы «теплый пол»:

- 1 – подключение электропитания ~220 В;
- 2 – терморегулятор; 3 – распределительная коробка;
- 4 – соединительный кабель;
- 5 – датчик терморегулятора;
- 6 – изоляция; 7 – металлическая решетка;
- 8 – напольное покрытие

### Выводы

1. Актуальным направлением строительной индустрии является разработка технологии электропроводящих материалов с заданными функциональными свойствами для создания и внедрения систем электрического обогрева и обеспечения безопасных и комфортных условий жизнедеятельности человека.

2. Доказана эффективность применения переходных форм углерода при получении сухих напольных токопроводящих смесей, которая обусловлена достижением необходимых электротехнических характеристик резистивных композитов на основе предложенных составов.

3. Установлено, что снижение водотвердого отношения сухой токопроводящей смеси позволяет уменьшить порог электрической перколяции углеродных частиц с 0,15 до 0,06 мас. относительно систем гидратационного типа твердения.

4. Произведено ранжирование переходных форм углерода по степени эффективности их использования в качестве токопроводящей фазы в сухих смесях по электротехническим критериям. Установлена следующая последовательность снижения порога электрической перколяции углеродных частиц проанализированных видов: антрацит → шунгит → графит.

5. Предложена технология укладки токопроводящих смесей в автономных системах напольного отопления, отличающаяся высоким уровнем электро- и пожарной безопасности.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Горелов С.В., Манчук Р.В. Резистивные

композиты в энергетике. Часть 1. Основы технологии и электропроводности. Новосибирск: Новосиб. гос. акад. вод. трансп., 2000. 231 с.

2. Фанина Е.А., Лопанов А.Н. Электропроводящие конструкционные материалы строительного назначения // Вестник МГСУ. 2009. № 4. С. 258–261.

3. Евстигнеев В.В., Пугачев Г.А., Халина Т.М., Халин М.В. Расчет и проектирование низкотемпературных композиционных электрообогревателей. Наука, Новосибирск. 2001. 203 с.

4. Алаев И.Ю., Зуев В.А. Отопление. Технологии монтажа и эксплуатации: справочник. Х.: Пософик. 2008. 1164 с.

5. Лопанов А.Н., Фанина Е.А., Прушковский И.В. Агрегация дисперсий графита в гетерогенных системах на основе карбонатов щелочноземельных металлов // Известия вузов. Химия и химическая технология. 2014. Т. 57. № 1. С. 56–61.

6. Захаревич А.Э. Особенности формирования микроклимата отапливаемых помещений // Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. Энергетика. 2009. № 5. С. 73–85

7. Кокорев С.И. Управление энергоресурсосбережением в жилищно-коммунальном хозяйстве // Строительство и бизнес. 2002. № 2. С. 7.

8. Чесноков Н.В., Кузнецов Б.Н., Микова Н.М. Углеродные и композиционные материалы

из природных графитов // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Химия. 2013. № 6. С. 11–22.

9. Левашова А.И., Кравцов А.В. Химия природных энергоносителей и углеродных материалов. Томск: ТПУ, 2008. 119 с.

10. Коваленко Н.А., Сыроватская И.К. Исследование влияния технологических параметров на электропроводность углеродосодержащих композиций // Пластические массы. 1999. № 8. С.11.

11. Казарновский З.И. Сухие смеси – важный фактор повышения эффективности и культуры строительства / З.И. Казарновский // Строительные материалы. 2000. № 5. С. 34–36.

12. Дергунов С.А., Рубцова В.Н. Модификация сухих строительных смесей // 6-я Международная научно-техническая конференция «Современные технологии сухих смесей в строительстве Mix BUILD». Сборник докладов. Санкт-Петербург: Академический научно-технический центр «АЛИТ», 2004. С. 30–35.

13. Баженов, Ю.М., Коровяков В.Ф., Денисов Г.А. Технология сухих строительных смесей. М.: Издательство АСВ. 2011. 112 с.

14. Безбородов В.А., Туляганов А.К., Пичугин А.П. Влияние наполнителей и добавок на свойства сухих цементных строительных смесей // Строительные материалы. 2011. № 6. С.70–71.

---

**Guzeeva O.N.**

#### **THE EFFICACY OF TRANSITIONAL FORMS OF CARBON WHILE OBTAINING DIELECTRIC DRY CONSTRUCTION MIXTURES**

*The processes of electrical percolation of carbon dispersion in the resistive materials based on dielectric dry construction mixtures and studied the ways of the rational selection of their compositions. Set a concentration threshold of electric percolation for a model system of hydration type of hardening of «the cement stone is a quartz aggregate – carbon component», component when using graphite, shungite, anthracite 0,15; 0,23; 0,30 wt. respectively. It is proved that the use of surface-active substances in the conductive composition of mixtures helps to increase electrical conductivity, however, the threshold of electric percolation is not changed. The possibility of applying the method of dry pressing in the forming of the resistive composites of mortar. The character of the dependence of the content of the liquid phase on the electrical properties of materials. The technology of the application of dielectric compounds for low temperature electric floor heating solutions, with high level of electrical and fire safety.*

**Key words:** electrical percolation, dry mixes, carbon, surfactants, underfloor heating.

---

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

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

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

E-mail: ox.guzeeva@yandex.ru

Матюхин П.В., канд. техн. наук, доц.,  
Ястребинский Р.Н., канд. физ.-мат. наук, доц.,  
Широков А.В., магистрант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ОСНОВНЫЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГЕМАТИТА, ПОДВЕРГНУТОГО ВОЗДЕЙСТВИЮ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЙ ПРЕССОВАНИЯ

mpvbgtu@mail.ru

В данной статье приведены основные физико-механические характеристики гематита, подвергнутого воздействию высоких давлений прессования; приведены методики с помощью которых проводились научные исследования. Представлены данные влияния времени помола гематита на изменение среднего показателя диаметра частиц и их средней удельной поверхности. Приведены результаты изучения воздействия высоких давлений прессования на плотность и на основные прочностные характеристики исследуемого материала. Данный материал может являться наполнителем при разработке новых видов радиационно-защитных материалов строительного назначения.

**Ключевые слова:** гематит, физико-механические свойства, частица, дисперсность, прочность на сжатие, плотность, давление, воздействие.

**Введение.** Интенсивное развитие атомной энергетики и промышленности, широкое внедрение ядерно-энергетических объектов во многие отрасли жизнедеятельности человека выдвигает на первый план проблему выполнения требований обеспечения норм радиационной безопасности. Это может быть достигнуто в том случае, если подвергающиеся воздействию ионизирующих излучений строительные конструкции объектов будут изготовлены с применением материалов, обладающих высокими физико-механическими характеристиками, технологичностью, экологичностью и в тоже время высокими показателями радиационно-защитных свойств. Одним из перспективных направлений является использование экологически чистого и широко распространённого в природе наполнителя для радиационно-защитных материалов строительного назначения, такого как модифицированный гематитовый железорудный концентрат [1–19].

**Методология.** Помол материала осуществлялся в шаровой мельнице. Фракционный состав частиц гематитового железорудного концентрата исследован методом лазерного рассеивания на лазерном анализаторе размеров частиц "ANALYSETTE 22 NanoTecplus", а также методом ситового анализа с помощью стандартного набора сит. Образцы подвергнутые физико-механическим испытаниям, изучения основных физико-механических характеристик материала выполнены в соответствии с установленными нормативными документами (ГОСТы, СНиПы, ТУ).

**Основная часть.** Для исследований был выбран высокодисперсный обогащенный железорудный концентрат с плотностью 4770 кг/м<sup>3</sup> Яковлевского месторождения КМА со следующим химическим и минеральным составом представленных в таблице 1 и таблице 2.

Таблица 1

Химический состав гематитового железорудного концентрата  
Яковлевского месторождения КМА (мас.%)

| FeO   | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO  | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | SiO <sub>2</sub> | K <sub>2</sub> O | Na <sub>2</sub> O | MgO  |
|-------|--------------------------------|------|--------------------------------|------------------|------------------|-------------------|------|
| 28,31 | 66,82                          | 0,18 | 0,17                           | 4,39             | 0,09             | 0,09              | 0,29 |

Таблица 2

Минеральный состав гематитового железорудного концентрата  
Яковлевского месторождения КМА (мас.%)

| Магнетит | Гематит | Кварц | Силикаты | Карбонаты |
|----------|---------|-------|----------|-----------|
| 3,3      | 93,5    | 2,5   | 0,5      | 0,2       |

Минеральный состав высокодисперсного гематитового железорудного концентрата в ре-

зультате химической обработки и очистки на 99,7-99,9% представлен гематитом (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

Гематитовый железорудный концентрат после проведения мероприятий по очистке и химической обработки, проходил процесс модифицирования, и в работе использовался модифицированный наполнитель с пленкой на его поверхности из оксида алюминия.

Перед процессом формования образцов материала и дальнейшего исследования их основных физико-механических характеристик пред-

ставлялся интерес в определении зависимости влияния времени помола исходного материала на дисперсность его частиц.

На рисунках 1–3 приведены результаты исследований, дисперсности частиц гематита в зависимости от времени помола.

На рисунке 1 представлены результаты исследования фракционного состава помола гематита в течении 30 минут.

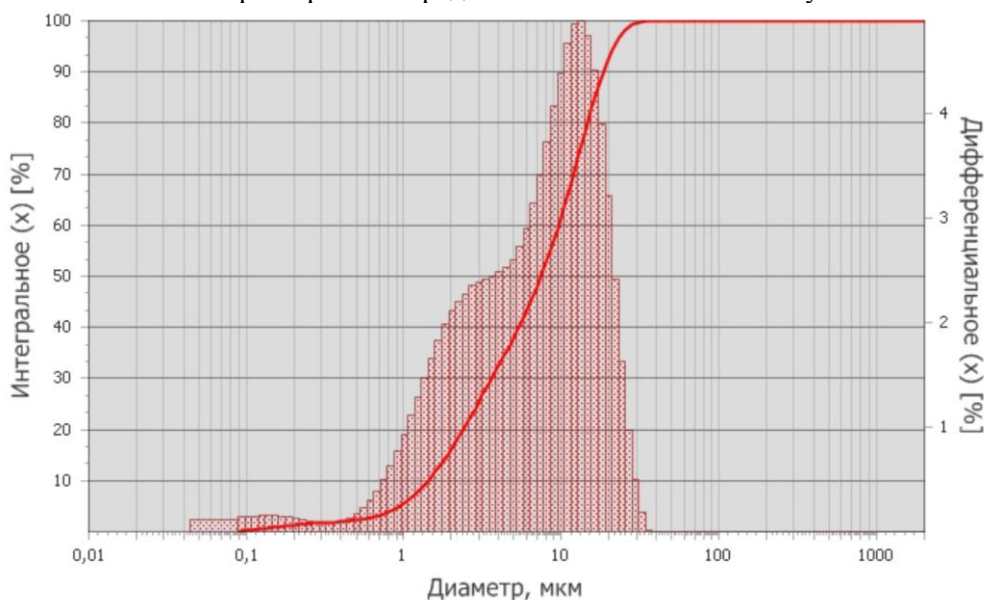


Рис. 1. Фракционный состав гематита с помолем в течение 30 минут

Из рисунка 1 видно, что модальный диаметр частиц исходного материала составляет 12,94 мкм, а средняя удельная поверхность частиц составляет 23064 см<sup>2</sup>/см<sup>3</sup>. Распределение фракций дисперсности частиц гематита состав-

ляет: 0,1–1 мкм – 12 %; 1–5 мкм – 27 %; 5–10 мкм – 25 %; 10–50 мкм – 36 %;

На рисунке 2 представлены результаты исследования фракционного состава гематита с помолем в течении 60 минут.

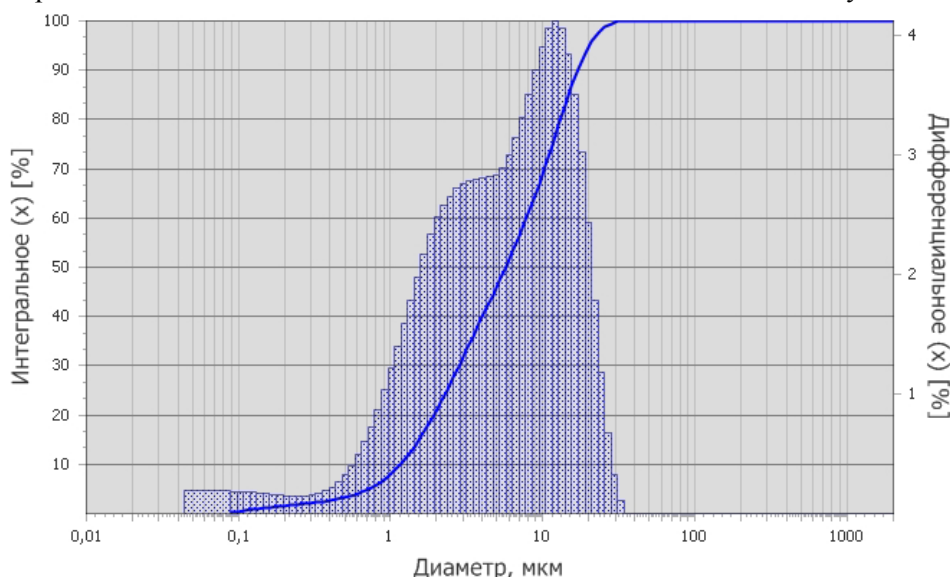


Рис. 2. Фракционный состав гематита с помолем в течение 60 минут

Из рисунка 2 следует, что модальный диаметр частиц исходного материала составляет 12,12 мкм, а средняя удельная поверхность частиц составляет 28373 см<sup>2</sup>/см<sup>3</sup>.

На рисунке 3 представлены результаты исследования фракционного состава гематита с помолем в течении 90 минут.

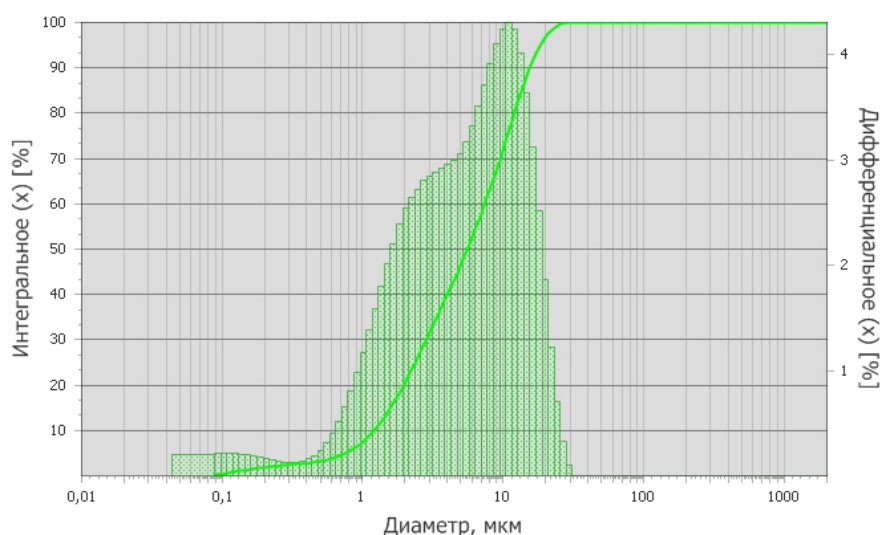


Рис. 3. Фракционный состав гематита с помолом в течение 90 минут

Из рисунка 3 следует, что модальный диаметр частиц исходного материала составляет 11,00 мкм, а средняя удельная поверхность частиц составляет  $28925 \text{ см}^2/\text{см}^3$ .

Проанализировав полученные результаты исследований, можно сделать вывод о том, что с увеличением времени помола гематита с 30 минут до 60 минут происходит уменьшение среднего показателя диаметра на 17 % и одновременно увеличение средней удельной поверхности частиц гематита на 25 %. Но с дальнейшим увеличением времени помола до 90 минут средние показатели диаметра частиц и удельной поверхности изменяются незначительно (в пределах погрешности измерения прибора). В связи с этим можно сделать вывод о целесообразности проведения помола гематита не более 60 минут.

Дальнейшим этапом исследований было изучение зависимости различных давлений

прессования на плотность образцов гематита и их прочностные характеристики на сжатие. Формования образцов гематитового железорудного концентрата осуществлялись со следующими значениями давления прессования:  $50000 \text{ кгс}/\text{см}^2$ ,  $100000 \text{ кгс}/\text{см}^2$ ,  $150000 \text{ кгс}/\text{см}^2$ ,  $200000 \text{ кгс}/\text{см}^2$ . Гематитовый железорудный концентрат после технологической стадии его помола подвергался процессу модифицирования с целью нанесения на его поверхность микрослоя алюминиевой оболочки. Модифицированный гематит является одним из наполнителей при разработке новых видов радиационно-защитных материалов на основе алюминиевой матрицы [1–7, 10, 12, 13, 18].

На рисунке 3 представлены данные результатов зависимости плотности образцов гематита от давления их прессования.

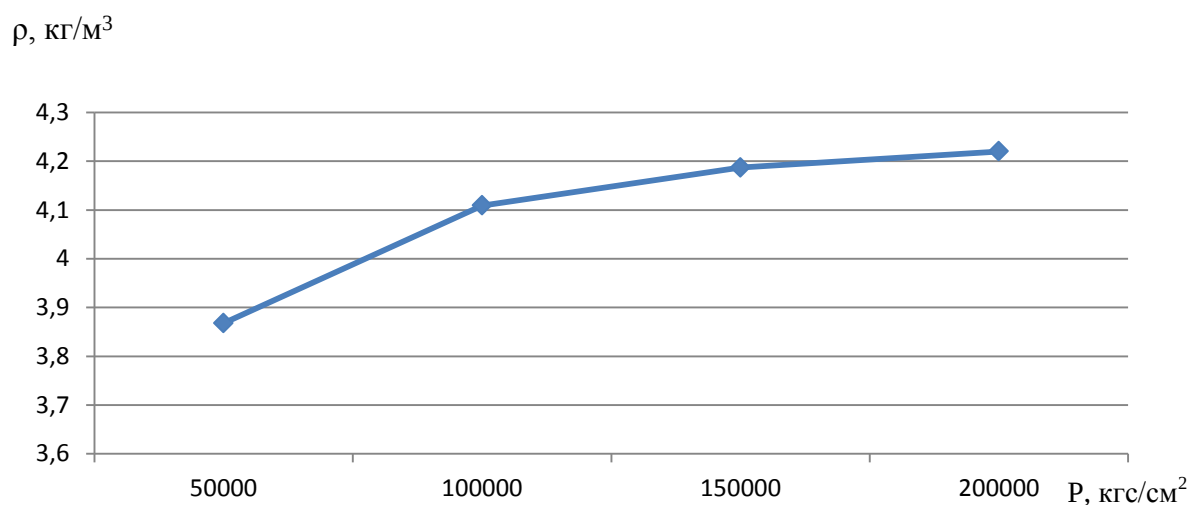


Рис. 3. Результаты зависимости плотности образцов гематита от давления их прессования



В результате воздействия давления прессования на гематит с усилием в 50000 кгс/см<sup>2</sup> плотность исходного материала составляет 3868 кг/см<sup>3</sup>, в 100000 кгс/см<sup>2</sup> плотность составляет 4109 кг/см<sup>3</sup>, в 150000 кгс/см<sup>2</sup> плотность составляет 4187 кг/см<sup>3</sup>, в 200000 кгс/см<sup>2</sup> плотность составляет 4220 кг/см<sup>3</sup>.

Из приведённых данных представленных на рисунке 3 видно, что при увеличении давления прессования с 50000–200000 кгс/см<sup>2</sup> плотность образцов железорудного концентрата возросла  $\sigma$  кгс/см<sup>2</sup>

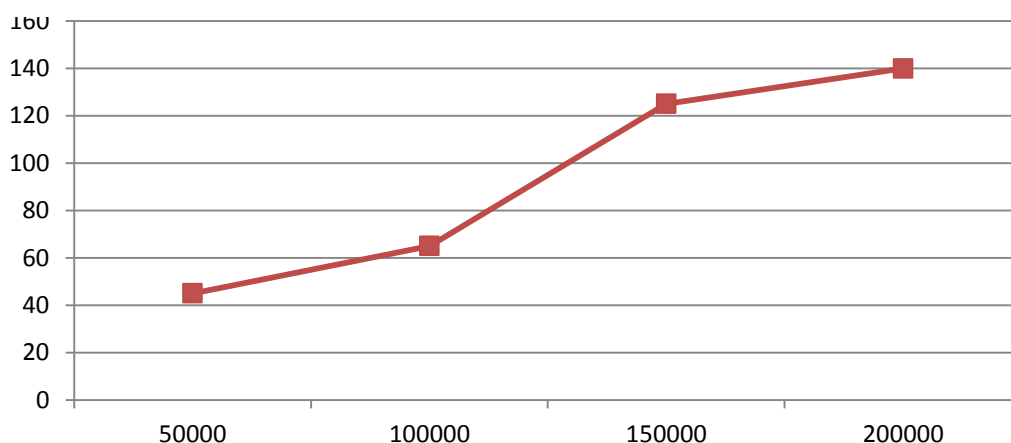


Рис. 4. Зависимость прочности образцов гематита на сжатие от давления его прессования

Анализируя полученные данные, приведённые на рисунке 4 можно сделать вывод, что при увеличении давления прессования на образцы гематита наблюдается тенденция роста их прочностных характеристик. Например, можно наблюдать значительное увеличение прочности на сжатие в 3,1 раза образца полученного, при давлении 200000 кгс/см<sup>2</sup> по сравнению с образцом полученным при давлении 50000 кгс/см<sup>2</sup>; при рассмотрении значений прочностей на сжатие образцов полученных при давлениях прессования 150000 кгс/см<sup>2</sup> и 200000 кгс/см<sup>2</sup> наблюдается незначительное увеличение значений прочности на сжатие в 1,12 раз, что говорит о повышении плотности упаковки структуры образцов гематитового железорудного концентрата, то есть происходит более плотное компактирование частиц гематита внутри образца.

**Выводы.** Проведенные исследования влияния времени помола на изменения фракционного состава частиц гематита говорит о целесообразности его проведения в течение не более 60 минут. При повышении давления прессования на образцы гематита до 200000 кгс/см<sup>2</sup> наблюдается тенденция роста его плотности прочности на сжатие, что говорит о более компактной упаковке структуры образцов гематита.

на 9 %; то есть наблюдается тенденция роста плотности гематитового железорудного концентрата при повышении давления прессования на него.

В дальнейшем была изучена зависимость прочности на сжатие образцов гематита от давления их прессования. На рисунке 4 представлены данные исследований зависимости прочности на сжатие образцов гематита от давления их прессования.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Потапов Ю.Б., Борисов Ю.М., Барабаш Д.Е. Концептуальный подход к проектированию эффективных композиций на основе модифицированных олигодиенов // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Физико-химические проблемы и высокие технологии строительного материаловедения. 2008. № 1. С. 69–74.
2. Потапов Ю.Б., Эффективные строительные композиты и конструкции на их основе с комплексом заданных свойств. Промышленное и гражданское строительство. 2010. №9. С. 9–11.
3. Лаптев Г.А., Потапов Ю.Б., Ерофеев В.Т. Разработка технологии изготовления металлобетон // Строительство и реконструкция. 2015. № 1 (57). С. 123–129.
4. Ястребинский Р.Н., Павленко В.И., Матюхин П.В., Воронов Д.В., Павленко З.В., Самойлова Ю.М. Конструкционные радиационно-защитные композиционные материалы на основе модифицированных железорудных пород КМА // Региональная научно-техническая конференция по итогам конкурса ориентированных фундаментальных исследований по междисциплинарным темам, проводимого Российским

фондом фундаментальных исследований и Правительством Белгородской области: Белгородский государственный технологический университет им В.Г. Шухова. 2015. С. 491–499.

5. Болдырев А.М., Орлов А.С., Е. Г. Рубцова Ресурсосберегающие технологии получения металлобетонных строительных композитов // Известия вузов. Строительство 2002. №4. С. 38–43.

6. Королев Е.В. Серные композиционные материалы специального назначения // Строительные материалы. 2008. № 3. С. 99–106.

7. Баженов Ю.М., Королев Е.В., Самошин А.П., Королева О.В. Выбор заполнителя для радиационно-защитных бетонов вариативно-каркасной структуры // Региональная архитектура и строительство. 2009. № 1. С. 9–13.

8. Павленко В.И. Ястребинский Р.Н., Матюхин П.В., Ястребинская А.В., Куприева О.В., Самойлова Ю.М. Радиационно-защитные транспортные контейнеры отработавшего ядерного топлива на основе высоконаполненной полимерной матрицы и железорудного сырья КМА // Региональная научно-техническая конференция по итогам конкурса ориентированных фундаментальных исследований по междисциплинарным темам, проводимого Российским фондом фундаментальных исследований и Правительством Белгородской области: Белгородский государственный технологический университет им В.Г. Шухова. 2015. С. 320–330.

9. Гарькина И.А., Данилов А.М., Домке Э.Р., Королев Е.В. Синтез композиционных материалов как сложных систем // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2009. № 4. С. 48–55.

10. Данилов А.М., Королев Е.В., Самошин А.П., Смирнов В.А. Материалы специального назначения: выбор элементного состава // Региональная архитектура и строительство. 2009. № 2. С. 37–40.

11. Zagirov N.N., Sidelnikov S.B., Lopatina E.S., Technology for preparing composite materials

based on processing nonferrous metal and alloy turnings. Metallurgist. 2011. P. 1–9.

12. Королёв Е.В., Самошин А.П., Смирнов В.А., Королева О.В., Гришина А.Н. Методики и алгоритм синтеза радиационно-защитных материалов нового поколения: Учебное пособие. Пенза: ПГУАС, 2009. 130 с.

13. Павленко В.И., Матюхин П.В. Основные аспекты разработки современных радиационно-защитных конструкционных металлокомпозиционных материалов // Современные наукоемкие технологии. 2005. №10. С. 85–86.

14. Матюхин П.В. Неорганический радиационно-защитный металлокомпозиционный материал строительного назначения // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2007. №9. С. 35–39.

15. Kasagi T., Suenaga S., Tsutaoka T., Hatakeyama K. High frequency permeability of ferromagnetic metal composite materials. Journal of Magnetism and Magnetic Materials. 2007. T. 310. №2 SUPPL. PART 3. P. 2566–2568.

16. Belomytsev M.Yu., Kozlov D.A, Stability of composite materials nail-refractory metal with cellular structure. Metal Science and Heat Treatment. 2006. T. 48. № 5-6. P. 255-260.

17. Minaev Y.A. Fundamental property of metals-grain boundaries phase transition as a basis of nanostructured layers, materials and composites production. Materials Science Forum. 2010. T. 654–656. P. 1852–1855.

18. Матюхин П.В. Радиационно-защитный конструкционный композиционный материал // Международный научно-исследовательский журнал. 2014. №9 (28). С. 40–41.

19. Болдырев А.М., Орлов А.С., Рубцова Е.Г., Особенности создания композиционных строительных материалов с металлическими матрицами (металлобетонов). // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Физико-химические проблемы и высокие технологии строительного материаловедения. 2008. № 1. С. 5–11.

---

**Matyuhin P.V., Yastrebinsky R.N., Shirokov A.V.**  
**BASIC PHYSICAL AND MECHANICAL CHARACTERISTICS OF HEMATITE**  
**EXPOSED TO HIGH COMPACTION PRESSURE**

*This article describes the basic physical and mechanical properties of hematite subjected to high compression pressures; Techniques by which carried out the research. The data time hematite grinding effect on the average variation of the particle diameter and the average specific surface area. The data of the study of the impact of high compression pressures on the density and on the basic strength properties of the material. This material may be filled in the development of new types of radiation-shielding materials for construction application.*

**Key words:** hematite, physical and mechanical properties, particle dispersibility, compressive strength and density, pressure, effect.

---



**Матюхин Павел Владимирович**, кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической и прикладной химии. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

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

E-mail: mpvbgtu@mail.ru

**Ястребинский Роман Николаевич**, кандидат физико-математических наук, доцент теоретической и прикладной химии. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

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

**Широков Алексей Владиславович**, магистрант кафедры теоретической и прикладной химии. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

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

E-mail: led777007@gmail.com

<sup>1</sup>Иващенко С.И., д-р техн. наук, проф.,<sup>2</sup>Фатиев М.М., д-р экон. наук, проф.,<sup>1</sup>Иващенко С.С., канд. техн. наук,<sup>1</sup>Горшкова И.В., канд. техн. наук, доц.,<sup>1</sup>Леонтьев Я.С., студент<sup>1</sup>Московский государственный строительный университет<sup>2</sup>Российский университет дружбы народов

## ГИДРАТАЦИЯ СУЛЬФАТИРОВАННОГО ЦЕМЕНТА НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО БЕЗВОДНОГО СУЛЬФОАЛЮМИНАТА КАЛЬЦИЯ

sergeiivachemi@yandex.ru

Установлено влияние различных модифицирующих добавок на процессы гидратации безводного сульфатоалюмината кальция; выявлены пути повышения качества сульфатированных цементов.

**Ключевые слова:** гидратация, модифицирующие добавки, безводный сульфатоалюминат кальция, сульфатированные цементы.

При изучении процессов, протекающих при гидратации модифицированного сульфатоалюмината кальция, применяли оптическую и электронную микроскопию, дифференциально-термический и рентгеновский анализы, а также

химический метод анализа и физико-механические испытания (табл. 1). Результаты исследований, выполненные различными методами, хорошо согласуются между собой и дополняют друг друга [8].

Таблица 1

**Прочностные характеристики образцов, изготовленных на основе модифицированного  
безводного сульфатоалюмината кальция**

| №№<br>пп | Количество<br>добавки, масс. %    | Предел прочности при сжатии, МПа,<br>образцов, твердевших в течении |      |       |       |       |        |        |
|----------|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------|-------|-------|-------|--------|--------|
|          |                                   | 2 ч                                                                 | 6 ч  | 1 сут | 3 сут | 7 сут | 14 сут | 28 сут |
| 1        | Контрольный бездобавочный образец | 0                                                                   | 0    | 14,8  | 21,0  | 30,0  | 38,5   | 46,0   |
| 2        | 0,39 % $Na_2O$                    | 0                                                                   | 0    | 14,7  | 20,8  | 29,8  | 38,2   | 46,0   |
| 3        | 0,79 % $Na_2O$                    | 0                                                                   | 0    | 14,9  | 21,5  | 30,4  | 38,8   | 46,3   |
| 4        | 1,4 % $Na_2O$                     | 1,6                                                                 | 12,0 | 25,3  | 29,0  | 35,0  | 41,0   | 46,5   |
| 5        | 1,68 % $Na_2O$                    | 1,65                                                                | 12,5 | 27,5  | 30,0  | 35,5  | 42,0   | 46,8   |
| 6        | 3 % $Na_2O$                       | 10,0                                                                | 25,0 | 30,0  | 33,5  | 39,0  | 47,5   | 58,5   |
| 7        | 0,28 % $K_2O$                     | 0                                                                   | 0    | 13,0  | 20,9  | 29,0  | 37,5   | 46,8   |
| 8        | 0,48 % $K_2O$                     | 0,5                                                                 | 15,0 | 15,5  | 21,8  | 31,0  | 40,0   | 46,5   |
| 9        | 0,7 % $K_2O$                      | 0                                                                   | 17,1 | 17,5  | 22,5  | 32,0  | 42,0   | 50,0   |
| 10       | 1 % $K_2O$                        | 4,5                                                                 | 18,2 | 19,0  | 23,5  | 33,0  | 43,0   | 51,0   |
| 11       | 1,53 % $K_2O$                     | 1,3                                                                 | 22,0 | 23,0  | 32,5  | 42,5  | 52,0   | 55,0   |
| 12       | 0,5 % $MgO$                       | 0                                                                   | 0    | 27,7  | 30,5  | 35,0  | 41,5   | 46,0   |
| 13       | 1 % $MgO$                         | 0                                                                   | 0    | 35,   | 39,0  | 44,5  | 49,0   | 50,0   |
| 14       | 2 % $MgO$                         | 0                                                                   | 0    | 32,5  | 36,0  | 40,0  | 43,5   | 46,0   |
| 15       | 3 % $MgO$                         | 0                                                                   | 0    | 30,0  | 32,5  | 37,0  | 42,0   | 46,0   |
| 16       | 5 % $MgO$                         | 0                                                                   | 0    | 19,0  | 22,5  | 27,5  | 33,0   | 36,0   |
| 17       | 0,12 % в пересчете на ионы фтора  | 0                                                                   | 0    | 22,5  | 28,1  | 35,0  | 42,5   | 44,5   |
| 18       | 0,24 % "-                         | 0                                                                   | 1,3  | 28,5  | 36,5  | 46,5  | 55,0   | 62,0   |
| 19       | 0,65 % "-                         | 0                                                                   | 0,8  | 33,0  | 39,8  | 49,0  | 57,5   | 64,0   |
| 20       | 1,86 % "-                         | 0                                                                   | 0    | 31,0  | 35,5  | 42,5  | 48,0   | 50,5   |
| 21       | 0,07 % в пересчете на ионы хлора  | 0                                                                   | 0    | 27,5  | 31,1  | 37,0  | 43,0   | 47,5   |
| 22       | 0,58 % "-                         | 0                                                                   | 1,3  | 40,0  | 42,0  | 45,0  | 47,0   | 49,0   |
| 23       | 1,61 % "-                         | 0                                                                   | 0    | 20,0  | 25,4  | 35,0  | 42,0   | 46,0   |
| 24       | 0,5 %                             | отход производства гидрохинона и солей марганца                     | 0    | 0     | 22,0  | 25,0  | 31,0   | 41,6   |
| 25       | 1 %                               |                                                                     | 0    | 0     | 22,5  | 25,5  | 32,0   | 42,6   |
| 26       | 2 %                               |                                                                     | 0    | 0     | 23,5  | 27,5  | 32,6   | 38,6   |
| 27       | 3 %                               |                                                                     | 0    | 0     | 25,5  | 29,0  | 34,0   | 40,0   |
| 28       | 5 %                               |                                                                     | 0    | 0     | 30,0  | 34,0  | 38,7   | 43,4   |
| 29       | 0,5 % $CdO$                       | 0                                                                   | 0    | 15,0  | 22    | 31    | 40     | 47     |

| №№<br>пп | Количество<br>добавки, масс. % | Предел прочности при сжатии, МПа,<br>образцов, твердевших в течении |     |       |       |       |        |        |
|----------|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-----|-------|-------|-------|--------|--------|
|          |                                | 2 ч                                                                 | 6 ч | 1 сут | 3 сут | 7 сут | 14 сут | 28 сут |
| 30       | 1 % $CdO$                      | 0                                                                   | 0   | 18    | 23    | 33    | 46     | 54     |
| 31       | 2 % $CdO$                      | 0                                                                   | 0   | 20    | 26    | 37    | 48     | 59     |
| 32       | 3 % $CdO$                      | 0                                                                   | 0   | 24    | 30    | 41    | 53     | 61     |
| 33       | 5 % $CdO$                      | 0                                                                   | 0   | 42,5  | 46,2  | 51,0  | 58,5   | 62,5   |
| 34       | 0,5 % $Co_2O_3$                | 0                                                                   | 3,5 | 33,0  | 36,0  | 40,0  | 43,5   | 46,0   |
| 35       | 1 % $Co_2O_3$                  | 0                                                                   | 7,4 | 39,0  | 42,5  | 47,5  | 51,5   | 54,0   |
| 36       | 2 % $Co_2O_3$                  | 0                                                                   | 0   | 40,0  | 44,0  | 49,0  | 53,0   | 54,5   |
| 37       | 5 % $Co_2O_3$                  | 0                                                                   | 0   | 41,0  | 46,0  | 50,0  | 55,0   | 56,0   |
| 38       | 0,5 % $CuO$                    | 0                                                                   | 0   | 28,0  | 32,5  | 39,5  | 45,0   | 49,0   |
| 39       | 1 % $CuO$                      | 0                                                                   | 0   | 32,5  | 39,0  | 47,5  | 53,5   | 55,0   |
| 40       | 2 % $CuO$                      | 0                                                                   | 0   | 33,5  | 41,0  | 49,9  | 54,7   | 56,0   |
| 41       | 5 % $CuO$                      | 0                                                                   | 0   | 31,0  | 37,5  | 46,0  | 52,5   | 54,5   |
| 42       | 0,5 % $ZnO$                    | 0                                                                   | 0   | 38,0  | 42,0  | 45,5  | 50,0   | 54,0   |
| 43       | 1 % $ZnO$                      | 0                                                                   | 0,8 | 40,0  | 42,5  | 46,5  | 51,0   | 55,0   |
| 44       | 2 % $ZnO$                      | 0                                                                   | 0,8 | 44,0  | 45,5  | 48,0  | 52,5   | 55,5   |
| 45       | 5 % $ZnO$                      | 0                                                                   | 0   | 41,0  | 42,0  | 44,0  | 47,0   | 48,5   |
| 46       | 0,5 % $Mn_2O_3$                | 0                                                                   | 0   | 33,0  | 35,0  | 38,5  | 42,5   | 46,0   |
| 47       | 1 % $Mn_2O_3$                  | 0                                                                   | 0   | 34,0  | 36,0  | 40,0  | 43,0   | 46,0   |
| 48       | 2 % $Mn_2O_3$                  | 0                                                                   | 0   | 35,0  | 37,5  | 40,5  | 44,0   | 46,5   |
| 49       | 5 % $Mn_2O_3$                  | 0                                                                   | 0   | 33,5  | 36,0  | 41,0  | 45,5   | 48,5   |
| 50       | 0,5 % $TiO_2$                  | 0                                                                   | 0   | 15,0  | 20,0  | 25,5  | 28,5   | 29,0   |
| 51       | 1 % $TiO_2$                    | 0                                                                   | 0   | 13,5  | 17,0  | 21,5  | 25,0   | 26,5   |
| 52       | 2 % $TiO_2$                    | 0                                                                   | 0   | 12,5  | 15,0  | 18,5  | 22,0   | 23,0   |
| 53       | 3 % $TiO_2$                    | 0                                                                   | 0   | 13,0  | 14,7  | 16,0  | 17,5   | 18,0   |
| 54       | 5 % $TiO_2$                    | 0                                                                   | 0   | 13,0  | 13,3  | 15,0  | 16,0   | 17,0   |
| 55       | 0,5 % $Cr_2O_3$                | 0                                                                   | 0   | 14,7  | 21,0  | 29,9  | 37,5   | 44,3   |
| 56       | 1 % $Cr_2O_3$                  | 0                                                                   | 0   | 14,7  | 21,0  | 29,1  | 35,0   | 37,5   |
| 57       | 2 % $Cr_2O_3$                  | 0                                                                   | 0   | 14,7  | 21,0  | 27,5  | 33,0   | 36,7   |
| 58       | 3 % $Cr_2O_3$                  | 0                                                                   | 0   | 0,8   | 13,2  | 22,5  | 29,1   | 34,6   |
| 59       | 5 % $Cr_2O_3$                  | 0                                                                   | 0   | 0     | 8,1   | 16,0  | 23,5   | 30,1   |
| 60       | 0,5 % $BaO$                    | 0                                                                   | 0   | 24,1  | 25,6  | 33,3  | 42,2   | 46,1   |
| 61       | 1 % $BaO$                      | 0                                                                   | 0   | 27,4  | 39,8  | 45,1  | 50,0   | 52,3   |
| 62       | 2 % $BaO$                      | 0                                                                   | 0   | 27,0  | 39,0  | 43,6  | 48,5   | 49,0   |
| 63       | 3 % $BaO$                      | 0                                                                   | 0   | 24,8  | 35,9  | 40,0  | 45,1   | 46,6   |
| 64       | 5 % $BaO$                      | 0                                                                   | 0   | 21,5  | 24,5  | 29,0  | 35,0   | 41,3   |
| 65       | 0,5 % отхода П/О «Аммофос»     | 0                                                                   | 0   | 15,7  | 25,0  | 30,4  | 39,1   | 47,2   |
| 66       | 1 % "-                         | 0                                                                   | 0   | 16,1  | 26    | 30,9  | 40,3   | 47,8   |
| 67       | 2 % "-                         | 0                                                                   | 0   | 16,5  | 27,3  | 33,1  | 42,5   | 49,9   |
| 68       | 3 % "-                         | 0                                                                   | 0,8 | 18,7  | 30,1  | 36,5  | 53,3   | 58,0   |
| 69       | 5 % "-                         | 0,8                                                                 | 0   | 19,1  | 31,0  | 37,4  | 53,1   | 55,1   |
| 70       | 0,5 % шлак силикомарганца      | 0                                                                   | 0   | 14,9  | 22,4  | 29,9  | 38,0   | 45,6   |
| 71       | 1 % "-                         | 0                                                                   | 0   | 16,9  | 23,8  | 33,5  | 40,7   | 45,4   |
| 72       | 2 % "-                         | 0                                                                   | 0   | 16,0  | 24,1  | 33,7  | 42,5   | 45,8   |
| 73       | 3 % "-                         | 0                                                                   | 0   | 15,7  | 24,0  | 33,1  | 42,0   | 49,1   |
| 74       | 5 % "-                         | 0                                                                   | 0   | 16,1  | 24,7  | 33,0  | 42,2   | 49,0   |
| 75       | 0,5 %                          | отход производства<br>электролитического<br>диоксида марганца       | 0   | 0     | 21,0  | 25,3  | 31,4   | 44,7   |
| 76       | 1 %                            |                                                                     | 0   | 0     | 22,0  | 26,1  | 32,0   | 45,4   |
| 77       | 2 %                            |                                                                     | 0   | 0     | 23,8  | 27,9  | 33,1   | 46,0   |
| 78       | 3 %                            |                                                                     | 0   | 0     | 25,1  | 29,8  | 34,7   | 47,3   |
| 79       | 5 %                            |                                                                     | 0   | 0     | 30,9  | 33,5  | 39,1   | 49,4   |

Исследовали образцы сульфоалюмината кальция, модифицированные 3 %  $Na_2O$ , 1,53 %  $K_2O$ , 5 %  $ZnO$ , 5 %  $CdO$ , 5 %  $BaO$ , 5 %  $MgO$ , 5 %  $CuO$ , 5 %  $Co_2O_3$ , 5 %  $Mn_2O_3$ , 1,86 % ионами фтора, 1,61 % ионами хлора, 5 %  $Cr_2O_3$ , 5 %

$TiO_2$ , а также контрольный (бездобавочный) образец  $C_4A_3\bar{S}$ . В контрольном образце сульфоалюмината кальция уже через 2 часа гидратации фиксировали тонкие призмы этtringита как от контуров частиц, так и в межзерновом про-

странстве длиной 3 мкм и более, которые на кривых ДТА обнаруживали по эндоэффектам при 110 °С и 190 °С, а на рентгенограммах – по пикам  $9,60 \cdot 10^{-10}$  м;  $5,58 \cdot 10^{-10}$  м;  $3,85 \cdot 10^{-10}$  м;  $2,56 \cdot 10^{-10}$  м;  $2,207 \cdot 10^{-10}$  м [8].

Через 6 часов гидратации увеличилось количество кристаллов этtringита в виде иголок и призм, а их размеры выросли до 15 мкм. В отдельных участках гидратирующихся образцов петрографическим методом анализа были обнаружены "друзы" пластинчатых гидроалюминатов кальция сложного состава.

После 1 суток гидратации в контрольном образце увеличилось как количество этtringита, так и его размеры (длина от 10 до 30 мкм, толщина иголок и призм – от 1 до 2 мкм). Фиксировались участки "войлочноподобной" структуры, а также плотные участки из тонкодисперсной массы (вероятно  $Al(OH)_3$  – эндоэффекты 260 °С, 580 °С, дифракционный максимум с  $d = 4,91 \cdot 10^{-10}$  м и т.д.), "лепестки" гидроалюминатов кальция достигали размеров 30–60 мкм.

При дальнейшей гидратации (3, 7 и 28 суток) не обнаружено признаков разложения (перекристаллизации) гидратных новообразований, а фиксируется только увеличение количества и размеров кристаллов гидратных фаз: например, иголки или тонкие призмы этtringита имеют максимальную длину до 30 мкм и толщину 2–3 мкм.

Таким образом, продуктами гидратации контрольного безводного сульфалюмината кальция являются этtringит, гидроксид алюминия, гидроалюминаты кальция сложного состава или их твердые растворы (очевидно состава  $C_4A_3H_3$  – эндоэффект при 750–770 °С и  $d = 3,60 \cdot 10^{-10}$  м,  $2,79 \cdot 10^{-10}$  м).

Необходимо отметить, что в исследуемой сульфатированной системе ( $C - A - \bar{S}$ ), а также в сульфатированных клинкерах и цементах на их основе затруднено определение рентгеновским методом степени гидратации  $C_{12}A_7$ , которое осуществлялось некоторыми исследователями по уменьшению основного характерного для майенита пика на рентгенограмме –  $4,91 \cdot 10^{-10}$  м. Указанное затруднение связано с тем, что наряду с гидратацией  $C_{12}A_7$ , и уменьшением в связи с этим пика  $4,91 \cdot 10^{-10}$  м наблюдается интенсивное образование появляющихся при гидратации указанных вяжущих гидроксидов алюминия и кальция, которые характеризуются аналогичными пиками на рентгенограмме ( $4,82 \cdot 10^{-10}$  м и  $4,93 \cdot 10^{-10}$  м, соответственно). Это и затрудняет определение степени гидратации майенита в данных системах.

Модифицирование безводного сульфалюмината кальция исследованными добавками

приводит к следующим изменениям при его гидратации.

Так при введении соединений, содержащих s-элементы, что особенно четко проявляется в присутствии оксидов калия и натрия, уже в первые часы и сутки твердения в модифицированных системах фиксируются более крупные, чем в контрольной пробе, кристаллы этtringита и гидроалюминатов кальция, причем в опытных препаратах этtringита больше, а гидроалюминатов кальция меньше, чем в контрольном образце. В модифицированных щелочами пробах обнаружены кристаллы этtringита длиной от 20 до 70 мкм, а в контрольном препарате без добавок – от 3 до 30 мкм. При этом установлено, что отношение длины ( $\ell$ ) кристаллов этtringита к их толщине ( $d$ ) в модифицированных s-элементами образцах значительно меньше ( $3 \div 1$  к  $2 \div 1$ ), чем в контрольном (10 к 1).

Средний размер гидроалюминатов кальция в модифицированных s-элементами сульфатированных образцах был равен 30–200 мкм.

В щелочесодержащих образцах зафиксировано меньшее количество тонкодисперсной массы гидроксида алюминия, что было отмечено как петрографическими исследованиями, так и дифференциально-термическим анализом по уменьшению экзоэффекта при 950–970 °С, относящемуся к  $Al(OH)_3$ .

Основное же отличие состоит в том, что в модифицированных s-элементами пробах кристаллы этtringита крупнее и толще и начинают четко двупреломлять, а также "закругляться" или "расщепляться" на концах, чего не наблюдается в контрольной пробе. Вероятно эти структурные изменения связаны с тем, что примесные s-элементы замещают в безводном сульфалюминате кальция катионы  $Ca^{2+}$ , а после гидратации модифицированного безводного сульфалюмината кальция примеси входят в состав твердого раствора этtringита, что некоторыми исследователями для добавок галогенидов,  $Na_2O$ ,  $CO_3^{2-}$ ,  $MnO_4^{2-}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Cr^{3+}$ ,  $Cr^{6+}$ , ионов щелочно-земельных металлов уже отмечалось ранее [1, 3, 7, 9–11].

Так, Макинтайр и Шоу синтезировали Fe-замещенный этtringит, в котором ионы  $Al^{3+}$  замещены ионами  $Fe^{3+}$ , а авторы [10–11] определили параметры кристаллической решетки такого замещенного этtringита.

Мелквори и Чирилли показали, что в серии твердых растворов этtringита замещение ионов алюминия железом является неполным. Максимум, который указанные авторы определили для соотношения F/A, составил 3 к 1.

Хлорсодержащий гидрат, соответствующий по составу этtringиту, так как содержит  $CaCl_2$ ,

вместо  $CaSO_4(3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaCl_2 \cdot 30H_2O)$ , был описан и изучен Серб-Сербиной, Швите и Людвигом [11].

К. Огава, Д.Рой [7], а также П. Гупта, С. Чаттерджи, И. Джеффри приписывают указанному выше соединению формулу  $C_3A \cdot CaCl_2 \cdot H_x$  или  $C_3A \cdot 3CaCl_2 \cdot H_x$ , указывая, что в том случае, когда хлор-ион изоморфно замещает в структуре гидросульфатоалюмината кальция ионы  $SO_4^{2-}$ , в системе образуются кристаллы модифицированного этtringита более толстые и укороченные, чем в бездобавочной пробе. При этом, в работе [7] установлено, что, если гидратация безводного сульфатоалюмината кальция осуществляется в системе с добавкой  $NaOH$  или  $NaCl$ , то скорость образования этtringита и степень реакции гидратации  $C_4A_3\bar{S}$  намного выше, а образующиеся при этом кристаллы этtringита более толстые и короткие, чем в образцах без добавки.

Каминская А.Ю., Митузас Ю.И., Митузас А.Ю. [4] предполагают, что возможно возникновение в цементных системах при гидратации комплексов типа  $C_3A \cdot nCaSiO_3 \cdot aq$ ,  $C_3A \cdot nCaSO_4 \cdot aq$ ,  $C_3A \cdot nCa(OH)_2 \cdot aq$ , а также определенных взаимных связей между этими комплексами с образованием более крупных комплексов типа  $C_3A \cdot nCa[SiO_3 \cdot SO_4, (OH)_2] \cdot aq$ . Существование в твердеющих цементных системах комплексов типа  $C_3A \cdot nCaSiO_3 \cdot aq$  было подтверждено позже другими учеными [5].

Японские исследователи установили [6], что ионы хрома, марганца, кадмия, свинца и мышьяка образуют твердые растворы замещения в этtringите и в моносульфогидроалюминате кальция, замещая в указанных кристаллогидратах ионы алюминия и сульфатные ионы. Это может быть использовано при захоронении различных отходов, содержащих вредные вещества, путем смешивания их предварительно (перед захоронением) с особобыстротвердеющим сульфатоалюминатнобелитовым цементом.

Следует отметить, что двупреломление и расщепление кристаллов модифицированного этtringита обнаружено нами во всех образцах с исследуемыми примесными ионами, за исключением проб, модифицированных ионами фтора и хлора (объяснение этому факту будет дано ниже).

Субмикроструктура гидратированных образцов, состоящих из модифицированного s-элементами сульфатоалюмината кальция, представлена [8] на примере образца, модифицированного 1,53 мас.%  $K_2O$ .

Продуктами гидратации образцов сульфатоалюмината кальция, модифицированного такими d-элементами, как  $Mn$ ,  $Cd$ ,  $Zn$ ,  $Cu$ , являются

также этtringит, гель гидроксида алюминия и гидроалюминаты кальция состава  $C_4A_3H_3$ . Этtringита в модифицированных образцах во все сроки гидратации фиксируется больше, чем в контрольном образце, но несколько меньше, чем в пробах, модифицированных  $Na_2O$  и  $K_2O$ . Размеры модифицированных кристаллов этtringита в основном крупные: длина от 20–70 мкм до 100–120 мкм, а толщина до 18 мкм. При этом, в большинстве своем соотношение длины кристаллов этtringита к их толщине в образцах, модифицированных  $Mn_2O_3$ ,  $CdO$ ,  $ZnO$ ,  $CuO$  составляет  $3 \div 1$  к  $2 \div 1$ , то есть такое же, как и в системах, модифицированных s-элементами.

Было отмечено, что в пробах с добавкой  $Mn_2O_3$  фиксируются самые крупные "друзы" гидроалюминатов кальция (до 400 мкм в диаметре).

Процесс гидратации образцов сульфатоалюмината кальция, модифицированного  $Co_2O_3$  практически аналогичен гидратации образцов, модифицированных  $Mn_2O_3$ ,  $CdO$ ,  $ZnO$  и  $CuO$ . Отличие состоит в том, что в присутствии  $Co_2O_3$  в системе, кроме перечисленных выше продуктов гидратации, фиксируется в 28 суточном возрасте и моносульфатоалюминат кальция – (дифракционные максимумы на рентгенограмме с  $d = 8,95 \cdot 10^{-10} \text{ м}$ ;  $3,85 \cdot 10^{-10} \text{ м}$ ;  $2,88 \cdot 10^{-10} \text{ м}$ ;  $2,44 \cdot 10^{-10} \text{ м}$ ).

Кристаллы модифицированного этtringита во всех пробах с добавками  $Mn_2O_3$ ,  $CdO$ ,  $ZnO$ ,  $CuO$ ,  $Co_2O_3$  двупреломляют и расщепляются на концах, при этом форма расщепленных кристаллов этtringита очень напоминала [8] форму кристаллов твердого раствора этtringита в щелочесодержащих образцах.

Модифицирование безводного сульфатоалюмината кальция многовалентными ионами  $Cr^{6+}$ ,  $Ti^{4+}$ ,  $Sn^{4+}$  и др. приводило также к двупреломлению кристаллов этtringита, но расщепление кристаллов отличалось по форме от зафиксированного в щелочесодержащих системах. Последнее подтверждает установленный при изучении ИК-спектров модифицированных образцов факт, что присутствующие в безводном сульфатоалюминате кальция ионы  $Cr^{6+}$ ,  $Ti^{4+}$ ,  $Sn^{4+}$  и др. многовалентные катионы из исследуемого ряда d- и p-элементов, замещают в безводном сульфатоалюминате кальция не катионы  $Ca^{2+}$ , а ионы  $S^{6+}$ , вследствие чего и изменяется форма расщепления кристаллов этtringита. На это косвенно указывает также увеличение после обжига в модифицированных данными добавками сырьевых смесях для получения  $C_4A_3\bar{S}$  концентрации сульфат-ионов пропорционально количеству введенной примесной добавки, не-

смотря на то, что содержание синтезируемого минерала сульфоалюмината кальция при этом не уменьшалось, то есть не наблюдалось его разложения с выделением  $CaSO_4$ .

При взаимодействии с водой образцов сульфоалюмината кальция, модифицированного многовалентными катионами из исследуемого ряда  $d$ -элементов, образуются эттрингит, гель гидроксида алюминия и гидроалюминаты кальция состава  $C_4A_3H_3$ . Но фиксируются при этом и некоторые особенности гидратации этих образцов [8].

Во-первых, соотношение между длиной и толщиной кристаллов эттрингита в основном больше, чем в описанных выше пробах, и составляет величину  $3 \div 1$  к  $5 \div 1$ , иногда как в контрольном образце до  $10$  к  $1$ .

Во-вторых, в модифицированных  $TiO_2$  образцах кроме эттрингита обнаружен и моносulfоалюминат кальция (дифракционные максимумы на рентгенограммах с  $d = 8,97 \cdot 10^{-10} \text{ м}$ ;  $4,47 \cdot 10^{-10} \text{ м}$ ;  $4,03 \cdot 10^{-10} \text{ м}$ ;  $3,88 \cdot 10^{-10} \text{ м}$ ;  $2,88 \cdot 10^{-10} \text{ м}$ ;  $2,45 \cdot 10^{-10} \text{ м}$ ).

В третьих, в титансодержащих образцах фиксируются частицы, которые не гидратируются и после 28 суток твердения (рентгеновский анализ показал, что это перовскит –  $CaO \cdot TiO_2 - 2,69 \cdot 10^{-10} \text{ м}$ ;  $1,909 \cdot 10^{-10} \text{ м}$ ;  $1,559 \cdot 10^{-10} \text{ м}$ , который вязущими свойствами не обладает).

В четвертых, в модифицированных  $Cr_2O_3$  пробах, почти не видно при петрографическом анализе гидроалюминатов кальция, но только в этой пробе через трое суток гидратации обнаружены полисинтетические двойники желто-зеленоватого цвета, которые идентифицировать не удалось.

Указанные особенности в гидратации, вероятно, и приводят к снижению прочностных характеристик образцов, на основе сульфоалюмината кальция, модифицированного многовалентными  $d$ -элементами.

Иначе идет гидратация образцов, полученных обжигом сырьевых смесей с добавкой ионов фтора и хлора, рассчитанных на получение  $C_4A_3\bar{S}$ . Ввиду того, что в образцах после обжига образуются не только сульфоалюминат кальция, но и модифицированный фтором (хлором) майенит [8] (смещение на рентгенограмме основного дифракционного максимума – пика  $4,91 \cdot 10^{-10} \text{ м}$ , характерного для  $C_{12}A_7$ , в первом случае в сторону уменьшения его значения –  $4,86 - 4,87 \cdot 10^{-10} \text{ м}$  а во-втором, – в сторону его увеличения –  $4,92 \cdot 10^{-10} \text{ м}$ ), то в первые часы взаимодействия таких образцов с водой фиксируется уменьшение (по сравнению с контрольным образцом) количества кристаллов эт-

трингита и появление "улиток" пластинчатых сферолитов, характерных для  $C_{12}A_7$  и продуктов его гидратации [8].

Необходимо отметить, что кристаллы эттрингита в галогенсодержащих образцах по размерам очень напоминают эттрингит в контрольной пробе, при этом они также не расщепляются и не двупреломляют. Это косвенно подтверждает тот факт, что фтор- и хлорсодержащие добавки в данной сульфатированной системе не образуют твердых растворов с безводным сульфоалюминатом кальция, что наблюдалось при модифицировании системы  $C - A - \bar{S}$   $d$ - и  $s$ -элементами.

Однако, в сульфатированных галогенсодержащих образцах образующиеся  $C_{11}A_7 \cdot CaF_2$  или  $C_{11}A_7 \cdot CaCl_2$  начинают четко двупреломлять (как известно, "чистый"  $C_{12}A_7$  имеет кубическую сингонию и не двупреломляет), что наряду с данными, полученными рентгеновским методом анализа, подтверждает присутствие ионов фтора, хлора в майените, а не в безводном сульфоалюминате кальция.

К 28 суткам твердения в модифицированных ионами фтора и хлора образцах фиксируются [8] четко преломляющие "улитки" пластинчатых сферолитов ( $d = 30-50 \text{ мкм}$ ), вокруг которых расположены иголки эттрингита в виде "ежей", а также гидроалюминаты кальция в виде "друз" диаметром до  $400 \text{ мкм}$ . Кроме того, в отличие от всех других проб в образцах, модифицированных ионами фтора, начиная с 1 суток твердения и до 28 суток включительно, обнаружен [8] гидроалюминат кальция состава  $CAH_{10} - (d = 7,21 \cdot 10^{-10} \text{ м}$ ;  $3,51 \cdot 10^{-10} \text{ м}$ ;  $2,56 \cdot 10^{-10} \text{ м}$ ; эндоеффекты при  $140^\circ\text{C}$ ,  $280^\circ\text{C}$  и экзоеффекты при  $930^\circ\text{C}$ ). В модифицированных ионами хлора образцах через 1 сутки гидратации одновременно с  $CAH_{10}$  фиксируется и моносulfоалюминат кальция (пики на рентгенограмме  $8,40 \cdot 10^{-10} \text{ м}$ ;  $4,68 \cdot 10^{-10} \text{ м}$ ;  $3,88 \cdot 10^{-10} \text{ м}$ ;  $2,88 \cdot 10^{-10} \text{ м}$ ;  $2,44 \cdot 10^{-10} \text{ м}$ ), однако через 28 суток гидратации основные пики ( $7,21 \cdot 10^{-10} \text{ м}$  для  $CAH_{10}$  и  $8,40 \cdot 10^{-10} \text{ м}$  для  $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot CaSO_4 \cdot 12H_2O$ ) исчезают и в образцах фиксируется эттрингит, гель гидроксида алюминия и гидроалюминаты кальция состава  $C_4A_3H_3$ .

Как показали [8] результаты физико-механических испытаний образцов, изготовленных из мономинерального вяжущего на основе модифицированного сульфоалюмината кальция (табл. 1), присутствие в исследуемом минерале оксидов щелочных и щелочно-земельных металлов  $Na_2O$ ,  $K_2O$ ,  $MgO$  и  $BaO$  повышает прочностные характеристики цементного камня на его основе. Причем, присутствие оксидов натрия и калия приводит к увеличению прочности при

сжатии образцов практически пропорционально росту концентрации вводимой добавки, при этом модифицированные образцы приобретают прочность при сжатии через 2–6 часов твердения от 0,5 до 25,0 МПа, чего не наблюдалось в контрольном вяжущем.

Модифицирование безводного сульфоалюмината кальция добавками  $MgO$  и  $BaO$  (табл. 1) увеличивает предел прочности при сжатии образцов особенно в первые 1–7 суток твердения, однако к 28 суткам гидратации рост прочности образцов значительно уменьшается [8]. При этом введение в сульфоалюминат кальция 1 мас.%  $MgO$  и 1 мас.%  $BaO$  является для исследуемой системы оптимальным. Как видно из табл. 1, наиболее значительный рост прочности модифицированных  $MgO$  и  $BaO$  образцов (до 50,0–52,3 МПа) через 28 суток гидратации наблюдается в присутствии 1 мас.%  $MgO$  и  $BaO$ . Увеличение концентрации добавки (2–5 %  $MgO$ ) сверх оптимального количества приводит к снижению прочности при сжатии образцов, вероятно за счет образования магнезиальной шпинели  $MgO \cdot Al_2O_3$ , не обладающей вяжущими свойствами. При этом за счет связывания оксида алюминия в магнезиальную шпинель уменьшается в образцах количество безводного сульфоалюмината кальция.

Аналогичное влияние на прочностные характеристики вяжущего на основе модифицированного безводного сульфоалюмината кальция оказывает и добавка оксида бария (табл. 1).

Рост прочностных характеристик цементного камня на основе модифицированного s-элементами безводного сульфоалюмината кальция объясняется тем, что образующийся твердый раствор безводного сульфоалюмината кальция, в котором часть катионов кальция замещена на катионы  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$  или  $Ba^{2+}$ , обладает большей способностью к взаимодействию с водой (табл. 1), чем бездобавочный "чистый"  $C_4A_3\bar{S}$ . При этом в гидратирующейся модифицированной системе в отличие от контрольной (матричной) образуется большее количество этtringита, а его кристаллы более крупные с меньшим отношением  $l/d$  ( $2 \div 1$  к  $3 \div 1$ ), чем в бездобавочном образце, где  $l/d = 10$  к 1.

Присутствие в составе модифицированного этtringита катионов  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Ba^{2+}$ , вероятно, препятствует его перекристаллизации в процессе твердения в моносulfоалюминат кальция, что также ведет к повышению прочности цементного камня на основе модифицированных образцов.

Модифицирование безводного сульфоалюмината кальция такими d-элементами как  $Cd$ ,  $Zn$ ,  $Cu$ ,  $Mn$ ,  $Co$ , также увеличивает прочность

при сжатии образцов в прямой зависимости от концентрации введенного модификатора [8]. Процессы гидратации безводного сульфоалюмината кальция, модифицированного  $CdO$ ,  $ZnO$ ,  $CuO$ ,  $Mn_2O_3$ ,  $Co_2O_3$ , аналогичны процессам гидратации модифицированного s-элементами безводного сульфоалюмината кальция. Отличие состоит в том, что в модифицированных указанными d-элементами образцах этtringита меньше, чем в щелочесодержащих системах (но больше, чем в контрольной пробе), при этом в образцах преобладают кристаллы этtringита с соотношением  $l/d = 3$  к 1, а кристаллы гидроалюминатов кальция более крупные.

Было установлено [8] значительное снижение прочности образцов на основе модифицированного многовалентными d-элементами ( $Cr^{6+}$ ,  $Ti^{4+}$ ) безводного сульфоалюмината кальция (табл. 1), причем прочностные характеристики модифицированных указанными добавками образцов снижались пропорционально росту концентрации этих добавок в системе, что можно объяснить несколькими причинами.

Во-первых, несмотря на высокую гидратационную способность модифицированного  $Ti^{4+}$  и  $Cr^{6+}$  безводного сульфоалюмината кальция при его взаимодействии с водой образуются кристаллы этtringита, в которых отношение  $l/d$  равно в основном от 5 к 1 до 10 к 1, то есть кристаллы этtringита более длинные и тонкие, чем в системах с  $Na_2O$ ,  $K_2O$ ,  $MgO$ ,  $CdO$ ,  $ZnO$ ,  $CuO$ ,  $Mn_2O_3$ ,  $Co_2O_3$ . Структуры из таких кристаллов в системе  $C - A - \bar{S} - H$  обладают, как известно, меньшей прочностью при сжатии, чем структуры, состоящие из более коротких и толстых кристаллов [7].

Во-вторых, при гидратации безводного сульфоалюмината кальция, модифицированного многовалентными d-элементами, снижение прочностных характеристик цементного камня на его основе вызвано переходами гидросульфоалюмината кальция из моно- в трехсульфатную форму и обратно, а также появлением в гидратирующейся системе новых соединений, не обладающих вяжущими свойствами (перовскит в титансодержащих образцах, в хромсодержащих пробах фиксировались полисинтетические двойники желто-зеленоватого цвета, которые идентифицировать не удалось).

Повышение прочности цементного камня на основе галогенсодержащих образцов фиксировалось [8] только до концентрации добавок в образце равной 0,65 мас.% в пересчете на ионы фтора и 0,58 мас.% в пересчете на ионы хлора (табл. 1). Дальнейшее повышение содержания ионов фтора и хлора в образцах, соответственно, до 1,86 мас.% в пересчете на ионы фтора и до



1,61 мас. % в пересчете на ионы хлора приводило к снижению прочности цементного камня на основе модифицированных галогенами вяжущих. Первоначальное повышение прочности (до концентрации 0,65 мас. % ионов фтора и до 0,58 мас. % ионов хлора) объясняется более быстрой гидратацией  $C_{11}A_7 \cdot CaCl_2$  и  $C_{11}A_7 \cdot CaF_2$ , по сравнению с "чистым" майенитом. Указанные выше соединения не только сами чрезвычайно быстро взаимодействуют с водой, но и как бы катализируют гидратацию безводного сульфатоалюмината кальция, что приводит к повышению прочностных характеристик образцов. Однако дальнейшее увеличение содержания в образцах модифицированного хлором или фтором майенита приводит к снижению прочностных характеристик модифицированного вяжущего, вследствие уменьшения концентрации в пробах более активного безводного сульфатоалюмината кальция.

Кроме того, в состав сырьевой шихты для синтеза  $C_4A_3\bar{S}$  вводили фторсодержащие отходы П/О "Аммофос", а также марганецсодержащие отходы: шлак силикомарганца, отходы производства гидрохинона и солей марганца, отходы производства электролитического диоксида марганца [8]. Влияние указанных отходов на прочностные характеристики цементного камня, полученного на основе модифицированного безводного сульфатоалюмината кальция, представлены в табл. 1, из которой следует, что модифицирование безводного сульфатоалюмината кальция указанными выше отходами повышает прочность при сжатии цементного камня, при этом оптимальная концентрация вводимых отходов находится в интервале 2–5 мас. %.

Для определения различия в прочностных характеристиках мономинеральных вяжущих на основе безводного модифицированного сульфатоалюмината кальция, испытания проводили не только в малых образцах-кубиках размером  $2 \times 2 \times 2$  см (из цементного теста), но и готовили стандартные балочки размером  $4 \times 4 \times 16$  см из цементного раствора 1:3. Как показали исследования, установленные закономерности влияния добавок на прочностные характеристики модифицированных мономинеральных вяжущих на основе сульфатоалюмината кальция не изменились при переходе от одной методики испытаний к другой, однако прочностные характеристики вяжущего, испытанного в малых образцах, были на 2,6–10,0 МПа выше, чем прочность образцов, испытанных на основе образцов размером  $4 \times 4 \times 16$  см. При этом, если в первые 1–3 сутки твердения разница между сравниваемыми методиками составляет 2,6–4,9 МПа, то в

последующие сроки гидратации (7–28 суток) она возрастала до 4,8–10,0 МПа.

Таким образом, на основании лабораторных исследований [8] были выявлены добавки и установлены их оптимальные концентрации, введение которых в состав сырьевых смесей для получения сульфатоалюмината кальция существенно изменяет его размолоспособность и гидравлические свойства. Вследствие того, что характеристики безводного сульфатоалюмината кальция оказывают решающее воздействие на свойства сульфатоалюминатнобелитового (САБ) клинкера, то модифицирование сульфатированных цементных сырьевых смесей даст возможность улучшить свойства модифицированного САБ клинкера и строительно-технические свойства сульфатированных цементов на его основе. Проведение исследования [8] позволили от лабораторных проработок перейти к полупромышленным и промышленным экспериментам, которые подтвердили высокую эффективность предложенного метода повышения качества цемента.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Горшков В.С. Исследование устойчивости сульфатоалюмината и сульфоферрита кальция и влияние их на свойства цементов. Дисс. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук. М., МХТИ им. Д.И.Менделеева.1957.
2. Кузнецова Т.В. Химия, технология и свойства специальных цементов алюминатного и сульфатоалюминатного твердения. Дисс. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук. М., МХТИ им. Д.И.Менделеева.1981.
3. Иващенко С.И. Модифицирование цементов силикатного и сульфатоалюминатного твердения. Дисс. на соиск. учен. степ. докт. техн. наук. М., МХТИ им. Д.И.Менделеева.1989.
4. Каминская А.Ю., Митузас Ю.И., Митузас А.Ю. Фазовые превращения алюминатных соединений в твердеющем портландцементе. V Всесоюзное научно-техническое совещание по химии цемента. М.1980. С. 161–165.
5. Regourd M., Homan H., Mortureux B. Evidence of Calcium Silicoaluminates in Hydrated Mixtures of Tricalcium Silicate and Tricalcium Aluminate. 3 Cement and Concrete Research.1976.
6. Uchikawa Hirochi, Tsukiyama Koichi. On the fixation of harmful element with special super high early strength cement. Cem. Assoc.Jap.Rev.13<sup>th</sup> Gen.Meet.Techn.Sess. Tokyo,1976.Sem. Gijutsu nempo,1976. Synop. Tokyo, 1976. Pp. 56–68.
7. Ogawa K., Roy D.  $C_4A_3\bar{S}$  Hydration Ettringite Formation and its Expansion Mechanism: 111.

Effect of CaO, NaOH and NaCl; Conclusions // Cement and Concrete Research. 1982. V.12. №2. Pp. 247–256.

8. Иващенко С.И., Фатиев М.М., Горшкова И.В., Иващенко С.С. Модифицированные сульфатированные клинкеры и цементы на их основе. М., «Форум». 2015. 191 с.

9. Олесова Т.Н., Зозуля П.В. и др. Синтез и вяжущие свойства хромалюмината кальция и твердых растворов в ряду хромалюминат-

сульфоалюминат кальция // Цемент. 1982. №3. С. 14–16.

10. Schwiete H.E., Ludwig V. und Jager P. Untersuchungen über die Hydratation von  $C_3A$ ,  $C_2F$ ,  $C_4AF$  und  $C_6A_2F$  mit  $Ca(OH)_2$  und  $CaSO_4$ . Inst. für Gesteinslehre, Aachen. 1973.

11. Швите Г.Е., Людвиг У. Гидроалюминаты и гидроферриты кальция. Пятый международный конгресс по химии цемента. М. Стройиздат. 1973. С.139–152.

---

**Ivaschenko S.I., Fatiev M.M., Ivaschenko S.S., Gorshkova I.V., Leontiev J.S.**

**HIDRATATION OF SULFATED CEMENT BASED ON MODIFIED ANHYDROUS CALCIUM SULPHOALUMINATE**

*We've established the influence of various modifying additives on the hydration of anhydrous calcium sulphoaluminate; identified ways to improve the quality of sulfated cements.*

**Key words:** hydration, modifying additives, anhydrous calcium sulphoaluminate. sulfated cements Moscow state university of civil engineering RUDN University

---

**Иващенко Сергей Иванович**, доктор технических наук, профессор кафедры химии.

Московский государственный строительный университет.

Адрес: Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, д. 26.

E-mail: sergeiivachemi@yandex.ru

**Фатиев Миращаф Мирджафар-оглы**, доктор экономических наук, профессор кафедра «Строительство и эксплуатация объектов ландшафтной архитектуры».

Российский университет дружбы народов.

Адрес: 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6

**Иващенко Сергей Сергеевич**, кандидат технических наук, кафедры химии.

Московский государственный строительный университет.

Адрес: Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, д. 26.

**Горшкова Ирина Владимировна**, кандидат технических наук, доцент кафедры химии.

Московский государственный строительный университет.

Адрес: Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, д. 26.

**Леонтьев Ярослав Сергеевич**, студент

Московский государственный строительный университет.

Адрес: Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, д. 26.

Лукаш А.А., канд. тех. наук,  
Лукутцова Н.П., д-р техн. наук, проф.  
Брянский государственный инженерно-технологический университет

## ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ КОМПОЗИЦИОННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ

mr.luckasch@yandex.ru

*Статья посвящена вопросам повышения экологической безопасности при получении и эксплуатации строительных материалов и изделий из древесины. Изложены способы снижения выделения формальдегида, основанные на применении порошков – поглотителей формальдегида и использовании новых связующих с низким содержанием формальдегида. Выявлено, что повышение экологической безопасности клееных строительных материалов также тесно связано с контролем содержания токсичных веществ. Используемые на деревообрабатывающих предприятиях периодический выборочный контроль содержания свободного формальдегида в древесных материалах длителен по времени и требует использования специального лабораторного оборудования. Обосновано применение для определения содержания свободного формальдегида газоаналитического метода, не требующего длительного времени и использования специального лабораторного оборудования. Предложено использовать в качестве вяжущего водостойкий карбамидоформальдегидный клей. Доказано, что после выдержки в течение 12 дней этот композиционный материал можно использовать в жилищном строительстве, т.к. в составе паровоздушной смеси отсутствуют микропримеси формальдегида.*

**Ключевые слова:** строительство, арболит, клей, прочность, древесина, формальдегид.

Объемы производства и использования древесины и древесных материалов во многом определяются темпами развития строительной индустрии, значительную часть которой составляет деревянное домостроение. Дефицит жилья в России остается актуальной проблемой уже несколько десятков лет. При среднестатистическом сроке эксплуатации в 25 лет многие строения используются в 2–2,5 раза дольше. Ежегодно в эксплуатацию вводится 40–45 млн. м<sup>2</sup> жилья, в котором доля деревянного домостроительства не превышает 20 %. При этом ежегодно устаревает около 20 млн. м<sup>2</sup> жилья, а более 250 млн. м<sup>2</sup> жилья требуют замены или капитальной реконструкции [1].

Одним из наиболее перспективных сегментов использования древесины России является малоэтажное домостроение. Среди причин развития данного сегмента является увеличение благосостояния населения, у которого есть желание жить в более комфортных условиях, с одной стороны, и высокая потребность в недорогом жилье, с другой стороны. При выборе строительного материала для строительства жилого дома, в котором будет жить человек, необходимо заранее прогнозировать какое воздействие на организм человека может оказать, тот или иной строительный материал, чтобы обеспечить оптимизацию системы «человек-материал-среда обитания» и создать благоприятные условия проживания [1]. Применяемые в жилищном строительстве материалы должны быть экологически безопасными, обеспечивать

комфортные условия проживания и иметь низкую стоимость. В наибольшей степени этим требованиям отвечают строительные материалы и изделия из древесины.

Древесина имеет низкую теплопроводность и обладает способностью обмениваться влагой с окружающей средой, что обеспечивает человеку максимально комфортные условия проживания. Красивая текстура древесины подчеркивает индивидуальность эстетичность интерьера, создает уют. Достоинством древесины также является доступность и возобновляемость ресурсов.

Применение научно обоснованных подходов получения новых конструкционно-теплоизоляционных, теплоизоляционных и отделочных строительных материалов из древесины, позволило разработать новые эффективные материалы и изделия, обладающие лучшими эксплуатационными свойствами, по сравнению с существующими аналогичными строительными материалами [6–12].

К недостаткам древесины относят пороки строения – наличие сучков, склонность к гниению и растрескиванию, анизотропию и коробление и др. Для их устранения применяются специальные способы обработки, чаще всего связанные с применением склеивания [10].

При склеивании древесных материалов обычно в промышленных условиях применяются карбамидоформальдегидные и фенолоформальдегидные клеи. Эти клеи обладают хорошей адгезией к древесине, дают прочные клеевые соединения. Водостойкость клеевых соединений

на основе карбамидоформальдегидных клеев – средняя. Недостатком этих клеев является содержание в них токсичных веществ – свободного формальдегида.

Фенолоформальдегидные клеи являются высоководостойкими, также обладают хорошей адгезией к древесине, дают прочные клеевые соединения. Существенным недостатком этих клеев являются содержащиеся в них токсичные вещества – свободный формальдегид и свободный фенол.

Формальдегид – газообразное бесцветное вещество, обладающее высокой химической и биологической активностью, оказывает раздражающее действие на кожу, на глаза и дыхательные пути.

Фенол по токсичности превосходит формальдегид, поэтому клееные слоистые материалы, изготовленные с применением фенолоформальдегидных клеев, не используются внутри помещений. Свободный формальдегид, содержащийся в клее, выделяется как при склеивании, так и в процессе эксплуатации. В зависимости от величины содержания свободного формальдегида в 100 г абсолютно сухом материале класс эмиссии подразделяется на E1, E2. Класс эмиссии E1 допускает содержание свободного формальдегида до 10 мг; E2 – от 10 до 30 мг.

Снизить выделение свободного формальдегида возможно путем использования природных клеев, полимерных тонкодисперсных порошков, поглощающих формальдегид в процессе склеивания отмечается в исследованиях [2, 13–15].

Другим способом уменьшения выделений свободного формальдегида является частичная замена синтетических клеев нетоксичными веществами, обладающими хорошей адгезией к древесине, например добавлять экстракт из коры дуба в карбамидоформальдегидные клеи для снижения их токсичности без уменьшения прочности склеивания [4].

Способствует уменьшению выделений формальдегида применение в производстве древесностружечных плит применение метил глюкозид и лигносульфонатов. В работе [3] предлагается уменьшить выделения токсичных веществ путем снижения температуры склеивания и совершенствованием рецептуры клеев. При склеивании шпона при температуре ниже 100 °C не возникает избыточного парового давления, способствующего интенсивному выделению формальдегида из пакета. А применение в качестве отвердителя группы веществ (резорцин, параформ, комбинированный отвердитель) обеспечивает сокращение продолжительности отверждения.

В работе [5] предлагается частичная замена в фенолоформальдегидных клеях фенола на карданол – мономер растительного происхождения – с целью снижения токсичности древесностружечных плит, древесных слоистых пластиков и бакелизированной фанеры.

Повышение экологической безопасности клееных строительных материалов также тесно связано с ужесточением контроля за содержанием токсичных веществ. В настоящее время на деревообрабатывающих предприятиях производится периодический выборочный контроль содержания свободного формальдегида в древесных материалах. Но содержание в древесном материале токсичных веществ не является постоянным т.к. в процессе производства состав компонентов может изменяться. Поэтому для обеспечения безопасных и комфортных условий проживания необходимо совершенствовать способы контроля содержания токсичных веществ в строительных материалах, изготовленных с применением клеевых материалов.

Существующие методы определения содержания токсичных веществ можно разделить на две группы. Первая группа – лабораторные методы. Для них используют небольшие по размеру образцы. Методы второй группы основаны на испытании крупноразмерных образцов в специальных испытательных камерах, где могут быть созданы определенные климатические условия (камерный метод). Этот метод имеет определенные недостатки. В перфораторном методе чистота используемого для экстракции толуола может оказать существенное влияние на результаты исследования. При экстракции древесных материалов кипящим толуолом из древесного материала в раствор переходит не только формальдегид, но и другие вещества способные реагировать с йодом, что ведет к завышению численных значений результатов исследований.

Лишен этих недостатков камерный метод, основанный на определении количества формальдегида непосредственно из исследуемых образцов за определенный промежуток времени. Испытание крупноразмерных образцов производится в специальных испытательных камерах, где создаются определенные климатические условия, а образцы выдерживаются в газовом пространстве постоянного объема. После определенного промежутка времени в замкнутом объеме устанавливается концентрация формальдегида. Таким образом, для определения содержания свободного формальдегида перфораторным или камерным методами требуются длительное время и применение специального лабораторного оборудования, которое имеется не на всех предприятиях.

Более простым в техническом отношении является газоаналитический метод определения содержания свободного формальдегида. Данный метод основан на идентификации веществ, выделяющихся при нагреве образца до 100 °С в течение 5 мин. Газоаналитический метод был использован при определении содержания свободного формальдегида в новом композиционном строительном материале – клееном арболите. При получении клееного арболита применялась низко-токсичная карбамидоформальдегидная смола КФ 120–65 с содержанием свободного формальдегида до 0,13 %. Для обоснования возможности использования этого арболита в жилищном строительстве проведено исследование содержания в нем токсичных веществ. Для этого при-

менялся хромато-масс-спектрометрический метод с использованием газового хроматографа модели «6850 Network GC System» с высокоэффективной капиллярной колонкой HP-5MS (30 м × 0,25 мм) и квадрупольным масс-селективным детектором «5975C VL MSD» фирмы «Agilent Technologies» (США), с ионизацией электронным ударом (70эВ). Хроматограмма паровоздушной смеси древесных частиц с клеем проводилась после нагревания до 100 °С в течение пяти минут. Результаты исследования представлены на рисунках 1 и 2. Хроматограмма паровоздушной смеси клееного арболита после его изготовления показала наличие микропримеси формальдегида (рис. 1).

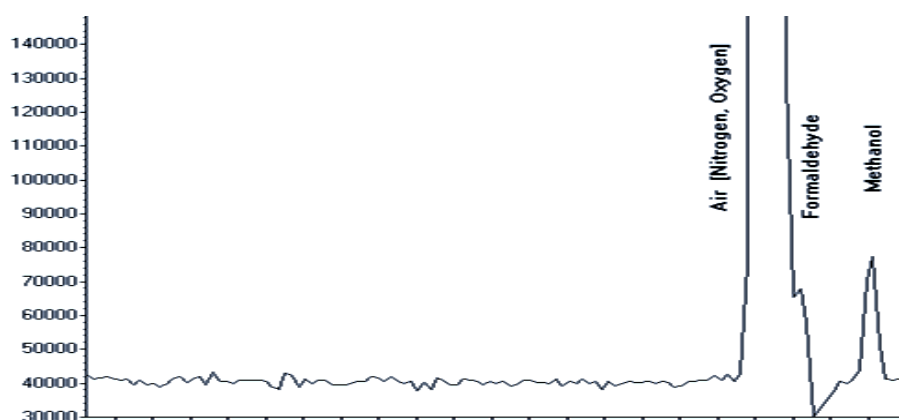


Рис. 1. Хроматограмма паровоздушной смеси клееного арболита после его изготовления

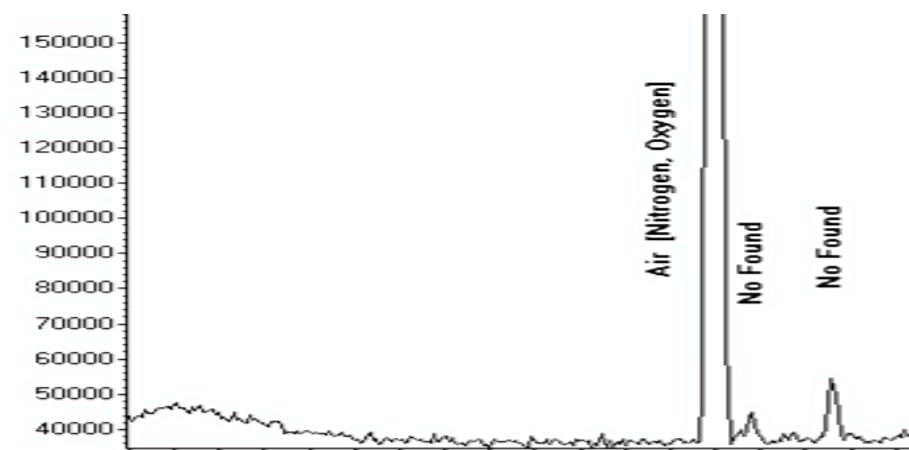


Рис. 2. Хроматограмма паровоздушной смеси клееного арболита после в течение 12 дней

После выдержки клееного арболита в течение 12 дней в составе паровоздушной смеси отсутствуют ранее обнаруженные микропримеси формальдегида (рис. 2).

Таким образом, на основе проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

1. Для снижения токсичности клееных древесных материалов, изготовленных с применением синтетических связующих и обеспечения

безопасных и комфортных условий проживания необходимо:

- применять природные клеи, полимерные тонкодисперсные порошки, поглощающих формальдегид в процессе склеивания;
- использовать новые связующие с низким классом эмиссии формальдегида;
- производить частичную замену синтетические связующие на связующие растительного происхождения;

- применять для контроля содержания свободного формальдегида более простой в техническом отношении газоаналитический метод, не требующий длительного времени и специального лабораторного оборудования.

2. Для обеспечения возможности получения арболита из древесины мягких лиственных пород необходимо использовать в качестве вяжущего карбамидоформальдегидный клей.

3. После выдержки в течение 12 дней клеевый арболит можно использовать в жилищном строительстве, т.к. в составе паровоздушной смеси отсутствуют микропримеси формальдегида.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Геоника (геомиметика). Примеры реализации в строительном материаловедении: монография. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. 196 с.
2. Варанкина Г.С. Ермолаев Б.В., Гусаков Д.С., Формирование низкотоксичных композиционных материалов с использованием «пектола» // Современные проблемы переработки древесины. Международная научно-практическая конференция СПб.: СПбГЛТУ, 2014. С. 33-37.
3. Залипаев А.А. Технология низкотемпературного склеивания хвойного шпона: дис. канд. техн. наук. СПб. 2004. 136 с.
4. Лавлинская О.В. Разработка клеевых композиций для производства фанеры пониженной токсичности: Автореф. дис. канд. техн. наук. Воронеж. 2004. 16 с.
5. Трошин Д.П. Новые связующие для производства фанеры с низким классом эмиссии формальдегида // Использование смол и клеев. Материалы Междунаро. конф. Санкт-Петербург, 8–11 апр: 2008 г. СПб: 2008. С. 78.
6. Лукаш А.А., Гришина Е.С. Дома из оцилиндрованных бревен: перспективы производства, недостатки и пути их устранения // Строительные материалы. 2013. №4. С.109–110.
7. Лукаш А.А., Лукутцова Н.П. Новые строительные материалы и изделия из древесины: монография. М: Изд-во АСВ, 2015. 288 с.
8. Лукаш А.А., Лукутцова Н.П. Методика расчета теплопроводности ограждающей конструкции переменного сечения из оцилиндрованных бревен //Жилищ. строительство. 2015. 2. С. 34–37.
9. Лукаш А.А. Обеспечение стабильности размеров и форм фанеры при ее эксплуатации //Строительные материалы.2013. №10. С.42–43.
10. Лукаш А.А. Строительные материалы и изделия из древесины мягких лиственных пород //Интеллектуальные строительные композиты для зеленого строительства: сб. докладов Междуна. науч.-практ. конф. посвящ. 70 засл. деят. науки, докт. техн. наук., проф. Лесовика В.С. Ч.2. Белгород: БГТУ, 2016. С. 187–193.
11. Серпик И.Н., Мироненко И.В., Лукаш А.А. Определение параметров отверстия для сушки оцилиндрованных бревен // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. URL: [www.science-education.ru/120-15693](http://www.science-education.ru/120-15693) (дата обращения: 04.12.2014).
12. Lukash A., Lukutsova N., Minko N. Determination of the Thermal Conductivity of Wood Insulation Materials in Conditions of Non-Stationary Heat Transfer // International Journal of Applied Engineering Research (IJAER), 2014. V. 9. № 22. Pp.16691–16700.
13. Holz-zentralblatt «Formaldehyd, VOCs und das Holz», №50, 15.12.2006, 1474.
14. Janowiak J. Methyl glucoside and lignosulphonate extenders for use with particleboard UF resins // Forest Products. 1998. № 11/12. P. 45–4.
15. Schafer M., Roffael E. On the formaldehyde release of wood // Holz Roh- und Werkst/ 2000. № 4. P. 259–264.

**Lukash A.A., Lukutsova N.P.**

### INCREASE OF ECOLOGICAL SAFETY OF COMPOSITE BUILDING MATERIALS FROM WOOD

*The article is devoted to questions of increase of ecological safety during the preparation and operation of construction materials and wood products. Described are methods of reducing the allocation of formaldehyde based on the application of the powder sinks of formaldehyde and the use of new binders with low content of formaldehyde. Revealed that the increase in environmental safety laminated building materials are also closely related to the control of toxic substances. Used in sawmills periodic random inspection of the content of free formaldehyde in wood products for a long time and requires the use of special laboratory equipment. The author substantiates the application to identify the content of free formaldehyde gas analysis method that does not require a long period of time and the use of special laboratory equipment. Proposed to be used as a binder water-resistant urea-formaldehyde adhesive. It shows that, after aging for 12 days, this composite material can be used in housing construction, because the composition of the air-steam mixture no impurities of formaldehyde.*

**Key words:** construction, cement wood, glue, strength, wood, formaldehyde

**Лукаш Александр Андреевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии деревообработки  
Брянский государственный инженерно-технологический университет.  
Адрес: Россия, 241037, Брянск, проспект Ст. Димитрова 3.  
E-mail: mr.luckasch@yandex.ru

**Лукутцова Наталья Петровна**, доктор технических наук, профессор кафедры производства строительных конструкций.  
Брянский государственный инженерно-технологический университет.  
Адрес: Россия, 241037, Брянск, проспект Ст. Димитрова 3.  
E-mail: mr.luckasch@yandex.ru

Денисова Ю.В., канд. техн. наук, доц.,  
Тарасенко В.Н., канд. техн. наук, доц.,  
Лесовик Р.В., д-р техн. наук, проф.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ДИФФУЗИОННЫЕ МЕМБРАНЫ В СОВРЕМЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

jdenisowa@mail.ru

*Выбор и использование паропроницаемой ветро-гидроизоляции на сегодняшний день является довольно важной проблемой в строительстве многоэтажных жилых домов. Правильно подобранная мембрана способна длительное время сохранять свойства утеплителя, а, как следствие, хорошо защищенный утеплитель позволяет удерживать тепло в помещениях. В статье описываются особенности монтажа, последовательность выбора и особенности самих пароизоляционных мембран. Приведены фирмы – производители, указана ценовая ниша, обозначены области использования материалов*

**Ключевые слова:** пароизоляционная мембрана, диффузионная мембрана, перфорированная, пористая волокнистая однослойная нетканая мембрана, супердиффузионная трехслойная пленочная мембрана, псевдодиффузионная мембрана.

Выбор и использование паропроницаемой ветро-гидроизоляции на сегодняшний день является довольно важной проблемой в строительстве многоэтажных жилых домов. Правильно подобранная мембрана способна длительное время сохранять свойства утеплителя, а, как следствие, хорошо защищенный утеплитель позволяет удерживать тепло в помещениях. Рынок строительных материалов предлагают всевозможные строительные диффузионные мембраны, которые отличаются физико-механическими характеристиками.

Пароизоляция защищает от проникновения и конденсации влажного воздуха из помещения, а внешняя – ветро-гидроизоляционная мембрана – от продувания холодным воздухом и попадания влаги извне. Способность мембраны проводить водяной пар обеспечивает постоянное удаление влаги из толщи теплоизоляции и всей строительной конструкции. Применение в вентилируемых фасадах отдельно выполненного ветро-гидроизоляционного экрана обеспечивает сохранение теплоизолирующих свойств системы на весь срок эксплуатации.

Виды строительных мембран:

1. Перфорированные мембраны;
2. Пористые волокнистые однослойные нетканые мембраны;
3. Двухслойные пленочные мембраны;
4. Супердиффузионные трехслойные пленочные мембраны.

По принципу работы в конструкции условно мембраны делят:

– псевдодиффузионные, у которых паропроницаемость от 20 до 300 г/м<sup>2</sup> в сутки, такие мембраны в качестве компонента «кровельного пирога» использовать нельзя. Воздух в них выходит через отверстия размером 0,5 мм, на 1 см<sup>2</sup> приходится по 2–3 таких отверстия. В качестве

примера можно привести армированные пленки Ютафол-Д, Элвитек, Свитапфол-Д и др. Использовать их можно для гидроизоляции скатной кровли с холодным чердаком;

– собственно диффузионные мембраны – это материалы для гидроизоляции кровли с паропроницаемостью от 400 до 1000 г/м<sup>2</sup> в сутки. Для их изготовления используется технология «спанбонд», за счет которой термопластичные волокна мембраны скреплены таким образом, чтобы получилась фильтрующая поверхность. Такие мембраны производятся из полиэтиленовых, полипропиленовых (например, Изоспан), полиэфирных и целлюлозных волокон. Но, нужно отметить, что в некоторых условиях эти мембраны перестают выполнять свои функции. В частности, если присутствует высокая запыленность, то поры просто забиваются. А при низких температурах (-25 °С и ниже) влага в порах мембраны превращается в лед. Поэтому такие мембраны используются для пароизоляции со стороны мансардного помещения;

– супердиффузионная мембрана имеет паропроницаемость свыше 1000 г/м<sup>2</sup> в сутки. Их можно использовать в качестве ветро- и гидроизоляции в верхнем слое «кровельного пирога», как для металлической кровли или кровли из профнастила, так и для кровли из битумных гонтов. Супердиффузионные мембраны имеют трехслойную структуру и не пропускают воздух, только – влагу. Они лишены недостатков обычных диффузионных мембран, поэтому их можно использовать и в условиях низких температур, и в условиях высокой запыленности [2].

Пароизоляционные пленки необходимы при устройстве как плоских, так и скатных крыш с любыми видами покрытий. Их функция – защитить теплоизоляционный слой от проникновения водяных паров, образующихся во внутрен-



них помещениях в результате жизнедеятельности людей (приготовление пищи, мытье пола и т.п.) и поднимающихся к кровле посредством диффузии и конвекционного переноса.

Полиэтиленовые пленки, используемые для подкровельной гидро- и пароизоляции всегда армируются специальной арматурной сеткой или тканью, что придает прочность материалу. Армированные полиэтиленовые пленки делятся на два типа – перфорированные и неперфорированные. Считается, что перфорированные пленки предназначены для гидроизоляции, а неперфорированные – для пароизоляции. Это связано с тем, что перфорированные пленки за счет редких микроотверстий имеют более высокую степень паропроницаемости ( $S_d = 1...2$  м), по сравнению с неперфорированными материалами ( $S_d = 40...80$  м). Однако паропроницаемость перфорированных пленок намного меньше необходимой. Поэтому преимущество перфорированных пленок перед неперфорированными материалами при их использовании в качестве подкровельной гидроизоляции не очень значительно. И в том, и в другом случае необходим вентиляционный зазор над поверхностью утеплителя. К тому же перфорированная пленка, как материал одностороннего применения, создает определенные неудобства в работе, в частности, связанные с образованием большого количества отходов.

Следует упомянуть, что помимо обычных армированных полиэтиленовых пленок в качестве пароизоляции применяются специальные армированные полиэтиленовые материалы, с внутренней стороны ламинированные алюминиевой фольгой (пленки с отражающим слоем). Пароизоляционные свойства таких пленок слишком высоки для помещений с нормальным температурно-влажностным режимом ( $S_d = 200$  м). Однако, подобные пленки незаменимы для пароизоляции в покрытиях жарких или влажных помещений, таких как ванны, кухни, сауны, бассейны и т.д. Что касается западных стран, то там уже достаточно давно ограничились применением полиэтиленовых пленок в качестве паронепроницаемых барьеров. Для целей гидроизоляции их используют, в основном, лишь в холодных чердачных крышах. Для гидроизоляции теплых крыш гораздо чаще применяют более совершенные пленки из полипропилена и нетканые «дышащие» мембраны.

Преимуществами армированных полипропиленовых пленок являются существенно более высокая (по сравнению с пленками из полиэтилена) прочность – около 10 кПа, а также высокая стойкость к ультрафиолетовому излучению. Благодаря этому полипропиленовые пленки при

необходимости способны в течение 12 месяцев защищать конструкции зданий от дождя и снега в период монтажа кровельного покрытия.

Полипропиленовые пленки известны на российском рынке достаточно давно благодаря тому, что с начала 90-х годов ее завозили из Финляндии вместе с остальными комплектующими, как «доборный» материал к кровле из металлочерепицы. Эксплуатация теплых крыш показала, что на обращенной к теплоизоляции поверхности гидроизоляционных пленок (как полиэтиленовых, так и полипропиленовых) часто образуется конденсат, нарушающий температурно-влажностный режим кровли. Во избежание этого на одной из сторон армированных полипропиленовых пленок стали размещать специальный антиконденсатный слой из вязкого волокна с целлюлозой. Антиконденсатный слой способен впитывать и удерживать влагу, причем его впитывающая способность настолько велика, что в критических условиях он способен вобрать в себя всю образующуюся влагу, не допуская при этом образования капель. После того, как условия конденсации исчезают, антиконденсатный слой быстро высыхает в воздушном потоке.

Очевидно, что антиконденсатные пленки имеют одностороннее применение: глянцевой поверхностью вверх, а шероховатым антиконденсатным слоем вниз. Между теплоизоляцией и пленкой обязателен вентиляционный зазор. Благодаря тому, что данный материал имеет высокую степень паронепроницаемости ( $S_d = 50...100$  м), его часто используют не только в качестве гидроизоляции, но и как пароизоляционный. В настоящее время в развитых странах полипропиленовые пленки как с антиконденсатным слоем, так и без него распространены наиболее широко. Причиной этому является их умеренная цена и, как уже говорилось, хорошие прочностные характеристики.

Мембранами считают «дышащие» пленки, обеспечивающие защиту от проникновения атмосферной влаги, оставаясь в то же время практически прозрачными для выхода изнутри водяных паров. Высокая паропроницаемость ( $S_d < 0,05$  м) достигается благодаря особой микроструктуре мембран, представляющих собой нетканые материалы из синтетических волокон.

Неоспоримым преимуществом «дышащих» мембран является то, что только они позволяют наиболее рационально использовать для теплоизоляции все подстропильное пространство. Такие мембраны, в отличие от всех других видов пленок, укладывают непосредственно на теплоизоляционный материал. Применение «дышащей» мембраны создает дополнительное про-

странство для теплоизоляции, позволяя уложить утеплитель толщиной, равной высоте стропил, что, как правило, отвечает современным нормам по теплосбережению. «Дышащие» мембраны особенно широко применяются в мансардном строительстве. Их использование является оптимальным при переоборудовании холодного чердака в мансардное помещение, без замены существующей стропильной конструкции [3].

На рынке РФ присутствуют несколько видов подкровельных «дышащих» мембран. Ос-

новные характеристики и фирмы – производители таких мембран приведены в таблице 1 [4].

Отдельно следует выделить категорию специальных мембран, к которой относят высокотехнологичные материалы, комбинирующие в себе свойства паробарьера и утеплителя.

Металлизированная мембрана, разработанная фирмами Tyvek и DuPont, состоит из волокон, на каждое из которых отдельно напыляется алюминий, что обеспечивает частичное отражение тепла при сохранении свойств диффузии.

Таблица 1

### Основные характеристики и фирмы – производители подкровельных мембран

| Название                               | Производитель | Вес м <sup>2</sup> , г | Паропроницаемость, мг/м <sup>2</sup> /24 ч |
|----------------------------------------|---------------|------------------------|--------------------------------------------|
| BRANE SM                               | Россия        | 75                     | 1000                                       |
| Ондулис SA115                          | Россия        | 115                    | 1100                                       |
| РуфИзол SD                             | Россия        | 100                    | 1250                                       |
| Стройизол SD 130                       | Россия        | 130                    | 1500                                       |
| CHESCO SD                              | Россия        | 115                    | 1200                                       |
| Fakro Euroton N35                      | США           | 135                    | 1900                                       |
| DELTA VENT N                           | Германия      | 120                    | 1750                                       |
| Tyvek solid silver (металлизированный) | Лихтенштейн   | 82                     | 1300                                       |
| Изовек Т (фольгированная)              | Россия        | 150                    | 1000                                       |

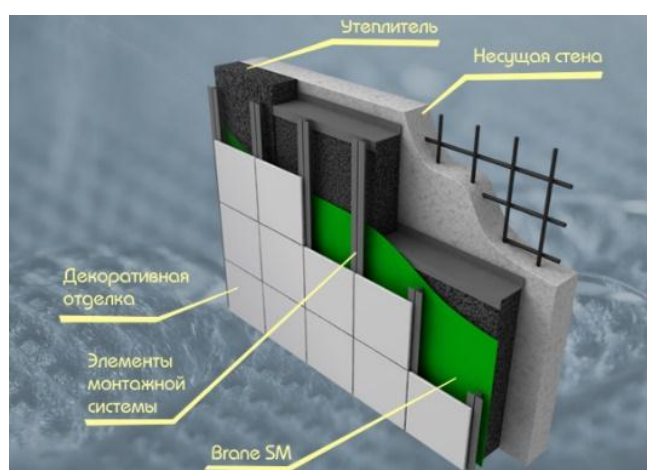


Рис. 1. Применение диффузионных мембран

Современный рынок строительных материалов предоставляет широкий выбор диффузионных мембран, однако, по результатам исследования, лучшие показатели паропроницаемости, водонепроницаемости и разрывной нагрузки

имеет трехслойная супердиффузионная мембрана. Однако, при высоких показателях паропроницаемости и прочности, данная мембрана отличается достаточно высокой стоимостью.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Денисова Ю.В. Выбор эффективного утеплителя в конструкции навесных вентилируемых фасадов // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2013. №4. С. 26–30.
2. Электронный ресурс: <http://ukroem.ru/uteplenie-kryishi/paroizolyatsiya-i-gidroizolyatsiya-krovli-svoimi-rukami>
3. Электронный ресурс: <http://www.krovlyaplyus.ru/ru/izolyatsiya>
4. Электронный ресурс: <http://www.rmnt.ru/story/isolation/802580.htm>
5. Горлов Ю.П. Технология теплоизоляционных и акустических материалов и изделий. М.: Высшая школа, 1989. 384 с.
6. Бобров Ю.Л., Овчаренко Е.Г., Шойхет Б.М., Пегухова Е.Ю. Теплоизоляционные материалы и конструкции: Учебник для средних профессионально-технических учебных заведений. М.: ИНФРА-М, 2003. 268 с.
7. Овчаренко Е.Г., Артемьев В.М., Шойхет Б.М., Жолудов В.С. Тепловая изоляция и энергосбережение // Энергосбережение. 1999. №2. С.37–42.
8. Шойхет Б.М., Ставрицкая Л.В. Эффективные утеплители в ограждающих конструкциях зданий // Энергосбережение. 2000. № 3. С.39–42.
9. Денисова Ю.В. Выбор эффективного утеплителя в конструкции навесных вентилируемых фасадов // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2013. №4. С. 26–30.
7. 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.
8. 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.
9. Lesovik R.V., Botsman L.N., Tarasenko V.N. enhancement of sound insulation of lightweight concrete based on nanostructured granular aggregate // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. № 10. 2014. С. 1789–1793.
10. 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.
11. 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.
12. Сулейманова Л.А., Ерохина И.А., Сулейманов А.Г. Ресурсосберегающие материалы в строительстве // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2007. № 7. С. 113–116.
13. Сулейманова Л.А. Энергия связи – основа конструктивных и эксплуатационных характеристик бетонов // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2007. № 9. С. 91–99.
14. Хархардин А.Н., Сулейманова Л.А., Строкова В.В. Топологические свойства полидисперсных смесей и составляющих их фракций по результатам ситового и лазерного анализов гранулометрии // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2012. № 11-12 (647). С. 114–124.
15. Сулейманова Л.А., Лесовик В.С., Глаголев Е.С. Высокая реакционная активность наноразмерной фазы кремнезема композиционного вяжущего // в сборнике: «Современные строительные материалы, технологии и конструкции». Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию ФГБОУ ВПО «ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова». Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова. 2015. С. 87–93.

---

**Denisova Y.V., Tarasenko V.N., Lesovik R.V.**

**DIFFUSION MEMBRANE IN MODERN CONSTRUCTION**

*The selection and use of vapor-permeable wind-waterproofing today is a very important problem in the construction of apartment houses. Choosing the right membrane is capable of long time to save properties of insulation and, as a consequence, well-protected insulation can keep heat in the rooms. The article describes the features of installation, sequence of choices and features themselves vapor barrier membranes. Given manufacturers are listed price niche indicated by the use of materials.*

**Key words:** vapor barrier membrane, diffusion membrane, perforated, porous nonwoven fibrous single-layer membrane three-layer film super-diffused membrane, the membrane pseudodeficiency.

---

**Денисова Юлия Владимировна**, 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: jdenisowa@mail.ru

**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

**Лесовик Руслан Валерьевич**, доктор технических наук, профессор, проректор по международной деятельности.  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.  
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д.46.  
E-mail: ruslan\_lesovik@mail.ru

<sup>1</sup>Полуэктова В.А., канд. техн. наук, доц.,<sup>1</sup>Шаповалов Н.А., д-р техн. наук, проф.,<sup>2</sup>Ломаченко Д.В., канд. техн. наук,<sup>1</sup>Столярова З.В., канд. экон. наук, доц.,<sup>1</sup>Евтушенко Е.И., д-р техн. наук, проф.<sup>1</sup>Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова<sup>2</sup>Террикон консалтантс

## МЕХАНО-ХИМИЧЕСКАЯ АКТИВАЦИЯ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА НАНОМОДИФИКАТОРОМ НА ОСНОВЕ ФЛОРОГЛЮЦИНФУРФУРОЛЬНЫХ ОЛИГОМЕРОВ\*

valpo@freemail.ru

Выявлена возможность механо-химической обработки цементного клинкера путем модифицирования поверхности частиц на наноуровне в процессе помола портландцемента. Проведены исследования модифицированного портландцемента. Доказано, что введение наномодификатора на основе флороглюцинфурфурольных олигомеров позволяет увеличить удельную поверхность и тонкость помола портландцемента; уменьшить значения нормальной плотности цементного теста; уменьшить время начала и конца сроков схватывания. При этом прочность цементно-песчаных образцов на основе механо-активированного портландцемента значительно возрастает. Определена взаимосвязь образования наноразмерного слоя из молекул модификатора, путем их адсорбции на поверхности раздела фаз, с исключительно высокими свойствами модифицированных цементов.

**Ключевые слова:** наномодификатор, механо-химическая активация, портландцемент, удельная поверхность, тонкость помола, сроки схватывания, прочность цементного камня.

Портландцемент, в качестве связующего для бетонов, на сегодняшний день остается главным строительным материалом: дома, мосты, аэродромы, шахты и многие другие сооружения строятся на 90 % из бетонов.

Механо-химическая активация цементных композиций, повышение её эффективности относится к числу наиболее актуальных задач при получении специальных бетонов и композиционных материалов на их основе с заданными свойствами.

Активация – это процесс обработки цемента, воды затворения, готового цементного раствора либо цементных композиций различными химическими, физическими, физико-химическими и механическими методами для улучшения или более полного использования свойств цемента. Активация позволяет увеличить удельную поверхность частиц, приводит к изменению поверхностной структуры частиц, возникновению физических дефектов в подрешетках минералов, ускоряющих и усиливающих взаимодействия поверхностного слоя с водой [1–2].

Значение удельной поверхности является важным показателем качества цемента. В Европейском Союзе данная характеристика регламентируется стандартом EN 197-1:2000, в Российской Федерации пока еще нет аналогично стандарта, регламентирующего значение удельной поверхности для определенного вида цемента. Для примера завод «Дуна-Драва цемент»

(Венгрия) принадлежащий корпорации «Хайдельберг цемент», являющейся крупнейшей на мировом рынке цемента, выпускает цемент согласно европейским стандартам. Требуемое данным стандартом значение удельной поверхности например для CEM I 42,5N и CEM I 52N соответственно равны 3200 и 3850 см<sup>2</sup>/г.

Следует отметить, что значение удельной поверхности для каждого вида цемента регламентируют и стандарты других стран мира, в частности стандарт США ASTM C 150, канадский стандарт CSA A 3001 и многие другие.

Анализ показал, что удельная поверхность большинства российских цементов колеблется в пределах 2800–3000 см<sup>2</sup>/г. Эта величина является одной из важнейших характеристик цемента. Например, высокое значение удельной поверхности приводит к исключению водоотделения в бетонных смесях. При низких значениях водоотделение бетонной смеси подвижности ПЗ-П5 может достигать 5 см.

Применение суперпластифицирующих добавок, которые в большинстве случаев являются поверхностно-активными веществами (ПАВ) и обладают водоредуцирующими свойствами, позволяет существенно увеличить удельную поверхность [3–13]. Исследования и анализ показали, что ПАВ можно применять при помоле по двум причинам:

1) ПАВ обладают высокой способностью проникать в малейшие трещины и дефекты поверхности, создавая тем самым расклиниваю-

щий эффект.

2) ПАВ, адсорбируясь на поверхности частиц, препятствует процессу агрегации и предотвращает их слипание в дальнейшем.

В качестве модификатора поверхности частиц цементного клинкера при механообработке (помол) был выбран суперпластификатор на основе флороглюцинфурфурольных олигомеров, молекулы которого, адсорбируясь на поверхности частиц раздела фаз, образуют наноразмерный модифицирующий слой [14–18].

Помол клинкера и исследования физико-механических характеристик проводились по

ГОСТ 310.2-76. Помол цементного клинкера производился в шаровых лабораторных мельницах. К клинкеру был добавлен гипс в количестве 5 %, а также исследуемая добавка модификатора в следующих количествах: 0,01 %; 0,02 %; 0,03 %; 0,04 %; 0,05 %.

Измерение удельной поверхности проводили методом воздухопроницаемости по стандартной методике [19]. Полученные результаты величины удельной поверхности от количества введенного при помолке модификатора представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Удельная поверхность модифицированных частиц портландцемента**

| Количество добавки, %                        | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,05 |
|----------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Удельная поверхность, $\text{см}^2/\text{г}$ | 2960 | 3617 | 3813 | 4025 | 3803 | 3818 |

Помол цементного клинкера производили одинаковое количество времени, причем контрольный образец не содержал добавки. Из приведенных данных видно, что во всех случаях (без исключения) при добавлении модификатора величина удельной поверхности значительно увеличилась, более того можно отметить пропорциональное увеличение при добавлении до 0,03 % модификатора, а затем ее значение несколько снизилось и в дальнейшем фактически меняется незначительно.

Проведенные исследования подтвердили вышесказанное о возможности совместного по-

мола и способности суперпластификаторов, к которым относится и исследуемый наномодификатор поверхности [15], увеличивать удельную поверхность портландцемента.

Из табл. 1 видно, что оптимальное количество добавки составляет 0,03 %, при введении данного количества удельная поверхность увеличивается более чем на 35 %.

Следующим этапом работы было исследование остатков на сите 008. Результаты испытаний и динамика их изменения представлены на рис. 1.

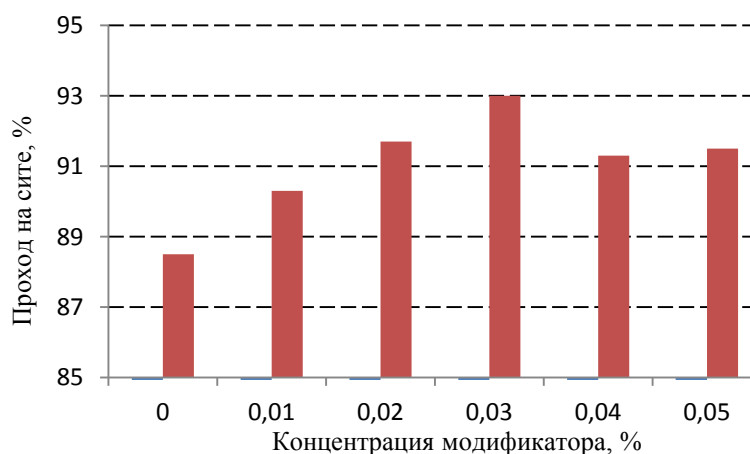


Рис. 1. Зависимость прохода цемента через сито 008 от концентрации модификатора

Как видно на диаграмме увеличение мелкой фракции составляет 5 %, при введении оптимального количества добавки.

Сравнение данных по удельной поверхности цемента и проходу через сито 0,08 хорошо коррелируются между собой: при концентрациях модификатора до 0,03 % происходит плавный рост измеряемых параметров, а при дальнейшем увеличении концентрации добавки особых изменений в тонкости помола не наблюдается.

Как известно, увеличение тонкости помола и соответственно увеличение удельной поверхности цемента, оказывает непосредственное влияние на нормальную плотность цементного теста. В частности, с увеличением данных характеристик величина нормальной плотности цемента снижается.

Нормальная плотность цементного теста является важным параметром, она характеризует количеством воды затворения, в процентах, необ-

ходимым для нормированной консистенции цементной суспензии. Была измерена нормальная густота цементного теста, полученные результаты приведены в табл. 2.

Из табл. 2 хорошо видно, что с увеличением концентрации модификатора нормальная густота снижается, что свидетельствует о водопонижающей способности данной добавки. Значения

нормальной густоты цементной пасты в изучаемом диапазоне концентраций модификатора уменьшаются до 10 %. Это соответствует снижению водопотребности в цементсодержащих композициях, и как следствие описанный способ механо-химической активации цемента может привести к увеличению прочности цементного камня.

Таблица 2

### Зависимость нормальной густоты модифицированного цемента от количества добавки

| Количество добавки, % | 0,00  | 0,01  | 0,02  | 0,03  | 0,04  | 0,05  |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Нормальная густота, % | 23,28 | 23,03 | 22,43 | 21,78 | 20,88 | 20,78 |

Стандарты многих развитых стран мира в отличие от российского ГОСТа предъявляют более высокие требования к срокам схватывания цементной смеси, это в некотором роде обусловлено качеством и тонкостью помола цемента. Российские стандарты устанавливают срок конца схватывания до 4,5 часа, в то время как европейские нормируют ускоренные сроки схватывания. Например, по EN 197-1.2000 для класс цемента CEM I 42,5N начало схватывания

180 мин, а конец 230 мин, для CEM I 52N начало – 150 мин, конец – 210 мин. Такие высокие требования особенно важны в условиях наращивания темпов и объемов строительства, поскольку позволяет существенно сократить сроки возведения конструкций.

Были проведены исследования по изучению влияния различных концентраций предлагаемого модификатора на изменение сроков схватывания цементов (рис. 2).

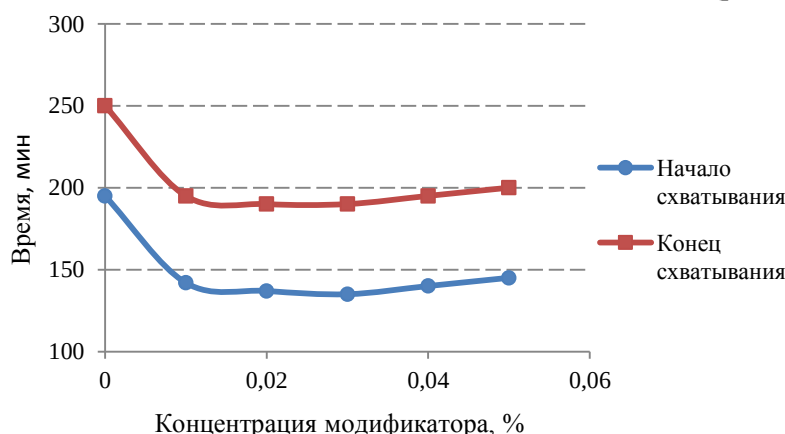


Рис. 2. Влияние модификатора на сроки схватывания портландцемента

Из рис. видно, что введение при помоле клинкера оптимального количества предлагаемого наномодификатора (0,3 %) начало схватывания уменьшается на 30 % и составляет 2 часа 15 мин, а время конца схватывания уменьшается на 24 % до 3 часов 10 минут.

Результаты еще раз подтвердили то, что сроки схватывания взаимосвязаны с величиной удельной поверхности цемента и тонкостью его помола, чем выше удельная поверхность, тем сроки схватывания меньше.

Полученные данные позволили предположить, что прочность образцов цементов, полученных с исследуемым модификатором, будет выше контрольных образцов. Поэтому в соответствии с ГОСТ были проведены испытания на прочность цементно-песчаных образцов. Водоцементное отношение подбирали в соответствии с данными, полученными при измерении нормальной густоты. Данные испытаний представлены в табл. 3.

Таблица 3

### Результаты испытаний модифицированного цемента на прочность

| Концентрация модификатора, % | 0    | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,05 |
|------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Прочность на сжатие, МПа:    |      |      |      |      |      |      |
| 3 сут.                       | 31,0 | 31,5 | 31,9 | 31,9 | 31,6 | 31,5 |
| 28 сут.                      | 51,4 | 53,8 | 56,3 | 56,7 | 55,7 | 55,5 |



Анализируя данные таблицы, можно сказать, что механо-химическая обработка портландцемента практически не влияет на набор прочности в ранние сроки. Однако, прочность на сжатие цементно-песчаных образцов в возрасте 28 суток увеличивается на 23 %, что можно использовать для сокращения расхода цемента в бетонных изделиях. Как показывают данные, сокращение расхода цемента может достигать 15 ...20 % [4–7].

Проведенные исследования позволили сформулировать следующие выводы: введение наномодификатора на основе флороглюцинфурфурольных олигомеров в количестве 0,03 % от массы цемента позволяет увеличить удельную поверхность и тонкость помола более чем на 35 % и 3 % соответственно; уменьшить значения нормальной густоты цементного теста на 10 %; уменьшить начало срока схватывания на 30 %, конец – на 24 %. При этом прочность образцов на основе механо-активированного портландцемента возрастает 23 %.

Таким образом, механо-химическая обработка цементного клинкера путем модифицирования поверхности частиц на наноуровне в процессе помола портландцемента повышает качество последнего.

*\*Работа выполнена в рамках научного проекта № 14-41-08015 р\_офи\_м при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Белгородской области.*

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Плотников В.В. Повышение эффективности механо-химической активации цементных композиций в жидкой среде: : дис. ... д-ра техн. наук. М.: 2000. 427 с.
2. Слюсарь О.А., Шаповалов Н.А., Прохина А.В. Поверхностные свойства глин, модифицированных СВЧ-излучением // Огнеупоры и техническая керамика. 2015. № 3. С. 27–30.
3. Шаповалов Н.А., Полуэктова В.А. Поверхностно-активные модификаторы для водных минеральных суспензий, применяемых в строительной индустрии // В сборнике: Региональная научно-техническая конференция по итогам конкурса ориентированных фундаментальных исследований по междисциплинарным темам, проводимого Российским фондом фундаментальных исследований и Правительством Белгородской области Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2015. С. 469–476.
4. Слюсарь А.А., Шаповалов Н.А., Полуэктова В.А. Регулирование реологических свойств цементных смесей и бетонов добавками на основе оксифенолфурфурольных олигомеров // Строительные материалы. 2008. №7. С.42–43.
5. Shapovalov N.A., Slyusar O.A. Complex diluting additives for kaoline suspensions // World Applied Sciences Journal. 2013. Т. 24. № 11. С. 1473–1477.
6. Shapovalov N.A., Slyusar O.A. Influence of complex additives on electrosuperficial properties of kaolin suspensions // World Applied Sciences Journal. 2013. Т. 24. № 11. С. 1478–1482.
7. Shapovalov N.A., Slyusar O.A., Skuryatina E.Y. Additive for kaolin suspensions on the basis of production wastes // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Т. 10. № 5. С. 12341–12352.
8. Шаповалов Н.А., Слюсарь А.А., Слюсарь О.А. Влияние олигомерных электролитов на агрегативную устойчивость и реологические свойства водных минеральных суспензий // Коллоидный журнал. 2006. Т. 68. № 3. С. 384–390.
9. Poluektova V.A., Makushchenko I.S., Chernikov R.O. Comparative analysis of the effectiveness hyper – and superplasticizers in mineral suspensions // В сборнике: Science, technology and Higher Education Materials of the IX International Research and Practice conference. 2015. С. 185–192.
10. Valentina A. Poluektova, Nikolay A. Shapovalov and Andrey I. Gorodov. Modifiers On The Base Of Oxyphenol Chemical Production Waste For The Industrial Mineral Suspensions // International journal of applied engineering research. 2015. Т 10. №21. С. 42654–42657.
11. Poluektova V.A., Shapovalov N.A., Kosukhin M.M., Slusar A.A. Plasticizing Additives For Water Mineral Dispersions On The Basis Of Oxyphenol Oligomers // Advances in Natural and Applied Sciences. 2014. Т. 8. № 5. С. 373–379.
12. Полуэктова В.А. Регулирование реологических свойств и агрегативной устойчивости водных минеральных суспензий суперпластификатором на основе флороглюцинфурфурольных олигомеров: дис. ... канд. техн. наук / Белгород, 2006. 162 с.
13. Слюсарь А.А., Полуэктова В.А., Здоренко Н.М. Суперпластификатор СБ-ФФ как добавка для цементных и бетонных смесей // Известия вузов. Строительство. 2006. №10. С. 16–20.
14. Полуэктова В.А., Шаповалов Н.А., Мухачева В.Д., Макущенко И.С. Проблемы синтеза флороглюцинфурфурольных олигомеров и их анализ по инфракрасным спектрам // Современные проблемы науки и образования. 2015. №1–1. С. 122.
15. Шаповалов Н.А., Полуэктова В.А. Наномодификатор для цементных смесей и бетона // Вестник Белгородского государственного тех-



нологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 5. С. 72–76.

16. Полуэктова В.А., Шаповалов Н.А., Слюсарь А.А. Суперпластификатор на основе флороглюцинофурфурольных олигомеров для водных минеральных суспензий. Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. 108 с.

17. Полуэктова В.А., Шаповалов Н.А., Баятинская Л.Н. Синтез и строение суперпластификаторов на основе оксифенольных олигомеров //

Фундаментальные исследования. 2013. № 11-6. С. 1136–1141.

18. Полуэктова В.А., Шаповалов Н.А., Баятинская Л.Н. Адсорбция оксифенолфурфурольных олигомеров на дисперсных материалах // Фундаментальные исследования. 2012. № 11-6. С. 1470–1474.

19. Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии: учебник для вузов. 3-е изд., исправл.-СПб: Химия, 1995. 400с.

---

**Poluectova V.A., Shapovalov N.A., Lomachenko D.V., Stolyarova Z.V., Evtushenko E.I.**

**MECHANICAL CHEMICAL ACTIVATION OF PORTLAND CEMENT**

**BY NANOMODIFIER BASED ON FLOROGLUCINFURFUROL OLIGOMERS**

*It was identified the possibility of mechanical chemical treatment of cement clinker by modifying the surface of the particles at the nanoscale in grinding process of Portland cement. Studies on modified Portland cement were carried out. It was proved that the introduction of the nanomodifier based on floro-glucinfurfurol oligomers allows to increase the specific surface and grinding fineness of Portland cement; to reduce the value of the normal density of cement stuff; to minimize the setting time. Meanwhile the strength of the cement-sand samples based on mechanical activated Portland cement increases significantly. It was defined the fact of forming of the nano layer from molecules of modifier by adsorption on the surface of the phases border with extremely high properties of modified cement.*

**Key words:** nanomodifier, mechano-chemical activation, Portland cement, surface grinding fineness, setting time, strength of a cement stone.

---

**Полуэктова Валентина Анатольевна**, кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической и прикладной химии.

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

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

E-mail: valpo@freemail.ru

**Шаповалов Николай Афанасьевич**, доктор технических наук, профессор, первый проректор.

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

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

E-mail: valpo@freemail.ru

**Ломаченко Дмитрий Владиславович**, кандидат технических наук.

Терракон консалтантс.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д.34.

E-mail: dsubwayl@yahoo.com

**Столярова Злата Владиславовна**, кандидат экономических наук, доцент кафедры теории и методологии науки.

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

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

E-mail: zlatast@mail.ru

**Евтушенко Евгений Иванович**, доктор технических наук, профессор, проректор по научной работе.

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

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

E-mail: valpo@freemail.ru

Сулейманова Л.А., д-р техн. наук, проф.,  
Погорелова И.А., канд. техн. наук, доц.,  
Кириленко С.В., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## НАУЧНО-ОБОСНОВАННАЯ МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРЕДЕЛА ДЛИТЕЛЬНОЙ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА И ЕГО ПРОЧНОСТИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СКОРОСТЯХ ПРИЛОЖЕНИЯ НАГРУЗКИ

ludmilasuleimanova@yandex.ru

Предложена научно-обоснованная методика, учитывающая увеличение прочности цементного бетона со временем, что влияет на величину предела его длительного сопротивления разрушению, а конкретно, приводит к снижению относительного предела длительной прочности. Это объясняется тем, что при загрузке бетона постоянной нагрузкой в раннем возрасте процесс упрочнения материала превалирует над процессом разрушения, что сказывается на относительном пределе длительной прочности бетона.

**Ключевые слова:** методика, прочность, предел длительной прочности, бетон, работа, скорость приложения нагрузки, длительность испытания, сопротивление разрушению.

Для обеспечения долговечности железобетонных конструкций очень важно уметь достоверно определять, осуществлять систематический контроль и надежно использовать прочность бетона в конструкциях, эксплуатирующихся при воздействии различных режимов нагрузки и условиях окружающей среды. Предлагается сравнительно простая методика определения прочности бетона, отражающая влияние режима и условий испытания его на прочность. В основу методики положен энергетический подход к оценке потенциальных возможностей бетона, когда его несущая способность определяется количеством работы, которая необходима для разрушения материала единичного объема (предел технических возможностей бетона) [1–7], определяемая по формуле:

$$A_p = \int_0^{\varepsilon_p} R d\varepsilon \quad (1)$$

При наличии конкретной зависимости  $R-\varepsilon$

$$A_p = \eta R_{пр} \varepsilon_p \quad (2)$$

где  $R_{пр}$  – призмная прочность при стандартном испытании;  $\varepsilon_p$  – относительная полная разрушающая деформация образца, которую он претерпевает при  $R_{пр}$ ;  $\eta$  – коэффициент, характеризующий отношение площади под диаграммой «нагрузка–деформация» к площади прямоугольника со сторонами  $R_{пр}$  и  $\varepsilon_p$ . Для удобства в расчетах  $\eta$  принимается равным единице, что не сказывается заметно на конечных результатах при определении относительных величин прочности.

Как подтверждают многочисленные экспериментальные данные (табл. 1 [4, 5],

табл. 2 [9], табл. 3 [10], табл. 4 [11], табл. 5 [12], табл. 6 [13]),  $A_p$  является строго определенной и постоянной для данного конкретного вида, состава бетона и вида напряженного состояния при условии отсутствия упрочнения его во времени и не зависит от режима испытания образцов.  $A_p$  всегда можно определить при наличии зависимости  $R-\varepsilon$ , полученной при стандартном режиме испытания призм.

Если знать, как изменяется величина полной относительной деформации бетона в зависимости от длительности приложения нагрузки, т.е. зависимость  $\varepsilon_p^t = f(t)$  его прочность можно всегда рассчитать по выражению

$$R_t = \frac{A_p}{\varepsilon_p^t} \quad (3)$$

Правильность такого подхода к определению прочности бетона при различной длительности испытания образцов продемонстрирована на рис. 1, из которого видно, что результаты расчета  $R_t$  по формуле хорошо подтверждаются опытами.

Таблица 1

### Результаты испытания керамзитобетонных призм при различной продолжительности приложения нагрузки

| Длительность испытаний, мин | $R_{пр}$ , МПа | $\varepsilon_p \times 10^5$ | $A_p = R_{пр} \varepsilon_p$ , Дж | Максимальная разница, % |
|-----------------------------|----------------|-----------------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| 15                          | 17,1           | 244                         | 0,042                             | 5                       |
| 60                          | 16             | 240                         | 0,038                             |                         |
| 150                         | 15,6           | 264                         | 0,041                             |                         |

Таблица 2

## Влияние скорости нагружения на свойства бетона и раствора

| Материал                                                     | Скорость нагружения, МПа/мин | $R_{пр}$ , МПа | $\varepsilon_p \times 10^5$ , при $R=0,9R_{пр}$ | $\varepsilon_p \times 10^6$ , найденное по экстраполяции | $A_p = R_{пр}\varepsilon_p$ , Дж | Максимальное отклонение, % |
|--------------------------------------------------------------|------------------------------|----------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------|
| Тяжелый бетон на гравии (Ц= 350кг/м <sup>3</sup> , В/Ц=0,53) | 0,052<br>2,17                | 14,18<br>15,0  | 865<br>830                                      | 1060<br>990                                              | 0,015<br>0,0148                  | 1,4                        |
| Керамзитобетон                                               | 0,07<br>2,0                  | 15,35<br>16,45 | 1325<br>1275                                    | 1650<br>1475                                             | 0,0253<br>0,0242                 | 4,5                        |
| Цементный раствор                                            | 0,1<br>2,0                   | 23,0<br>26,6   | 1620<br>1520                                    | 2050<br>1950                                             | 0,047<br>0,052                   | 11                         |
| Тяжелый бетон                                                | 0,1<br>2,0                   | 23,1<br>25,4   | 840<br>820                                      | 1030<br>1000                                             | 0,0238<br>0,0254                 | 7                          |
| Пемзобетон                                                   | 0,047<br>0,693               | 6,57<br>6,96   | 1300<br>1340                                    | 1600<br>1620                                             | 0,0105<br>0,0112                 | 6,5                        |
| Туфобетон                                                    | 0,037<br>0,67                | 12,26<br>12,53 | 2577<br>2520                                    | 3050<br>2900                                             | 0,0375<br>0,0365                 | 3                          |

Таблица 3

## Результаты испытания растворных балочек 4×4×30 см на изгиб

| № п/п            | $R_{изг}$ , МПа при скорости нагружения, МПа/с |      |       | Прогибы в мм при скорости нагружения, МПа/с |        |       | $A_p = R_{изг}f$ , Дж, при скорости нагружения, МПа/с |       |       |
|------------------|------------------------------------------------|------|-------|---------------------------------------------|--------|-------|-------------------------------------------------------|-------|-------|
|                  | 200                                            | 0,1  | 0,001 | 200                                         | 0,1    | 0,001 | 200                                                   | 0,1   | 0,001 |
| 1                | 6,15                                           | 5,15 | 4,8   | 0,04                                        | 0,052  | 0,058 | 0,394                                                 | 0,427 | 0,445 |
| 2                | 6,1                                            | 5,0  | 4,55  | 0,048                                       | 0,06   | 0,068 | 0,47                                                  | 0,48  | 0,495 |
| 3                | 6,05                                           | 5,3  | 5,15  | 0,042                                       | 0,05   | 0,053 | 0,405                                                 | 0,423 | 0,436 |
| 4                | 5,5                                            | 4,5  | 4,0   | 0,03                                        | 0,041  | 0,046 | 0,264                                                 | 0,295 | 0,294 |
| 5                | 7,0                                            | 5,65 | 5,05  | 0,055                                       | 0,073  | 0,086 | 0,62                                                  | 0,66  | 0,69  |
| 6                | 5,4                                            | 4,55 | 4,25  | 0,04                                        | 0,051  | 0,056 | 0,345                                                 | 0,37  | 0,38  |
| 7                | 7,2                                            | 5,6  | 5,0   | 0,06                                        | 0,09   | 0,11  | 0,69                                                  | 0,8   | 0,88  |
| 8                | 7,2                                            | 6,2  | 5,7   | 0,048                                       | 0,061  | 0,069 | 0,55                                                  | 0,6   | 0,63  |
| 9                | 5,8                                            | 5,15 | 5,0   | 0,039                                       | 0,046  | 0,049 | 0,36                                                  | 0,375 | 0,39  |
| Среднее значение | 6,3                                            | 5,23 | 4,83  | 0,0447                                      | 0,0582 | 0,066 | 0,45                                                  | 0,49  | 0,51  |

Таблица 4

## Результаты испытания газобетона на сжатие

| Скорость нагружения, МПа/с | $R_{пр}$ , МПа | $\varepsilon_p \times 10^3$ | $A_p = R_{пр}\varepsilon_p$ , Дж |
|----------------------------|----------------|-----------------------------|----------------------------------|
| 0,1                        | 5,9            | 2,6                         | 0,0154                           |
| 0,05                       | 5,5            | 2,2                         | 0,0121                           |
| 0,025                      | 5,85           | 2,6                         | 0,0152                           |
| 0,001                      | 4,95           | 3,0                         | 0,0149                           |

Таблица 5

## Результаты испытания различных видов полимербетона на сжатие

| Материал | $A_p$ в Дж при режиме нагружения                     |                                                               | Отклонение результатов, % |
|----------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------|
|          | Кратковременное нагружение со скоростью 60 МПа в мин | Длительное действие постоянной нагрузки, превышающей $R_{дл}$ |                           |
| ФА       | 0,21                                                 | 0,192                                                         | 9                         |
| ФА-д     | 0,25                                                 | 0,295                                                         | 18                        |
| ФАМ      | 0,36                                                 | 0,33                                                          | 8                         |
| ФАМ-д    | 0,34                                                 | 0,39                                                          | 15                        |

Таблица 6

## Результаты испытания тедзамитобетона на сжатие

| Скорость нагружения,<br>МПа/с | $R_{пр}$ , МПа | $\varepsilon_p \times 10^3$ | $A_p = R_{пр} \varepsilon_p$ , Дж | Максимальное<br>отклонение, % |
|-------------------------------|----------------|-----------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| 0,13                          | 18             | 278                         | 0,05                              | 8                             |
| 925                           | 22,5           | 240                         | 0,054                             |                               |

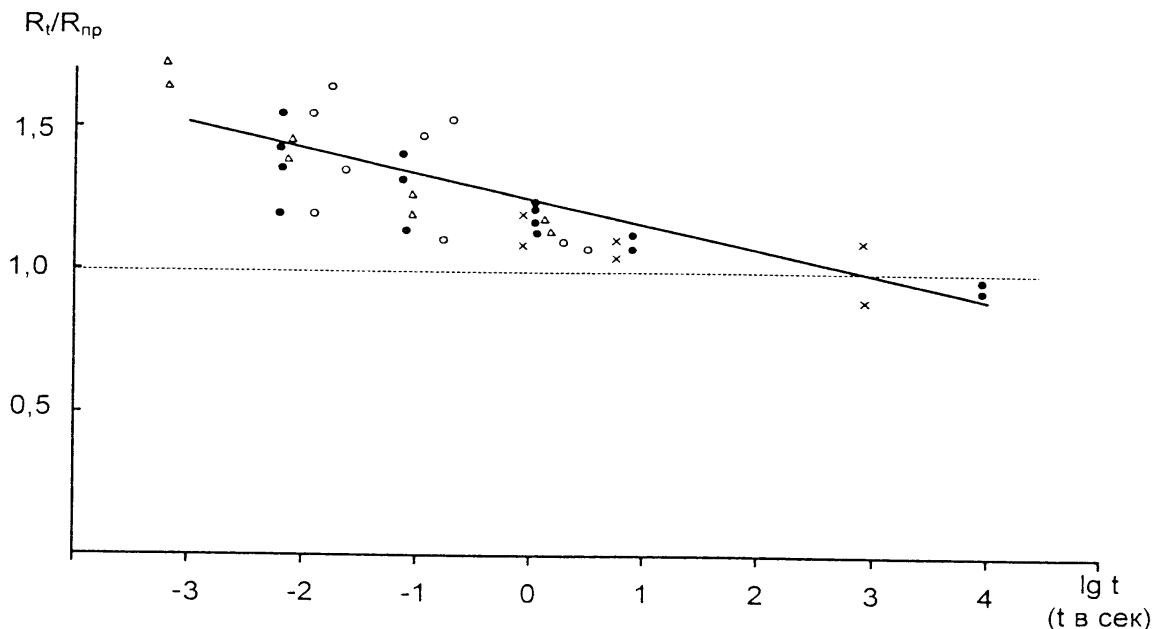


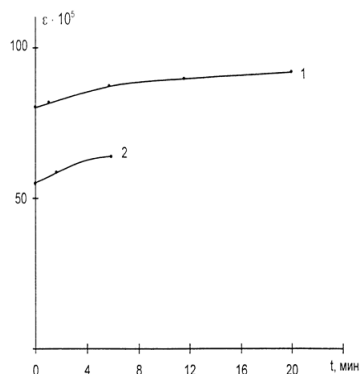
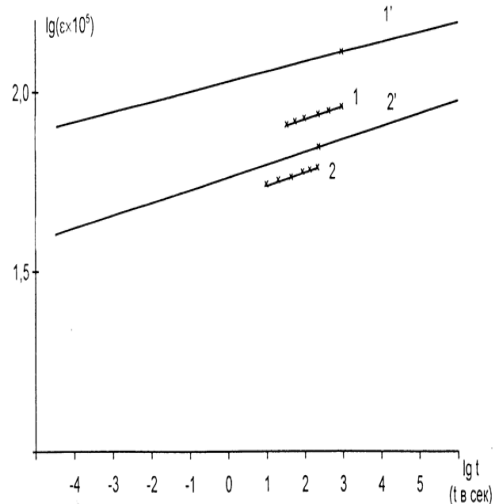
Рис. 1. Расчетная зависимость относительной прочности керамзитобетона от продолжительности испытания образцов (по предлагаемой методике):

× – опытные данные авторов; ● – данные [14]; Δ – данные [15]; ○ – данные [16]

Зависимость  $\varepsilon_p^t = f(t)$  для каждого

конкретного бетона предлагается определять по следующей методике.

Бетонные призмы загружаются постоянной нагрузкой, равной примерно  $(0,8...0,85)R_{пр}$  на обычных прессах и выдерживаются в течение 10...20 мин. При этом замеряются деформации призм как сразу после нагружения, так и в течение 10...20 мин. Строится зависимость  $\varepsilon_p^t = f(t)$  в обычных и логарифмических координатах (рис. 2, 3).

Рис. 2. Изменение относительной деформации керамзитобетона (1) и тяжелого бетона (2) со временем при постоянном  $R = 0,8R_{пр}$ Рис. 3. График изменения относительных деформаций образцов в зависимости от длительности их испытаний (в логарифмических координатах). Опытные значения деформаций при  $R = 0,8R_{пр}$ :

1 – для керамзитобетона; 2 – для тяжелого бетона.

Расчетные значения разрушающих деформаций: 1' – для керамзитобетона; 2' – для тяжелого бетона

Аналогичный принцип положен в основу методики определения предела длительной прочности бетона.

В данном случае удобно рассмотреть поведение под нагрузкой полимербетона (табл. 5). На рис. 4 представлена зависимость  $R-\varepsilon$ , полученная при кратковременном и длительном испытаниях полимербетона ФА.

По формуле (2):

$$A_{\text{разр}} = 488 \times 430 \times 10^{-5} = 0,21 \text{ Дж.}$$

Зададимся несколькими значениями  $R$  (например, как минимум, тремя - четырьмя) - 10,0; 15,0; 20,0; 21,5 МПа. При принятых значениях  $R$  рассчитываем величины  $A$  с учетом длительного действия нагрузки:

$$A_1 = 100 \times 140 \times 10^{-5} = 0,014 \text{ Дж,}$$

$$A_2 = 150 \times 230 \times 10^{-5} = 0,0345 \text{ Дж,}$$

$$A_3 = 200 \times 400 \times 10^{-5} = 0,08 \text{ Дж,}$$

$$A_4 = 215 \times 490 \times 10^{-5} = 0,106 \text{ Дж.}$$

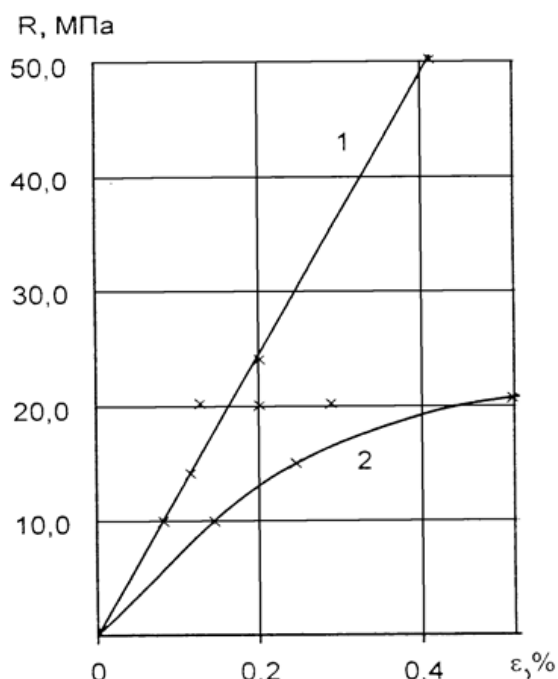


Рис. 4. Зависимость кратковременных (1) и полных (2) относительных деформаций полимербетона от напряжений

На основе полученных данных строим зависимость  $R-A$  (рис. 5), в соответствии с которой расчетная величина  $R_{\text{дл}}$ , для полимербетона равна 25,0 МПа или  $0,51R$ , а опытная -  $0,5R$ , т.е. опыт хорошо подтверждает расчет. Упрочнение полимербетона во времени отсутствует, а, следовательно, и работа, необходимая для разрушения материала, является постоянной величиной. В то же время процесс разрушения материала вследствие его ползучести прогрессирует со временем.

А это значит, что при загрузении полимербетона ( $R = 0,5R_{\text{пр}}$ ) он разрушится через весьма длительное время. Если же нагрузка на него будет превышать  $R_{\text{дл}}$ , то разрушение наступит в более короткие сроки.

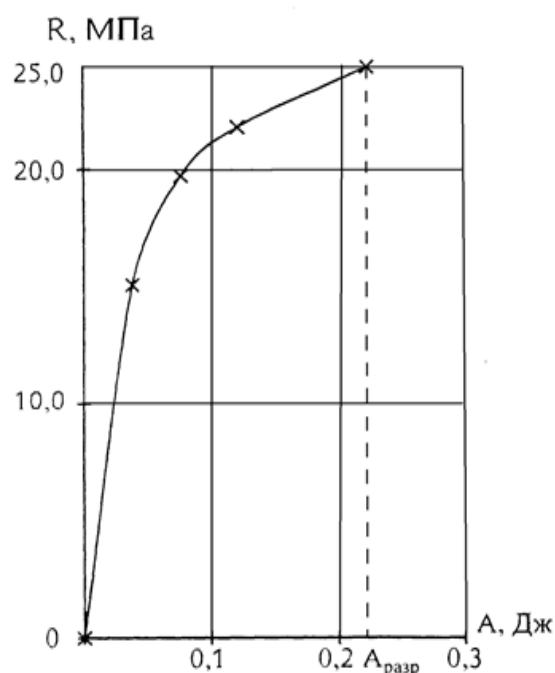


Рис. 5. Зависимость  $R-A$  для полимербетона ФА

Для убедительности длительная прочность определена для различных видов полимербетона (табл. 7).

Таблица 7

#### Результаты испытания полимербетонов

| Вид полимербетона | $R_{\text{пр}}$ , МПа | Относительные деформации при ползучести при $R = 0,5R_{\text{пр}}$ , $\varepsilon \cdot 10^5$ | Полные относительные длительные деформации при $R = 0,5R_{\text{пр}}$ , $\varepsilon \cdot 10^5$ | Значения $R_{\text{дл}}/R_{\text{пр}}$ |         |
|-------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------|
|                   |                       |                                                                                               |                                                                                                  | Определены по методике автора          | Опытные |
| ФА-д              | 65,0                  | 35                                                                                            | 125                                                                                              | 0,71                                   | 0,6     |
| ФАМ-д             | 96,0                  | 20                                                                                            | 130                                                                                              | 0,63                                   | 0,6     |
| ФАМ               | 84,6                  | 85                                                                                            | 210                                                                                              | 0,57                                   | 0,55    |
| ФА                | 48,8                  | 105                                                                                           | 230                                                                                              | 0,51                                   | 0,5     |

Из табл. 7 видно, что значения  $R_{\text{дл}}$ , определенные по вышеизложенной методике, имеют удовлетворительную сходимость с опытными данными.

В соответствии с предлагаемой методикой определяется такой уровень длительной нагрузки (условие  $A = A_{\text{разр}}$ ), при котором образец разрушится через определенный

длительный промежуток времени. Следовательно, относительный предел длительной прочности бетона должен приниматься несколько ниже этого уровня, например для ФАМ-д (96 МПа) – 0,6; ФАМ (84,6 МПа) – 0,55; ФА (48,8 МПа) – 0,5 и т.д.

Полимербетон и цементный бетон отличаются только видом вяжущего, что естественно отражается на их свойствах. Но оба материала в принципе не отличаются по структуре, а поэтому физическая сущность процесса разрушения этих материалов одина, как и методика определения предела длительной прочности, что и подтверждают наши эксперименты.

Увеличение прочности цементного бетона со временем учитывается предлагаемой научно-обоснованной методикой и влияет на величину предела его длительного сопротивления разрушению, а конкретно, приводит к снижению относительного предела длительной прочности. Это объясняется тем, что при загрузке бетона постоянной нагрузкой в раннем возрасте процесс упрочнения материала превалирует над процессом разрушения, что и сказывается вышеуказанным образом на относительном пределе длительной прочности бетона.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гладков Д.И., Сулейманова Л.А. Поведение бетона под нагрузкой и оценка его потенциальных возможностей // В сб.: Эффективные конструкции и материалы зданий и сооружений. Белгород, БелГТАСМ, 1999. С. 13–21.
2. Гладков Д.И., Сулейманова Л.А. Закономерности сопротивления бетона различным разрушающим факторам // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2003. №5. Ч.1. С. 254–262.
3. Гладков Д.И., Сулейманова Л.А. Прочность – интегральная характеристика бетона // В сб.: Бетон и железобетон в третьем тысячелетии. Р-н/Дону: РГСУ, 2004. Т.2. С. 113–118.
4. Гладков Д.И. Физико-химические основы прочности бетона и роль технологии в ее обеспечении. Белгород: Изд-во БГТУ, 2004. 293 с.
5. Gladkov D.I., Suleimanova L.A., Nesterov A.P. Strength has an integral characteristic of concrete // Proceedings of the International Conference on Cement Combinations for Durable Concrete 2005 International Congress – Global Construction: Ultimate Concrete Opportunities. Ser. "Cement Combinations for Durable Concrete – Proceedings of the International Conference" sponsors: Institution of Civil Engineers, American Concrete Institute, Japan Society of Civil Engineers, University of Dundee, UK; editors: Dhir R.K., Harrison T.A., Newlands M.D., University of Dundee, Concrete Technology Unit. Dundee, Scotland, 2005. С. 701–707.
6. 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.
7. Сулейманова Л.А. Энергия связи – основа конструктивных и эксплуатационных характеристик бетонов // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2007. № 9. С. 91–99.
8. Сулейманова Л.А. Поведение бетона под нагрузкой, механизм его разрушения и оценка этого процесса // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 1. С. 68–75.
9. Квирикадзе О.П. О зависимости между деформациями бетона и скоростью нагружения. – Тбилиси, из-во АН ГССР, 1962. 126 с.
10. Грушко И.М., Глущенко Н.Ф., Ильин А.Г. Структура и прочность дорожного цементного бетона. Харьков, Изд-во ХГУ, 1965. 136 с.
11. Шкербелис К.К., Калнайс А.А., Тетерс Г.А. Прочность и жесткость армированных элементов из газобетона // Бетон и железобетон. 1960. № 4. С. 185–189.
12. Залан Л.Н. Исследование конструкционных свойств мелкозернистого фурфуролацетонного полимербетона с учетом ползучести. – Воронеж, 1969 г. 14 с.
13. Пирадов А.Б. Конструктивные свойства легкого бетона и железобетона. М.: Стройиздат, 1973. 133 с.
14. Евсеева С.Н. Исследование прочности и деформативности некоторых видов конструктивного легкого бетона и его компонентов в интервале скоростей нагружения от статических до динамических. Автореферат дисс. на соискание ученой степени кандидата технических наук. (05.23.01) – Ереван, 1974. 28 с.
15. Баженов Ю.М. Технология бетона. М.: АСВ, 2002. 500 с.
16. Пирадов К.А. и др. Проблемные вопросы и перспективы физико-химической механики железобетона // Бетон и железобетон. №2. 2000. С. 15–16.

---

**Suleymanova L.A., Pogorelova I.A., Kirilenko S.V.****EVIDENCE-BASED METHOD OF IDENTIFICATION OF LIMIT OF LONG-TERM STRENGTH OF CONCRETE AND ITS STRENGTH AT VARIOUS SPEEDS OF THE APPLIED LOAD**

*Increasing of strength of cement concrete in course of time is taken into account by proposed evidence-based method and affect the value of the limit of its long-term fracture resistance, and specifically reduces the relative limit long-term strength. This is explained by the fact that when occurs an uploading a concrete with a constant load at early age, material hardening process prevails over the the process of destruction, which affects the relative limit long-term strength of the concrete.*

**Key words:** method, strength, limit of long-term strength, concrete, work, the speed of load application, duration of the test, the fracture resistance.

---

**Сулейманова Людмила Александровна**, доктор технических наук, профессор, 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

**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

**Кириленко Сергей Вячеславович**, аспирант 2-го года обучения

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

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

E-mail: ermalau@yandex.ru

Лебедев В.М., канд. техн. наук, доц.,  
Ломтев И.А., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ КИРПИЧНЫХ ДОМОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМОКВАНТОВ ПРОЦЕССОВ

lebedev.lebedev.v.m@yandex.ru

*Рассмотрена технология и организация работ по реконструкции и ремонту кирпичного жилого дома. Запроектирована сетевая циклограмма с векторами системоквантов реконструкции и ремонта 5-этажного кирпичного жилого дома с надстройкой двух этажей.*

**Ключевые слова:** захватка, ритм потока, шаг потока, сетевая циклограмма, системоквант, вертикально-восходящая схема, вертикально-нисходящая схема.

Рассмотрим технологию и организацию производства работ по реконструкции и ремонту 5-ти этажного 4-х секционного кирпичного жилого дома с перепланировкой квартир и надстройкой двух этажей.

Производство реконструктивных и ремонтно-строительных работ на здании рекомендуется вести поточным методом [1, 5]. Для этого фронт работ разбивается на захватки — пространственные параметры потока. Исходя из планируемых сроков реконструкции и ремонта, а также оптимальной загрузки рабочих — исполнителей задается или определяется ритм потока, т.е. время работы одной бригады на одной захватке. Следующий временной параметр — шаг потока (отрезок времени между началом работы на захватке предыдущей бригады и началом работы последующей). Желательно принимать равным или кратным ритму потока [6–9].

Потоки исполнителей рабочие бригады с приданными им механизмами движутся по фронтам работ здания согласно принятой технологии и организации строительного производства в продольном и вертикальном направлении по захваткам и выполняют порученные им процессы. Определяются состав исполнителей, машин и механизмов, продолжительность выполнения работ на строительстве здания в целом и по захваткам [6, 9].

Продолжительности выполнения работ на захватках являются ритмами частных потоков. В подземном цикле определяющим ритмом является продолжительность выполнения наиболее трудоемких работ по устройству монолитных (сборных) фундаментов [2–4].

В надземном цикле ритм комплексных процессов ориентируется на продолжительность выполнения по захваткам каменной кладки и монтажа плит покрытий, лестничных площадок и маршей [6–9].

Технологическая нормаль производства работ проектируется для одной захватки здания (табл. 1).

Календарный план вычерчивается по форме (табл. 2). В табличную часть заносится наименование работ со своими параметрами, принятые машины, механизмы, бригады исполнителей и сроки исполнения. На календарной сетке дней, согласно технологической последовательности и принятой продолжительности работ, линиями прочерчиваются дни, на которые приходится выполнение данных работ [10–12].

Согласно технологической нормали моделируем сетевую циклограмму и системокванты процессов реконструкции и ремонта одной захватки 5-ого этажа реконструируемого кирпичного жилого дома (рис. 1).

Проектируем сетевую циклограмму с векторами системоквантов реконструкции и ремонта 5-этажного кирпичного жилого дома с надстройкой двух этажей (рис. 2). Потоки работ по демонтажу оборудования (ДО) и разборки строительных конструкций (РСК) производятся по вертикально-нисходящей схеме (сверху вниз). Потоки процессов по устройству стен и монтажу конструкций (УСМ) производятся по вертикально-восходящей схеме, т.е. снизу вверх.

Послемонтажные работы (ПР), сантехнические и электромонтажные (СЭ), отделочные работы (ОР) 1 и 2 этапов, слаботочные работы (С<sub>л</sub>Р), ремонт фасада производятся по вертикально-нисходящей схеме, т.е. сверху вниз. Укрупненную объектную сетевую циклограмму с системоквантами выполнения процессов реконструкции 5-ти этажного 4-х секционного кирпичного жилого дома с надстройкой двух этажей (рис. 2) проектируем согласно сетевой циклограмме с векторами системоквантов (рис. 2) [7, 8].

Системокванты поточной реконструкции жилого комплекса из 8-ми 5-ти этажных 4-х секционных кирпичных жилых домов с надстройкой двух этажей проектируем согласно календарного плана (табл. 2) и циклограммы (рис. 3), используя системокванты выполнения процессов реконструкции (рис. 5).



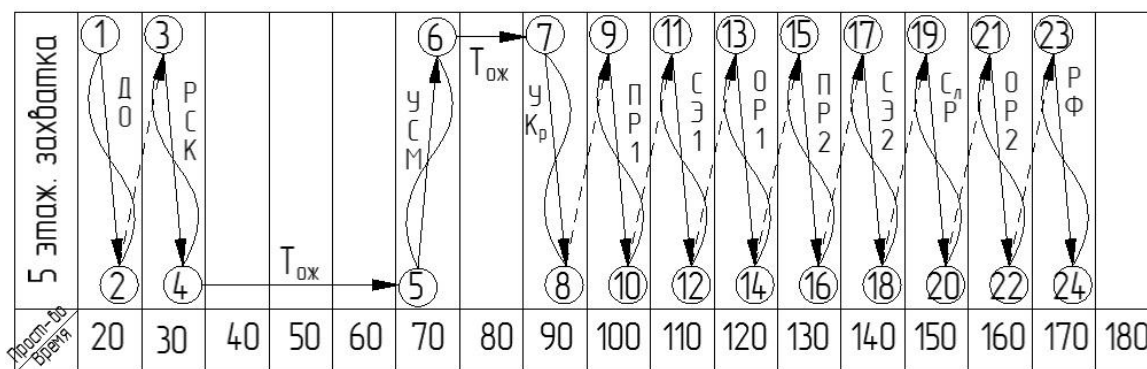


Рис. 1. Сетевая циклограмма и системокванты реконструкции и ремонта одной захватки 5-ого этажа кирпичного дома: 1-2, 3-4, 5-6, 7-8, 9-10, 11-12, 13-14, 15-16, 17-18, 19-20, 21-22, 23-24 – системокванты: демонтажа оборудования (Д.О.), разработки строительных конструкций (Р.С.К.), устройства стен и монтажа конструкций (У.С.М.), устройства кровли (У.Кр.), послеомонтажные работы 1 и 2 этапов (П.Р.1, П.Р.2), санитарно-технические и электромонтажные работы 1 и 2 этапов (С.Э.1, С.Э.2), отделочные работы 1 и 2 этапов (О.Р.1, О.Р.2), слоботочные работы (С.Л.Р.), ремонт фасадов (Р.Ф.); 4-5, 6-7 – технологические ожидания (Т.О.Ж.); 2-3, 8-9, 10-11, 12-13, 14-15, 16-17, 18-19, 20-21, 22-23 – организационно-технологические зависимости

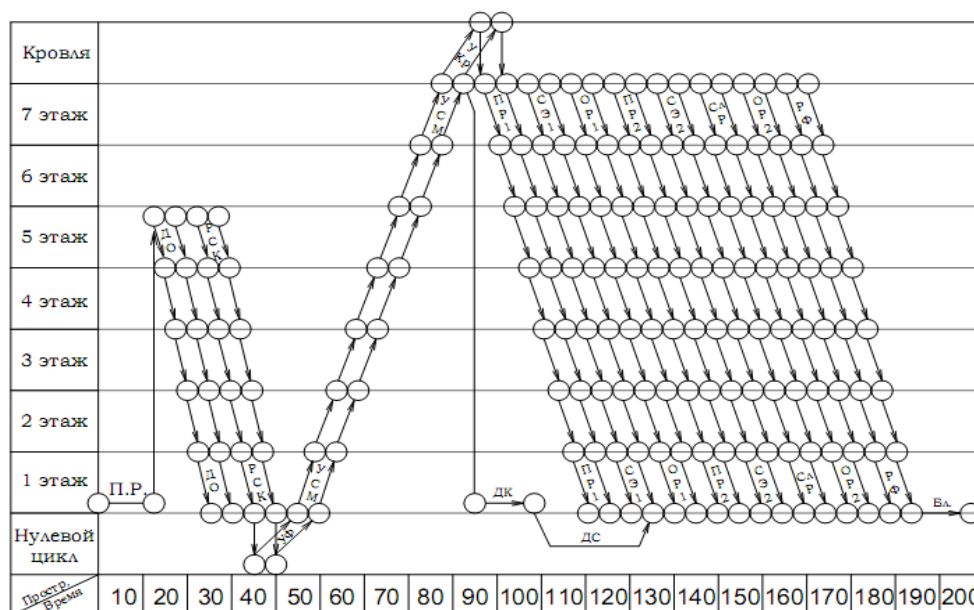


Рис. 2. Сетевая циклограмма с векторами системоквантов реконструкции и ремонте 5-ти этажного 4-х секционного кирпичного жилого дома с надстройкой двух этажей: П.Р. – подготовительные работы; Д.О. – демонтаж оборудования; Р.С.К. – разборка строительных конструкций; У.Ф. – усиление и монтаж ф-тов; У.С.М. – устройство стен и монтаж конструкций; У.Кр. – устройство кровли; Д.К. – демонтаж крана; Д.С. – дворовые сети; П.Р., С.Э., О.Р. – послеомонтажные, сантехнические и электромонтажные, отделочные работы 1 и 2 этапов; С.Л.Р. – слоботочные работы; Р.Ф. – ремонт фасада; Б.Л. – благоустройство.

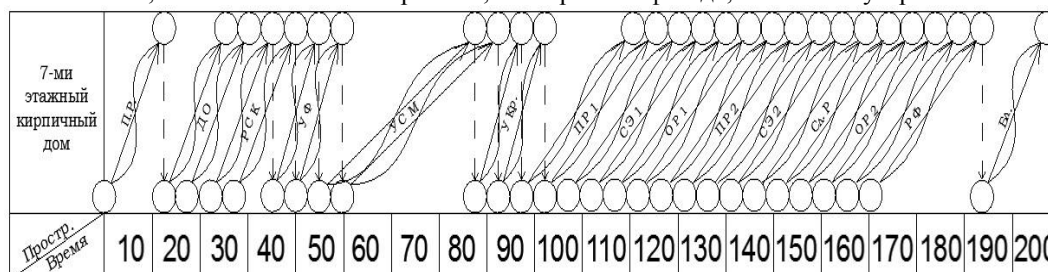


Рис. 3. Укрупненная объектная сетевая циклограмма с системоквантами выполнения процессов реконструкции 5-ти этажного 4-х секционного кирпичного жилого дома с надстройкой двух этажей

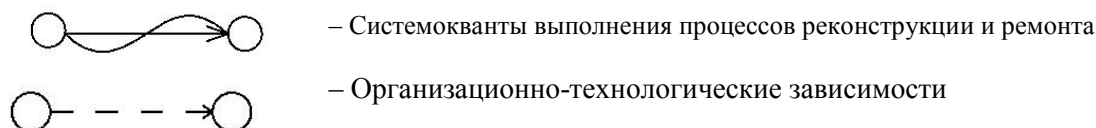


Таблица 1

## Технологическая нормаль производства демонтажно-монтажных работ на захватке

| № п/п | Наименование циклов работ и процессов                       | Продолжит.,<br>см. | ДНИ   |   |   |   |   |   |
|-------|-------------------------------------------------------------|--------------------|-------|---|---|---|---|---|
|       |                                                             |                    | 1     |   | 2 |   | 3 |   |
|       |                                                             |                    | смены |   |   |   |   |   |
|       |                                                             |                    | 1     | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 1     | 2                                                           | 3                  | 4     | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1     | Демонтаж инженерного оборудования                           | 3                  |       |   |   |   |   |   |
| 2     | Разборка строительных конструкций                           | 6                  |       |   |   |   |   |   |
| 3     | Ремонт и усиление фундаментов                               | 6                  |       |   |   |   |   |   |
| 4     | Ремонт стен и монтаж строительных конструкций               | 6                  |       |   |   |   |   |   |
| 5     | Устройство (ремонт) крыши                                   | 6                  |       |   |   |   |   |   |
| 6     | Послемонтажные работы (1-ый этап)                           | 3                  |       |   |   |   |   |   |
| 7     | Санитарно-технические и электромонтажные работы (1-ый этап) | 3                  |       |   |   |   |   |   |
| 8     | Внутренние отделочные работы (1-ый этап)                    | 3                  |       |   |   |   |   |   |
| 9     | Послемонтажные работы (2-й этап)                            | 3                  |       |   |   |   |   |   |
| 10    | Санитарно-технические и электромонтажные работы (2-й этап)  | 3                  |       |   |   |   |   |   |
| 11    | Слаботочные работы                                          | 3                  |       |   |   |   |   |   |
| 12    | Внутренние отделочные работы (2-й этап)                     | 3                  |       |   |   |   |   |   |
| 13    | Ремонт фасада                                               | 3                  |       |   |   |   |   |   |

Таблица 2

## Календарный план поточной реконструкции 8-ми 5-ти этажных 4-х секционных кирпичных жилых домов с надстройкой двух этажей

| №<br>п/п | Наименование потоков<br>и работ | Объем<br>работ | Трудо-<br>затраты | Исполнители,<br>бригады | Машины,<br>механизмы | Смен-<br>ность<br>работы<br>в день | Продолжительность работы в днях |        |             |            |           |            |        |                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|----------|---------------------------------|----------------|-------------------|-------------------------|----------------------|------------------------------------|---------------------------------|--------|-------------|------------|-----------|------------|--------|-----------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|          |                                 |                |                   |                         |                      |                                    | ед. изм.                        | кол-во | чел.-маш-см | профес-сия | кол. чел. | наиме-нов. | кол-во | на всех зданиях | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 | 160 | 170 | 180 | 190 | 200 | 210 | 220 | 230 | 240 | 250 | 260 | 270 | 280 | 290 | 300 | 310 | 320 | 330 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1        | Подготовительные работы         |                |                   |                         |                      |                                    |                                 |        |             |            |           |            |        |                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

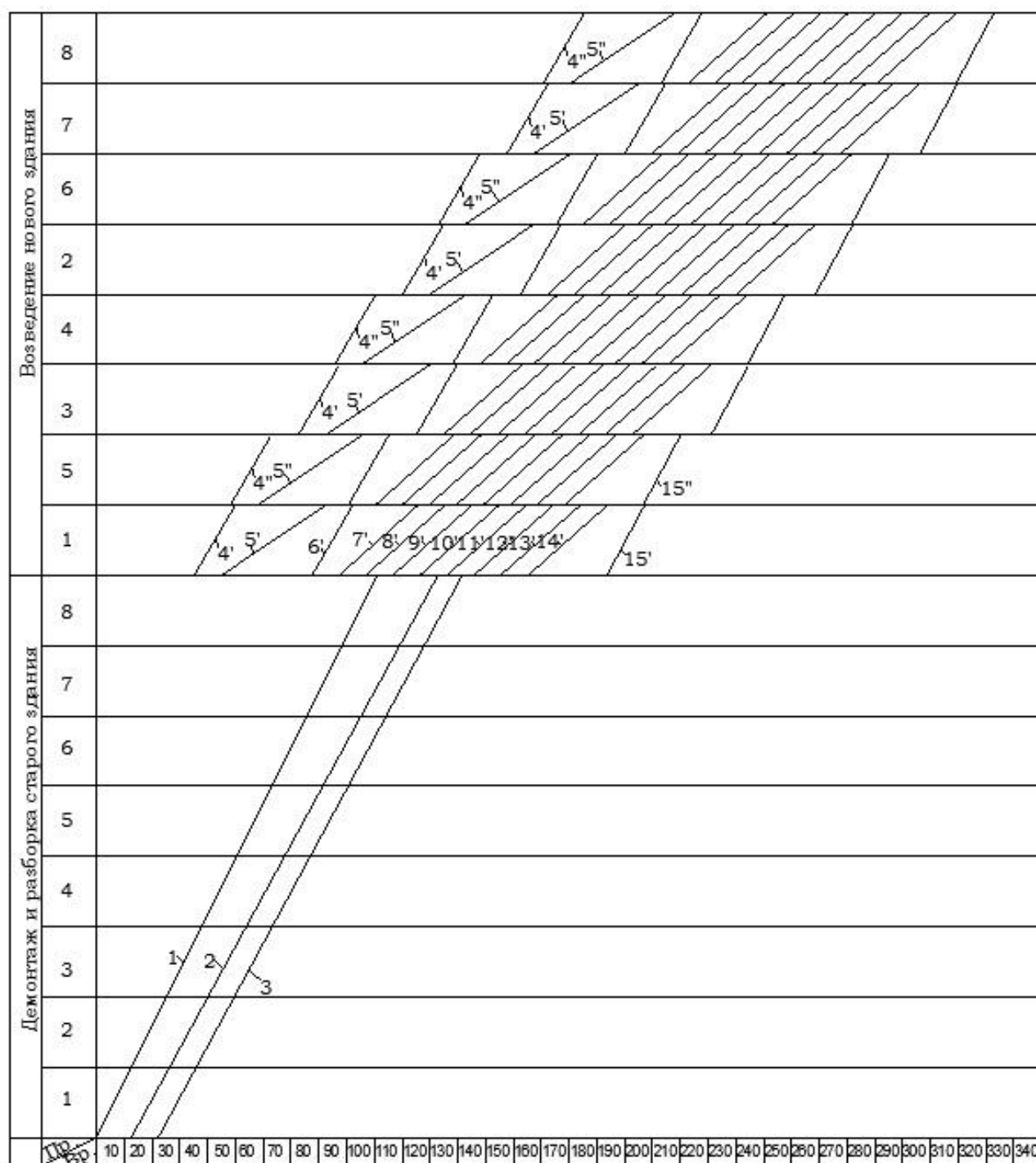


Рис. 4. Циклограмма поточной реконструкции 8-ми, 5-ти этажных 4-х секционных кирпичных жилых домов с надстройкой двух этажей: 1 – подготовительные работы; 2 – демонтаж оборудования; 3 – разборка строительных конструкций; 4 – усиление и монтаж ф-тов; 5 – устройство стен и монтаж конструкций; 6 – устройство кровли; 7, 8, 9, 10, 11, 13 – последемонтажные, сантехнические и электромонтажные, отделочные работы 1 и 2 этапов; 12 – слоботочные работы; 14 – ремонт фасада; 15 – благоустройство

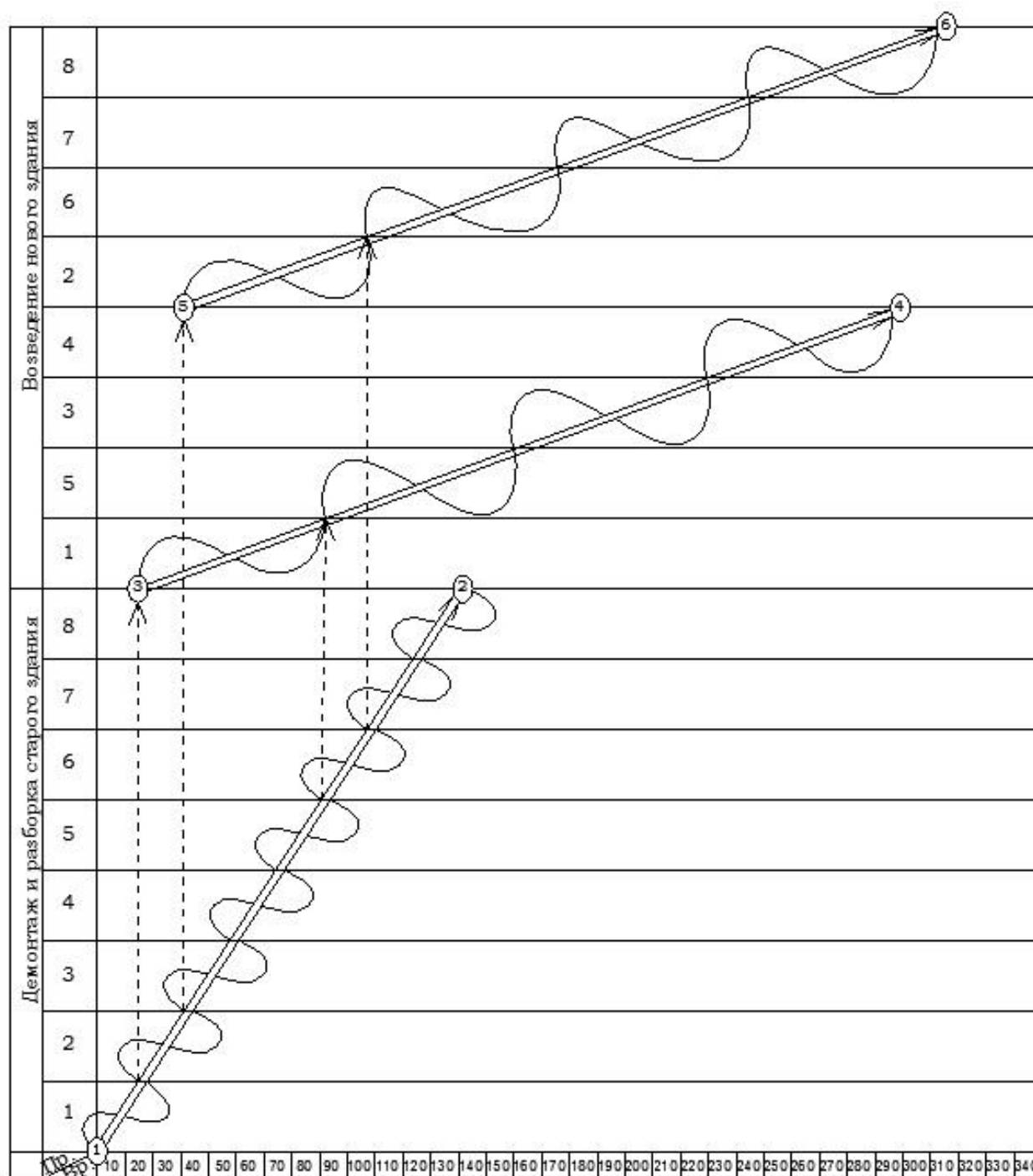


Рис. 5. Системокванты поточной реконструкции 8-ми, 5-ти этажных 4-х секционных кирпичных жилых домов с надстройкой двух этажей:

«1-2» – информационный вектор демонтажа и разборки старых зданий;  
 «3-4», «5-6» – информационные векторы 1-го и 2-го потоков возведения новых зданий.  
 1 2 3 → системокванты процессов, обвивающие информационные векторы по восходящим спиральям

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гусаков А.А. Системотехника строительства. М.: Стройиздат, 1993. 368с.
2. Гусаков А.А., Гинзбург А.В. и др. Организационно-технологическая надёжность строительства. М.: SVR-Аргус, 1994. 472с.

3. Дикман Л.Г. Организация и планирование строительного производства: Управление строительными предприятиями с основами АСУ: 3-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. шк., 1988. 559с.

4. Инструкция по проектированию опускаемых колодцев, погружаемых в тиксотропной

рубашке МСН 125-66 ММСС СССР.- М. ЦБТИ, 1966. 47с.

5. Киевский Л.В. Планирование и организация строительства инженерных коммуникаций. М.: СВР – АРГУС, 2008. 464с.

6. Лебедев В.М. Системотехника поточных методов строительства: Монография /Белгород: Изд-во БГТУ, 2006. 208с.

7. Лебедев В.М. Системотехника управления проектами реконструкции городской застройки: Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. 230 с.

8. Лебедев В.М. Системотехника управления проектами реконструкции городской за-

стройки. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2015. 254 с.

9. Лебедев В.М. Системотехника поточных методов строительства. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2016. 240 с.

10. Семечкин Е.А. Системный анализ и системотехника. М.: SvS – Аргус, 2005. 536с.

11. Системотехника строительства. Энциклопедический словарь. // Под ред. А.А.Гусакова. М.: изд-во АСВ, 2004. 320с.

12. Системы автоматизации проектирования в строительстве: под ред. А.В. Гинзбурга; МОиН РФ, МГСУ. Москва: МГСУ, 2014. 664с.

---

**Lebedev V.M., Lomtev I.A**

**RECONSTRUCTION DESIGN OF BRICK HOUSE WITH SISTEMOKVANTOV PROCESSES**

*The technology and organization of works on reconstruction and repair of the brick dwelling house. Projected network sequence diagram with vectors sistemokvantov reconstruction and repair of 5-storey brick residential building with a superstructure of two floors.*

**Key words:** *zahvatka, flow rate, flow step, the network sequence diagram sistemokvant vertically-rising chart vertically downward scheme.*

---

**Лебедев Владимир Михайлович**, 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: lebedev.lebedev.v.m@yandex.ru

**Ломтев Игорь Александрович**, аспирант кафедры строительства и городского хозяйства.

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

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

E-mail: Lomtew\_igor@list.ru

Семенов А.С., канд. техн. наук, доц.

Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых

## ОРГАНИЗАЦИЯ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА ЗДАНИЙ НА ОСНОВЕ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА

semenov-alex@mail.ru

В статье приводится анализ результатов технического обследования зданий, выполненного в первый год эксплуатации объектов, после капитального ремонта. Выявлены причины неудовлетворительного состояния конструктивных элементов зданий после капитального ремонта. Предлагается обеспечить взаимосвязь процессов технического обследования, проектирования, монтажа и эксплуатации для совершенствования организации капитального ремонта на основе системного подхода. Предлагаемые мероприятия способствуют повышению безопасности и энергетической эффективности зданий после капитального ремонта.

**Ключевые слова:** капитальный ремонт, техническое обследование, повреждения кровли, контроль качества, безопасность зданий, энергетическая эффективность.

**Введение.** Актуальным вопросом на территории Российской Федерации является капитальный ремонт зданий жилищного фонда, который проводится в рамках реализации программ модернизации жилищно-коммунального хозяйства, в том числе в сфере повышения энергоэффективности. Проведение капитального ремонта обуславливается необходимостью кардинального обновления жилищного фонда, максимального устранения его физического износа, повышения уровня безопасности за счет полной замены сменяемых элементов. Улучшению условий проживания граждан в зданиях жилищного фонда также посвящены работы зарубежных ученых [1].

В целях финансового обеспечения капитального ремонта в Жилищный кодекс РФ [2] внесены изменения, согласно которым собственники помещений оплачивают взносы на капитальный ремонт. В субъектах Российской Федерации учреждены фонды капитального ремонта и утверждены программы капитального ремонта.

В работе [3], капитальный ремонт рассматривается как механизм эффективного воспроизводства жилищного фонда, требующий разработки новых подходов к его реализации.

На основе обобщения нормативных источников [4–7] понятие капитальный ремонт зданий представляется как процесс жизненного цикла здания, в котором производится максимальное восстановление несменяемых строительных конструкций и замена сменяемых строительных конструкций, инженерных систем, сетей на аналогичные элементы или более современные.

Ранее в статье [8] указывалось, что здания после комплексного капитального ремонта будут иметь некоторую величину неустраняемого физического износа за счет невозможности полной замены всех элементов. Физический износ полностью сменяемых элементов после капитального ремонта в начальный период эксплуатации будет равен нулю.

Требования Федерального закона № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [4] распространяются на здания старой постройки с момента их реконструкции или капитального ремонта. Поэтому, здания после капитального ремонта в пределах сменяемых конструкций должны соответствовать требованиям безопасности и энергетической эффективности, установленным федеральным законодательством.

**Основная часть.** Исследование организации капитального ремонта проводится на основе результатов технического обследования нескольких однородных зданий в первый год эксплуатации после капитального ремонта крыши. Причиной проведения технического обследования явилось наличие многочисленных протечек с крыши в первый год эксплуатации после капитального ремонта.

Исследуемые объекты представляют собой пятиэтажные здания с двухскатной крышей и с кровельным покрытием из волнистых асбестоцементных листов. Наружный организованный водосток указанных объектов выполнен по встроенным желобам и водосточным трубам.

По результатам технического обследования установлено наличие многочисленных дефектов крыши в виде недостаточной величины нахлестки асбестоцементных листов, отсутствие достаточного крепления асбестоцементных листов к обрешетке, наличие сквозных отверстий в гребнях асбестоцементных листов в местах их крепления. Указанные дефекты образованы в результате низкого качества выполнения отдельных технологических операций. Отдельные элементы кровли не соответствуют требованиям СП 17.13330.2011 «Кровли» [9]. Визуальным осмотром выявлено наличие механических повреждений в виде вмятин и сквозных отверстий на стальных оцинкованных листах карнизного свеса кровли. Кромка сквозных отверстий имеет вмятину в сторону основания. Указанные повреждения образованы в процессе очистки кровли от снега.

Согласно ВСН 53-86 (р) Правила оценки физического износа жилых зданий [10], наличие выявленных дефектов и повреждений кровли с образование массовых протечек характеризуется физическим износом в 21-40 %, который требует проведения повторного ремонта.

Анализ выявленных дефектов и повреждений свидетельствует о низком качестве выполнения строительных работ (монтажа) и неудовлетворительной эксплуатации после капитального ремонта.

Отсутствие надлежащего качества капитального ремонта и технической эксплуатации является комплексной проблемой, связанной с недостатками нормативно-технической документации, низким уровнем квалификации инженерно-технических работников и неэффективностью управленческих решений.

Капитальный ремонт исследуемых зданий выполнялся на основе сметных расчетов, составленных по дефектным ведомостям, без разработки проектной документации. Дефектные ведомости содержат информацию о фактически имеющихся повреждениях конструкций, которые в большинстве случаев, имеют низкий уровень технологичности. Такой подход способствовал повторному использованию нетехнологичных конструктивных решений и устаревших строительных материалов при капитальном ремонте.

Проектирование как процесс жизненного цикла здания полностью отсутствует при капитальном ремонте. Уровень безопасности здания в пределах конструктивного элемента, который подвергается капитальному ремонту (замене) при отсутствии проекта не задается. Монтаж и эксплуатация являются самостоятельными процессами жизненного цикла здания, которые не имеют взаимосвязи между собой.

Для определения необходимости капитального ремонта зданий или об ее отсутствии утверждены соответствующие методические рекомендации [11], которые рекомендуют использовать ранее разработанные нормативные документы [10, 12].

Разработка проектно-сметной документации должна предусматривать проведение технического обследования по определению физического и морального износа объекта, разработку организационно-технологической документации. В сметах на капитальный ремонт необходимо указывать стоимость возврата материала после демонтажа конструкций и инженерного оборудования. Состав организационно-технологической документации и исходные данные для проектирования приведены в [13–15].

Для достижения общей цели капитального ремонта, предусматривающей устранение неисправностей, повышение уровня безопасности и

энергетической эффективности здания, требуется структуризация его цели в виде упорядоченного набора подцелей на всех стадиях его выполнения.

Капитальный ремонт необходимо рассмотреть с точки зрения системного подхода. В этой связи, капитальный ремонт представляется как сложный процесс, который включает в себя более простые процессы – техническое обследование, проектирование, монтаж, эксплуатация. Указанные процессы рассматриваются отдельно с установлением взаимосвязи между ними.

Организация капитального ремонта должна способствовать повышению уровня безопасности и энергетической эффективности здания, что соответствует принципу целеполагания в теории систем.

Проведение технического обследования позволяет получить исходную информацию для проектирования, в том числе фактические данные о физическом и моральном износе объекта. С помощью данных технического обследования определяется объем материалов, которые можно повторно использовать, что способствует снижению стоимости капитального ремонта за счет снижения затрат на закупку новых материалов, снижения объема строительного мусора и его транспортировки.

Разработка проектной документации позволяет на основе проведенных изысканий выбрать наиболее рациональное конструктивное решение с применением современных строительных материалов. Проектная документация является основанием для формирования начальной (максимальной) цены контракта на выполнение строительных работ.

Реализация принятого конструктивного решения требует разработки организационно-технологической документации и соответствующего контроля со стороны проектной организации и заказчика. Разработка организационно-технологической документации в виде технологической карты на выполнение строительного процесса (капитальный ремонт кровли) или привязка типовой технологической карты к местным условиям позволяет обеспечить контроль качества строительных работ в процессе выполнения отдельных технологических операций и при приемке строительной продукции в целом в виде приемочного контроля. Наличие технологической карты позволяет предусмотреть использование современных средств механизации, технической оснастки, инструмента и приспособлений.

Взаимосвязь процесса проектирования и монтажа обеспечивается путем организации авторского надзора со стороны проектной организации.

Привлечение организации, специализирующейся в области технического обследования,

также способствует обеспечению контроля качества выполняемых строительных работ со стороны заказчика.

Предлагаемые мероприятия позволяют организовать контроль качества строительных работ проектной, строительной-монтажной организациями и заказчиком.

Обеспечение взаимосвязи процессов проектирования, монтажа и эксплуатации при капитальном ремонте зданий требует разработки специального раздела в проектной документации, касающегося особенностей эксплуатации объекта с учетом принятого конструктивного решения. Указанный раздел проектной документации необходимо использовать эксплуатирующими организациями в процессе технического обслуживания зданий.

**Выводы.** Комплексная взаимосвязь процессов технического обследования, проектирования, монтажа и эксплуатации способствует выбору рационального конструктивного решения при капитальном ремонте с учетом современных проектных решений, совершенствованию качества строительных работ в процессе реализации этих решений и улучшению качества эксплуатации, что обеспечивает повышение безопасности зданий и энергетической эффективности после их капитального ремонта.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Payne, G. and M. Majale, 2004. The urban housing manual. London: Earthscan. 134 p.
2. Жилищный кодекс РФ (ФЗ № 188 от 29.12.2004 г. с изм. от 31.01.2016 г.).
3. Костышак М.М. Роль и значение капитального ремонта в воспроизводстве жилищного фонда города // Вестник МГСУ. 2011. № 8. С. 38–43.
4. Федеральный закон № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».
5. Градостроительный кодекс РФ (ФЗ № 190 от 29.12.2004 г. с изм. от 10.01.2016 г.).
6. Свод правил СП 13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений.
7. Методические рекомендации по формированию состава работ по капитальному ремонту многоквартирных домов, финансируемых за счет средств, предусмотренных Федеральным законом от 21 июля 2007 г. № 185-ФЗ «О фонде содействия реформированию жилищно-коммунального хозяйства (утв. Госкорпорацией «Фонд содействия реформированию ЖКХ 15.02.2013 г.)
8. Семенов А.С. Определение величины неустраняемого физического износа зданий жилищного фонда после выполнения комплексного капитального ремонта // Приволжский научный журнал. 2015. № 1. С. 51–54.
9. Свод правил СП 17.13330.2011. Кровли. Актуализированная редакция СНиП II-26-76.
10. ВСН 53-86(р) Правила оценки физического износа жилых зданий. М.: Прейскурантиздат, 1988. 72с.
11. Методические рекомендации установления необходимости проведения капитального ремонта общего имущества в многоквартирном доме (утв. Приказом Министерства строительства и ЖКХ РФ от 04.08.2014 г. № 427/пр).
12. ВСН 58-88 (р) Положение об организации и проведении реконструкции, ремонта и технического обслуживания зданий, объектов коммунального и социально-культурного назначения.
13. ВСН 41-85 (р) Инструкция по разработке проектов организации и проектов производства работ по капитальному ремонту жилых зданий.
14. МДС 12-81-2007 Методические рекомендации по разработке и оформлению проекта организации строительства и проекта производства работ.
15. МДС 12-29.2006 Методические рекомендации по разработке и оформлению технологической карты.

**Semenov A.S.**

## THE ORGANIZATION OF CAPITAL REPAIRS OF BUILDINGS ON THE BASIS OF SYSTEM APPROACH

*The analysis of results of the technical inspection of buildings executed in the first year of operation of objects after capital repairs is provided in article. The reasons of an unsatisfactory condition of constructive elements of buildings after capital repairs are established. It is offered to provide interrelation of processes of technical inspection, design, installation and operation for improvement of the organization of capital repairs on the basis of system approach. The offered actions promote increase of safety and power efficiency of buildings after capital repairs.*

**Key words:** capital repairs, technical inspection, damages of a roof, quality control, safety of buildings, power efficiency.

**Семенов Александр Сергеевич**, кандидат технических наук, доцент.  
Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых.  
Адрес: Россия, 600000, Владимир, ул. Горького, д. 87.  
E-mail: semenov-alex@mail.ru



Ходяков В.А., магистрант  
Белорусский национальный технический университет

## ОПТИМИЗАЦИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ДВУТАВРОВОЙ БАЛКИ ПО МАССЕ С СОХРАНЕНИЕМ ТРЕБУЕМОЙ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ

x@monogroup.by

*Экономия объёмов материалов при производстве строительных конструкций является актуальной задачей. Проектирование облегчённой оптимизированной металлической двутавровой балки с криволинейными очертаниями полок и поясов с применением алгоритмов оптимизации позволило сократить объём металла на производство более чем на треть. Уменьшение массы балки достигается плотной корреляцией параметров поперечного сечения балки с усилиями, возникающими в балке под действием расчётной нагрузки. Однако существует большое количество нерешённых вопросов касательно работы оптимизированной балки под нагрузкой. Особенно остро стоят вопросы, касающиеся местной и общей устойчивости балки. Учитывая тенденции развития способов и возможностей производства строительных конструкций, можно предположить, что уже скоро станет возможным промышленное производство металлических оптимизированных балок.*

**Ключевые слова:** оптимизация, балка, несущая способность, устойчивость, расчёт.

**Введение.** В процессе проектирования строительных конструкций сегодня всё чаще прибегают к параметрическому компьютерному моделированию [1]. Одной из причин актуальности такого рода моделирования является возможность удобного поиска решений сложных многопараметрических проектных задач. Таким образом, параметрическое проектирование неизбежно приходит к задаче оптимизации сложных моделей. Одним из наиболее эффективных алгоритмов оптимизации является генетический алгоритм [2, 3]. В этой работе мы не будем останавливаться на принципах работы алгоритмов. Основным интерес представляют несущие конструкции, которые можно получить методом оптимизации. Уже существует несколько примеров эффективного проектирования несущих конструкций с применениями различных алгоритмов оптимизации [4, 5]. В качестве объекта данного исследования был принят простейший элемент конструкции типа балка. Известно, что для балки, работающей на изгиб, наиболее эффективным решением поперечного сечения является двутавр. Предметом исследования стали работа модели оптимизированной двутавровой балки под расчётной нагрузкой и топология самой балки.

**Методика.** Оптимизация рассматриваемой двутавровой балки, в сущности, представляет собой оптимизацию каждого поперечного сечения балки по её длине. Оптимизируемыми параметрами являются геометрические характеристики каждого поперечного сечения балки, а именно, высота и толщина стенки двутавра, ширина и толщина полки двутавра. Задачу оптимизации можно охарактеризовать как многопараметрическую.

Основным алгоритмом оптимизации, применяемым в работе, является генетический алгоритм, также в отдельных случаях применялся алгоритм отжига [6]. Задача оптимизации являлась однокритериальной. Основным критерием, целевой функцией, стало уменьшение площади каждого поперечного сечения балки.

Так как при критическом уменьшении поперечных сечений балки может произойти потеря несущей способности по первой группе предельных состояний, граничными условиями оптимизации являются потеря местной устойчивости стенки и полки балки, а также максимальные напряжения, возникающие в сечениях.

Расчёт балки в процессе оптимизации проводился методом конечных элементов в соответствии со СНИП II-23-81\*. Также в отдельных случаях учитывались требования ТКП 45-3.03-232-2011 и ТКП EN 1993 [7]. Для упрощения эксперимента никакие нормативные коэффициенты не учитывались.

**Результаты оптимизации балки.** Расчётная схема оптимизируемой балки представляет собой шарнирно опертую по концам однопролётную балку. Длина пролёта балки составила 20м. Расчётная нагрузка, приложенная к балке, представляла собой равномерно распределённую нагрузку 100кН/м. Нагрузка от собственного веса балки так же была учтена. В качестве эталонной балки был выбран прокатной двутавр 100Б4. В качестве материала для изготовления балок была принята мостовая сталь 10ХСНД. Следует отметить, что эталонная прокатная балка пролётом 20м под указанной нагрузкой имела перегруз порядка 2% в центре пролёта.

В процессе оптимизации было получено несколько видов оптимизированных балок (табл. 1). Первой стала двутавровая балка с постоян-

ными по длине оптимизируемыми параметрами (рис. 1). Оптимизированная балка постоянного сечения имела массу на 14,43 % меньше чем эталонная.

Во втором случае балка имела переменное сечение. Оптимизировались все параметры каждого поперечного сечения по длине балки (рис. 2). Оптимизированная балка имела массу на 36,75 % меньшую, чем у эталонной балки.

В третьем случае двутавровая балка имела переменное сечение, однако толщина полок и стенок были постоянными, а высота стенки линейно изменялась от значения 1000 мм в центре балки до 500 мм на опорах (рис. 3). Толщина полки двутавра 28 мм, а толщина стенки 14 мм. Минимальная ширина полок была ограничена величиной 100 мм. Оптимизированная таким образом балка имела массу на 26,02 % меньшую по сравнению с эталонной балкой.

В четвертом случае двутавровая балка имела переменное сечение, толщина полок и стенок были постоянными, ширина полки линейно изменялась от значения 500 мм в центре балки до 100 мм на опорах (рис. 4). Толщина полки двутавра 28 мм, толщина стенки 14 мм. Оптимизированная таким образом балка имела массу на 29,51 % меньшую по сравнению с эталонной балкой.

В пятом случае двутавровая балка имела переменное сечение, толщина полок и стенок остались теми же, что и в предыдущих двух случаях, высота стенки изменялась по закону окружности от значения 1000 мм в центре балки до 500 мм на опорах (рис. 5). Подобный подход к формообразованию балки переменного сечения уже применялся в железобетонных балках [8]. Оптимизированная таким образом балка имела массу на 29,86 % меньшую по сравнению с эталонной балкой.

Таблица 1

Сравнения параметров оптимизированных балок

| № | Вид балки                                                                                                                   | Объём стали, м <sup>3</sup> | Относительное количество материала, % |        |        |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|--------|--------|
|   |                                                                                                                             |                             | 100                                   | 116,86 | 158,09 |
| 0 | Сортовой двутавр 100Б4 (перегруз 2%)                                                                                        | 0,8012                      | 100                                   | 116,86 | 158,09 |
| 1 | Двутавр оптимизированный постоянного сечения                                                                                | 0,6856                      | 85,57                                 | 100    | 135,28 |
| 2 | Двутавр оптимизированный переменного сечения                                                                                | 0,5068                      | 63,25                                 | 73,92  | 100    |
| 3 | Двутавр оптимизированный переменного сечения с линейно изменяемой высотой стенки, толщины элементов постоянные              | 0,5927                      | 73,98                                 | 86,45  | 116,95 |
| 4 | Двутавр оптимизированный переменного сечения с линейно изменяемой шириной полки, толщины элементов постоянные               | 0,5648                      | 70,49                                 | 82,38  | 111,44 |
| 5 | Двутавр оптимизированный переменного сечения с высотой стенки изменяемой по закону окружности, толщины элементов постоянные | 0,5620                      | 70,14                                 | 81,97  | 110,89 |

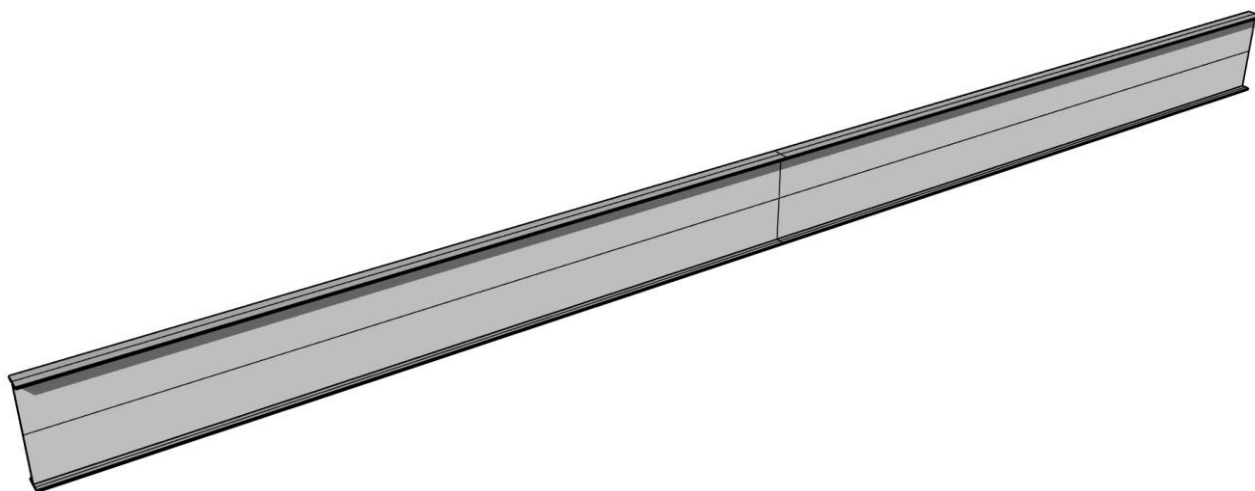


Рис. 1. Общий вид оптимизированной балки постоянного сечения

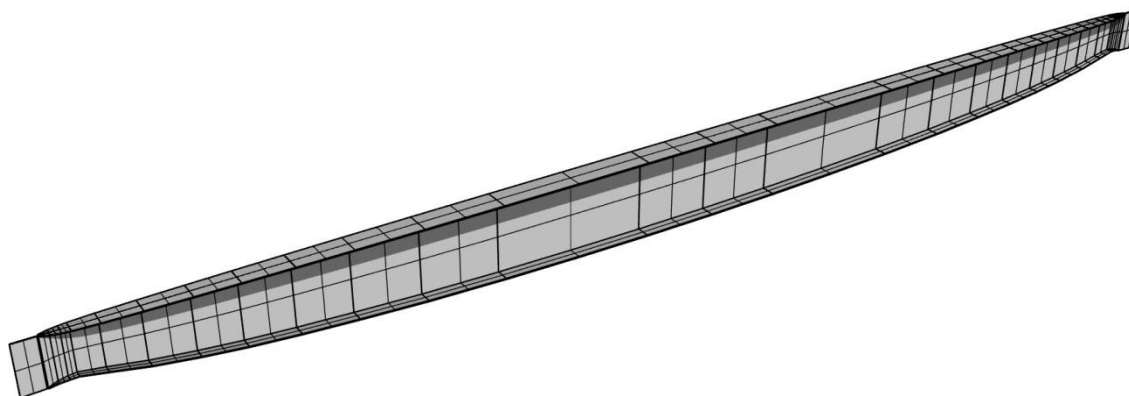


Рис. 2. Общий вид оптимизированной балки переменного сечения.  
Оптимизация всех параметров поперечного сечения

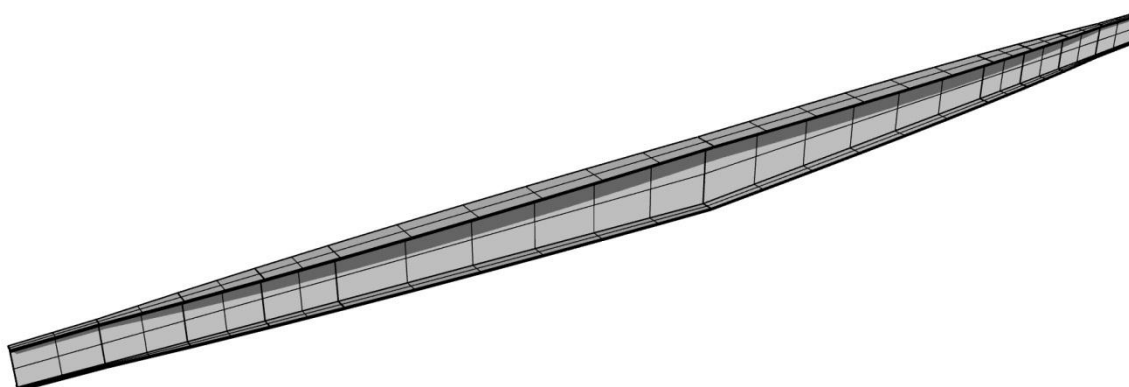


Рис. 3. Общий вид оптимизированной балки переменного сечения  
с линейно изменяемой высотой стенки. Толщины элементов постоянные

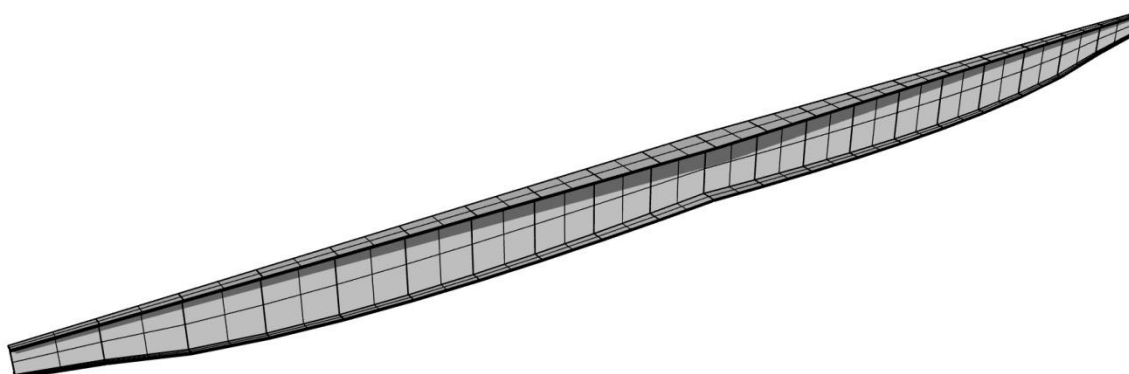


Рис. 4. Общий вид оптимизированной балки переменного сечения  
с линейно изменяемой шириной полки. Толщины элементов постоянные

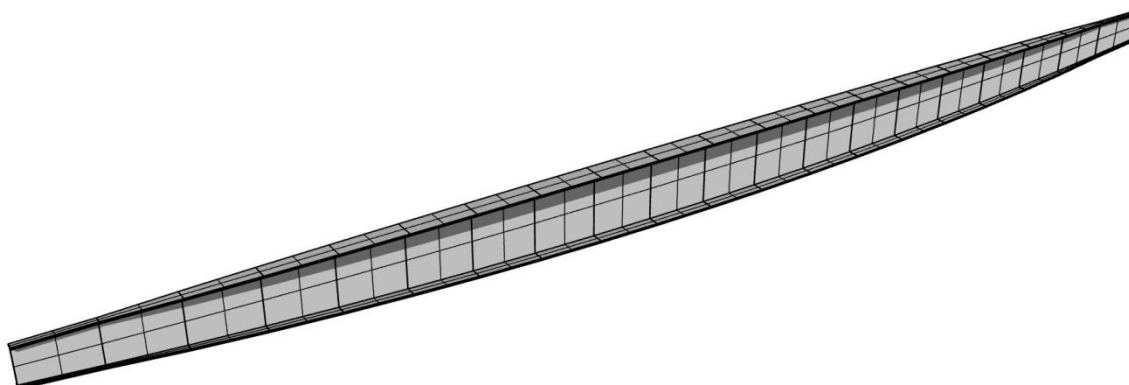


Рис. 5. Общий вид оптимизированной балки переменного сечения  
с высотой стенки изменяемой по закону окружности. Толщины элементов постоянные

**Особенности и проблемы оптимизированных балок.** Сегодняшние методики расчёта, описываемые в нормативных документах и методических пособиях, ориентированы в основном на расчёт балок постоянного сечения. При этом часть этих расчётов имеет эмпирическую составляющую и не может быть применена для сложных балок переменных сечений.

Одним из открытых вопросов является расчёт местной и общей устойчивости. В нормативных документах есть рекомендации по подбору соотношений высоты стенки двутавра и её толщины, а так же соотношений вылета полки двутавра и её толщины. Эти рекомендации были учтены в процессе оптимизации выше рассмотренных балок. Однако сложно сказать могут ли эти рекомендации использоваться для полок и стенок сложного переменного сечения. Возможность постановки диафрагм в данном исследовании не рассматривалась.

Во втором случае оптимизации, при оптимизации всех параметров поперечного сечения без дополнительных ограничений, наличие полки у узлов опирания не требуется, так как изгибающий момент воспринимается одной стенкой, высота которой определяется поперечным усилием в балке. Таким образом, вопрос местной устойчивости стенки на участке без полок переходит в вопрос общей устойчивости прямоугольного сечения.

Вопрос оценки общей устойчивости балок переменного сечения остаётся не решённым. Однако это условие можно обойти раскреплением оптимизированных балок другими элементами в составе несущей конструкции.

В расчёте так же стоит учесть совместное действие напряжений от изгибающего момента и поперечного усилия. Данный расчёт также имеет некоторые сложности для оптимизированных балок.

При изменении сечения балки по её длине, помимо главного изгибающего момента возникает дополнительный изгибающий момент в поперечном сечении, действующий в той же плоскости. Возникновение последнего обусловлено постоянным смещением центра тяжести сечения.

Оптимизированные балки переменного сечения имеют несколько меньшую жесткость, чем балки постоянного сечения. Требования к жесткости балок по нормативным документам устанавливаются в зависимости ситуации, в которой их используют. Поэтому при прикладном проектировании, вероятно, возникнет необходимость ввода ещё одного граничного условия по максимальному прогибу, помимо уже учтённых

условий максимальных напряжений и условий устойчивости.

Ввиду того, что при превышении величины расчётной нагрузки потеря несущей способности должна произойти, в теории, по всей длине балки, возникает необходимость ввода дополнительного коэффициента безопасности для оптимизированных балок. Ввод этого коэффициента также можно обосновать вероятным понижением общей надёжности оптимизированных конструкций.

Также из-за снижения общей жёсткости балок уменьшаются собственные частоты колебаний конструкций. Это стоит учесть при использовании таких балок под гармоничными динамическими нагрузками. Например, при использовании таких балок в железнодорожных мостах можно ожидать снижения критических скоростей подвижного состава.

Касательно транспортных сооружений, стоит отметить, что оптимизировать балку необходимо по огибающим эпюрам усилий от подвижных нагрузок. Это на порядок усложнит алгоритм оптимизации конструкции и топологию самой балки.

**Выводы.** Основной проблемой вышеуказанных балок является сложность их производства. На сегодняшний день расходы на процесс изготовления превосходят экономию материала. На данный момент исследования имеют академический интерес. Однако, учитывая тенденции развития и популяризации современных технологий производства, можно предположить, что в ближайшем будущем результаты исследования могут получить массовое практическое применение.

Несмотря на сложности изготовления натурной модели, без её испытания сложно говорить об эффективности комбинации алгоритмов расчёта и оптимизации конструкции. Поэтому конечной задачей исследования является создание натурной модели оптимизированной балки и её испытание.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Петров, М.П. Переход на BIM-технологии в проектировании на примере Autodesk Revit // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. 2015. Т. 1. С. 447–449.
2. Юрьев А.Г., Лесовик Р.В., Ключев С.В., Ключев А.В. Генетические алгоритмы и их применение для оптимального проектирования строительных конструкций // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2008. №1. С. 11–16.
3. Кирсанов М.Н. Генетический алгоритм

оптимизации стержневых систем // Строительная механика и расчет сооружений. 2010. №2. С. 60–63.

4. Алексейцев А.В., Серпик И.Н. Эволюционно-триангуляционный способ формирования оптимальной структуры строительных ферм // Известия Юго-Западного государственного университета. 2011. № 5–2. С. 128–131.

5. Гребенюк Г.И., Вешкин М.С. Дискретные модели расчета и оптимизации стержневых конструкций при импульсном нагружении // Известия Алтайского государственного университета. 2012. № 1-1. С. 36–38.

6. Лисин А.В. Алгоритм имитации отжига для задач непрерывной оптимизации // Ползуновский вестник. 2014. № 4–2. С. 175–179.

7. Пастушков, Г.П., Пастушков В.Г. О переходе европейские нормы проектирования мостовых конструкций в Республике Беларусь // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. 2011. № 2. С. 113–121.

8. Пат. 2562077 С1 Российская Федерация, МПК Е 04 С 3/02. Строительная конструкция типа балки / Б.В. Гусев; заявитель и патентообладатель Б.В. Гусев. - № 2014148693/03, заявл. 03.12.14; опубл. 10.09.15, Бюл. № 25. 6 с.

---

**Khadziakou V.A.**

**OPTIMIZATION OF METAL I-BEAM BY WEIGHT WITH BEARING CAPACITY PRESERVING. RESULTS ANALYSIS**

*Saving materials volumes in the production of building structures is an actual task. Design metal lightweight I-beam with curved contours of flanges and web by using optimization algorithms has allowed reducing metal volume to production of more than on third. Reducing the beam weight is achieved by tight correlation of beam cross section parameters with the stresses that arise in the beam under the design load. However, there are many unresolved issues concerning the work of the optimized beam under load. Especially important are issues relating to local and general buckling of the beam. In view trends in development methods and capabilities of structures fabrication, we can assume that soon the industrial production of optimized metal beams will be possible.*

**Key words:** optimization, beam, bearing capacity, buckling, calculation.

---

**Ходяков Вячеслав Андреевич**, магистрант кафедры мосты и тоннели.  
Белорусский национальный технический университет.  
Адрес: Беларусь, 220014, Минск, просп. Независимости, д. 150.  
E-mail: x@monogroup.by

Малыхина В.С., канд. техн. наук, доц.,  
Денисов А.Н., магистрант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ИССЛЕДОВАНИЕ СМЯТИЯ И СКАЛЫВАНИЯ СОЕДИНЕНИЯ ДЕРЕВЯННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ БЕЗ МЕХАНИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ

malihinaval@yandex.ru

*В статье затрагивается вопрос об исследовании узловых соединений элементов деревянных конструкций. Приводится классификация соединений по характеру работы, где отмечаются соединения без механических связей. Целью работы ставится исследование работы соединения лобовой врубкой. Для этого был проведен эксперимент над моделью узла брусчатой фермы. Установлено, что по достижению допустимых деформаций соединение обладает достаточной прочностью. Для получения более точных данных и исключения случайных результатов, авторами было решено продолжить соответствующие экспериментальные исследования нескольких образцов.*

**Ключевые слова:** узловое соединение, соединение деревянных конструкций, соединение без механических связей, лобовая врубка, напряжение.

**Введение.** Соединения являются наиболее ответственными частями деревянных конструкций. Для создания большинства строительных конструкций деревянные элементы должны быть прочно и надежно соединены между собой, так как, в большинстве случаев разрушение начинается в соединениях. От правильного решения, расчета и изготовления соединений зависят прочность и деформативность конструкции в целом [2].

Для изготовления деревянных стропильных конструкций, имеющих большую длину, применяются такие методы соединения их элементов как сращивание и узловое сопряжение.

По характеру работы все соединения можно разделить на группы, преимущественно работающие на: смятие и скалывание (врубки и шпонки); изгиб (все виды нагелей); выдергивание (шурупы, гвозди); растяжение (тяги, накладки, хомуты, болты); сдвиг (клеевые соединения); на предотвращение случайных смещений из плоскости соединяемых элементов (аварийные связи: болты, скобы, хомуты и др.) [3, 4].

Особый научный интерес представляют соединения без механических связей. Они могут быть использованы при производстве деревянных конструкций в любых условиях как на специальных заводах, так и в условиях строительных площадок [2]. Отличительной чертой соединений является то, что деформации таких соединений возникают в результате неплотностей, образующихся при изготовлении от усушки и смятия древесины, особенно поперек волокон. В связи с этим соединения без механических связей принято рассматривать как податливые.

Допустимая деформация смятия вдоль волокон в соединениях без механических связей составляет – 1,5 мм, поперек волокон – 3 мм [8].

В данной статье речь пойдет о таком виде соединения как лобовая врубка.

Цель работы – экспериментально оценить прочность при скалывании и смятии лобовой врубки в узловых соединениях деревянных конструкций.

**Методология.** Общая классификация соединений элементов деревянных конструкций и, в частности, основные особенности устройства лобовой врубки приведены на основании анализа накопившегося тематического научно-методического материала.

Испытание соединения лобовой врубки на смятие и скалывание выполнено при помощи универсальной электромеханической разрывной машины Р-5.

**Основная часть.** Лобовая врубка представляет собой контактное соединение концов двух элементов, один из которых сжат другой растянут, оси которых расположены под углом к друг другу. При этом торец одного элемента перпендикулярен его оси. Усилие передается от одного элемента на другой непосредственным упором и работает только на передачу сжимающих усилий.

Лобовая упоры и врубки применяют для сращивания и узловых сопряжений сжатых элементов выполненных из бревен и цельных или клеенных элементов прямоугольного сечения. Узловые соединения выполняют с помощью лобовых врубок с одним или двумя зубьями. Для предотвращения смещения соединяемых элементов при транспортировании и монтаже конструкций, а также фиксации положения их закрепляют болтами, скобами, накладками и т.п. В узловых соединениях из брусьев следует соблюдать центровку элементов по ослабленному врезками сечению [1].

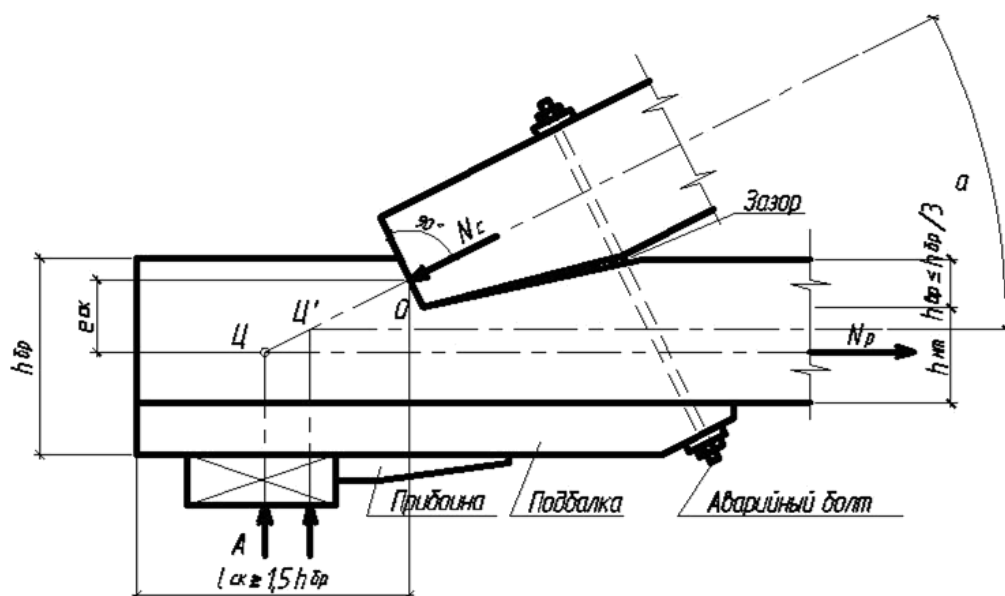


Рис. 1. Лобовая врубка с одним зубом

Преимуществом лобовых упоров является малое влияние на работу деформаций древесины при температурно-влажностных колебаниях, особенно при направлении усилий вдоль волокон [6].

Для оценки прочности лобовой врубки были проведены испытания модели узла брусчатой

фермы до достижения ее допустимых деформации. Образцы выполнены из древесины сосны первого сорта (ГОСТ 8486-86). Размеры элементов узла и расчетная схема при испытании показаны на рис. 2.

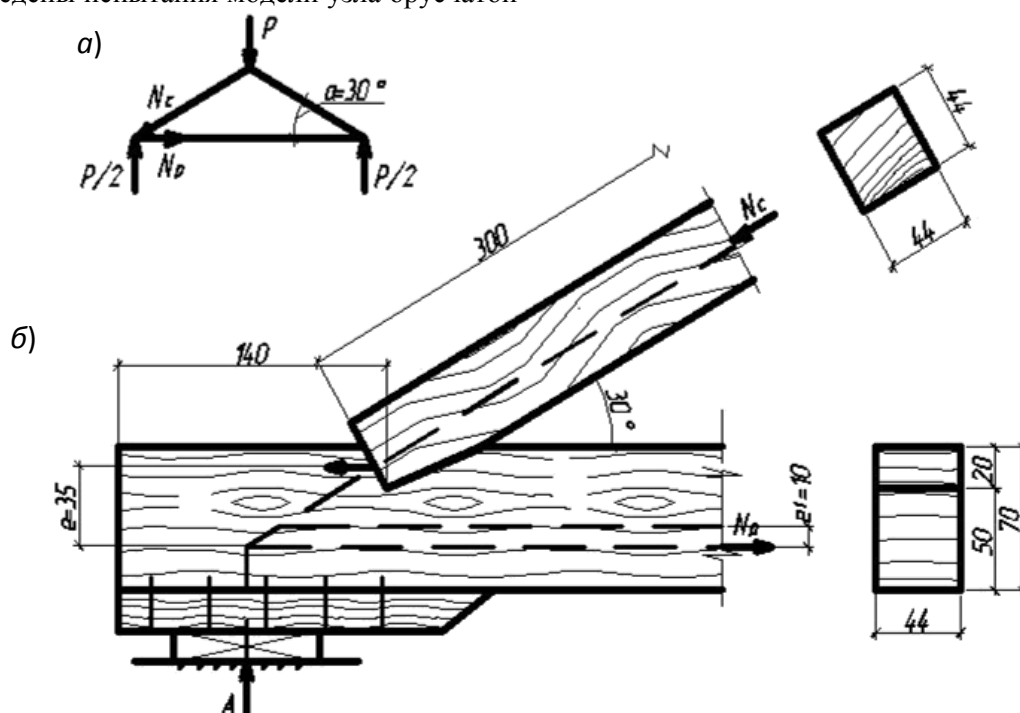


Рис. 2. Расчетная схема при испытании (а); Размеры элементов узла (б)

Расчетную несущую способность соединений, работающих на смятие и скалывание определяют по формулам:

а) из условия смятия древесины

$$T = R_{см\alpha} \cdot F_{см}, \text{ кН} \quad (1)$$

б) из условия скалывания древесины

$$T = R_{ск}^{cp} \cdot F_{ск}, \text{ кН} \quad (2)$$

где:  $R_{см\alpha}$  – расчетное сопротивление древесины к смятию под углом к направлению волокон;  $F_{см}$  – расчетная площадь смятия;  $F_{ск}$  – расчетная площадь скалывания;  $R_{ск}^{cp}$  – расчетное среднее по площадке скалывания сопротивление древесины

скалыванию вдоль волокон, определяется по формуле 3.

$$R_{ск}^{cp} = \frac{R_{ск}}{1 + \beta \frac{l_{ск}}{e}} \quad (3)$$

где,  $R_{ск}$  – Расчетное сопротивление скалыванию вдоль волокон (при расчете по максимальному напряжению);  $l_{ск}$  – расчетная длина плоскости скалывания;  $e$  – плечо сил скалывания;  $\beta$  – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения напряжений скалывания [8].

При допустимой деформации смятия, равной 1,5 мм образец выдержал нагрузку  $P = 22,3$  кН.

Согласно расчета по формуле СП 64.13330.2011 «Деревянные конструкции»

$$R_{см\alpha}^{вр} = R_{см}^{вр} [1 + (R_{см}^{вр} / R_{см90}^{вр} - 1) \sin^3 \alpha] \quad (4)$$

– временное сопротивление древесины первого сорта смятию под углом составляет  $R_{см\alpha}^{вр} = 18,79$  кН/см<sup>2</sup>. Таким образом, значения нормальных напряжений в сечениях при допускаемой нагрузке превышают соответствующие временные характеристики древесины регламентируемые нормами на 19 %, что свидетельствует о работе образца в запас прочности.

**Выводы.** На основании испытаний можно отметить, что данное узловое соединение способно воспринимать в 1,2 раза большую нагрузку по сравнению с расчетной. Для получения более точных данных и исключения случайных результатов, авторами будут продолжены экспериментальные исследования на нескольких образцах таких моделей.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гринь И.М., Джан-Темиров К.Е., Гринь В.И. Строительные конструкции из дерева и синтетических материалов. Проектирование и расчет: Учебное пособие 3-е изд., перераб. и доп. К.: Выща шк., 1990. 221 с.
2. Зубарев Г.Н., Бойтемиров Ф.А., Головин В.М. и др.; под ред Хромец Ю.Н. Конструкции из дерева и пластмасс. Учебное пособие 3-е изд., перераб. доп. М.: Издательский центр «Академия», 2004. 304 с.
3. Калугин А.В. Деревянные конструкции. Учеб. пособие (конспект лекций). М.: Издательство АСВ, 2003. 224 с.
4. Линьков В.И. Конструкции из дерева и пластмасс: Учебное пособие. М.: МГСУ, 1997. 98 с.
5. Малыхина В.С. Проектирование и расчет конструкций из дерева и пластмасс / учеб. пособие для студ. вузов. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. 217 с.
6. Малыхина В.С. Конструкции из дерева и пластмасс: учебное пособие 2-е изд., испр. доп. Белгород: Изд-во БГТУ, 2008. 226 с.
7. Малыхина В.С., Фролов Н.В. Конструкции из дерева и пластмасс: методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов направления бакалавриата «Строительство». Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. 36 с.
8. СП 64.13330.2011 Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25-80. Министерство регионального развития РФ. М., 2011.

**Malykhina V.S., Denisov A.N.**

## RESEARCH SMYATIYA AND SKALYVANIYA OF CONNECTION OF WOODEN ELEMENTS OF THE DESIGN WITHOUT MECHANICAL COMMUNICATIONS

*In article the question of research nodal connection of elements of wooden designs is raised. Classification of connections by kind of work where connections without mechanical communications are noted is given. The purpose of work puts research of work of connection by a front cutting. Experiment with model of knot of a stacked farm has been for this purpose made. It is established that on achievement of admissible deformations connection has sufficient durability. For receiving more exact yielded and exceptions of casual results, authors has been decided to continue the corresponding pilot studies of several samples.*

**Key words:** nodal connection, connection of wooden designs, connection without mechanical communications, a front cutting, tension.

**Малыхина Валентина Степановна**, кандидат технических наук, доцент кафедры строительства и городского хозяйства.

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

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

E-mail: malihinaval@yandex.ru

**Денисов Андрей Николаевич**, магистрант кафедры строительства и городского хозяйства.

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

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

E-mail: andden91@mail.ru



Сокол Ю.В., аспирант

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

## ОБЪЁМНО-КОМПОЗИЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ СЕКЦИОННЫХ ДОХОДНЫХ ДОМОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА XIX ВЕКА

usokol2009@mail.ru

*Доходный дом – это тот тип жилья, который возник в Санкт-Петербурге ещё в середине XVIII века. По мере развития общества и притока населения в город на заработки доходный дом претерпел массу изменений и к середине XIX века он превратился в 4-5 этажный дом, вписанный в плотную городскую застройку. В настоящее время наблюдаются попытки к возвращению доходного домостроения за счёт реконструкции старых доходных домов и строительства новых. Но пока эта тенденция не приняла массового масштаба. Поскольку последние доходные дома, дошедшие до наших дней были многоэтажными, немаловажную роль в них играла лестница, а именно её расположение на этаже.*

**Ключевые слова:** доходный дом, лестничная клетка, секция, двор, флигель.

**Введение.** Доходный дом – это здание, построенное или перепланированное для сдачи жилья внаём на длительный срок. Первые доходные дома, как и все постройки Санкт-Петербурга были деревянными, а потом, как все вновь построенные или перестроенные здания по указу Петра I – каменными[3].

С 1830 года доходный дом не только стал каменным, но и приобрёл высоту три, четыре, а иногда и пять этажей. Возводились доходные дома по красным линиям вдоль улицы в размере участка. Боковые стены делались глухими, из огнеупорного кирпича и это позволяло делать сплошную застройку улиц «единою фасадом». Застройка велась по периметру участка. Если ширина участка была до 20 метров, то возводился только один боковой флигель, и дом принимал очертания буквы Г. Если позволяла длина участка, то к нему пристраивался ещё один флигель, параллельный уличному. А если ширина участка была больше 20 метров, то двор заключался в замкнутое «каре» с двумя боковыми флигелями. Такая застройка называлась периметральной и являлась наиболее распространённой. В зависимости от длины участка таких замкнутых дворов – «каре» могло быть и два[1].

**Методология.** Рассматривая планировку домов можно выявить, что первые многоэтажные доходные дома строились галерейного типа, располагаясь по периметру двора (этот тип дома, заимствованный из Европы)[1]. С открытых галерей имелся вход в квартиру, а иногда и в каждую комнату. Но из-за холодного климата галереи в Санкт-Петербурге не прижились.

Для доходных домов была больше развита анфиладная планировка[4]. В каждой квартире было по две анфилады параллельных комнат. Вдоль уличного фасада шла парадная анфилада, а во двор выходили окна так же анфиладно расположенных комнат. Комнаты двух анфилад сообщались между собой. Такая планировка це-

нилась из-за престижности парадного фасада, куда выходила половина окон из-за возможности сквозного проветривания.

Дальше шёл переход от анфиладности к закрытости комнат и начинают появляться обособленные закрывающиеся покои и комнаты. Люди начинают испытывать потребность в уединении.

С 1860 года появляется смешанная планировка – анфиладно-коридорная, так как анфиладность сохраняется, а коридоры играют вспомогательную роль. Постепенно коридорами начали пользоваться всё шире, не используя межкомнатных дверей. А с середины 1880 годов стали строиться квартиры с изолированными комнатами.

К середине XIX века в квартирах произошло разделение комнат по функциям. С появлением рукомоёв и отхожих мест, соединённых трубой с выгребной ямой, возникла необходимость расположения одного хозяйственного помещения под другим. Начинает формироваться планировка квартир-секционная, т.е. кухни и санузлы должны были поэтажно располагаться друг над другом, а не в любом месте квартиры, как это было раньше. По мере распространения водопроводов и канализационных систем требования секционности становятся всё более жесткими.

Принцип секционной планировки является единственным до нашего времени и ничего нового в планировке квартир с тех пор не изобреталось.

**Основная часть.** Что же такое секция? Секция – это лестничная клетка, с расположенными вокруг неё квартирами. Эта лестничная клетка или лестница считается главной в доме, т.е. парадной, которой могут пользоваться все жильцы. Но при образе жизни людей, их привычках, климате, а главное требованиям пожарной безопасности, жилища не считались удоб-

ными с одним только выходом из него. Поэтому каждая квартира всегда имела два выхода – один с парадной, а другой с черной лестницы [2].

Парадная лестница могла быть расположена, если она одна, или в середине фасада, или на краю, или ею можно делить фасад на две неравные части (рис 1).

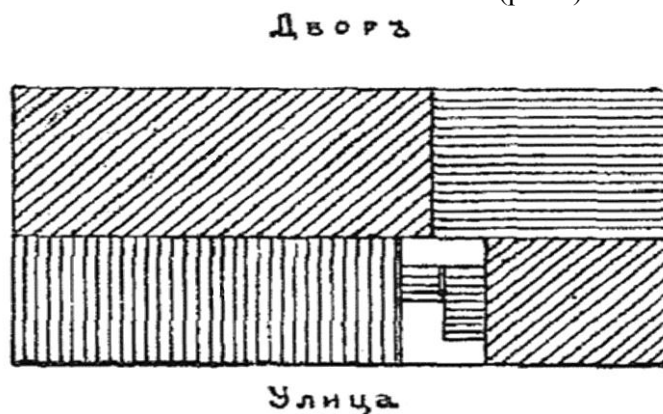


Рис. 1. Парадная лестница делит фасад на две неравные части [2]

На рис. 2 представлен дом, по боковым сторонам которого расположены соседние владения. Такое расположение было удобно, когда дом хотели поделить на четыре квартиры. Парадная лестница располагалась с главного фасада и была устроена следующим образом: у парадной двери с улицы располагалась только одна ступень. Следовательно, в первом этаже пол лестницы был выше горизонта не более чем на 4 вершка (17,6см), тогда как он должен был быть выше горизонта, по крайней мере, на 1 аршин (4,4см). Поэтому, чтобы с пола лестницы можно было перейти до пола первого этажа, необходимо было сделать ещё пять ступеней, составляющих маленький первый марш, ведущий на первую площадку, расположенную у первой капитальной стены, с которой и были сделаны 4 входа в квартиры. С этой первой площадки

марш шёл до второй промежуточной площадки, расположенной посередине между первым и вторым этажами, и уже с этой площадки марш следовал на входную площадку второго этажа. Таким образом, в каждом этаже получалось четыре парадных входа у которых группировалось четыре передних. Что же касается парадных лестниц, то они могли располагаться, как показано на рисунке 1. Это расположение нельзя не признать довольно удобным, хотя в нём был недостаток: две квартиры выходили окнами во двор, а две на фасад. Но квартиры в тех домах, которые имели обширный внутренний двор с садиком и были расположены так, что длинные фасады освещались солнцем, были не только не хуже обращённых на улицу, но даже лучше последних вследствие того, что были спокойнее по недоступности уличного шума.

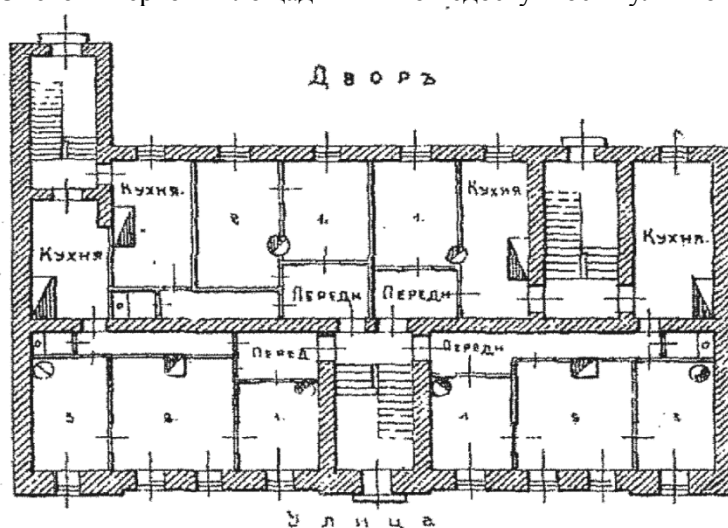


Рис. 2. Расположение парадной лестницы посередине фасада у главного входа с четырьмя квартирами в секции [2]

На рис. 3 изображена такая же лестница, как предыдущая, но только расположенная на краю дома. Такое расположение применялось,

когда каждый этаж дома предназначался под одну квартиру. Но этот способ исключал правильную, симметричную разбивку фасада.

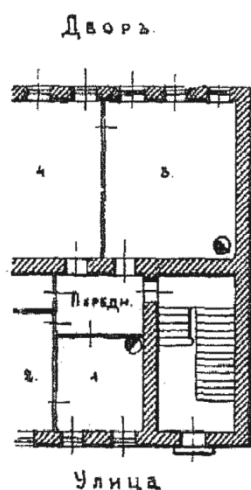


Рис. 3. Расположение парадной лестницы на краю фасада [2]

На рис. 4 представлено расположение лестницы, подобное расположению на рисунке 1, но разница заключается в том, что с площадки было сделано не четыре, а два входа. Тут же показаны два варианта расположения передней. В одном случае передняя была устроена так, что у средней капитальной стены и не имела особого освещения, а в другом передняя освещалась окном. В первом случае из передней можно было устроить четыре входа в следом идущие помещения и для освещения ее пространства было достаточно освещения, получаемого из просветов над дверями и дверей. Большая передняя с окном и освещением естественным светом так же нашла своё применение в крупногабаритных квартирах.

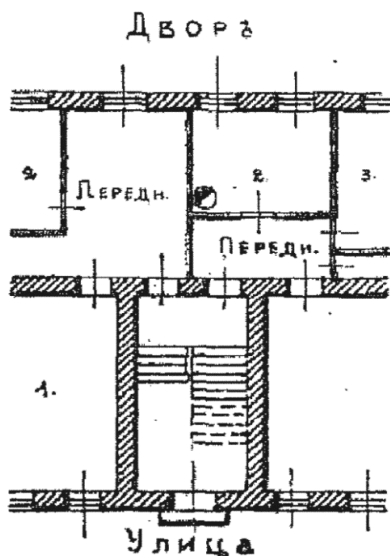


Рис. 4. Расположение парадной лестницы посередине фасада у главного входа с двумя квартирами в секции [2]

На рис. 5 изображена лестница с маршами, выходящими на задний фасад. Чтобы на эту лестницу можно было пройти с улицы, в первом этаже перед лестницей оставляется вести-

бюль, в котором, ближе к входной двери устраивается маленький марш, ведущий с горизонта земли на высоту пола первого этажа. При этом от входной двери до первой ступени марша должна была находиться площадка не менее 2 аршинов (144см), чтобы на ней можно было свободно стоять, запирая двери. За вестибюлем следует лестница, которая начинается с располагаемого на правой стороне марша, ведущего на промежуточную площадку, расположенную у наружной стены. С этой площадки идёт второй марш до площадки второго этажа, расположенной у средней капитальной стены. Можно сделать и два входа из вестибюля, как показано на рисунке 6, можно и четыре.

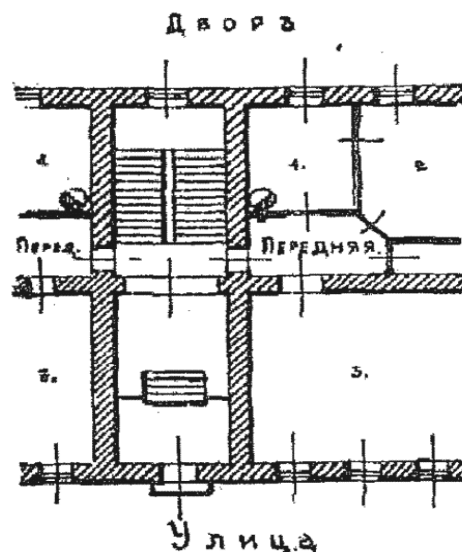


Рис. 5. Расположение парадной лестницы с маршами, выходящими на задний фасад [2]

На рис. 6 показана лестница, выдающаяся частью на двор. Подобное расположение затрудняло расположение передних, если их требовалось четыре, но при двух оно применялось с удобством.

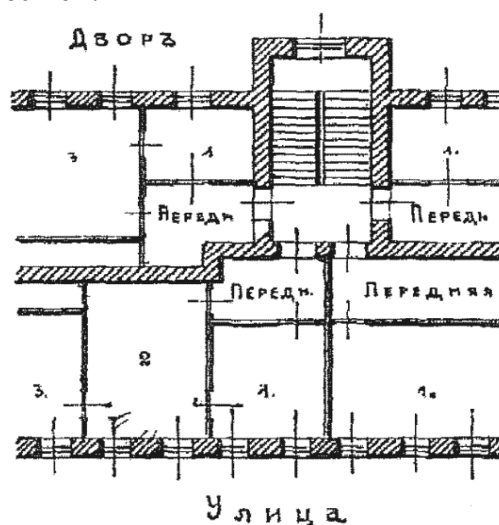


Рис. 6. Расположение парадной лестницы, выдающейся частью во двор [2]

На рис. 7 представлено расположение такой центральной лестницы, с площадки которой, прилегающей к средней капитальной стене, де-

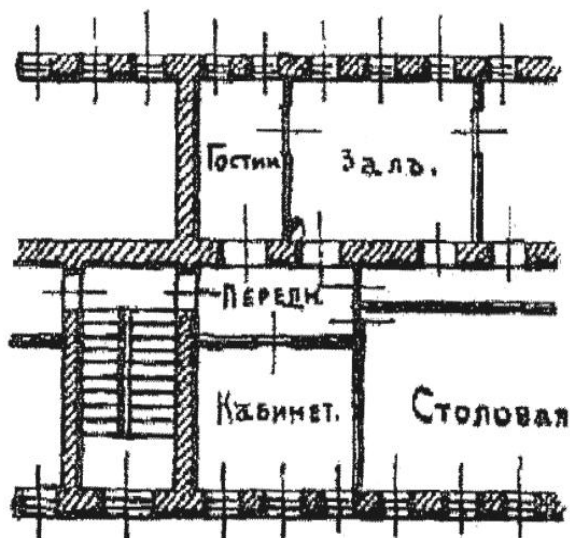


Рис.7. Расположение парадной лестнице посередине фасада с примыканием к капитальной стене

На рис.8 изображена лестница, выдвинутая во двор. Это план был более приемлем для расположения двух передних, так как для четырёх это расположение было не совсем удобно, так как в одном случае терялось много места, а в другом передняя получалась неправильного вида.

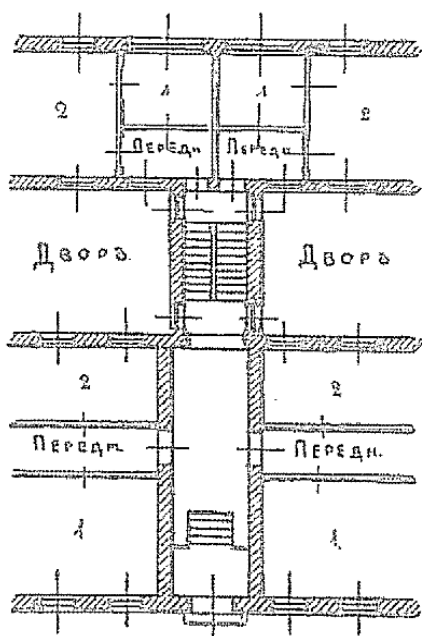


Рис. 9. Парадная лестница, ведущая в лицевой и дворовый флигель, расположенные параллельно друг другу[2]

На рис. 9 изображена лестница, ведущая в лицевой и надворный флигель, расположенные параллельно друг к другу почти так же, как и на

лались два выхода, а из передних четыре двери в разные комнаты. Это расположение было особенно удобно для небольших квартир.

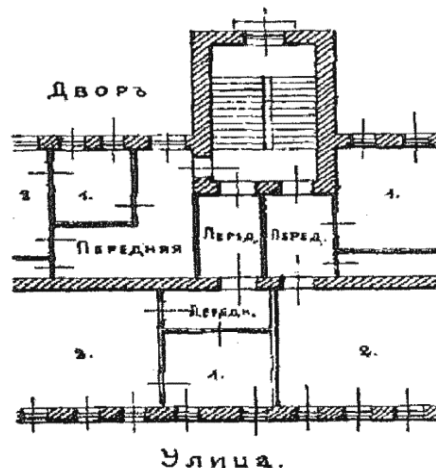


Рис. 8. Парадная лестница, выдвинутая во двор [2]

На рис.8 изображена лестница, ведущая в лицевой и надворный флигель, расположенные параллельно друг к другу. В первом этаже дома на всю длину располагался вестибюль, клетка лестницы была выдвинута во двор и давала возможность пройти в надворный флигель, параллельный лицевому с промежуточной площадки, относительно этажей лицевого флигеля.

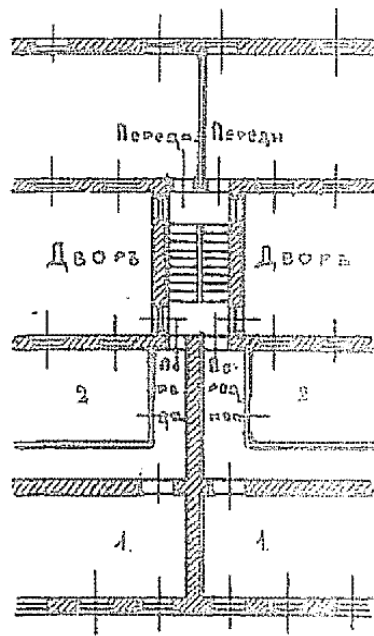


рис. 9, с той лишь разницей, что с каждой площадки было сделано по 4 входа.

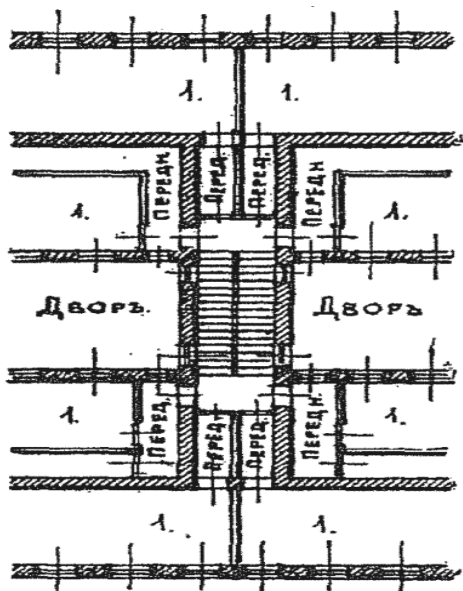


Рис. 11. Парадная лестница, ведущая в лицевой и дворовый флигель, расположенные параллельно друг другу [2]

**Выводы.** Лестница, выступающая во двор, является самой удобной относительно количества входов, которые можно сделать с её площадок. Поэтому, когда количество входов составляет главную задачу, всегда старались придерживаться именно этого расположения парадной лестницы. Если можно было сделать меньшее количество входов в квартиру, то выбирали любое другое удобное расположение лестничной клетки. На выбор расположения лестничной клетки влияла и длина флигеля и расположение квартир. При наличии малого количества крупногабаритных квартир можно было устраивать парадную лестницу в каждую квартиру отдель-

но. При наличии одной парадной лестницы на секцию самые маленькие квартиры располагались на первом этаже, так как в них можно было сделать дополнительные входы с улицы. А на последующих этажах располагались квартиры больших размеров, так как с одной парадной лестницы можно было попадать только в две или четыре квартиры.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Юхнёва Е.Д. Петербургские доходные дома. Очерки из истории быта. М.: ЗАО Издательство Центрполиграф, 2012. 383с.
2. Тилинский А.И. Руководство для проектирования и постройки зданий. СПб.: 1910. 400с.
3. Борисова Е. А. Русская архитектура второй половины XIX в. М.: Наука, 1979. 320 с.
4. Кириченко Е. И. Русская архитектура 1830-1910 годов. М.: Искусство, 1982. - 400 с.
5. Петров П.Н. Материалы по истории строительной части в России. СПб, 1869. 315с.
6. Пунин А.Л. Архитектура Петербурга середины XIX века. Л: Лениздат, 1990. 351с.
7. Заворыкин Д.Н. Развитие строительной науки в СССР. М: Стройиздат, 1981. 293с.
8. Кириков Б.М. Архитектура Петербургского модерна. Особняки и доходные дома. СПб: Издательство «Журнал «Нева»», 2003. 512с.
9. Кириков Б.М. Архитектурные памятники Санкт-Петербурга. СПб: Коло. 2005. 384с.
10. Лысова А.И., Шарлыгина К.А. Реконструкция зданий. Л: Стройиздат. 1979. 304с.

**Sokol Y.V.**

### VOLUME-COMPOSITE SOLUTIONS SECTIONAL APARTMENT HOUSES SAINT-PETERSBURG OF THE XIX CENTURY

*Apartment house - this is the type of accommodation that which appeared in St. Petersburg in the middle of the XVIII century. With the development of society and the population influx to the city to work apartment building has undergone many changes, and by the middle of the XIX century it turned into 4-5-storey house, inscribed in dense urban areas. Currently, there are attempts to return income housing at the expense of reconstruction of old tenement houses and building new ones. But while this trend has not taken a mass scale. Since the last apartment buildings that have survived to the present day, were high-rise, the important role they play ladder, namely its location on the floor. From the staircase arrangement depended on the number of apartments per floor, convenience of location and the frontillu*

**Key words:** apartment building, staircase, section, courtyard, outbuildingmination.

**Сокол Юлия Владимировна**, аспирант кафедры архитектурно-строительных конструкций  
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет  
Адрес: Россия, 190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская, дом 4.  
E-mail: usokol2009@mail.ru

*Рудакова О.Н., аспирант  
Академия архитектуры и искусств  
Южного федерального университета, Ростов-на-Дону*

## МОДЕЛИ ВИЗУАЛЬНОГО ВОСПРИЯТИЯ АРХИТЕКТУРНО-ПРОСТРАНСТВЕННЫХ И КОМПОЗИЦИОННЫХ КАЧЕСТВ ЗАСТРОЙКИ ПРИБРЕЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

rudakova65@mail.ru

*В различных аспектах рассматривается визуальное восприятие внешнего облика города и его внутреннего средового пространства относительно водной акватории. Анализируются и систематизируются факторы, характеризующие виды восприятия берегового пространства: «вовнутрь», «извне» и «внутри», носящие обобщенный характер и применимые для общей характеристики визуального контакта с береговым пространством. На примерах застройки прибрежной территории зарубежных стран прослеживаются различные, имеющие более дробную структуру, варианты силуэтного и панорамного визуального восприятия побережья. Видовые кадры могут рассматриваться как модели стандартных проектных ситуаций и могут быть зафиксированы путем выделения устойчивых видовых картин - «моделей восприятия». Система «моделей восприятия» будет выступать основой организации процесса «многокартинного моделирования», приемом ведения предпроектного визуального анализа застройки прибрежных территорий, где каждый единичный кадр есть инструмент оценки архитектурно-пространственного и композиционного поиска.*

**Ключевые слова:** *видовые картины, облик городской застройки, модели визуального восприятия, визуальная глубина, видовые точки, угол обзора, композиционные оси.*

Силуэты городов подобны отпечаткам пальцев [1]. Каждый имеет индивидуальные черты внешнего облика, его архитектурно-пространственной и ландшафтно-планировочной композиции, включающей естественные природные компоненты [2, 6].

Акватория относится к одному из таких компонентов, существенно влияющих на архитектурно-эстетическое восприятие городского ландшафта [2]. Являясь естественным природно-ландшафтным образованием, она включается в планировочную структуру городов и населенных пунктов, играя градостроительную, функционально-пространственную [7] и художественно-эмоциональную роль в формировании их образа.

Неоднократно в различных ракурсах рассматривались аспекты восприятия внешнего облика города и его внутреннего средового пространства [3, 4, 8, 11, 12], раскрывалось понятие архитектурно-ландшафтных компонентов, и определялась их роль в формировании архитектурного образа города [2–4, 12–15], давались общие визуальные характеристики городского и природного ландшафтов [8]. Восприятие же внешнего облика города с учетом акватории рассматривалось не в полной мере. Образ или видовые картины для всех видов восприятия представлялись как: силуэты; панорамы; рама (въездные ворота); сцена (площадь); коридор (глубинная перспектива) [2–4, 11]. Отдельно рассматривались вопросы организации набережных [3–5].

В данной работе анализируются и систематизируются факторы, характеризующие виды восприятия («вовнутрь», «извне» и «внутри») берегового пространства, на примерах застройки прибрежной территории зарубежных стран прослеживаются различные варианты визуального восприятия побережья относительно водной акватории, путем выделения устойчивых видовых картин, предлагаются концептуальные «модели восприятия».

Водная артерия или акватория, как природно-ландшафтное образование, придает эстетический характер внешнему облику городской застройки [9, 13]. Восприятие «вовнутрь» предполагает визуальное, эмоционально-образное восприятие облика или силуэта береговой территории с водной глади, склонов противоположных берегов (через акваторию), взгляд зрителя как бы «проникает» во внутреннее береговое пространство. В этом случае на восприятие влияют:

- 1) удаленность от берегового фасада:
  - свыше 1000 м (дальнее расстояние) – берег воспринимается как силуэт [8], сооружения, массивы озеленения воспринимаются как плоскостные [2], детали не просматриваются, цвета различаются как контрастные - светлые и темные;
  - 450 – 500 м (среднее) - панорамное восприятие объемов зданий и сооружений, групп деревьев, сглаживается глубина, теряется плановость застройки, различаются яркие хроматические цветовые пятна;

- до 200 м (близкое) – «читаются» элементы и отдельные детали зданий и сооружений, различается форма и структура отдельных деревьев, движение людей и транспорта, воспринимается плановость и глубина застройки, различаются цветовые оттенки;

2) высота точки обзора: с уровня глаз человека с воды, с небольшой возвышенности, склона горы, здания противоположного берега и др.;

3) характер застройки прибрежной территории - плотность, масштабность и внешние эстетические качества архитектурных объектов, плановость, определяющая «визуальную глубину»;

4) характер застройки буферной зоны - наличие благоустроенных городских набережных, пляжных зон, пристаней, причалов и других инженерных сооружений;

5) характер озеленения - формы, структуры и плотность зеленой массы, цветовых оттенков, сезонного цветового разнообразия и др.;

6) функциональная загруженность периферийных прибрежных зон - наличие, промышленных, портовых и складских сооружений;

7) наличие композиционных составляющих застройки прибрежной территории доминанты, акценты, горизонтальные и вертикальные элементы, ритмические и метрические членения;

8) освещенность, видимость, климатические условия и т. д.

Силуэт береговой городской застройки с водной глади определяется абрисом наиболее крупных точечных сооружений и их групп, рядовой горизонтальной застройкой и фронтальным контуром заднего плана [12]. Природные компоненты, такие как горы, возвышенности, лесные массивы, водоемы и т. д., включаясь в общую картину, образуют естественные точечные вертикальные или протяженные горизонтальные доминанты панорамных композиций [10, 12].

Восприятие «*извне*» - это панорамный обзор с ключевых, фиксированных, видовых точек возвышенностей, природных и городских доминант по направлению к акватории, является наиболее характерной и привлекательной чертой любой местности. На восприятие влияют:

1) высота «стояния» видовой точки - от этого зависит раскрытие визуального обзора по принципу – «чем выше стоим, тем дальше видим»;

2) угол обзора – зависит от цели обзора – «видеть все вокруг» (круговой), определенный

видовой фрагмент, например, архитектурный ансамбль в природном или городском окружении (секторный) или отдельный видовой кадр – точечный архитектурный или ландшафтный объект в определенном направлении (лучевой);

3) характер ландшафта местности - наличие впереди стоящих высотных природных или градостроительных объектов, мешающих обзору, «изрезанность» береговой линии;

4) многоплановость – обзор «бесконечности», дальнего и ближнего планов и т. д.

Восприятия «*внутри*» архитектурно-градостроительной и ландшафтной системы – это панорамный просмотр на уровне глаз человека с плоскостей глубинного видения, с основных общественно доступных «коридоров» в ткани города по направлению воды, или параллельно ей - с мостов, по оси межберегового коридора. Под влиянием водной артерии или акватории образуется своеобразный линейный планировочный каркас или «скелет» улиц города, с которых посредством «порталов», «рам», «кулис» и т. д. открываются видовые картины на водное пространство; формируются своеобразные глубинные разрывы, композиционные оси, коридоры. На восприятие влияют:

1) размеры открываемого пространства: глубина обзора и ширина водного «коридора» - с уровня глаз близкие объекты воспринимаются отдельными фрагментами, чем дальше, тем более полная картина восприятия предстает перед зрителем;

2) наличие и характер перетекающих пространств береговой линии;

3) характер застройки прибрежной территории – плотность, масштабность и временные показатели;

4) наполняемость прибрежного водного пространства архитектурно-средовыми объектами – жильем на воде, дебаркадерами, стационарными или плавучими островами, инженерными сооружениями и др.

Отдельные панорамы, как с водной глади по направлению берега, так и с высот в сторону акватории могут иметь для города или местности символическое значение. Облик каждого города неповторим, хотя современная высотная одноликая застройка больших городов все больше придает характер типичности и однообразия.

Рассмотренные виды восприятия и их характеристики – «вовнутрь», «извне» и «внутри» - носят обобщенный характер и могут быть применимы для общей характеристики визуального контакта с береговым пространством. На примерах сложившихся архитектурно-

пространственных и композиционных качеств застройки прибрежных территорий зарубежных городов рассмотрим более дробную структуру их силуэтного и панорамного восприятия, некоторые особенности, которые могут быть зафиксированы путем выделения устойчивых видовых картин – «моделей восприятия».

**Модель восприятия силуэта** – силуэтное восприятие прибрежной территории с дальнего расстояния водной акватории, как правило, морской водной глади – дальний обзор рис. 1, а, б. Его характеризует широкий угол обзора, общий силуэтный характер застройки, фронтальный абрис без детализации отдельных архитектурных объектов; может иметь второй фоновый план в виде лесистых возвышенностей или гор.

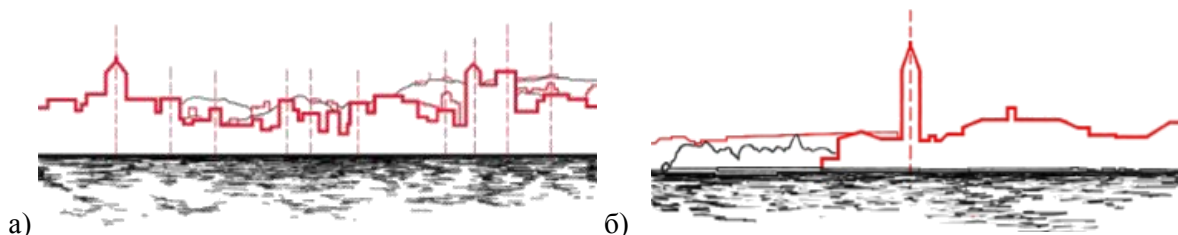


Рис. 1. Модель восприятия силуэта:

- а) г. Гонконг, Китай – Аритмичное очертание разновысотной застройки на фоне гор дальнего плана с отсутствием четкого распределения композиционных осей;
- б) г. Венеция, Италия – Равномерное горизонтальное очертание среднеэтажной застройки с активной вертикальной доминантой, являющийся композиционной осью.

**Модель восприятия панорамы** – панорамное фронтальное восприятие прибрежной территории с противоположного берега реки или с относительно близкого расстояния с водной глади – средний обзор рис. 2, а, б. Для него характерны: более узкий угол обзора, силуэтный характер застройки позволяет различать детализацию архитектурных объектов. Панорама может быть:

- многоплановой или одноплановой;
- многообъектной или открытого пространства с отдельно стоящим объектом;

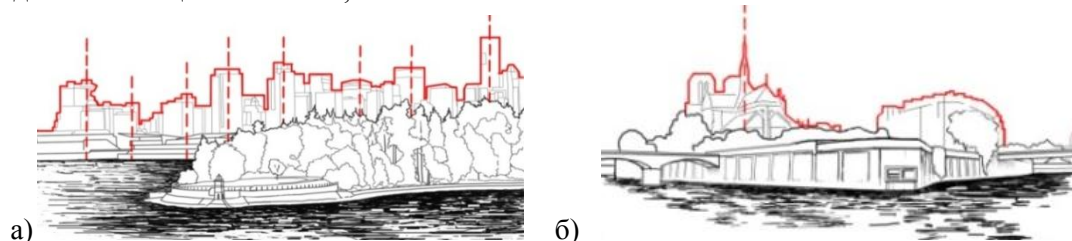


Рис. 2. Модель восприятия панорамы

- а) Современная застройка г. Ванкувер и парк Стенли, Канада – Панорама многоплановая, многообъектная, имеет ритмичное очертание высотной застройки с несколькими равномерно распределенными композиционными осями;
- б) Историческая застройка острова Сите на р. Сена, г. Париж, Франция – Панорама среднеэтажной городской застройки побережья, островного характера, аритмичное очертание с одной ассиметричной композиционной осью

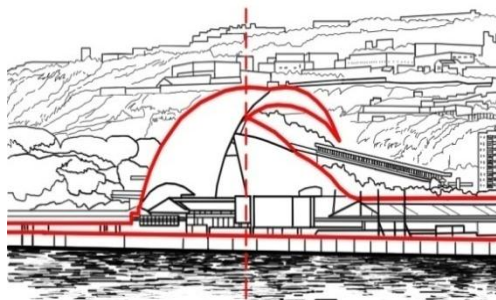
Различаются следующие разновидности силуэтов:

- ритмичного и аритмичного контурного очертания застройки;
- симметричные и ассиметричные;
- ступенчатые, за счет перепада высотной застройки, равномерно горизонтальные, характерные для среднеэтажной застройки старых городов, «сходящиеся» композиционно к центру или «расходящиеся» от него;
- с одной или несколькими доминантами, служащими композиционными осями;
- с одной ярко выраженной центральной композиционной осью, с одной смещенной от центра композиционной осью, несколькими ритмично выстроенными композиционными осями.

- многоярусной и одноярусной (при возвышении рельефа заднего плана);
- ритмичной и аритмичной;
- симметричной и ассиметричной;
- с высотной, среднеэтажной или малоэтажной застройкой;
- с одной или несколькими доминантами, служащими композиционными осями;
- может иметь перспективное удаление в одну сторону или в две, если застройка имеет островной характер.



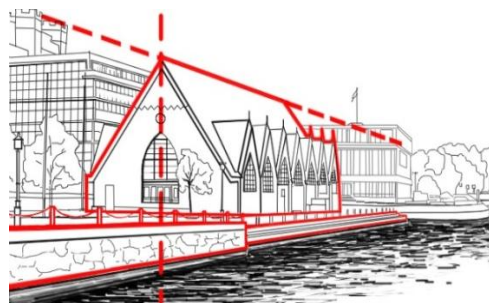
**Модель восприятия первого плана** – является дальнейшим развитием модели панорамного восприятия и образуется при близких дистанциях наблюдения: крупным планом воспринимаются только впереди стоящие объекты с близлежащей территорией или отдельные



а)

крупные фрагменты объекта рис. 3, а, б. Картины восприятия первого плана могут быть:

- фронтальные (симметричные или ассиметричные) и ракурсные;
- с фоновым природным возвышением или равноценной застройкой второго плана.



б)

Рис. 3. Модель восприятия первого плана

а) Прибрежная застройка г. Санта-Крус-де-Тенерифе, Испания, Канарские острова – Первый план – знаковый объект, фронтальное восприятие с фоновым вторым планом (концертный зал Аудиторио Тенерифе, арх. С. Калатрава);

б) Застройка набережной в Гетеборге, Швеция – Первый план – акцентный объект с благоустроенной набережной, ракурсное восприятие на фоне городской застройки (первая церковь – Фескеркорка)

**Модель восприятия глубины** – для панорамного восприятия прибрежной зоны с моста или с середины реки характерно глубинное развитие пространства с ограничением его с боковых сторон, выполняющих роль кулис. Главная ось зрения совпадает или параллельна композиционной оси воспринимаемого пространства («осевое восприятие») рис. 4, а, б.

Картины глубинного восприятия могут быть:

- многоплановыми (ступенчатыми) и монотонными;

- линейными или с ритмическим членением;

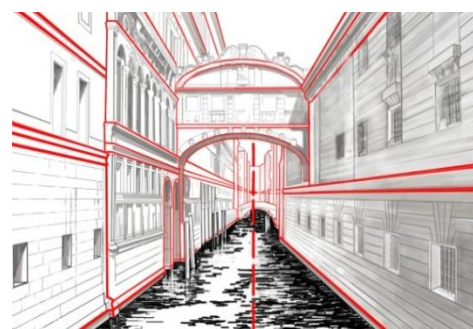
- симметричными и ассиметричными;

- с центральной, со смещенной и со скрытой точками схода;

- открытыми или замкнутыми (ограниченными), когда зрительно взгляд упирается в преграду: символическое ограждение (мосты, решетки, колоннады и др.), плотные или редкие посадки озеленения, объект или группу объектов островного характера и др.



а)



б)

Рис. 4 Модель восприятия глубины

а) Большой канал (Каналаццо), Венеция, Италия - Панорама глубинная с ритмическим членением, а симметричная, ступенчатая, со скрытой точкой схода;

б) Улица Венеции, Италия - Панорама глубинная линейно-монотонная, симметричная, с центральной точкой схода

**Модель обзорного восприятия** - панорамное восприятие прибрежной зоны с видовой точки на возвышенности [рис. 5, а, б]. Характеризуется многоплановым обзорным бесконечным видовым восприятием. Различается:

- по размещению видовой точки: на возвышенности или горе, с характерного доминантно-

го объекта, высотного здания и других смотровых площадок.

- по виду обзора: круговой - просматривается весь периметр территории; секторный – обзор сегмента территории в определенном направлении; лучевой – обзор определенного архитектурного объекта или комплекса.

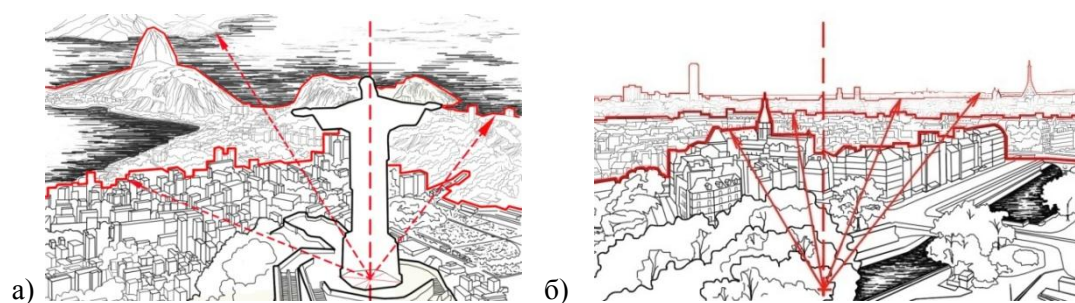


Рис. 5. Модель обзорного восприятия

- а) Видовая точка – статуя Иисуса Христа в г. Рио-де-Жанейро, Бразилия - Панорама с видовой точки на смотровой площадке возвышенности, носит характер кругового обзора, многоплановая с бесконечным обзорным видом;
- б) Вид на Сену с собора Нотр-Дам, г. Париж, Франция - Панорама с видовой точки доминантного объекта, носит характер секторного обзора, многоплановая с бесконечным обзорным видом.

**Детальная модель восприятия** – характеризуется минимальным удалением видовой точки от объектов восприятия [рис. 6, а, б], ограничением визуального «охвата» взглядом лишь зрительно ближайших фрагментов протяженного по длине или высоте архитектурного объекта или целого отдельного объема здания. Восприятие ограничивается углом зрения человека по горизонтали –  $140^\circ$ , по вертикали –  $110^\circ$ . При

этом воспринимаются отдельные фрагментарные изображения наблюдаемых поверхностей и объемных элементов пространства, включая их пластику, детали, фактуру и т.д. Выразительность детализировки проявляется через такие качества, как масштабность архитектурных элементов, пропорционирование (геометрическое и оптическое), вид и плотность фактуры поверхности и деталей.

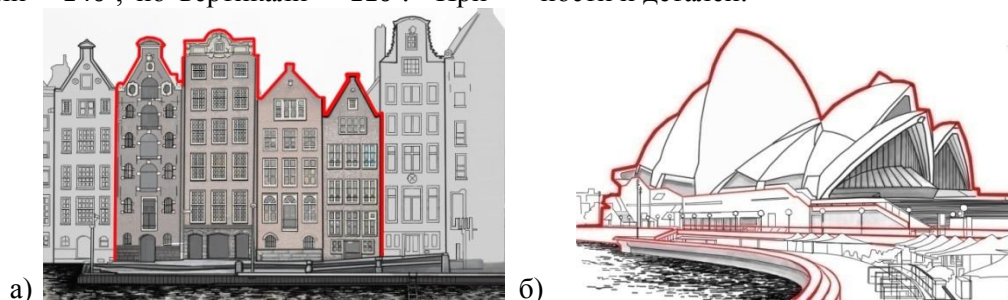


Рис. 6 Детальная модель восприятия

- а) Жилые дома на набережной г. Амстердам, провинции Сев. Голландии, Нидерланды – Детальное восприятие нескольких архитектурных объектов протяженной плотной брандмауэрной застройки;
- б) Оперный театр в г. Сидней, Австралия – Детальное восприятие цельного современного архитектурного объекта с набережной.

Вода и водное пространство становятся формообразующим фактором городского развития [1], основным компонентом формирования архитектурно-пространственных, композиционных и средовых качеств застройки прибрежных территорий.

Обобщение рассмотренных факторов, характеризующих виды визуального восприятия берегового пространства («вовнутрь», «извне» и «внутри»), дает возможность систематизировать основные элементы восприятия – зрительные кадры, как модели стандартных проектных ситуаций.

Система «моделей восприятия» будет выступать основой организации процесса «многокартинного моделирования» прибрежных территорий, где каждый единичный кадр есть инструмент оценки и проверки расхождения про-

екта с «натурой» и одновременно – итогом процесса композиционного поиска.

Выявление и приведение в систему характеристик визуального восприятия прибрежной территории и выделение устойчивых видовых картин - «моделей восприятия», составят научную основу для практического решения задачи архитектурно-пространственного и композиционного формирования застройки прибрежных территорий.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:

1. Глазычев В.Л. Урбанистика. М.: Европа, 2008. 220 с.
2. Хромов Ю.Б. Ландшафтная архитектура городов Сибири и Европейского Севера. Л.: Стройиздат. Ленинградское отд., 1987. 200 с.

3. Ефимов А.В., Минервин Г. Б., Ермолаев А.П., Шимко В. Т., Щепетков Н. И., Гаврилина А. А., Кудряшев Н. К. Дизайн архитектурной среды - М.: Издательство «Архитектура-С», 2006. 504 с.
4. Шимко В.Т., Архитектурно-дизайнерское проектирование городской среды. М.: Издательство «Архитектура-С», 2006. 504 с.
5. Денисов М. Ф. Набережные: архитектору-проектировщику. М.: Стройиздат, 1982. 148 с.
6. Ревякин С. А., Скопинцев, А. В. Описание информационных связей «объекта» и «контекста» при экореконструкции техногенных городских ландшафтов // Инженерный вестник Дона, 2015, №2. [Электронный ресурс]. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n2y2015/2897](http://ivdon.ru/magazine/archive/n2y2015/2897).
7. Аксенова Г., Шевченко О.Ю. Развитие планировочной структуры городского поселения // Инженерный вестник Дона, 2012, №4 (часть 1). [Электронный ресурс]. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/1173](http://ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/1173).
8. Сидорова В. В. Особенности формирования панорам прибрежной полосы Большой Алушты // «Архитектон: известия вузов». - УралГАХА, 2014. – № 46. [Электронный ресурс]. URL: [http://archvuz.ru/2014\\_2/4](http://archvuz.ru/2014_2/4)
9. Линч К. Образ города / пер. с англ. В. Л. Глазычева. М.: Стройиздат, 1982. 328 с.
10. Рудакова О. Н., Скопинцев А. В. Особенности архитектурно-ландшафтной реконструкции среды прибрежных территорий Приднестровья // Альманах мировой науки, № 3-3 (3). // Перспективы развития науки и образования: по материалам Международной научно-практической конференции 31.12.2015. Часть 3, М.: «АР-Консалт», 2015. с. 120-121. [Электронный ресурс]. URL: <http://scjour.ru/docs/amn.2015.03.03.pdf>
11. Хасиева С. А. Архитектура городской среды: учеб. для вузов. М.: Стройиздат, 2001. 200 с.
12. Курбатов Ю. И. Архитектурные формы и природный ландшафт: композиционные связи. Л.: Издательство Ленинградского университета, 1988. 136 с.
13. Нефедов В. А. Ландшафтный дизайн и устойчивость среды. СПб.: Полиграфист, 2002. 295 с.
14. Саймондс Д. О. Ландшафт и архитектура / пер. с англ. А.И. Меньшавина. М., Изд. литры по стр-ву, 1965. 193 с.
15. Jon Lang. Urban Design: A Typology of Procedures and Products. London, 2005. 448 с.

---

**Rudakova O.N.**

**VISUAL PERCEPTION MODELS OF ARCHITECTURAL, SPATIAL AND COMPOSITIONAL QUALITIES OF COASTAL AREAS DEVELOPMENT**

*In various aspects, the author observes a visual perception of the city's external shape and its internal environmental space concerning water space. There are factors, which characterize types of coastal area perception such as «inward perception», «outside perception» and «inside perception». These factors are analyzed and systematized. Types of coastal area perception occur a generic nature and they are used for the general characteristic of visual contact with the coastal area. Different kinds of the visual coast perception are traced in the examples of the coastal area development in foreign countries. There are silhouette and panoramic visual perception of the coast. These versions of the coast visual perception have a fractional structure. We could consider scenes as models of typical design approaches and these scenes could be displayed by highlighting sustainable images – «perception models». The system of «perception models» is going to be the foundation of the «Multi view modeling» process, and as a technique of preliminary visual analysis of coastal areas development, where every single scene of this process is an estimator of architectural, spatial and compositional research.*

**Keywords:** images, shape of urban development, model of visual perception, visual depth, scene, angle of view, compositional axes.

---

**Рудакова Ольга Николаевна**, аспирант кафедры дизайна архитектурной среды.

Академии архитектуры и искусств Южного федерального университета.

Адрес: Россия, 344082, Ростовская область, Ростов-на-Дону, ул. М. Горького, д. 75.

E-mail: [rudakova65@mail.ru](mailto:rudakova65@mail.ru)

**Шукуров И.С., д-р техн. наук, проф.,  
Ахмед Эламин М.А., аспирант,  
Зебилила М.Х., аспирант,  
Микири К.И., аспирант**

**Национальный исследовательский  
Московский государственный строительный университет**

## **ВЛИЯНИЕ ЗАСТРОЙКИ ПРИБРЕЖНОЙ ТЕРРИТОРИИ НИЛА НА ВЕТРОВОЙ РЕЖИМ И ЗАПЫЛЕННОСТИ ХАРТУМА (РЕСПУБЛИКА СУДАН)**

**shukurov2007@yandex.ru**

*В данной статье раскрываются проблемы влияния прибрежной территории Голубого и Белого Нила на ветровой режим и запыленности застройки Хартума. Одним из главных факторов, оказывающих существенное влияние на формирование внешней среды, наряду с температурой воздуха, солнечной радиации и влажности воздуха является ветер. Планировка и застройка в экстремальных неблагоприятных климатических условиях Хартума, во многом зависит от того, насколько правильно разработаны нормативные, теоретические и практические рекомендации по проектированию жилой застройки с учетом местных условий и требований по улучшению ветрового режима. Ветер оказывает существенное влияние и на состояние запыленности воздушного бассейна города. Рассмотрены также вопросы дальнейшего территориального развития прибрежных территорий жилой застройки Голубого и Белого Нила. Изучены жилые застройки требующие проведения мероприятий с учетом общих закономерностей изменения скорости и запыленности воздушной среды. Приводятся результаты исследования по изучению характера обтекания воздушным потоком природной преграды или здания. Представлена аналитическая зависимость изменения скорости в зависимости от направления ветра относительно фронта застройки. Предлагаются меры по улучшению ветрового режима и запыленности прибрежной полосы Голубого и Белого Нила.*

**Ключевые слова:** прибрежная территория, тепло-влажностный режим, запыленность, ветровой поток, жилая застройка.

Судан называют страной саванн и пустынь, но за этим общим определением скрывается довольно большое разнообразие природных условий. Оно объясняется не столько различиями в рельефе (большая часть страны представляет собой слабо расчлененное плато), сколько разницей в широтном положении, которое определяет климатические условия. Территория страны располагается в пределах древней Африканской платформы. Хорошо выражена смена широтных зон – от «классической» пустыни на севере до тропических лесов на юге.

Крупнейший город Хартум – столица Республики Судан, исторически образовался из трех сопредельных городов: Хартума, Омдурмана и Северного Хартума. Побережье Голубого и Белого Нила – это территории наиболее благоприятные с точки зрения градостроительства. В современном градостроительстве Хартума учет местных природно-климатических особенностей приобретает все большую актуальность, наряду с антропогенными факторами. Особенности рельефа и наличие Нила, являются основными природно-климатическими характеристиками, которые формируют геоэкологические и микроклиматические предпосылки к

архитектурно-планировочной структуре жилой застройки. Климат Хартума отличается необычной сухостью. Осадков здесь практически нет (несколько десятков миллиметров в год, рис. 1.).

Планировка и застройка в экстремальных неблагоприятных климатических условиях Хартума, во многом зависит от того, насколько правильно разработаны нормативные, теоретические и практические рекомендации жилой застройки этих городов с учетом местных условий и требований по улучшению тепло-влажностного режима. Природно-климатические факторы оказывают влияние на структуру города, на приемы формирования градостроительной среды и характера воздействия на окружение [1].

Одним из главных факторов, оказывающих существенное влияние на формирование внешней среды, наряду с температурой воздуха, является ветер. Ветер оказывает существенное влияние на состояние запыленности воздушного бассейна города. Наряду с этим ветер способствует теплообмену с деятельной поверхности застройки, влияя тем самым положительно на тепло-влажностный режим жилой застройки [2].



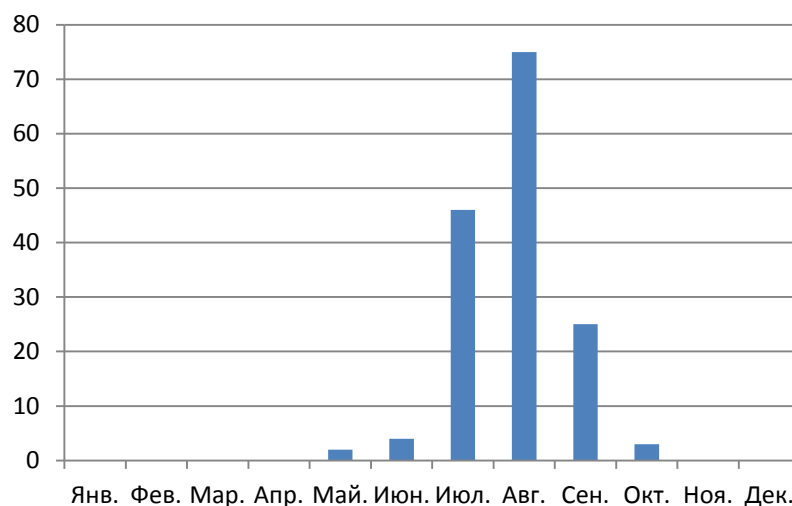


Рис. 1. Количество осадки в г. Хартуме (мм)

Для изучения влияния Голубого, Белого Нила и Нила нами были проведены натурные наблюдения. Целью натурных наблюдений является определение влияния реки на скорость и направление ветра в жилой застройке. При этом решалась задача, определения ширины зоны влияния реки в различных градостроительных условиях. Скорость и направление ветра измерялись чашечным анемометром Atmos и указателем направления. Перед измерением проводилась сверка приборов. Общие погодные условия в районе г. Хартума принимались по данным метеостанций «Аэропорт».

Постановка ряда натурных наблюдений при изменении расстояния между однотипными зданиями позволила определить взаимовлияние их на формирование ветрового режима и выделить зоны с пониженными скоростями. Это дает возможность разрабатывать варианты планировочного решения с таким размещением зданий и элементов благоустройства, которое обеспечивает более благоприятные условия жизнедеятельности человека.

В зависимости от характера использования и планировочной организации прибрежных территорий микроклиматическое влияние акватории может распространяться на значительное расстояние в глубину города или ограничиваясь узкой полосой вдоль побережья [3].

Ширина зоны влияния Нила и микроклиматические характеристики в значительной степени зависят от ветрового режима. Ветровой режим в прибрежной зоне зависит от направления господствующего ветра и планировочной сети улиц. Основные ветровые потоки распределяются по улицам, параллельным преобладающему направлению ветра.

Ветровой поток, преодолев береговой склон и пространство верхней террасы, поступает в пределы застроенной территории города и претерпевает трансформацию, как по скорости, так и по направлению. Изолинии значений скорости имеют сложное очертание, не позволяющее анализировать трансформирующее влияние отдельных элементов комплекса застройки. Представляется возможным выделить лишь общих закономерностей изменения скорости и направления (рис. 2).

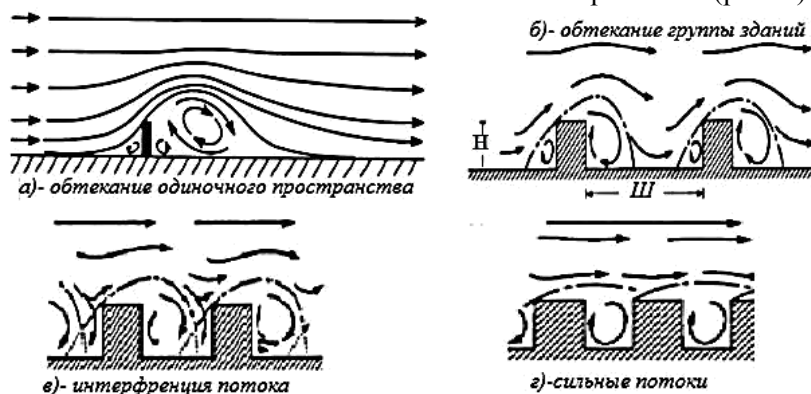


Рис. 2. Примеры обтекания воздушным потоком различных типов застройки: а) - отдельно стоящие здания (соотношение расстояния между зданиями  $\Pi$  к их средней высоте  $H$  составляет  $\Pi/H > 0$ ); б) - среднеплотная застройка ( $H/\Pi > 0.7$ ); в) и г) - высокоплотная застройка

В замкнутых дворовых пространствах скорость ветра существенно снижается, возникают обратные течения и завихрения. Направление и скорость потоков, проникающих в дворовое пространство через разрывы между зданиями, отличаются от первоначальных значений [4].

Внутренние открытые пространства застройки характеризуются выравниванием скоростей потоков и приближением их по направлению к первоначальному. На подветренной территории скорость ветра понижается, преобладают потоки, направленные из застройки на подветренную улицу через разрывы между зданиями.

Заметно снижение скорости ветра вдоль фасадов зданий, параллельных направлению основного потока. В условиях, характерных значительным подпором потоков, в разрывах между зданиями скорость ветра может превышать первоначальное значение на 20 % – 40 %.

Характер обтекания воздушным потоком преграды – здания зависит от комплекса факторов: конфигурации, размеров, конструкции, других характеристик преграды, а также от граничных и начальных условий, т.е. состояния шероховатости подстилающей поверхности и степени деформации профиля потока в начальном сечении, с которого начинается тормозящее влияние здания. При направлении ветра, перпендикулярном фасаду здания выявлены следующие зоны потока: невозмущенная, вытеснения, разрежения и область следа, различающиеся характером изменения скорости воздушного потока (рис. 3).

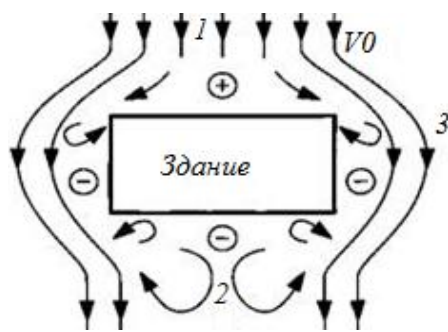


Рис. 3. Схема направления ветра, перпендикулярного фасаду здания: 1 – навстречный фасад; 2 – заветренный фасад; 3 – боковые фасады;  $V_0$  – скорость ветра, м/с

При обтекании здания воздушный поток огибает его сверху, с боков, а у основания образуется слабое возвратное течение. Давление воздуха с наветренной стороны повышается. На углах наветренной стены скорость ветра возрастает. С подветренной

стороны здания возникает зона, где потоки перемещаются в обратном направлении по отношению к движущемуся потоку.

Скорости, осредненные по высоте, меньше скоростей в набегающем потоке. Вдоль по потоку на расстоянии 8–10 высоты здания-Н защитное влияние здания ослабевает, и поток постепенно возвращается к первоначальному состоянию.

Коэффициент ослабления ветра определяется плотностью застройки, размерами и конфигурацией зданий, расстояниями между ними и планировочными приемами расстановки. Снижение скорости происходит за счет трения потока о поверхность фасадов зданий, а также уменьшения общего расхода потока при его рассредоточении по боковым улицам (поперечным). В поперечном сечении продольной улицы скорость изменяется от 0,8 – 1,2 на оси улицы до 0,5–0,7 на линии застройки.

Зоны завихрений отмечаются с наветренной торцевой стороны отдельных домов и за жилой застройкой. С наветренной части торцов застройки потухающие потоки создавали зону повышенных скоростей, от которой потоки далее проходили перекресток и отклонялись на улицу, параллельную руслу реки. При ступенчатой трассе движения отдельных потоков, в общем, сохраняется первоначальное направление ветра.

Наибольшие значения скоростей отмечаются с наветренной стороны краевых жилых застроек и на участках улиц, параллельных руслу реки, ограниченных ими. При данном направлении ветра отмечается определенная закономерность движения потоков:

- каждый квартал обтекают направленные потоки, перемещающиеся вдоль улиц;
- на перекрестках скорости ветра возрастают и часть потока, отклоняясь от основного направления, поступает в заветренную сторону кварталов;
- в заветренной части образуется зона с пониженными скоростями ветра и завихрениями;
- повышенные скорости ветра отмечаются на углах кварталов, особенно крайних и у торцевой части.

В заветренной части застройки скорости ветра составляют величины 0,4–0,75 от первоначальной скорости ветра. Зоны пониженных скоростей образуются за средними жилыми застройками или отдельными жилыми домами, где отсутствует боковое влияние потоков жилых застроек [5].

Количественные изменения скорости ветра можно определить, принимая за основу среднюю скорость ветра. Приведенные данные поз-

воляют выявить закономерности изменения скорости в зависимости от направления ветра относительно фронта застройки. Изменение средней скорости ветра на улицах, направление ветра к продольной оси которых, перпендикулярно, определяется уравнением:

$$V = V_{90}[k - \sin \alpha (k - 1)] \quad (1)$$

где,  $V = \left(\frac{V}{V_0}\right)$  – средняя скорость на улицах;  $V_0$  – исходная скорость ветра на метеостанции, преобразованная к условиям жилой застройки, м/с.;  $k$  – коэффициент, зависящий от размещения зданий, ширины улиц, плотности, шероховатости окружающих и подстилающих поверхностей в среднем  $k = 1,25 \pm 0,25$ ;  $V_{90} = \left(\frac{V}{V_0}\right)_{90}$  – средняя скорость ветра на улице, при ветре, перпендикулярном фронту жилой застройки.

Таким образом, проведенные исследования показали, что наименьшие скорости ветра отмечаются на улицах, где направление ветра перпендикулярно их продольной оси.

Аэрация внутренних дворовых пространств жилой застройки осуществляется поступающими сверху через здания потоками, имеющими средние относительные скорости 0,32–0,82. Данные измерений позволяют определить изменения скоростей в кварталах в зависимости от направления ветра. Изменение средней скорости ветра в застройках в зависимости от направления ветра определяется уравнением следующего вида:

$$V = V_{90} \times [1 + \cos \varphi \times (k - 1)] \quad (2)$$

$V_{90}$  – средняя скорость ветра в жилой застройке при направлении ветра, перпендикулярном фронту исследуемой жилой застройки;  $\varphi$  – угол направления ветра.

Изменение микроклимата в жилой застройке, расположенной на побережье, зависит от ее плотности и характера. Так, например, с увеличением плотности застройки у реки снижается скорость ветра. Параллельное размещение застройки к Нилу способствует ее лучшему проветриванию и проникновению воздушного потока в глубину города. Так же большое влияние оказывает характер озеленения, а в частности, зеленые насаждения в прибрежной зоне. Так, например, наличие зеленых насаждений в прибрежной зоне способствует сохранению влажности и уменьшению ветровых нагрузок.

В настоящее время архитектурно-градостроительное развитие прибрежных территорий в Хартуме не всегда является оптимальным с точки зрения обеспечения благоприятного

влияния Нила. Как правило, это связано с близким расположением застройки к урезу воды, недостаточной шириной полосы озеленения, очень часто применяемые планировочные приемы не учитывают проникновения бризов вглубь застройки, что было доказано путем теплофизического моделирования [6].

Таким образом, с целью улучшения микроклиматического и биоклиматической оценки жилой застройки в условиях жаркого и сухого климата прибрежных территорий Нила необходимо использовать благоприятное воздействие реки. В связи с этим можно рассмотреть ряд мероприятий [7].

Следует применять планировочные приемы, обеспечивающие проникновение воздушных масс как можно дальше вглубь застройки. Необходимо учитывать влияние Нила, которое усиливается при создании на прибрежных территориях озелененных пространств, использования приемов застройки, раскрытой в сторону реки, и ослабевает при размещении на этих территориях промышленных предприятий, при расположении застройки близко к береговой полосе, а также при наличии на прибрежных территориях значительных по площади искусственных покрытий. Следует избегать устройства транзитного движения или переносить его за пределы прибрежных территорий, а также сокращать и выводить промышленные предприятия технологически не связанные с рекой. Необходимо дифференцировать прибрежные территории на микроклиматические районы в зависимости от степени их воздействия на город и использовать в соответствии с его особенностями.

Жилую застройку на прибрежных территориях необходимо располагать так, чтобы она находилась в зоне микроклиматического влияния реки. При размещении застройки у реки она не должна быть ближе от уреза воды от 100 до 400 м. Такое размещение способствует улучшению проветриваемости в жаркий период. Разрывы между урезом воды у Нила и застройкой рекомендуется использовать под парки, набережные и т.д.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Руководство по оценке и регулированию ветрового режима жилой застройки. М: Стройиздат, 1986. С. 61.
2. Шукуров И.С. Методика расчёта интегрального градостроительного показателя, характеризующего развитие территорий жилой застройки // Недвижимость: экономика и управление. 2014. № 1, 2. С.43–47
3. Махонько К.П. Возникновение ветрового переноса пыли над подстилающей

поверхностью. Сб. конференции по метеорологической деятельности комиссии атомной энергии. США, май 19-22, 1964 г., отдел научно технической информации, Обнинск. 1967

4. Реттер Э.В. Моделирование при изучении микроклимата зданий и их комплексов. В сб.: Климатическое районирование для проектирования жилищ» М.: 1969

5. Чистякова С.Б. Учет климата и регулирование микроклимата при благоустройстве и

озеленение города. В кн.сб. Исследование по микроклимату и шумовому режиму населенных мест. М. Стройиздат, 1965, вып.3., С. 20–28.

6. Шукуров И.С., Ахмед Эламин М.А. Влияние Голубого и Белого Нила на градоэкологию прибрежных урбанизированных территорий Хартума. ПГС. № 3. 2016. С.15–19

7. Кратцер П.А. Климат города. М.: Изд. иностранной литературы, 1958. С. 239.

---

**Shukurov I.S., Ahmed Elamin M.A., Mikiri K.I., Zebilila M.H.**

**INFLUENCE OF BUILDING OF THE COASTAL TERRITORY OF NILE ON THE WIND PATTERNS AND DUST CONTENT OF KHARTOUM (REPUBLIC OF THE SUDAN)**

*In this article the problems of influence of the coastal territory of Blue and White Nile on the wind patterns and dustiness of building of Khartoum are revealed. One of the main factors having significant effect on the formation of external environment along with air temperature, solar radiation and air humidity is wind. Planning and building in extreme adverse climatic conditions of Khartoum, in many respects depends on the building standard, theoretical and practical recommendations on designing of housing estate, taking into account the local conditions and requirements on improvements of wind conditions. Wind has significant effect on the condition of dust content of the air basin of the city. The questions of further territorial development of coastal areas of residential development of the Blue and White Nile also are considered. The study looked at residential development requiring actions, taking into account the general laws of speed variation and dustiness of the air environment. The paper presents the results of studies of the nature of air flow around natural obstacles or buildings. Presents analytical relationship of the velocity changes depending on the wind direction relative to the front of building. Measures for improvement of the wind regime of the coastal strip and dustiness of Blue and White Nile are proposed*

**Key words:** coastal territory, warm and moisture patterns, dust content, wind stream, housing estate.

---

**Шукуров Илхомжон Садриевич**, доктор технических наук, профессор кафедры «Проектирования здания и градостроительство»

НИУ «Московский государственный строительный университет»

Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

E-mail: shukurov2007@yandex.ru

**Ахмед Эламин Мохтар Адам**, аспирант кафедры «Проектирования здания и градостроительство»

НИУ «Московский государственный строительный университет»

Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

E-mail: ahmedelamin@mail.ru

**Зебилила Мохаммед Динн- Халис**, аспирант кафедры «Проектирования здания и градостроительство»

НИУ «Московский государственный строительный университет»

Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

E-mail: halisghx@mail.ru

**Микири Карим Имад** аспирант кафедры «Проектирования здания и градостроительство»

НИУ «Московский государственный строительный университет»

Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

E-mail: goa68@yandex.ru



*Горюжанкин В.К., ст. препод.  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*

## ЖАНРЫ И КОДЫ АРХИТЕКТУРНОГО ФОРМООБРАЗОВАНИЯ

vk.goro@yandex.ru

*Рисунок, слово и деталь постройки – три кода теории и практики, работающих с архитектурной формой, которая в зависимости от социальной технологии предстаёт в разных субстанциях. В ремесле зодчего архитектура предстаёт оформленным материалом постройки-скульптуры и парадигма теории зодчества – «ордерные формы». Организованная проектированием архитектурная форма предстала в системе зависимостей от назначения и конструкции, её теоретическая парадигма – «композиционная форма» – комбайн постройки и чертежа. Коммуникативное происхождение архитектурной формы постмодернизма обнаруживает структурный принцип организации её языков – «двойное кодирование». Конституция двойного кода проявляется в жанрах архитектурного текста.*

**Ключевые слова:** кодирование ордерных форм, функциональный шифр формы, жанры двойного кодирования.

1. *Модель развития.* Концепция «постиндустриального общества» формировалась английскими учёными в конце 50х годов; в 1973м году американский социолог Даниэл Белл доработал идею Д. Рисмэна до прогностической модели постиндустриального общества. Экономической модели собственности, служившей идеологическим основанием индустриального общества, Д. Белл противопоставил модель постиндустриального социума, сфокусированного на производстве услуг, а не товаров. Теория постиндустриального общества утверждала, что в грядущем обществе будут главенствовать знания и интеллектуальные технологии, поэтому в архитектуре постиндустриального общества «постмодернизм» явился в виде субстанции языка – средства общения (его процесс «партиципация») и мышления (его результат «двойное кодирование») [4].

2. *Доиндустриальное общество.* Дефиниции архитектуры обычно начинают с категорий Витрувия: «польза», «прочность», «красота», которые автор трактата называл «сутью вещей», не разделяя видов искусств, участвующих в создании предметной среды. В архитектуре, – писал Витрувий, – заключены две вещи: то, что выражает, и то, о чём идёт речь. Первое – он называл практикой, второе – теорией. При отсутствии в тексте «десяти книг...» современного понятия «язык», его значения включены в контексты трактата.

3. *Кодирование в зодчестве.* «Десять книг о зодчестве» содержат примеры кодирования в описании природы пропорций ионического ордера, рисунка коринфской капители и триумфальной арки, – в этих и других примерах используется антропо-морфный шифр кодирования.

4. *Атрибутивные и системные коды.* Тройка «польза, прочность, красота», по мне-

нию А.П. Буряка, «атрибутивные качества» объекта и не связаны с процессуальным замыканием системы в целостность [1], в отличие от триады Альберти «необходимость, удовольствие, польза». Этот код был получен в категориальной типологии перекрытием смыслов категории «польза» при интерпретации категорий «прочность» и «красота» из текста Витрувия. Так считал В.П. Зубов – переводчик и комментатор текстов Альберти и Витрувия [5].

*Функциональный шифр формы.* Коды, шифрующие и, в силу этого, несущие архитектурный смысл, в XX веке представлены системами категорий «форма, функция, конструкция». На этом основании «формализм», «функционализм» и «конструктивизм» объявлены основными направлениями поисков современного стиля. Исследуя этот вопрос, легко прийти к выводу о соответствии процессуальной структуры инженерных ролей и технологического описания объекта проектирования (рис. 1). В других источниках, ведущей триадой XX века стала «форма, функция, композиция», которую сравнивая с формулой Г.-Л. Салливена, «форма следует функции» шифр «следования» может быть заменён категорией «композиция», если её понимать как процесс логического устройства формы. В этом контексте кодирования речь идёт о мышлении архитектора, который анализируя функцию, выявляет содержание знака – значения, привязанные конвенцией к знаковой форме: «...форма облака говорит нам о функции облака...» – писал Л.Г. Салливан о процессе художественно-образного моделирования формы в ходе её восприятия [7, 46].

6. *Архитектурные шифры постмодернизма.* На онтологическое моделирование архитектурной формы одним из первых обратил внимание Р. Вентури в работе 60-х – «Сложность и противоречия в архитектуре», в которой он ана-

лизировал формообразование, определяющееся вне сюжетов «гармонии» [7, 543–558]. В следующей работе – «Уроки Лас Вегаса...» [2] он открывает новые онтологии архитектурной формы, существующей в виде «декорированного сарая», и скульптурной бутафории зданий в форме «утки». «Композитная форма», впервые возникшая у Л.-Б. Альберти, в его трактате представлялась комбайном чертежа и постройки (например, «фасад»); его символическая форма призвана выражать гармоническое единение логоса и деятельности, несущие космический порядок в преобразуемый (мысле-действием) хаос. Неординарный взгляд Р.Вентури выражен в понятии «трудного целого» и в формуле «не черное или белое, но и черное, и белое, и немного серого» – отображает полиморфизм гибридной формы [7, 543]. Происшедшее изменения между композитной формой от Альберти, в которой представима категория «гармонии», и гибридной формой от Вентури, в которой невозможно представить «противоречивую гармонию» или «гармонию противоречий» (рис. 2, 3). Обращает внимание, что гибридное формообразование характеризуют коды: 4-угольник повторить трижды или 3-угольник повернуть 4 раза, в то время, как формообразование гармоничных многоугольников связывает принцип непрерывности рисунка («стиль» гармонии).

5.

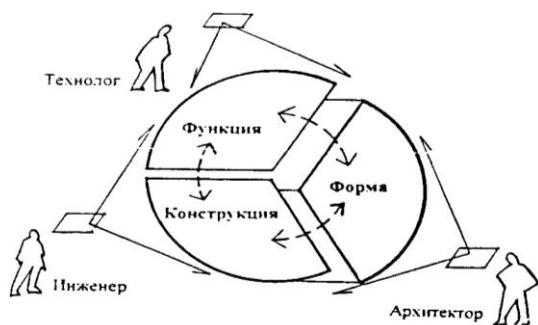


Рис. 1. Представление об объекте проектирования в начале XX века

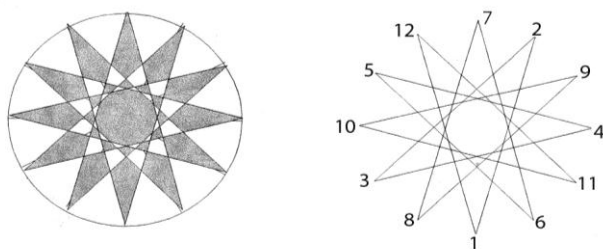


Рис. 2. Формообразование гармоничного 12-тиугольника.

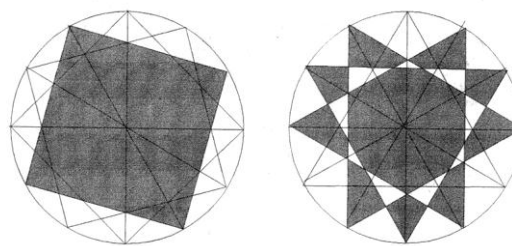


Рис. 3. Гибридное формообразование звёздчатых 12-тиугольников (4×3 и 3×4)

6. *Кодирование «движения к потребителю»* – партисипация существует во множестве видов профессиональной деятельности, в том числе исследовательский. Идеи о категориальном составе когнитивных карт для ориентации в городской среде (путь, ориентир, район, граница, узел) были извлечены Кевинем Линчем из диалогов с публикой в ходе социологических опросов [6]. Аналогично этому, теория символизма архитектурной формы у Р. Вентури появилась после «экспедиции в столицу вульгарности и плохого вкуса», что можно считать языковой партисипацией [8]. Примеры языкового преобразования архитектурной формы можно продолжать, или воспользоваться примером партисипации. Принцип развития средств архитектурного кодирования по аналогии с другими искусствами позволяет рассматривать игровые жанры как универсальные жанры массовой культуры.

7. «Двойное кодирование» проявляет себя в несовпадении позиции в оценке информации с точек зрения отправителя и получателя текста, определяемых в жанрах. Распространённый в постмодернизме жанр «иронии» построен на умысле искажения шаблонного текста, при котором обесценивается его каноническая основа. Однако «ирония» не единственный жанр постмодернистской архитектуры, которая в конформистской установке метода партисипации черпает новации из всего многообразия масс-медиа, в том числе, из культуры компьютерных игр.

8. *Жанр «квест».* 20 лет существования компьютерных игр ещё не привели исследователей к однозначным классификациям, но все едины в разделении игр на 3 рода: игры информации (общения, изучения мира); игры действия (перемещение, использование оружия и техники); игры контроля (управление, командование, распределение средств). Кроме того, роды делятся на виды, среди которых находят жанр «квест», «боевики», «симуляторы», «ролевые», «спортивные», «стрелялки» и многие другие, перечень которых не входит в круг наших задач. Скажем, что наибольшее распространение за пределами монитора получил жанр «квест», для

которого только в Белгороде оборудовано четыре помещения. Своеобразный квест, – игровой жанр изучения пространства и формы, – явился вместе с окутанным в туман конструкцией павильона «размытие» на ЭСПО-2002 в Швейцарии (рис. 4). По наклонному мосту посетитель входит в гущу облака и бродить в нем, руководствуясь исключительно только своими интуициями о возможном маршруте. В самом центре облака можно найти "стеклянную комнату" со стенами, полом и потолком из стекла, где посетители испытывают ощущение остановки пространства и времени, нарушаемое лишь редкими просветами в тумане.

9. *Жанр «экшн».* Для профессиональной культуры архитектурного проектирования уже новым является жанр экшн - «оттаивания» «застывшей музыки», свершения действия на глазах зрителя. Если мы подумаем о механизме поворота этажей, о смещении стен или раздвижении конструкций кровли, то сразу же найдем множество примеров, в которых сооружение уже стало механизмом или объектом дизайна. Важнее найти другие примеры, в которых архитектурная традиция сохраняется, несмотря на очевидный креатив проектировщика. Вспоминается концепция Даниэла Либескинда и Захи Хадид, в которой они говорят о деконструкции как гиперэкспрессии [10]. Одним из примеров композиции в жанре экшн может служить работа Либескинда, который учитывая нелюбовь большинства немцев к факту уничтожения Дрездена, создал смотровую площадку с видом на городские новостройки. Её серебристая конструкция «как будто» разделила здание дрезденского Музея военной истории пополам. Подобно метафоре наступления «красных» на плакате Лисицкого, клин из стали появился через 135 лет в неоклассическом здании кайзера Вильгельма I (рис.5).



Рис.4. Жанр квест: швейцарский павильон Blur Building на озере Нефшатель.



Рис.5. Жанр экшн: от Д. Либескинда - реконструкция военно-исторического Музея в Дрездене.

10. *Жанр «стратегия прозрачности».* Для самого титулованного французского архитектора Жана Нувеля, создателя знаковых построек современности, характерно воплощение стратегии, целью которой всегда является «зрелище» архитектурной формы: процесс её явления, динамизма и структуризации, умножения и превращения [9]. Чтобы с архитектурной формой не происходило, именно происходящее, а не сама форма, становится сюжетом для зрелища. *Тема прозрачности* [3] была ведущей и разрабатывалась Нувелем в разных сюжетах восприятия. В конкурсном проекте Центра международных коммуникаций на Тет – Дефансе (1983г.) прозрачность трактовалась как ажурность центральной части, видимой с исторической оси. Конструктивный каркас, названный им в пояснении к проекту “негативом здания”, - был призван “архитектурить небо”, то есть придать динамичной, всегда изменчивой картине неба пространственную раму и регулярную основу для наблюдений (рис.6). Построенный в Даксе отель “Термы” (1992 г.) Большую часть атриума занимает бассейн с теплой водой. Его ограждающие поверхности выполнены в металлическом фахверке, заполненном снаружи деревянными жалюзийными ставнями с прозрачным или тонированным стеклом. Использование прозрачного материала в покрытии демонстрирует выразительную ажурность балочной решетки, слегка вспоруженной над атриумом и свисающей за наружными стенами. Размер фахверковой ячейки таков, что весь металл воспринимается как волокна одной “корзины”. Эффект прозрачности усиливается деревянными жалюзи, опоясавшими здание по периметру. Переживание тектоники, традиционно связанное с ассоциацией лепки формы и сборки конструкции, уступило место осязанию текстуры, ассоциирующейся с гнездами птиц. Концепцию этого здания Нувель определил как “мост” между прошлым и настоящим: из архаичного “вчера” из-



влечены ставни и 3-частные членения “палаццо”, из промышленного “сейчас” - текстура металлической штамповки. Фасад демонстрирует “просачивание” технологии сквозь архаические формы.

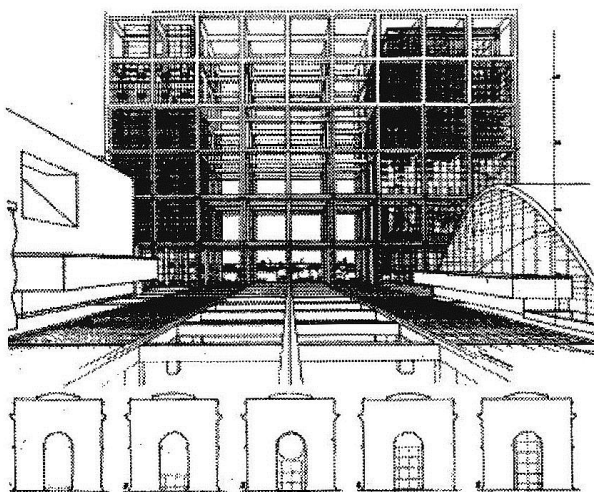


Рис. 6. Стратегия зрелища: прозрачная форма центра Международных коммуникаций «архитектуритует небо» по оси Лувр-Версаль.



Рис. 7. Стратегия зрелища: прозрачный фахверк гостиницы «Термы» в Даксе



Рис. 8. Стратегия зрелища: «пикселизация цвета» в башне «Агбар»

В башне «Агбар» сюжет прозрачности реализован механическим поворотом стеклянных панелей вдоль горизонтальной оси, приоткрывающие цветное ограждение, в котором оконные проёмы и цветовые пятна расставлены компьютером по принципу «случайных чисел». Кроме поворота 45 000 панелей они снабжены подсветкой, позволяющей получить 16 млн. оттенков «фонтана цвета» на фасаде [9, 34-42] – (рис. 7).

**11. Заключение:** структура уровней моделирования архитектурной формы отображена на рис.9. Равномощность и связь знаковых символов с пластическими формами не позволяет ограничивать архитектурное формообразование составлением конструктивов постройки и компоновкой их очертаний в предмете композиции. Также, для этого мало забот о пространстве восприятия, организованного в предмете экспозиции. В творчестве лидеров профессии архитектурному замыслу предстоит жанр, данный в кодах профессии, и подлежащих кодированию ценностей контекста и ценностей задания. Работа с жанром в предмете диспозиции вытесняет из практики прежде актуальное стилевое кодирование.

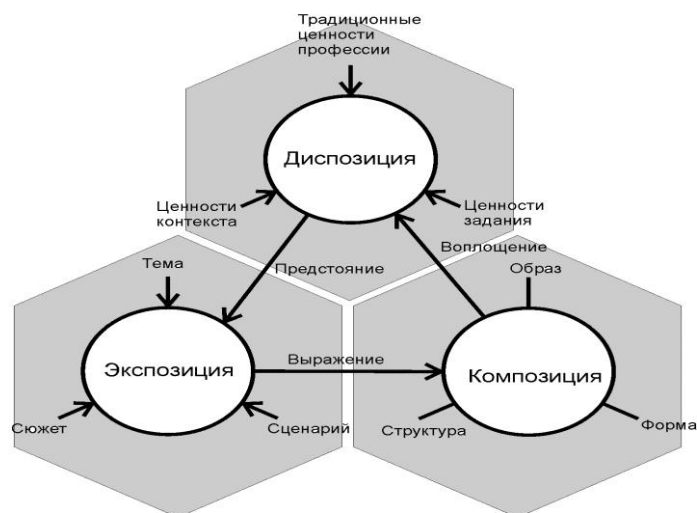


Рис. 9. Уровни архитектурного формообразования

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Буряк А.П. Развитие и функции системы графических средств современного архитектурного проектирования. Автореферат кандидатской диссертации. М.: ЦНИИТИА, 1979.
2. Вентури Р., Браун Д.С., Айзенур С. Уроки Лас-Вегаса: забытый символизм архитектурной формы. М.: Стрелка, 2015. 212 с.
3. Горожанкин В. Мягкий хай-тек от Жана Нувеля. Харьков: Ватерпас № 1. 1995. С. 32–35.
4. Дженкс Ч. Язык архитектуры постмодернизма. Стройиздат, М., 1985. 136 с.
5. Зубов В.П. Архитектурная теория Альберти. В сб.: Леон Батиста Альберти. М.: Наука, 1977. С. 50–150.
6. Линч К. Образ города. М.: Стройиздат, 1982. 328 с.
7. Мастера архитектуры об архитектуре. М.: Искусство, 1972. 590 с.
8. Налимов В.В. Вероятностная модель языка. М.: Наука, 1974. 272 с.
9. Нувель. М.: Директ-Медиа, 2015. 72с.
10. Хаид Заха. М.: Директ-Медиа, 2016. 72с.

---

**Gorozhankin V.K.****GENRES AND CODES OF ARCHITECTURAL MORPHOGENESIS**

*Drawing, word and detail of the building – three of the code of theory and practice, working with the architectural form, which, depending on social technologies appears in various substances. In the craft of the architect the architecture appears framed with material of construction-sculpture and the paradigm of the theory of architecture – "an order form". Organized design of architectural form appeared in the system dependencies from the application and the design, its theoretical paradigm – "composite form" - machine construction and drawing. Communication origin of the architectural forms of postmodernism discovers the structural principle of organization of its languages – "double coding". The Constitution of the dual code is manifested in the genres of architectural text.*

**Key words:** *coding of order forms, functional cipher of the forms, genres double coding.*

---

**Горожанкин Валентин Константинович**, старший преподаватель кафедры архитектуры и градостроительства.

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

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

E-mail: vk.goro@yandex.ru

**Выскребенцев В.С., аспирант**  
**Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова**

## О ВЛИЯНИИ ХИМИЧЕСКОЙ СУФФОЗИИ НА ФИЗИЧЕСКИЕ И ДЕФОРМАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ЛЁССОВЫХ ГРУНТОВ

vovagjan@mail.ru

*Установлено, что в ходе фильтрационного выщелачивания солей из супесчаных и суглинистых лёссовых грунтов меняются их фильтрационные свойства, количество и качество содержания в грунте солей, гранулометрический состав, пористость, удельный вес, механические свойства. В результате этого плотность грунта снизится, что вызовет дополнительные осадки и образование зон сдвига. При определении общей величины деформации лёссовых грунтов необходимо учитывать как степень и тип засоленности, так и солевой состав увлажняющей жидкости.*

**Ключевые слова:** лёссовый грунт, химическая суффозия, карбонатные соли, хлористые соли, плотность, прочность грунта, суффозионная осадка, выщелачивания солей.

В области транспортного строительства на лёссовых грунтах центральное место занимают вопросы повышения качества и эффективности возводимых инженерных сооружений.

Основной показатель качества уплотненного грунта в основании сооружений – плотность грунта, определяемая физическими и механическими свойствами. Поэтому при возведении земляных сооружений необходимо производить систематическую проверку указанных выше свойств грунта, так как качество лёссовых грунтов находится в

зависимости от такого важного фактора, как химическая суффозия.

Влияние водорастворимых солей на механические свойства лёссовых пород представляет существенный интерес, так как эти соли входят в состав твердой фазы пород, создают минерализацию порового раствора и определяют состав обменных катионов.

Экспериментальные исследования показали, что присутствие карбонатных солей влияет на прочность грунта (табл. 1).

Таблица 1

**Влияние карбонатных солей на предел прочности лёссовых грунтов**

| Вид грунта                      | Карбонатность, % | Предел прочности на сжатие, МПа |
|---------------------------------|------------------|---------------------------------|
| С первоначальной карбонатностью | 9,0              | 4,5                             |
| После удаления карбонатов       | -                | 3,25                            |
| С первоначальной карбонатностью | 17,5             | 8,1                             |
| После удаления карбонатов       | -                | 5,2                             |

Как видно из таблицы 1, предел прочности на сжатие при содержании в грунте карбонатов больше, чем в грунте, где они отсутствуют.

Для выяснения роли карбонатов кальция в лёссовых грунтах, используя методику М.П.

Лысенко [7] провели опыты, по определению прочности лёссового грунта в зависимости от содержания в них карбонатов (табл. 2).

Таблица 2

**Прочность лёссового грунта в зависимости от содержания карбонатов**

| Время<br>высушивания | Предел прочности, МПа |      |      |      |
|----------------------|-----------------------|------|------|------|
|                      | 0%                    | 5%   | 10%  | 15%  |
| 11 дней              | 29,9                  | 19,2 | 22,2 | 14,1 |
| 30 дней              | 30,8                  | 32,9 | 33,6 | 29,1 |
| 2 месяца             | 37,4                  | 29,6 | 29,8 | 30,2 |
| 3 месяца             | 39,9                  | 35,4 | 36,8 | 30,6 |
| 1 год                | 40,7                  | 32,6 | 34,1 | 31,2 |

С течением времени отмечается некоторое возрастание прочности лёссового грунта. Увеличение прочности объясняется не утолщением водноколлоидных пленок, а частичной перекристаллизацией карбонатных солей. Четкая закономерность в изменении

прочности с возрастанием содержания карбоната кальция отсутствует [7]. Карбонатные соли в тонкодисперсном состоянии и в виде пленок повышают сцепление, от чего возрастает сопротивление сдвигу. Выщелачивание солей понижает показатели сдвига.

Анализ полной вытяжки грунта  $\text{Cl-SO}_4\text{-Na}$  засоления позволил предположить эмпирическую формулу связи между отношениями  $\text{SO}_4/\text{Cl}=1,04$  и  $\text{Na}/\text{Cl}=0,962$ .

Сопоставление отношений  $\text{SO}_4/\text{Cl}$  и  $\text{Na}/\text{Cl}$  показало наличие между ними прямолинейной зависимости (рис. 1).

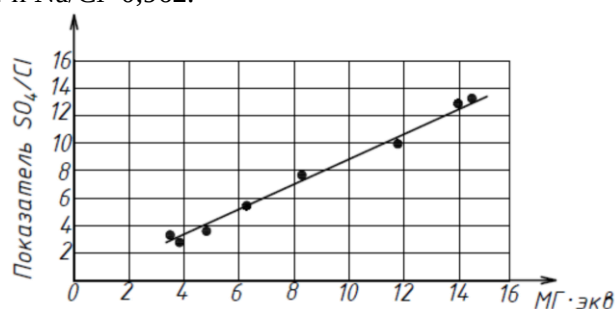


Рис. 1 Прямолинейная зависимость показателей  $\text{SO}_4/\text{Cl}$  и  $\text{Na}/\text{Cl}$  в водной вытяжке

Присутствие сульфатов магния в водной вытяжке существенно не повлияло на характер засоления, т.к. содержание их меньше 24,5% по

отношению к  $\text{Na}/\text{Cl}$ . Показатели содового засоления грунта не отклоняются от пределов нормы (рис.2).

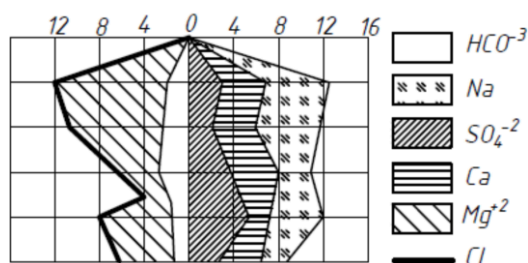


Рис. 2 Состав водной вытяжки из лёссового грунта

Отсюда следует, что ни  $\text{MgSO}_4$  ни  $\text{HCO}_3$  не влияют на механические свойства грунтов, а хлористые соли будут способствовать уплотнению грунта, так как их содержание в грунте не более 0,48 %. Количество хлористых солей не превышает пределов нормы, поэтому они входят в состав скелетной части и при увеличении влажности не будут вымываться. В результате этого плотность грунта в земляном полотне не понизится, что не вызовет дополнительных осадков и образования зон сдвига.

Необходимо учитывать, что ирригационная сеть, широко развитая на юге черноземной полосы России, играет существенную роль в процессах засоления грунтовых вод и отложений.

Количество взвешенных частиц в оросительных каналах Запорожской, Николаевской и Херсонской областях и

Ставропольском крае содержится в пределах 0,1–4,1 г/л. Возможный состав химических наносов в пределах 30–35 % вредных солей, карбонатов кальция 31–36 %, сульфоната кальция – 37–39,5 %. В сумме это дает огромную величину химического стока.

Исключительно высокая сухость климата, ничтожное количество атмосферных осадков и большое потенциальное испарение, наличие глинистых пород, отличающихся низкой солеотдачей – всё это способствует задержке рассоления и сохранению на длительное время высокой остаточной засоленности грунтов [1, 4].

Результаты экспериментальных исследований показали, что водорастворимые соли, находящиеся в лёссовых породах, снижают показатели свойств грунтов. С увеличением количества легкорастворимых солей, в частности хлористого натрия, верхний предел пластичности понижается (табл. 3).

Таблица 3

Влияние раствора хлористого натрия на показатели пластичности

| Содержание хлористого натрия в грунте, % | Верхний предел пластичности | Нижний предел пластичности |
|------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| 0,05                                     | 0,292                       | 0,184                      |
| 0,135                                    | 0,268                       | 0,187                      |
| 0,255                                    | 0,257                       | 0,185                      |
| 0,370                                    | 0,229                       | 0,185                      |
| 0,405                                    | 0,206                       | 0,182                      |

Как видно из таблицы 3, снижение пластичности вызвано уменьшением её верхнего предела, изменение нижнего предела не превышает ошибки опыта, таким образом, воздействие электролита сказывается лишь на содержание очень рыхлосвязанной воды.

Карбонатные соли, облегающие пленками грунтовые частицы и образующие известково-глинистые агрегаты влияют на пластичность и другие свойства лёссовых грунтов, как выяснилось из опытов, в изложении показателей пластичности нет закономерностей, колебания их находятся в пределах ошибки опыта. Судя по значениям максимальной гигроскопичности и максимальной влагоемкости, значения которых снизились от 6,2 до 3,2 от 15,4 до 12,5, карбонат

кальция действовал лишь как гранулометрическая добавка, укрепляющая состав исходного лёсса. Легко- и среднерастворимые соли (хлорид натрия, сульфит натрия, сульфат кальция) уменьшает усадку лёссовых пород, замедляет её процесс и снижает трещиностойкость.

В присутствии солей замедляется скорость испарения влаги и увеличивается размер свободных пор, по которым происходит передвижение влаги в грунте. Трещиностойкость особенно снижается в присутствии хлорида натрия [3]. Благодаря повышенной пористости и малой влажности снижается плотность сухого грунта (табл. 4).

Таблица 4

#### Изменение плотности сухого грунта под действием легко растворимых солей

| Количество солей, % | Влажность | Пористость | Плотность сухого (скелета) грунта $\rho_d$ , г/см <sup>3</sup> |
|---------------------|-----------|------------|----------------------------------------------------------------|
| 3,0                 | 1,59      | 49,9       | 1,31                                                           |
| 2,0                 | 1,80      | 48,8       | 1,39                                                           |
| 1,73                | 3,09      | 44,9       | 1,48                                                           |
| 1,13                | 4,99      | 38,8       | 1,505                                                          |
| 0,7                 | 4,51      | 38,1       | 1,51                                                           |

Карбонатность и насыщенность лёссового грунта обменным кальцием снижали липкость грунта. Сульфаты  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$  оказывали отрицательное действие, т.к. кристаллизуясь с водой, заметно увеличивались в объеме. Хлористые соли, наоборот, способствовали уменьшению объема. Поэтому показатели физических свойств грунтов необходимо использовать для взаимосвязи с показателями водной, солянокислой вытяжки грунта, т.к. это позволит правильно оценить осадку грунта.

При изучении степени просадочности лёссовых грунтов в лабораторных условиях чаще используется вода с дополнительным хлорированием, а поэтому, практически искусственным образом повышается степень просадочности, т.к. происходит интенсивный вынос легкорастворимых солей (а иногда и среднерастворимых). Поэтому были проведены испытания по определению степени просадочности лёссовых грунтов в полевых условиях, непосредственно у водных источников.

Моделировались условия инфильтрации через лёссовую толщу. В начале образцы лёссового грунта с глубины 1 метра замачивались канальной водой, а образцы с глубины 2-х метров замачивались водой, профильтровавшейся через образец с 1-го метра. Образцы с глубины 3-х метров замачивались водой, профильтровавшейся через образец с глубины 2-х метров и т.д. На некоторых

участках просадочность лёссовых грунтов изучалась до глубины 18-25 метров с различным литологическим напластованием и различной исходной (первоначальной) влажностью. Для проведения такого рода опытов было сконструировано дополнительное устройство для сбора профильтровавшейся воды, которое монтировалось на компрессионных приборах Гидропроекта. Полученные данные характеризуют влияние химического состава раствора, увлажняющего грунт, на степень его просадочности (табл. 5).

Параллельно изучалась степень просадочности при замачивании образцов лёссового грунта дистиллированной водой. Производилось сравнение полученных результатов по каждому метру и каждому участку. Общее число испытаний составило более 300. Одновременно проводились определения состава обменных катионов и емкости поглощения на 100 г породы. Отмечены существенные различия в содержании Na, K, Ca, и Mg по глубине, в образцах: а- до замачивания, б- после замачивания, в- профильтровавшейся через грунт водой. Емкость поглощения на глубине 2,0 м составила:

а – 12,52 мГ·экв. (Na+ K - 6,26 мГ·экв., Ca – 1,06 мГ·экв., Mg – 5,2 мГ·экв.);

б – 9,23 мГ·экв. (Na+ K-3,8 мГ·экв., Ca – 0,98 мГ·экв., Mg – 4,45 мГ·экв.);

в – 10,86 мГ·экв. (Na+ K-4,2 мГ·экв., Ca – 1,06 мГ·экв., Mg – 5,6 мГ·экв.)



На глубине 10 м соответственно:  
а – 1,6 мГ·экв. (Na+ К-6,5 мГ·экв., Са – 1,3 мГ·экв., Mg – 4,1 мГ·экв.);

б – 8,2 мГ·экв. (Na+ К-3,5 мГ·экв., Са – 1,1 мГ·экв., Mg – 3,6 мГ·экв.);  
в – 12,7 мГ·экв. (Na+ К-4,0 мГ·экв., Са – 3,8 мГ·экв., Mg – 4,9 мГ·экв.).

Таблица 5

### Влияние химического состава увлажняющих растворов на степень просадочности

| Глубина взятия образца, м | № испытания | Значение в % $\varepsilon_{sl}$ при увлажнении |                                                 | $\dot{\varepsilon}_{sl}/\varepsilon_{sl}$ | Уменьшение на $\varepsilon_{sl}$ % |
|---------------------------|-------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------|
|                           |             | Дистиллированной водой $\varepsilon_{sl}$      | Профильтрованной водой $\dot{\varepsilon}_{sl}$ |                                           |                                    |
| 2,0                       | 2           | 0,05                                           | 0,0485                                          | 0,969                                     | 3,1                                |
| 3,0                       | 4           | 0,202                                          | 0,186                                           | 0,921                                     | 7,9                                |
| 4,0                       | 6           | 0,95                                           | 0,86                                            | 0,964                                     | 9,6                                |
| 5,0                       | 8           | 1,8                                            | 1,61                                            | 0,892                                     | 10,8                               |
| 6,0                       | 10          | 3,4                                            | 3,1                                             | 0,91                                      | 9,0                                |
| 7,0                       | 12          | 3,05                                           | 2,65                                            | 0,868                                     | 13,2                               |
| 8,0                       | 14          | 3,42                                           | 2,92                                            | 0,855                                     | 14,5                               |
| 9,0                       | 16          | 2,51                                           | 2,19                                            | 0,871                                     | 12,9                               |
| 10,0                      | 18          | 2,72                                           | 2,27                                            | 0,832                                     | 16,8                               |
| 11,0                      | 20          | 2,48                                           | 2,03                                            | 0,819                                     | 18,1                               |
| 12,0                      | 22          | 2,51                                           | 1,91                                            | 0,76                                      | 24,0                               |
| 13,0                      | 24          | 2,12                                           | 1,62                                            | 0,762                                     | 23,8                               |
| 14,0                      | 26          | 1,88                                           | 1,43                                            | 0,760                                     | 24,0                               |
| 15,0                      | 28          | 1,72                                           | 1,26                                            | 0,732                                     | 26,8                               |
| 16,0                      | 30          | 1,48                                           | 1,08                                            | 0,736                                     | 26,4                               |
| 17,0                      | 32          | 1,38                                           | 1,01                                            | 0,735                                     | 26,5                               |
| 18,0                      | 34          | 1,33                                           | 0,99                                            | 0,745                                     | 25,5                               |
| 19,0                      | 36          | 0,83                                           | 0,61                                            | 0,735                                     | 26,5                               |
| 20,0                      | 38          | 1,38                                           | 1,13                                            | 0,816                                     | 18,4                               |
| 21,0                      | 40          | 1,29                                           | 0,02                                            | 0,709                                     | 29,1                               |
| 22,0                      | 42          | 1,22                                           | 0,87                                            | 0,712                                     | 28,8                               |
| 23,0                      | 44          | 0,91                                           | 0,69                                            | 0,755                                     | 29,5                               |

Исследованиями установлено, что при замачивании образцов грунта водой из каналов оросительной сети, содержание солей по глубине возрастает в среднем на 1 м – 0,9÷0,35 % по сравнению с естественным состоянием. В большей степени увеличивается содержание Са, а Na и К даже несколько уменьшается. В связи с этим и степень просадочности у образцов, увлажняемых

профильтрованной через грунт водой, меньше, чем при увлажнении дистиллированной. На основании статической обработки полученных результатов были составлены таблицы по определению коэффициентов, учитывающих степень засоленности увлажняющей жидкости  $K_3$  (табл.6).

Таблица 6

### Степень засоленности увлажняющей жидкости $K_3$

| Глубина расположения, м | $K_3$     |
|-------------------------|-----------|
| 0–5                     | 0,96–0,98 |
| 6–10                    | 0,89–0,91 |
| 11–15                   | 0,79–0,81 |
| 16–20                   | 0,76–0,80 |
| 21–25                   | 0,73–0,75 |

При сравнении общей величины просадки, вычисленной с использованием коэффициентов  $K_3$ , в результате просадки, определяемой в натурных условиях с помощью натурных моделей в открытых котлованах при интенсивном замачивании, а также с учетом степени влажности грунта в лёссовой толще после окончания испытаний, были получены

очень хорошие результаты, а именно: для толщ в 16–18 м просадка в натурных условиях от природных нагрузок составила 25,8 см, по результатам лабораторных испытаний 25,4 см (использовалась канальная вода). А при использовании только дистиллированной воды, просадка составила 34,2 см. Все это говорит о

необходимости использования предложенной методики испытаний в лабораторных условиях.

Можно заключить, что засоленные супесчаные и суглинистые грунты, как просадочные, так и непросадочные, претерпевают суффозионную осадку, которая достигает 6–8 %, в лёссовых просадочных грунтах 18–20 % и более в обычных сильнозагипсованных суглинках и супесях, на что указывает и ряд авторов [2, 5, 6].

Существующие классификации засоленных грунтов по количественному содержанию солей [8–10], предложенные дорожниками, гидротехниками или почвоведом, применяемые главным образом к глинистым грунтам, нижний предел содержания солей, принят в существующих классификациях от 0,3 до 0,5 %. Тогда как исследования показывают, что суффозионная осадка наблюдается в лёссовых грунтах уже при содержании легкорастворимых солей выше 0,2 %, или свыше 1 % (при условии, что  $e > 0,7$ , и количество глинистых частиц  $< 40$  %). Для непросадочных грунтов это предел может быть повышен до 5 %, при использовании просадочных суглинков и супесей в качестве оснований, обычно применяются различные мероприятия (предварительное замачивание, и т.д.), практически ликвидирующие возможность развития во времени суффозионной осадки. В связи с этим, основное внимание должно быть уделено изучению непросадочных засоленных грунтов с коэффициентом пористости  $e > 0,7$ .

Засоленные грунты в природном залегании нередко сцементированы до прочности полускальных пород. Компрессионные испытания этих грунтов с замачиванием в течение 1–2 суток дают результаты, практически не отличающиеся от испытаний в воздушно сухом состоянии при проведении опытов с длительной фильтрацией. При содержании  $S_a < 7–9$  % в них развивается суффозионная осадка, а величина прочностных характеристик уменьшается.

Для установления величины суффозионной осадки засоленных супесчаных и суглинистых грунтов рекомендуется проведение штамповых или компрессионно-фильтрационных испытаний с длительной фильтрацией растворов. После окончания длительных испытаний следует определить гранулометрический состав, пластичность и удельный вес испытанного образца грунта. Для общей характеристики засоленности грунтов в лабораторных условиях следует выполнять определение солей с помощью водных и соляно-кислых вытяжек с дополнительным определением карбонатности. Это даст достаточную характеристику

содержания в грунте легко, средне и труднорастворимых солей. Специфика засоленных грунтов должна учитываться при инженерно-геологических изысканиях, проектировании, строительстве и эксплуатации инженерных сооружений, при чем, они должны быть охарактеризованы не только количественным содержанием и качественным составом солей, но и характером распределения в массиве. На основании полученных результатов комплексных исследований можно сделать следующие выводы:

- предел прочности на сжатие при содержании в лёссовых грунтах карбонатов больше, чем в грунте, где они отсутствуют;
- карбонатные соли в тонкодисперсном состоянии повышают сцепление, от чего возрастает сопротивление сдвигу;
- при определении общей величины деформации лёссовых грунтов необходимо учитывать вид и состав увлажняющей жидкости при проведении лабораторных испытаний, используя при этом коэффициент, уточняющий величину просадки от природных нагрузок;
- при определении общей величины деформации среднепросадочных лёссовых грунтов ( $n \geq 44$  %) следует учитывать послепросадочные деформации;
- степень просадочности следует определять при той интенсивности давления и степени увлажнения, которые будут иметь место в массиве грунта под сооружением в эксплуатационный период;
- в практике проектирования инженерных сооружений на лёссовых просадочных грунтах, необходимо учитывать как степень и тип засоленности, так и солевой состав увлажняющей жидкости, что позволит разработать наиболее эффективные методы подготовки оснований.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Балаев Л.Г. Просадочные деформации лёссовых грунтов ирригационными каналами Вахской оросительной системы. Зависимость величины просадочных деформаций лёссовых грунтов от степени увлажнения. Научные записки МВИВХ, Т. 23, 1960.
2. Безрук В.М. Классификация засоленных грунтов в Средней Азии при использовании их в дорожном строительстве // Труды совещания по инженерно-геологическим свойствам горных пород и методам их изучения. М.: Изд-во АН СССР, 1957. Т. II.
3. Денисов Н.Я. Природа прочности и деформаций грунтов. М.: Стройиздат, 1972. 279 с.

4. Калачук Т.Г. Зависимость между просадочными деформациями и действующими напряжениями в лёссовых основания / Новые технологии и проблемы технических наук: сб. научных трудов по итогам международной научно-практической конференции // Красноярск, 10 ноября 2015 г. Изд-во: Иннов-ный центр развития образования и науки, 2015. С. 67–73.

5. Кириллов А.А., Фролов Н.Н. Гидротехнические сооружения на оросительных системах, в лёссовых просадочных грунтах. М.: Сельхозиздат, 1963. 271 с.

6. Ломизе Л.Н. Обобщающие данные исследований скрытой просадочности лёссовых сильнозагипсованных грунтов, как материал для формирования изысканий под гидротехническое строительство // Вопросы строительства на

лёссовых грунтах: Доклады межвузовской научной конференции. Воронеж, 1961. С. 55–59.

7. Лысенко М.П. Состав и физико-механические свойства грунтов. М.: Недра, 1972. 320 с.

8. Рубинштейн А.Л. Основные положения проектирования ирригационных сооружений на лёссовых грунтах // Сб. трудов совещания по строительству на лёссовых грунтах. Киев: Изд. Академии строительства, 1961. С. 59–88.

9. Ступаков Л.Ф. О классификации засоленных грунтов для дорожного строительства // Строительство и архитектура Узбекистана. 1966. №6.

10. Черныш А.С., Долженков Д.Ю. Оценка длительной прочности водонасыщенных лёссовых грунтов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. №2. С. 37–40.

---

**Vyskrebentsev V.S.**

#### **THE EFFECT OF CHEMICAL SUFFUSION ON PHYSICAL AND DEFORMATION BEHAVIOR OF LOESS SOILS**

*It was ascertained, that at seepage leaching of salt from sandy loam and clay loamy loess soils their seepage behavior, quantity and quality content of salt in soil, grain size composition, pinhole rating, absolute weight, mechanical behavior are changed. As a result the density of soils abates, which induces supplementary outflanking and the generation of displacement zone. At the definition of the general value of deformation of loess soils it is necessary to consider the degree and character of salinity, as well as the dampening salt of composition fluid.*

**Key words:** loess soils, chemical suffusion, carbonate salts, chlorine salts, density, soil strength, suffusion outflanking, leaching of salts.

---

**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

Гошовский С.В., д-р техн. наук, проф.,  
Зурьян А.В., аспирант

Украинский государственный геологоразведочный институт

## СНИЖЕНИЕ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕПЛОНАСОСНЫХ СИСТЕМ

alexey\_zuryan@ukr.net

*Проведены экспериментальные исследования эффективности работы теплонасосной системы с использованием в качестве первичного источника тепла низкопотенциальной энергии верхних слоев земли и энергии солнечного излучения. Разработана методика проведения исследований. Определены условия работы теплонасосной системы, которые обеспечивают минимальные затраты на традиционные источники энергии. Выполнен анализ полученных результатов и сделаны выводы о целесообразности комплексного использования разных видов возобновляемых источников энергии с целью повышения эффективности теплонасосных систем, уменьшения техногенной нагрузки и обеспечения рационального использования природных ресурсов.*

**Ключевые слова:** техногенная нагрузка, экологическая безопасность, рациональное использование природных ресурсов, альтернативная энергетика, возобновляемые источники энергии, геотермальная система, гелиоколлектор.

**Введение.** Растущее техногенная нагрузка на окружающую природную среду и обострение в связи с этим проблемы экологической безопасности требует кардинального изменения политики в этой сфере и обеспечение сбалансированного развития экономики, энергетики и экологии. Решение указанной проблемы возможно за счет оптимизации структуры энергетического баланса государства и его регионов, в котором можно большую долю должны составлять энергоносители, полученные из экологически безопасных источников энергии [5].

Одним из направлений научно-технического прогресса, является использование возобновляемых источников энергии. Основным преимуществом использования возобновляемых энергоресурсов является их неисчерпаемость и экологическая чистота, что способствует улучшению экологического состояния окружающей среды и не приводит к изменению энергетического баланса на планете. При использовании возобновляемых источников энергии отпадает необходимость в добыче, переработке, обогащении и транспортировке топлива, снимается проблема утилизации или захоронения вредных отходов традиционных энергетических производств [7].

Кроме того значительную перспективу имеет использование низкопотенциальной энергии окружающей среды превращенной в высокопотенциальную с помощью тепловых насосов.

Способность теплового насоса брать энергию из окружающей среды выгодно отличает его от других теплогенераторов, которые все свои тепловые потери вместе с продуктами сгорания сбрасывают в атмосферу.

В экологическом аспекте положительная сторона теплонасосных систем (ТНС) заключается: во-первых, в отсутствии процесса горения и попутного загрязнения атмосферы, во-вторых, в утилизации тепловых отходов производств, что является важным направлением защиты биосферы от теплового загрязнения. ТНУ способствуют одновременному решению трех важнейших проблем: энергосбережения, охраны окружающей среды, экономии и улучшению условий работы теплоэнергетических производств [8].

Целесообразность использования ТНУ подтверждена мировым опытом. Однако в Украине технологи использующие тепло верхних слоев Земли применяются крайне редко. И еще более редко встречаются теплонасосные системы, использующие в качестве первичного источника тепла энергию Солнца с применением солнечных коллекторов. Данные системы недостаточно адаптированы к условиям эксплуатации в климатических условиях Украины и мало изучены.

**Методология.** Созданные в Украинском государственном геологоразведочном институте экспериментальные системы позволяют моделировать различные теплотехнические условия работы устройств и исследовать во времени процессы, которые сопровождают получения возобновляемой энергии.

На экспериментальной геотермальной установке проводились измерения температур грунта на глубинах до 50 м с заданной частотой дискретизации. Конструкция установки позволяет визуализировать показания приборов в реальном времени, а так же создать архив полученных данных для дальнейшей их интерпретации и обработки различными программами.



Рис. 1. Наземная часть геотермальной экспериментальной системы УкрГГРИ

А с помощью контроллера модели MAXYCON FLEXY и разработанного в УкрГГРИ специального программного обеспечения на базе открытого конфигуриатора FDB фирмы RAUT AUTOMATIK, обеспечивается сбор данных с измерительных устройств. Разра-

ботанная программа позволяет осуществлять дальнейшую обработку полученных данных, архивировать данные и выводить на монитор компьютера информацию о состоянии системы в реальном времени программой визуализации (рис. 2).

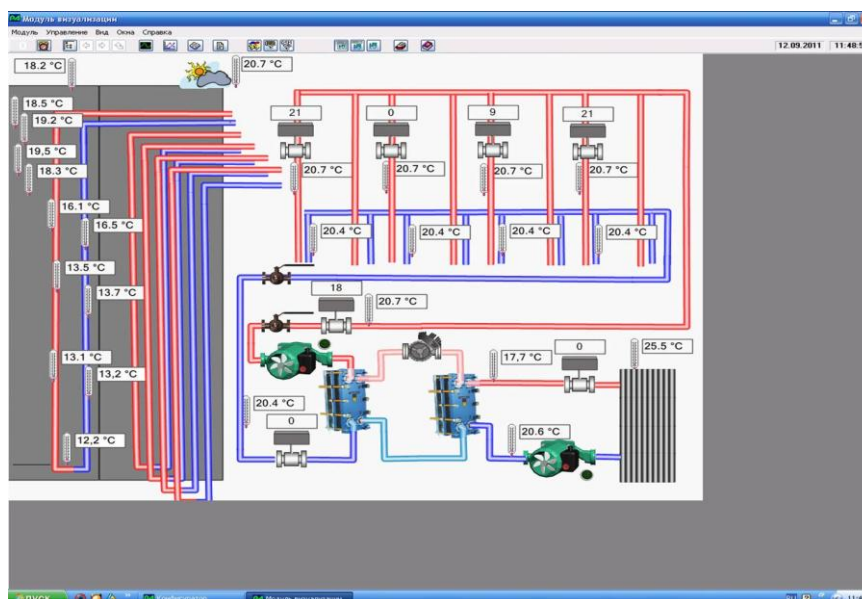


Рис. 2. Программно аппаратный модуль визуализации и архивации данных

Контроллер позволяет снимать показатели более чем из 36 каналов информации, и дистанционно управлять системой, как в автономном, так и ручном режиме. А накопленный архив данных используется для проведения аналитических исследований за различные периоды работы системы по необходимым показателям при помощи разнообразных фильтров.

Так же эксперимент проводился на одной из двух действующих экспериментальных гелиоси-

стем для подогрева воды в системе горячего водоснабжения УкрГГРИ установленной стационарно.

Конструктивно вся экспериментальная гелиосистема предприятия состоит из двух независимых гелиоколлекторов (рис.3), один из которых установлен стационарно, а другой смонтирован на поворотном устройстве слежения за солнцем. В состав системы входит так же аккумулятор тепловой энергии, состоящий из двух

емкостей по 200 литров каждая. А основные и дополнительные датчики температуры, давления и протока теплоносителя, установленные в контрольных точках системы позволяют с помощью

разработанного программного обеспечения и контроллера круглосуточно фиксировать параметры работы системы (рис. 4).



Рис. 3. Экспериментальная система УкрГГРИ для нагрева воды с использованием солнечных коллекторов

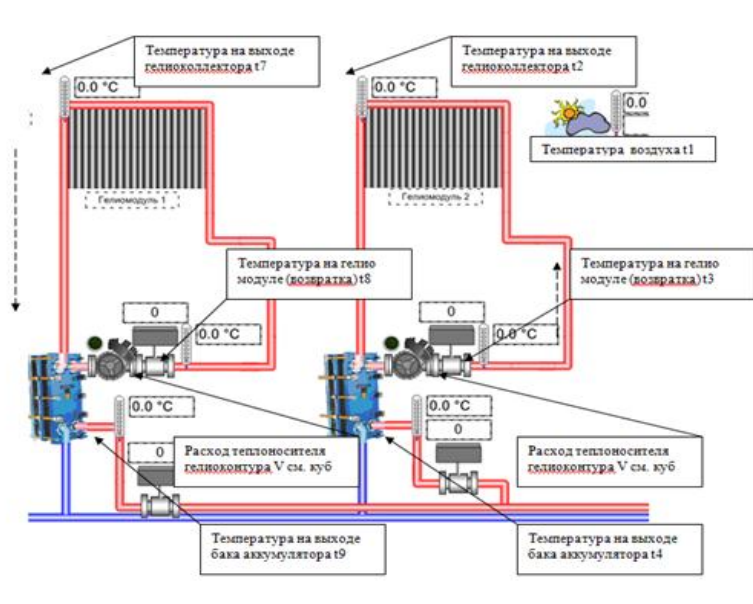


Рис. 4. Схема установки основных датчиков в контрольных точках гелиосистемы

**Основная часть.** Исследования проводились по трем направлениям:

1. Экспериментальное определение динамики изменения температурного режима таких первичных источников энергии для работы теплонасосной системы как температура грунта на глубине до 50 метров и температуре получаемой вследствие работы гелиосистемы, без отбора тепла в течение календарного года.

2. Аналитическое определение  $\phi$  (коэффициента трансформации) теплонасосной установки (теплового насоса) и расчет  $\phi$ , для систем, где первичным источником тепла является Земля и Солнце, для конкретного района эксплуатации,

исходя из экспериментально полученных данных.

3. Экспериментальное определение и аналитическое подтверждение оптимальной степени охлаждения теплоносителя в испарителе теплонасосной системы и параметров, от которых она зависит для таких первичных источников тепловой энергии как Земля и Солнце.

В ходе проведения исследовательской работы на геотермальном полигоне УкрГГРИ была накоплена информация о динамике изменения таких теплотехнических параметров геотермального теплообменника и солнечного коллектора, как показания значения температур в контрольных точках на протяжении года работы,



количество протока теплоносителя, потерь давления и времени работы компрессора и циркуляционных насосов. А так же, на основе измеренных данных были рассчитаны показатели количества тепла получаемого от возобновляемого источника энергии (мощности модулей устройства, как геотермального теплообменника, так и гелиосистемы).

С целью установления закономерностей сезонного изменения температур в верхних слоях Земли и определения глубины годовых изменений температур в грунте при проведении исследований применялся экспериментальный метод в процессе, которого проводились измерения температур нетронутого грунта на протяжении двенадцати месяцев.

Датчики температуры, установленные в скважине, дали возможность во время проведения эксперимента, измерять температуру грунта на стандартных глубинах (в м): 0,02; 0,3; 0,7; 1,2; 2,0; 5,0; 15,0; 35,0; 50,0.

В ходе проведения исследования были получены данные, позволяющие проанализировать промежуточные результаты зависимости изменения температур от глубины грунта на разных временных участках от суток до года. И вывести зависимость среднемесячных температур  $T$  по глубине  $h$  для конкретного грунтового массива г. Киева [4].

Из экспериментально полученных данных видна тенденция снижения разности экстремальных значений температур с увеличением глубины.

Эффективность работы теплонасосных систем в литературе обычно принято оценивать величиной коэффициента трансформации ТН. Но для сложных систем, эффективность работы которых зависит не только от эффективности самого теплового насоса, но и других элементов системы, более целесообразно, использовать другие относительные характеристики, которые определяют эффективность функционирования всей системы. Поэтому, дальнейший анализ проведен на основе определения величины суммарных удельных затрат внешней энергии на систему отопления, которая в случае затрат энергии только на тепловой насос является величиной, обратной коэффициенту трансформации теплового насоса [1].

На основе экспериментально полученных данных были произведены расчеты коэффициента трансформации теплового насоса при условии отбора тепла от грунта с глубины 0,3; 1,2; 5,0; 50,0 м. для трех зимних месяцев. Коэффициент трансформации -  $\phi$  для указанных глубин равен: 4,1; 4,4; 4,49; 4,5 (декабрь), 3,9; 4,1; 4,3;

4,5 (январь), 3,7; 3,95; 3,99; 4,5 (февраль) соответственно.

В связи с тем, что температура среды на входе в испаритель в системах, работающих за счет тепла верхних слоев Земли, не превышает 10–13°C, возникает вопрос о необходимости применения в теплонасосных системах источников возобновляемой энергии, которые бы смогли обеспечить повышение коэффициента трансформации за счет более высокого значения температуры на выходе их конденсатора.

В ходе проведения исследования было сделано предположение, что таким источником возобновляемой энергии может стать энергия Солнечного излучения, преобразованная в тепловую энергию гелиоколлектором. Это способствовало бы повышению эффективности работы системы, уменьшению потребления энергии от традиционного источника энергии для работы компрессора теплового насоса, а так же позволило аккумулировать тепловую энергию в грунтовой массе в летние месяцы. Что в комплексе способствовало бы уменьшению техногенной нагрузки при работе теплонасосной системы в целом. Для подтверждения данного предположения в ходе проведения исследовательской работы нами было проведено исследование на действующей гелиосистеме в процессе, которого была собрана и проанализирована информация о температурных режимах и количестве тепла, получаемого вследствие работы гелиосистемы, без отбора тепла в течение года.

При проведении исследований, как и в первом случае, применялся экспериментальный метод исследований. [6].

Экспериментально полученные данные свидетельствуют, что номинальные значения температур на выходе из солнечного коллектора изменяются в широком диапазоне от -10 до 55. Это с одной стороны свидетельствует о теоретической возможности достаточно существенно поднять температуру на входе в испаритель теплонасосной системы с целью повышения коэффициента трансформации, с другой стороны повышает требования к системе аккумулирования тепловой энергии для обеспечения бесперебойной работы в течение всех суток.

Результаты, полученные экспериментальным путем, подтверждают, что для теплонасосной системы отопления с использованием солнечной инсоляции в качестве первичного источника энергии, температура теплоносителя на выходе из испарителя теплового насоса зависит от изменения суммарных аэродинамических или гидравлических потерь давления. Это происходит вследствие изменения расходных характеристик теплоносителя в контуре испарителя.

Экспериментально так же было подтверждено, что изменения расходных характеристик теплоносителя, которые в свою очередь зависят от геометрических характеристик солнечного коллектора (СК) и интенсивности теплопритока в СК, изменяются как от девиации внешних условий на протяжении отопительного периода, так и от параметров работы самого теплового насоса.

Для проверки полученных экспериментальных результатов был выбран математический аппарат [1], где приводятся решение задачи численного анализа работы теплонасосной системы низкотемпературного отопления с использованием солнечной радиации.

В работе определена зависимость удельных затрат внешней энергии на отопление от температуры соляного раствора на выходе из испарителя теплового насоса при расчетной температуре греющего теплоносителя в низкотемпературной системе отопления - 40 °С.

Из математических расчетов [1] делается вывод, что оптимальные степени охлаждения в большей мере зависят от температуры соляного раствора на входе в испаритель для плоских коллекторов. В случае вакуумных коллекторов практически та же оптимальная степень охлаждения теплоносителя достигается при более высокой температуре соляного раствора на входе в испаритель теплового насоса. При этом улучшаются условия работы теплонасосной установки, и увеличивается ее коэффициент трансформации. Влияние изменения температуры на входе в испаритель ТН сильнее проявляется в холодные месяцы отопительного периода. Расчеты показали, что изменение расчетной температуры греющего теплоносителя в системе низкотемпературного отопления в диапазоне от 30 до 50 °С слабо влияет на эти зависимости. Кроме этого в диапазоне температур соляного раствора на входе в испаритель теплового насоса 10–15 °С при использовании как плоских, так и вакуумных коллекторов наблюдаются почти одинаковые минимальные суммарные удельные затраты внешней энергии на теплонасосную систему отопления. Однако, сочетание вакуумных коллекторов с тепловым насосом способствует уменьшению затрат внешней энергии за счет повышения температуры теплоносителя на входе в испаритель. При этом можно получить, что условный коэффициент преобразования для системы с вакуумными коллекторами составляет от 3,8 до 7,0, что свидетельствует о достаточной эффективности использования солнечной энергии в теплонасосных системах низкотемпературного отопления [3].

Задача определения оптимальной степени среды в испарителе теплового насоса выходит из условия, что затраты энергии на привод компрессора теплового насоса и на нагнетатель теплоносителя при изменении его температуры на выходе из испарителя изменяются в противоположных направлениях. Это обусловлено тем, что при заданной тепловой мощности теплового насоса и температуре теплоносителя в системе отопления, которые определяются самим объектом теплоснабжения, количество теплоты, отобранное от нижнего источника в испарителе ТН, зависит от разности температур на входе и выходе из испарителя и расхода теплоносителя [1].

Данные полученные аналитически для систем, которые используют в качестве первичного источника энергии тепло верхних слоев Земли, подтверждают результаты полученные экспериментально.

Принимая во внимание полученные результаты экспериментальных исследований, можно сделать вывод о необходимости комплексного использования различных источников возобновляемой энергии в теплонасосных системах. Особо эффективными могут быть системы, позволяющие как генерировать тепловую энергию в зимний период времени, так и аккумулировать ее в летний период.

**Выводы:** В процессе проведения исследования были получены данные, которые позволили определить оптимальные теплофизические параметры устройств работающих за счет преобразования экологически безопасной, возобновляемой энергии верхних слоев Земли и энергии Солнца. Было практически подтверждено, что при использовании теплоты грунта оптимальная степень охлаждения теплоносителя зависит от аэродинамических или гидравлических потерь давления в контуре грунтового коллектора и слабо зависит от температуры среды на входе в испаритель и от температуры греющего теплоносителя в системе низкотемпературного отопления и температуры окружающей среды. В случае использования энергии солнца установлено, что для каждого месяца существует оптимальное значение температур соляного раствора на выходе из испарителя и соответствующие им минимальные удельные затраты внешней энергии на теплонасосную систему отопления. Кроме этого установлено, что при обеспечении оптимальной степени охлаждения среды в испарителе теплового насоса минимальные суммарные затраты энергии на систему отопления при использовании в качестве первичного источника тепла гелиосистему существенно возрастают с уменьшением температуры окружающей среды. Так же установлено, что условный коэффициент



преобразования, для системы с вакуумными коллекторами, может составлять от 3,8 до 7,0. Это указывает на достаточную эффективность использования солнечной энергии в теплонасосных системах низкотемпературного отопления, так как условный коэффициент преобразования для систем, где источником первичной тепловой энергии является тепло верхних слоев Земли, не превышает показателя – 4,5. Однако вместе с тем, учитывая нестабильную работу гелиоколлекторных систем в зимнее время, можно сделать вывод о необходимости комплексного использования обоих источников возобновляемой энергии в теплонасосных системах. Особо эффективными могут быть системы, позволяющие как генерировать тепловую энергию в зимний период времени, так и аккумулировать ее в летний период. Комплексное использование геотермальных теплонасосных систем и гелиосистем позволяет уменьшить техногенную нагрузку на окружающую среду за счет минимизации потребления энергии от традиционного источника энергии и регенерации потерь энергии в тепловом аккумуляторе, которым является поверхностный слой земли (грунт) в летнее время.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Безродный М.К. Притула Н.А. Об оптимальных условиях работы теплонасосных систем отопления при использовании возобновляемых источников теплоты // Вестник НТУУ «ХПИ». 2013. № 13. С. 94–103.
2. Безродный М. К. Притула Н.А. Оптимальная работа теплового насоса в низкотемпературных системах отопления с использованием теплоты грунта // Вестник НТУУ «КПИ». 2012. – № 1. С. 1–6.
3. Гершкович В. Ф. Особенности проектирования систем теплоснабжения зданий с тепловыми насосами К.: Украинская Академия Архитектуры ЧП «Энергоминимум», 2009. 60 с.
4. Гошовский С. В., Зурьян А. В. Анализ изменений температур в верхних слоях Земли при решении задач грунтового аккумулирования и извлечения теплоты геотермальными системами закрытого типа // Минеральные ресурсы Украины. 2013, № 2. С. 41–47.
5. Опыт университета в сфере развития альтернативной энергетики [Электронный ресурс]. URL.: [http://znau.edu.ua/images/data2/nauka\\_innovation/alternativeenergy/Dosvid\\_university\\_in\\_energy.pdf](http://znau.edu.ua/images/data2/nauka_innovation/alternativeenergy/Dosvid_university_in_energy.pdf) (дата обращения 04.04.2016)
6. Зурьян А.В. Эффективность работы устройства для нагрева воды в системе горячего водоснабжения здания с использованием энергии солнечного излучения в зимний период // Альтернативные источники энергии. 2010, № 3–4. С. 22–26.
7. Кудря С.А. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: Учебник. К.: НТУУ «КПИ», 2012. 492 с.
8. Малык Ю.А., Мартыняк А.Р., Юрым М.Ф. Основы экологии и природопользования. Львов: «Львовская политехника», 2002. 186с.
9. Накорчевский А.И. Грунтовые аккумуляторы теплоты и модернизация коммунальной теплоэнергетики. К.: Институт технической теплофизики НАН Украины, 2010. 254 с.

**Goshovskyi S.V., Zurian O.V.**

#### DECREASE OF MAN-CAUSED LOAD USING HEAT PUMP SYSTEMS

*Were undertaken the experimental studies of operational efficiency of the heat pump system, using in the quality prime source of heat low energy of the upper layers of the earth and energy of solar emission. Was developed the methodology of experimentation. Was defined terms of the heat pump system, which provide the minimum cost of traditional energy sources. Was analyzed the results and was drawn conclusion about practicability of the integrated use of various types of renewable energy sources in order improvement of the effectiveness of heat pump systems, reduce the man-caused load and husbanding of natural resources.*

**Key words:** anthropogenic impact, environmental safety, rational use of natural resources, alternative energy, renewable energy, geothermal system, Solar collector.

**Гошовский Сергей Владимирович**, доктор технических наук, профессор.

Украинский государственный геологоразведочный институт (Государственное предприятие).

Адрес: Украина, 04114, г. Киев, ул. Автозаводская, 78-А.

E-mail: [ukrdgri@ukrdgri.gov.ua](mailto:ukrdgri@ukrdgri.gov.ua)

**Зурьян Алексей Владимирович**, заведующий отделом инновационных технологий, аспирант.

Украинский государственный геологоразведочный институт (Государственное предприятие).

Адрес: Украина, 04114, г. Киев, ул. Автозаводская, 78-А.

E-mail: [alexey\\_zuryan@ukr.net](mailto:alexey_zuryan@ukr.net)

**Крюков И.В., аспирант,  
Логачев И.Н., д-р техн. наук, проф.,  
Уваров В.А., д-р техн. наук, проф.**

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

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ МИНИМИЗАЦИИ ОБЪЕМОВ УДАЛЯЕМОГО ВОЗДУХА ПРИ КОМБИНИРОВАННОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПЕРФОРИРОВАННОГО ЖЕЛОБА С ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ БАЙПАСНОЙ КАМЕРОЙ\***

**iliya.krukov@yandex.ru**

*Проводятся экспериментальные исследования по снижению объемов удаляемого воздуха за счет использования замкнутой рециркуляции воздуха в байпасной камере, оборудованной загрузочным желобом с перфорированной стенкой. Экспериментальные замеры величины скорости удаляемого воздуха проводились на разработанном стенде. Исследовалось влияние цилиндрической байпасной камеры и перфорированного желоба при их совместном использовании на количество удаляемого воздуха.*

**Ключевые слова:** аспирация, перегрузка сыпучих материалов, эжекция воздуха, аспирационное укрытие, рециркуляция воздуха, байпасная камера, перфорированный желоб.

### **Введение**

Минимизация пылевыведений в узлах перегрузки ленточных конвейеров в первую очередь необходима для обеспечения безопасности рабочих на местах, а также для снижения потерь перегружаемого материала и пылевой нагрузки на очистное оборудование. Для борьбы с пылевыведением довольно эффективно справляются системы аспирации, в частности укрытия с местными отсосами, которые ограждают место образования пыли. Отсос воздуха необходим для удаления взвешенной пыли и для создания в полости укрытия разрежения, которое препятствует выбиванию пыли из укрытия через неплотности. Выбивание пыли происходит в результате эжекции воздуха – динамического взаимодействия падающего материала с воздухом и образованием направленного воздушного потока, которое ведет к увеличению избыточного давления в полости укрытия. Для эффективной нейтрализации избыточного давления необходимо, чтобы местный отсос создавал разрежение равное или больше значения избыточного давления, что в свою очередь может привести к удалению значительного количества воздуха из укрытия. Удаление больших объемов эжектируемого воздуха приводит к высоким затратам на эксплуатацию вытяжного оборудования, а с ростом объемов перегрузки эти затраты могут быть существенны.

Для снижения объемов удаляемого из укрытия воздуха предлагается использовать конструкцию укрытия с возможностью рециркуляции эжектируемого воздуха, поступающего в нижнее укрытие. Это позволит сделать укрытие более экономичным по затратам и достаточно эффективным для борьбы с эжекцией воздуха.

Ввиду сложности проведения экспериментов по перегрузке сыпучего материала в условиях максимально приближенных к реальным использование имитационного моделирования представляет научный и практический интерес. Целью данной работы является исследование снижения количества удаляемого воздуха при комбинированном использовании цилиндрической байпасной камеры и перфорированного желоба.

### **Описание экспериментальной установки**

Установка для проводимых исследований состоит из нижнего короба и верхнего короба, гидравлически соединенных посредством загрузочной трубы Ø100 мм и цилиндрической байпасной камеры Ø200 мм, осевого вентилятора производительностью  $100 \text{ м}^3/\text{ч}$ , расположенного внутри загрузочной трубы на расстоянии 150 мм от нижнего края, вытяжного патрубка (Рис. 1). Загрузочная труба закреплена в нижней части посредством шпильки, проходящей через боковую стенку нижнего короба, загрузочную трубу и вертикальную перегородку на расстоянии 20 мм от верхней крышки нижнего короба. Байпасная камера опирается на шпильку. Вертикальная перегородка разделяет нижний короб на приемную камеру и аспирируемую камеру. В верхней части через загрузочную трубу и байпасную камеру тоже проходит шпилька, удерживающая загрузочную трубу соосно с цилиндрической байпасной камерой. Нижняя стенка верхнего короба имеет отверстие, равное диаметру байпасной камеры. Короб ставится на байпасную камеру отверстием вниз, тем самым, как уже было отмечено, гидравлически соединяя верхний и нижний короба. Верхний короб в боковой стенке имеет небольшое отверстие для подсоса воздуха, который необходим для обес-

печения стабильной работу осевого вентилятора. Наличие неплотностей верхнего укрытия при реальных условиях перегрузки необходимо свести к минимуму, т.к. подсасываемый через них воздух приводит к возрастанию объемов эжектируемого воздуха [12–13]. Осевой вентилятор, нагнетает воздух в приемную камеру и моделирует процесс эжектирования воздуха. Расположение осевого вентилятора в загрузочной трубе приближенно к реальным условиям эжектирования воздуха при перегрузках материала. На крышке нижнего короба в области аспираторной камеры установлен вытяжной патрубок. Все неплотности на соединениях и по периметру заизолированы, чтобы уменьшить количество выбиваемого через них воздуха.

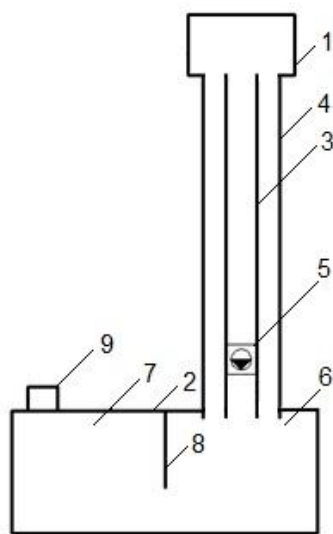


Рис. 1 Схема экспериментальной установки:  
1 – верхний короб, 2 – нижний короб, 3 – загрузочная труба, 4 – байпасная камера, 5 – осевой вентилятор, 6 – приемная часть, 7 – аспираторная часть, 8 – вертикальная перегородка, 9 – вытяжной патрубок

Для определения эффективности работы совместного использования перфорации загрузочной трубы и байпасной камеры проводилось измерение скорости воздуха, удаляемого из нижнего короба через вытяжной патрубок. Если скорость удаляемого воздуха при наличии байпасной камеры, а также при нанесении перфорации на загрузочную трубу будет уменьшаться, то расход воздуха, удаляемого из аспираторной камеры нижнего короба, будет также снижаться. На практике это позволит сделать систему аспирации более энергоэффективной, т.к. количество удаляемого из укрытия воздуха на прямую связано с затратами электроэнергии необходимой для работы вытяжного вентилятора. Выбранный диаметр байпасной камеры, согласно проведенным исследованиям [14], по отношению к диаметру загрузочной трубы является оптимальным для эффективного байпасирования.



Рис. 2 Фото экспериментальной установки:  
1 – верхний короб, 2 – нижний короб, 3 – загрузочная труба, 4 – цилиндрическая байпасная камера, 5 – вытяжной патрубок, 6 – вертикальная перегородка

#### Экспериментальные исследования и методика исследования

В начале необходимо было определить скорость и количество воздуха удаляемого из нижнего короба при отсутствии байпасной камеры и перфорации. Это позволит в дальнейшем сказать, насколько эффективно справляется с работой по снижению объемов эжекции байпасная камера и перфорация. Для этого в нижней части байпасная камера перекрывалась, чтобы исключить попадание воздуха в ее полость. Таким образом весь поступающий в нижний короб воздух будет удаляться только через вытяжной патрубок.

Замеры делались в сечении вытяжного патрубка в 2-х точках А и В при помощи термоанемометра Testo 425. Измерения в каждой точке производилось по 5 раз для точности получения данных. Полученные значения скоростей в точке А и в точке В (по 5 значений) усреднялись  $v_{уср}^A$  и  $v_{уср}^B$ , а затем находилось среднее значение

скорости в сечении 
$$v = \frac{v_{уср}^A + v_{уср}^B}{2}.$$
 Эксперимент повторяли 3 раза. После этого по результатам 3 экспериментов считалось среднее значение скорости в сечении  $v_{ср}$ . Торцевые перетекания отсутствуют, т.е. байпасная камера перекрыта. Полученные результаты указаны в таблице 1.

Таблица 1

**Значения скорости и расхода воздуха удаляемого из укрытия при отсутствии байпасной камеры**

| Замер 1     |             |       | Замер 2     |             |       | Замер 3     |             |       | Среднее значение скорости воздуха в сечении $v_{cp}$ , м/с | Расход воздуха в сечении $Q_{y0}$ , м <sup>3</sup> /ч |
|-------------|-------------|-------|-------------|-------------|-------|-------------|-------------|-------|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| $v_{yep}^A$ | $v_{yep}^B$ | $v_1$ | $v_{yep}^A$ | $v_{yep}^B$ | $v_2$ | $v_{yep}^A$ | $v_{yep}^B$ | $v_3$ |                                                            |                                                       |
| 1,07        | 1,08        | 1,078 | 1,042       | 1,06        | 1,051 | 0,992       | 1,014       | 1,003 | 1–1,1                                                      | 28–31                                                 |

Затем байпасная камера открывалась и проводились замеры скорости удаляемого воздуха. При наличии цилиндрической байпасной камеры Ø200мм и отсутствии перфорации были получены значения скоростей представленных в таблице 2.

Эффективность байпасной камеры  $\delta$  будем находить из соотношения

$\delta = \left( (v_{cp}^{\delta} - v_{cp}^c) / v_{cp}^{\delta} \right) \cdot 100\%$ , где  $v_{cp}^{\delta}$  – среднее значение скорости в сечении при отсутствии байпасной камеры,  $v_{cp}^c$  – среднее значение скорости при наличии байпасной камеры. В данном случае при наличии такой байпасной камеры расход удаляемого воздуха снижается в среднем на 60%.

Таблица 2

**Значения скорости и расхода воздуха удаляемого из укрытия при наличии байпасной камеры**

| Замер 1     |             |       | Замер 2     |             |       | Замер 3     |             |       | Среднее значение скорости воздуха в сечении $v_{cp}$ , м/с | Расход воздуха в сечении $Q_{y0}$ , м <sup>3</sup> /ч |
|-------------|-------------|-------|-------------|-------------|-------|-------------|-------------|-------|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| $v_{yep}^A$ | $v_{yep}^B$ | $v_1$ | $v_{yep}^A$ | $v_{yep}^B$ | $v_2$ | $v_{yep}^A$ | $v_{yep}^B$ | $v_3$ |                                                            |                                                       |
| 0,288       | 0,334       | 0,31  | 0,292       | 0,346       | 0,319 | 0,296       | 0,348       | 0,322 | 0,31÷0,32                                                  | 9                                                     |

Дополнительно проводились измерения скорости рециркулируемого воздуха в полости байпасной камеры. В сечении расположенном на расстоянии половины длины байпасной камеры делалось 4 отверстия на одинаковом друг от друга расстоянии и при помощи термоанемометра производились замеры скорости. В каждом отверстии делалось по 10 замеров, а затем находилось среднее значение скорости в выбранном сечении. Скорость воздуха в сечении байпасной камеры составила примерно 0,81 м/с.

Интересен эксперимент по снижению удаляемого воздуха при комбинированном использовании байпасной камеры и перфорации. Для начала исследовалось использование байпасной камеры и перфорации при нанесении последней в нижней части загрузочной трубы. Перфорация наносилась по всей длине участка трубы на одинаковом друг от друга расстоянии в количестве 35 отверстий (7 рядов по 5 отверстий). Отверстия имели диаметр 5 мм. Однако в ходе эксперимента снижения скорости удаляемого воздуха не наблюдалось. Полученные результаты не отличались от тех, что были получены при наличии только байпасной камеры (см. таблица 2). Это объяснялось тем, что воздух выходящий через отверстия создавал воздушную завесу, которая оказывала сопротивление восходящему потоку воздуха, а затем выходящий воздух по-

степенно перетекал по байпасной камере в верхний короб.

Для того чтобы исключить возможность образования воздушной завесы отверстия наносились в верхней части загрузочной трубы. Перфорировалась только верхняя часть трубы, расположенная перед нагнетателем, т.к. в этой части трубы находится зона разряжения. Отверстия наносились равномерно с постоянным увеличением их количества, начиная сверху трубы и постепенно опускаясь. Вначале на загрузочную трубу в верхней части наносились отверстия в количестве 77 шт (11 отверстий в 7 рядов) и измерялась скорость воздуха в сечении вытяжного патрубка. Затем количество отверстий увеличивалось по длине загрузочной трубы на такое же количество. По мере увеличения количества отверстий скорость воздуха в сечение вытяжного патрубка уменьшалась (см. таблица 3). Также проводилось задымление байпасной камеры с целью наблюдения того, как ведет себя воздух при наличии перфорации. Дым с помощью пластиковой трубочки запускался в байпасную камеру и поднимаясь вверх по байпасной камере, настигался на перфорированные стенки и перетекал в полость трубы. Такое поведение дыма можно объяснить тем, что перфорация создает большую площадь разряжения на поверхности загрузочной трубы и воздух уже в

большем количестве устремляется в эту область нежели при отсутствии перфорации.

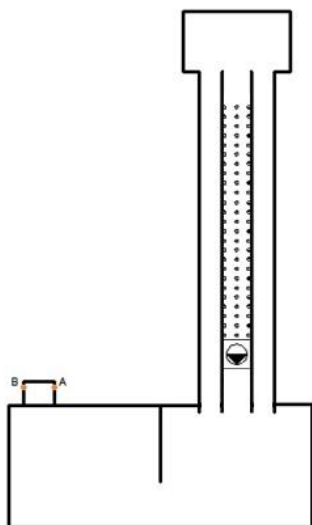


Рис. 3 Схема экспериментальной установки для исследования влияния перфорации

Как видно из данных таблицы с увеличением количества отверстий расход удаляемого из укрытия воздуха снижается. Эффективность от использования перфорации загрузочного желоба составляет в среднем 15–20 %. При дальнейшем увеличении степени перфорации возможно получить более высокую эффективность. Таким образом в ходе эксперимента было выявлено, что использовании цилиндрической байпасной камеры совместно с перфорированной загрузочной трубой может снизить количество удаляемого воздуха примерно до 80 %.

Несмотря на заявленную высокую производительность вентилятора полученные значения расходов удаляемого воздуха получились меньше. Связано это с тем, что верхний короб создает высокое сопротивление для подсоса воздуха в приемную камеру (воздух поступает только через отверстие в стенке короба), а следовательно производительность вентилятора при таком сопротивлении снижается.

Таблица 3

**Экспериментальные значения скоростей воздуха при комбинированном использовании перфорированной трубы и байпасной камеры**

| Кол-во отверстий Ø 5 мм, шт | Замер 1     |             |       | Замер 2     |             |       | Замер 3     |             |       | Среднее значение скорости воздуха в сечении $v_{cp}$ , м/с | Расход воздуха в сечении $Q_{уд}$ , м <sup>3</sup> /ч |
|-----------------------------|-------------|-------------|-------|-------------|-------------|-------|-------------|-------------|-------|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
|                             | $v_{уср}^A$ | $v_{уср}^B$ | $v_1$ | $v_{уср}^A$ | $v_{уср}^B$ | $v_2$ | $v_{уср}^A$ | $v_{уср}^B$ | $v_3$ |                                                            |                                                       |
| 0                           | 0,244       | 0,32        | 0,282 | 0,24        | 0,322       | 0,281 | 0,258       | 0,316       | 0,287 | 0,283                                                      | 8                                                     |
| 7×11                        | 0,214       | 0,306       | 0,26  | 0,23        | 0,294       | 0,262 | 0,22        | 0,302       | 0,261 | 0,261                                                      | 7,4                                                   |
| 7×22                        | 0,228       | 0,306       | 0,267 | 0,204       | 0,304       | 0,254 | 0,2         | 0,31        | 0,255 | 0,259                                                      | 7,3                                                   |
| 7×33                        | 0,206       | 0,302       | 0,254 | 0,172       | 0,292       | 0,232 | 0,172       | 0,296       | 0,234 | 0,24                                                       | 6,8                                                   |

**Выводы.** Согласно результатам эксперимента по исследования процесса рециркуляции воздуха при комбинированном использовании перфорированного желоба с байпасной камерой можно сделать следующие заключения: 1) увеличение количества отверстий по длине загрузочной трубы в области разряжения позволит увеличить рециркуляцию воздуха на 15-20%; 2) нанесение перфорации в области избыточного давления при комбинированном использовании перфорации и байпасной камеры может привести к образованию воздушной завесы, оказывающей сопротивление потоку рециркуляционного воздуха; 3) при реальных условиях перегрузки сыпучего материала перфорировать необходимо лишь верхнюю часть желоба, т.к. это увеличит зону разряжения в байпасной камере, а возможные перетекания воздуха через перфорацию из желоба в байпасную камеру будут не-

значительны из-за низкой начальной скорости падающего материала.

*\*Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ (проект №14-41-08005p\_офи\_м)*

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Логачев И.Н., Логачев К.И. Аэродинамические основы аспирации. СПб.: Изд. Химиздат, 2005. 659 с.
2. Logachev I.N., Logachev K.I., Industrial Air Quality and Ventilation Controlling Dust Emissions. CRC Press, Boca Raton, London, New York, 2014, 401 p.
3. Аверкова О.А., Логачев И.Н., Логачев К.И. Эжекция воздуха потоком сыпучего материала в пористой вертикальной трубе с байпасной цилиндрической камерой // Инженерно-

физический журнал. 2015. Т. 88. № 4. С. 813–826.

4. Логачев И.Н., Логачев К.И., Аверкова О.А. Эжекция воздуха при перегрузках сыпучих материалов в вертикальных каналах с ковшами. Сообщение 1. Закономерности изменения эжекционного напора в желобах // Известия вузов. Строительство. 2013. №9. С.53–63.

5. Логачев И.Н., Логачев К.И., Аверкова О.А. Эжекция воздуха при перегрузках сыпучих материалов в вертикальных каналах с ковшами. Сообщение 2. Эжектирующие свойства ленточного ковшового элеватора // Известия вузов. Строительство. 2013. №10. С.38–47.

6. Логачев И.Н., Логачев К.И., Аверкова О.А. Эжекция воздуха при перегрузках сыпучих материалов в вертикальных каналах с ковшами. Сообщение 3. Обсуждение результатов исследований // Известия вузов. Строительство. 2014. №1. С. 66–74.

7. Логачев И.Н., Логачев К.И., Аверкова О.А., Толмачева Е.И. Разработка способов снижения объема аспирации при перегрузках сыпучих материалов ковшовыми элеваторами. Сообщение 1. Особенности расчетной схемы аспирации элеваторных перегрузок // Известия вузов. Строительство. 2014. №2. С.46–56.

8. Логачев И.Н., Логачев К.И., Аверкова О.А., Толмачева Е.И. Разработка способов снижения объема аспирации при перегрузках сыпучих материалов ковшовыми элеваторами. Сообщение 2. Снижение объемов аспирации // Известия вузов. Строительство. 2014. №3. С.42–51.

9. Логачев И.Н., Логачев К.И., Аверкова О.А., Толмачева Е.И. Разработка способов снижения объема аспирации при перегрузках сыпучих материалов ковшовыми элеваторами. Сообщение 3. Результаты расчетов и их обсуждение // Известия вузов. Строительство. 2014. №4. С. 86–98.

10. Логачев И.Н., Логачев К.И., Аверкова О.А., Крюков И.В. Особенности рециркуляции воздуха в перегрузочном желобе с комбинированной байпасной камерой. Сообщение 1. Основные уравнения // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2013. № 4. С. 62–71.

11. Логачев И.Н., Логачев К.И., Аверкова О.А., Крюков И.В. Особенности рециркуляции воздуха в перегрузочном желобе с комбинированной байпасной камерой. Сообщение 2. Решение уравнений и результаты расчета // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2013. № 5. С. 54–62.

12. Логачев И.Н., Логачев К.И., Аверкова О.А. Энергосбережение в аспирации. Теоретические предпосылки и рекомендации. Москва–Ижевск: РХД, 2013. 504 с

13. Logachev Ivan, Logachev Konstantin, Averkova Olga Local Exhaust Ventilation. Aerodynamic Processes and Calculations of Dust Emissions. CRC Press, Boca Raton, London, New York, 2015, 549 p.

14. К.И. Логачев, И.В. Крюков, О.А. Аверкова. Моделирование воздушных потоков в аспирационном укрытии с рециркуляцией // Новые огнеупоры. 2015. № 8. С.57–62.

---

**Kryukov I.V., Logchev I.N., Uvarov V.A.**

**STUDY OF MINIMIZATION OF EXHAUST AIR VOLUME BY THE COMBINED USE OF PERFORATED TROUGH WITH A CYLINDRICAL BYPASS CHAMBER**

*Conducting a pilot study to reduce exhaust air volumes through the use of closed recirculation in bypass chamber equipped with a loading trough with a perforated wall. Experimental measurements of the value of the exhaust air speed were made on designed stand. The effect of the bypass chamber and the cylindrical perforated trough at their joint use by the number of exhaust air.*

**Key words:** aspiration, handling of bulk materials, air ejection, suction cover, air recirculation, bypass chamber, a perforated trough.

---

**Крюков Илья Валерьевич**, аспирант кафедры теплогазоснабжения и вентиляции.

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

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

E-mail:iliya.kryukov@yandex.ru

**Логачев Иван Николаевич**, доктор технических наук, профессор кафедры теплогазоснабжения и вентиляции.

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

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

**Уваров Валерий Анатольевич**, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции.

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

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

Ильина Т.Н., д-р техн. наук, проф.,  
Глебова О.В., магистрант,  
Небыльцова И.В., магистрант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ИННОВАЦИОННЫЕ СПОСОБЫ МИКРОКЛИМАТИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ В ПОМЕЩЕНИЯХ КРЫТЫХ БАССЕЙНОВ

ilina50@rambler.ru

*В связи с ухудшением экологической обстановки, снижением качества воды и продуктов питания, развитие систем физкультурно-оздоровительных комплексов приобретает всё большее значение.*

*В работе рассмотрена классификация бассейнов и требования к организации воздухообмена в помещениях не только с позиции создания комфортных условий для человека, но и защиты ограждающих конструкций от разрушения. Проведены исследования параметров микроклимата в крытых бассейнах. Показана необходимость проведения мероприятий по снижению влажности воздуха. Предложено энергосберегающее оборудование для создания и поддержания требуемых параметров микроклимата.*

**Ключевые слова:** параметры микроклимата, относительная влажность воздуха, влагосодержание, осушитель конденсационного типа, рекуперация тепла.

**Введение.** При проектировании систем кондиционирования, вентиляции и осушения воздуха в помещениях крытых плавательных бассейнов основной задачей является обеспечение санитарно-гигиенических требований. Наибольшую проблему в данных условиях представляет повышенная влажность внутреннего воздуха. Отсутствие должного регулирования влажности может приводить не только к дискомфорту, но и проблемам, связанным с коррозией, разрушением элементов ограждающих конструкций, появлением плесени и др.

Современные комплексные методы обеспечения требуемых параметров микроклимата в помещениях с высокими влаговыведениями позволяют выбрать оптимальную компоновку вентиляционных агрегатов в целях снижения затрат энергии [1]. Комплексные решения для систем кондиционирования, вентиляции и осушения воздуха в помещениях подразумевают применение специализированных агрегатов, которые обеспечивают круглосуточное управление внутренним микроклиматом в любое время года, а также организацию эффективного воздухообмена в помещениях плавательного бассейна [2].

**Методология.** Исследования параметров микроклимата бассейнов (температура воздуха, относительная влажность, подвижность воздуха) осуществлялось с использованием следующих приборов: прибор контроля параметров воздушной среды «Метеометр МЭС- 200», аспирационный психрометр, инфракрасный пирометр, крыльчатый анемометр.

**Основная часть.** Бассейны классифицируются по следующим признакам: по назначению,

размерам, оборудованию; характеру эксплуатации, материалам изготовления, способу забора и подачи воды.

Классификация бассейна по назначению является наиболее важной. Различают спортивные бассейны, которые предназначены для учебно-тренировочной работы, проведения соревнований, обучения детей плаванию и организованного оздоровительного плавания.

Купальные бассейны преследуют главным образом оздоровительные цели, связанные с обслуживанием неорганизованных разовых посетителей.

Крытые бассейны в частных домах, как правило, изобилуют роскошью и различными современными проектно-дизайнерскими решениями.

Учебные бассейны детских дошкольных учреждений используются для приобщения к воде, обучения плаванию, массового купания, а также для занятия спортивных секций и проведения соревнований местного уровня.

Смешанные (комбинированные) бассейны представляют собой либо объединение в одном комплексе купальни и ванн для спортивного или учебного плавания, либо включение в акваторию купального бассейна участков для учебно-тренировочной работы и обучения. Удельный вес спортивной работы в таких бассейнах незначителен, главная цель в них — массовое оздоровительное купание и отдых людей.

Основной задачей систем вентиляции, кондиционирования и осушения воздуха в помещениях крытых плавательных бассейнов любого назначения является обеспечение санитарно-гигиенических требований [3, 4].



Объектами исследований в данной работе являются индивидуальный жилой дом с бассейном, находящийся в Московской области, и физкультурно-оздоровительный комплекс, расположенный на территории БГТУ им. В.Г. Шухова в г. Белгород.

В данном жилом доме с бассейном предусмотрена приточно-вытяжная вентиляция с механическим побуждением.

Вентиляционное оборудование подобрано с учетом высоких технологических и эксплуатационных характеристик, с применением энергосберегающих технологий.

Для экономии затрат на электроэнергию и для снижения производительности системы вентиляции на данном объекте предусматривается высокоэффективный осушитель воздуха Dantherm CDP. Данный осушитель обеспечивает относительную влажность 45%, на всем этапе эксплуатации контроль влажности осуществляется с помощью "умной" системы автоматики (блоки управления, устройства управления и защиты, датчики температуры и давления, термостаты, гидростат, датчики качества воздуха и т.д.)

Осушитель Dantherm CDP работает по принципу конденсации. С помощью вентилятора влажный воздух поступает в агрегат парокомпрессионной холодильной машины. При прохождении через испаритель воздух охлаждается до температуры ниже точки росы, а содержащаяся в нем влага конденсируется и дренируется. Осушенный воздух далее проходит через конденсатор, где он подогревается. Температура воздуха при этом на выходе увлажнителя приблизительно на 5°C выше температуры воздуха на входе. Благодаря многократному прохождению воздуха через осушитель уровень влажности в помещении снижается, обеспечивая быстрое осушение. Таким образом, абсолютная и относительная влажность воздуха в помещении постепенно снижаются.

Для снижения энергозатрат на подготовку воздуха подобран вариант приточно-вытяжной установки с рекуперацией тепла DV-25 фирмы Systemair. Преимущества установки:

- данный приточно-вытяжной воздухообрабатывающий агрегат с рекуперацией тепла позволяет полноценно обрабатывать воздух в бассейне частного дома;

- приточная установка исполнена из коррозионностойкого покрытия, которое соответствует классу C4 по международному стандарту EN ISO 12944-2;

- в составе установки DV-25 предусматривается высокоэнергоэффективный вентилятор с крыльчаткой и двигателем ЕС;

- применение фильтра DVG - это компактный фильтр класса G4 по EN 779;

- пластинчатый теплообменник DVC обладает высокой производительностью и может утилизировать из теплого и влажного удаляемого воздуха не только тепло, но и влагу. Теплообменники данного типа являются самыми эффективными. Эффективность достигает более 90 %;

- для значительного повышения уровня эффективности в приточно-вытяжном агрегате используется встроенная система автоматики.

Для оценки состояния воздуха в помещениях бассейнов были проведены исследования параметров микроклимата: температура воздуха, относительная влажность, подвижность воздуха.

Результаты исследований параметров до установки осушителя (метод ассимиляции) и после установки осушителя (конденсационный метод) представлены в таблице. Установка осушителя воздуха позволяет получить параметры воздуха, соответствующие комфортному состоянию в соответствии с санитарными нормами.

В БГТУ им. В.Г. Шухова функционируют два крытых бассейна, в помещениях, которых также проведены исследования параметров микроклимата [5, 6] с целью установления соответствия фактических параметров в помещении, требуемым нормам и санитарно-гигиеническим рекомендациям.

Исследования показали, что в помещениях бассейнов БГТУ им. В.Г. Шухова необходима комплексная регулировка приточно-вытяжной системы вентиляции для улучшения эффективности её использования в разные периоды года.

Выявлено избыточное негативное шумовое воздействие на органы слуха человека.

Для снижения повышенного шумового воздействия рекомендуется изменить конструкцию системы перелива, предусмотреть снижающие шумы устройства для сбора воды в стоках.

Также целесообразно дополнительно установить осушители воздуха в помещениях бассейнов. Это значительно снизит объемы удаляемого воздуха, что непосредственно приведет к существенной экономии энергии на нагрев приточного воздуха [7].

Таким образом, основным решением проблемы создания оптимальной влажности в бассейнах является использование осушителей воздуха различного типа. Использование тепловых насосов также в большинстве случаев устраняет необходимость в традиционных средствах подогрева воздуха в часы работы бассейна. Система с тепловым насосом способна поддерживать большой расход наружного воздуха, используя



воздухонагреватели сравнительно малой мощности [8, 9].

Необходимо также уделять внимание способам очистки воды, так как качество воды влияет на самочувствие людей.

Таблица

Параметры воздуха в бассейне

| Параметры микроклимата воздуха до установки осушителя                                                                                                                                      | Параметры микроклимата воздуха после установки осушителя конденсационного типа                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $t_{\text{воды}} = 28\text{ }^{\circ}\text{C}$                                                                                                                                             | $t_{\text{воды}} = 28\text{ }^{\circ}\text{C}$                                                                              |
| $t_{\text{воздуха}} = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ , температура снижена с целью уменьшения испарения, но не соответствует требованию заказчика.                                            | $t_{\text{воздуха}} = 32\text{ }^{\circ}\text{C}$ , температура соответствует нормативному значению и требованию заказчика. |
| Относительная влажность $\varphi = 70\%$ – создается ощущение духоты                                                                                                                       | Относительная влажность $\varphi = 45\%$ – комфортные условия                                                               |
| $t_{\text{т.росы}} = 24,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ , - при влажности $\varphi = 70\%$                                                                                                      | $t_{\text{т.росы}} = 17,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ , - при влажности $\varphi = 45\%$                                       |
| Влагосодержание $d$ г/кг сухого воздуха при:                                                                                                                                               |                                                                                                                             |
| $t_{\text{воздуха}} = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $\varphi = 70\%$<br>$d = 20,2$ г/кг                                                                                                    | $t_{\text{воздуха}} = 32\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $\varphi = 45\%$<br>$d = 14,0$ г/кг                                     |
| Верхний предел комфортного состояния неодетого человека соответствует парциальному давлению водяных паров 2,27 кПа (влагосодержание при этом давлении составляет 14,3 г/кг сухого воздуха) |                                                                                                                             |

**Вывод.** Для обеспечения наиболее благоприятных параметров микроклимата бассейна, располагающегося в жилом доме, целесообразно применять: осушитель конденсационного типа фирмы Danvent CDP 125, обеспечивающий требуемую влажность 45 %; приточно-вытяжной агрегат с рекуперацией тепла фирмы Systemair DV-25, обеспечивающий экономию энергии на 70–80 %. Для управления данного вентиляционного и климатического оборудования предусмотрена система автоматики, которая обеспечивает высокую точность регулирования, стабильность, надежность, а также безопасность использования оборудования.

Для бассейна, находящегося на территории БГТУ им. В.Г. Шухова, рекомендуется установить осушители воздуха, оптимизировать работу приточно-вытяжной вентиляции, снизить шумовое воздействие.

Соблюдая указанные рекомендации, удастся существенно улучшить микроклиматические условия в помещениях.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хасанов А.О. Эффективные системы вентиляции для плавательных бассейнов и аквапарков // Строительство и городское хозяйство. 2007. №12.
2. Антонов П.П. Методика расчета и проектирования систем обеспечения микроклимата в помещениях плавательных бассейнов.

Мир Климата. Спецвыпуск проектировщику [Электронный ресурс.] <http://mir-klimata>.

3. Краснов Ю.С., Борисоглебская А.П., Антипов А.В. Рекомендации по проектированию, испытанию и наладке систем вентиляции и кондиционирования. – М.: Термокул, 2004.

4. Нойферт Э. Строительное проектирование / Пер. с нем. К. Ш. Фельдмана, Ю. М. Кузьминой; Под ред. З. И. Эстрова и Е. С. Раевой. – 2-е изд. – Москва/ М.: Стройиздат, 1991. – 392 с.: ил. – (перевод издания: Bauentwurfslehre/E. Neufert - F. Viweg & Sohn Braunschweig/Wiesbaden).

5. Небыльцова И.В., Баромыченко А.А., Наилова В.Н., Гераськов А.Ф. Исследование параметров микроклимата в помещении бассейна БГТУ им. В.Г. Шухова // Молодежь и научно-технический прогресс: Сб. докладов IX Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов, молодых ученых (Старый Оскол, 14 апреля 2016 г.), Старый Оскол: ООО «Ассистент плюс», 2016. Т.3. С.274–276.

6. Небыльцова И.В., Ильина Т.Н. Энергосбережение в системах теплоснабжения бассейнов // Экология и рациональное природопользование агропромышленных регионов: сб. докл. III Междунар. молодежной науч. конф. Белгор. гос. технол. ун-т., (г.Белгород, 10-11 нояб. 2015 г.), Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. С. 158–161.

7. Ильина Т.Н., Феоктистов А.Ю., Мухамедов Р.Ю., Сериков С.В. Способы энергосбережения в системах создания микроклимата // Энергосбережение и экология в жилищно-коммунальном хозяйстве и строительстве городов: Междунар. науч.- практ. конф., (Белгород, 2012 г. ), Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. С. 244–248.

8. Ильина Т.Н., Мухамедов Р.Ю., Вережкин О.В. Перспективы использования

тепловых насосов в системах отопления малоэтажных жилых домов Белгородской области // Вестник БГТУ. 2009. №3. С.142–146

9. Патент РФ. №106938/27.07.2011. Ильина Т.Н., Мухамедов Р.Ю., Сериков С.В. Устройство для регенерации энергии в установке техники кондиционирования и вентиляции // Патент России №.106938.2011.Бюл.№21.

---

**Ilyina T.N., Glebova O.V., Nebyltsova I.V.**

**THE INNOVATIONAL METHODS OF MICROCLIMATE MAINTENANCE  
FOR INDOOR SWIMMING POOLS**

*Due to environmental degradation and water and foodstuff quality deterioration the development of sports and recreation centers has been becoming more and more important.*

*The article considers the classification of swimming pools and requirements to air change in the premises, not only in the context of comfortable conditions, but also for the protection of building's envelope structures. There have been researched the microclimate parameters in indoor swimming pools. The necessity of measures to reduce air humidity has been demonstrated. The energy-saving equipment to create and maintain the required microclimate parameters has been suggested.*

**Key words:** microclimate parameters, relative air humidity, moisture content, condensing dryer, heat recuperation.

---

**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

**Глебова Ольга Валерьевна**, магистрант кафедры теплогазоснабжения и вентиляции.

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

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

E-mail: glebova@vin-eng.ru

**Небыльцова Ирина Владимировна**, магистрант кафедры теплогазоснабжения и вентиляции.

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

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

E-mail: irina.nebyltsova@mail.ru

# МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

Трофимченко В.Н., аспирант,  
Воронов В.П., канд. физ.-мат. наук, проф.,  
Мордовская О.С., канд. техн. наук, доц.,  
Ханин С.И. канд. техн. наук, проф.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ЧАСТИЦЫ ПО ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ПОВЕРХНОСТИ КОНУСА

trofimchenko@inbox.ru

Одним из направлений повышения эффективности сепарации порошкообразных материалов является совершенствование способа подачи частиц в зону сепарации. Для равномерного распределения материала в сепараторе применяют различные устройства. В статье представлено математическое описание процесса движения частицы по поверхности вращающегося распределительного конуса. Приведены аналитические выражения, позволяющие определить скорость движения частицы исходя из конструктивных параметров конуса и частоты его вращения.

**Ключевые слова:** распределительное устройство, скорость частицы, вращающийся конус, кинематические параметры.

Конструкции подавляющего большинства динамических центробежных сепараторов имеют устройства для равномерного распределения материала в зоне сепарации [1, 2, 3, 4, 5]. Эти устройства могут придавать необходимые скорости частицам материала при их попадании в газовую среду зоны сепарации, влиять на кинематические и динамические характеристики поступающих с распределительных устройств частиц. Это дает дополнительные возможности по управлению процессом сепарации и его эффективностью [6,7]. В этой связи установление взаимосвязи скоростных параметров поступающих в зону сепарации частиц материала с параметрами конструкции распределительных устройств, частотой их вращения, способом и местом подачи частиц, коэффициентом их трения о поверхность приобретает существенную практическую значимость. Распределительные устройства имеют конструктивные отличия. Наиболее часто они выполняются в виде вращающегося конуса [8]. Определению скоростных параметров взаимодействующих с распределительным устройством частиц посвящено достаточно много работ, однако в предлагаемых описаниях имеются определенные недостатки. К примеру, в работах [9,10] обязательным условием для определения скорости частицы является необходимость в определении времени нахождения частицы на поверхности вращающегося устройства экспериментальным способом. В

связи с этим разработка математического описания для определения скорости движения частицы по вращающемуся конусу является актуальной.

Рассмотрим движение частицы материала массой  $m$  по поверхности вращающегося с частотой  $\omega$  конуса. Траектория движения частицы по внешней его поверхности, очевидно, будет представлять собой коническую спиральную линию или участок такой линии с переменным расстоянием  $r$  от оси вращения (рис. 1).

Согласно представленной на рис. 1 расчетной схеме, спиральную траекторию движения частицы в плоскости, перпендикулярной оси вращения, можно описать следующим соотношениями:

$$x = r \cos \varphi, \quad (1)$$

$$y = r \sin \varphi, \quad (2)$$

где угол поворота  $\varphi$  отсчитывается от положительного направления оси ОХ с частотой вращения конуса связан следующим соотношением:

$$\varphi = \omega t, \quad (3)$$

здесь  $t$  – текущее время.

Для описания движения частицы материала вдоль образующей конуса введем двумерную декартову систему координат  $\zeta; \eta$  с началом в точке  $O_1$  согласно расчетной схеме, представленной на рис. 2.

Пусть в некоторый произвольный момент времени частица материала на поверхности вращающегося конуса имеет следующие параметры  $r, z$  и  $\zeta$ , которые согласно схеме на рис. 2 связаны между собой и геометрическими размерами конуса, следующими соотношениями:

$$r = r_0(1 - z/h_0), \quad (4)$$

$$z = h_0(1 - \zeta/L_0). \quad (5)$$

Примем, что на частицу материала, находящуюся на внешней поверхности вращающегося конуса действуют следующие силы: вес частицы  $P$ , сила реакции опоры  $N$ , центробежная сила  $F_{ц}$  и сила трения о поверхность конуса.

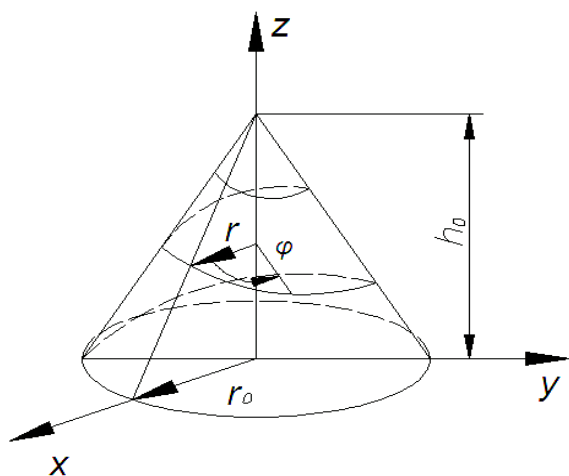


Рис. 1. Представление траектории движения частицы материала по вращающейся поверхности конуса

Пусть в некоторый произвольный момент времени частица материала на поверхности вращающегося конуса имеет следующие параметры  $r, z$  и  $\zeta$ , которые согласно схеме на рис. 2

$$N + m\omega^2 r \cos \gamma - m g \cos(\pi/2 - \gamma) = 0, \quad (6)$$

где  $\gamma$  – значение угла образованного направляющей конуса с осью  $Oz$ ;  $m$  – масса частицы материала;  $g$  – ускорение свободного падения.

Угол  $\gamma$  определяется через параметры конуса и выражается согласно соотношениям:

$$\cos \gamma = h_0/L_0, \quad (7)$$

$$\sin \gamma = r_0/L_0. \quad (8)$$

$$m \frac{d^2 \zeta}{dt^2} = m g \cos \gamma + m \omega^2 r \sin \gamma - f N, \quad (10)$$

где  $f$  – коэффициент трения скольжения.

связаны между собой и геометрическими размерами конуса, следующими соотношениями:

$$r = r_0(1 - z/h_0), \quad (4)$$

$$z = h_0(1 - \zeta/L_0). \quad (5)$$

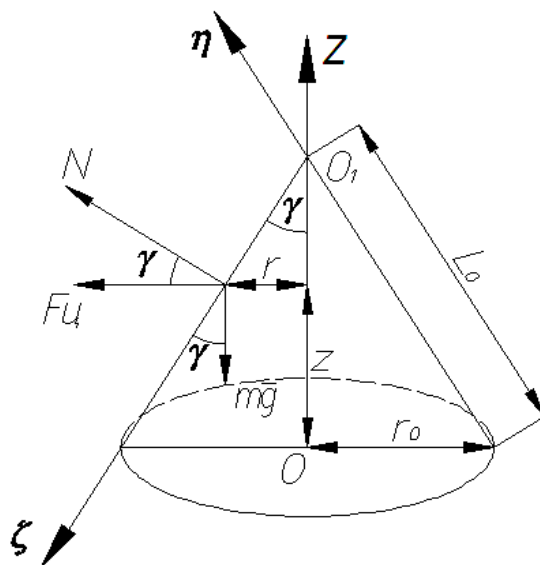


Рис. 2. Расчетная схема для описания движения частицы материала в неподвижной системе координат  $\zeta; O_1; \eta$

Примем, что на частицу материала, находящуюся на внешней поверхности вращающегося конуса действуют следующие силы: вес частицы  $P$ , сила реакции опоры  $N$ , центробежная сила  $F_{ц}$  и сила трения о поверхность конуса.

Проекция этих сил на ось  $O_1\eta$  позволяет получить следующее соотношение:

На основании (6) находим, что величина силы реакции опоры будет определяться соотношением:

$$N = m g \sin \gamma - m \omega^2 r \cos \gamma. \quad (9)$$

Уравнение движения частицы материала в системе координат  $\zeta; O_1; \eta$ , связанной с вращением конической поверхности, будет иметь следующий вид:

Подстановка в (9) с учетом (4), (5), (7), (8) в (10) позволяет получить следующее уравнение:

$$\frac{d^2 \zeta}{dt^2} = g \frac{h_0}{L_0} + \frac{\omega^2 r_0^2}{L_0^2} \zeta - f \left( g \frac{r_0}{L_0} - \frac{\omega^2 r_0 h_0}{L_0^2} \zeta \right). \quad (11)$$

Введем следующие обозначения:

$$A = \frac{\omega^2 r_0^2}{L_0^2} \left( 1 + f \frac{h_0}{r_0} \right), \quad (12)$$

$$B = g \frac{h_0}{L_0} \left( 1 - f \frac{r_0}{h_0} \right). \quad (13)$$

С учетом введенных обозначений уравнение (11) принимает вид:

$$\frac{d^2 \zeta}{dt^2} - A \zeta = B. \quad (14)$$

Общее решение дифференциального уравнения (14) имеет вид:

$$\zeta(t) = C_1 e^{-\sqrt{A}t} + C_2 e^{\sqrt{A}t} - B/A, \quad (15)$$

где  $C_1$  и  $C_2$  – постоянные интегрирования, значения которых можно найти исходя из следующих начальных условий:

$$t = 0, \quad \zeta(0) = L_H, \quad (16)$$

$$t = 0, \quad \frac{d\zeta(0)}{dt} = 0. \quad (17)$$

где  $L_H$  – расстояние от вершины конуса до начальной точки, с которой частица начинает движение по поверхности конуса.

Применение (17) и (15) приводит к соотношению:

$$C_2 - C_1 = 0 \quad (18)$$

Подстановка (18) и (15) позволяет получить выражение:

$$\zeta(t) = 2C_1 ch(\sqrt{A} t) - B/A. \quad (19)$$

Применив (16) к (19) позволяет получить окончательно следующий результат:

$$2C_1 - \frac{B}{A} = L_H. \quad (20)$$

Подстановка (20) в (19) позволяет получить окончательно следующий результат:

$$\zeta(t) = (L_H + B/A) ch(\sqrt{A} t) - B/A. \quad (21)$$

На основании (5) с учетом (21) можно найти изменение  $z$  – координаты частицы материала при движении по вращающейся поверхности конуса:

$$z(t) = h_0 \left[ 1 - \left( \frac{L_H}{L_0} + \frac{B}{L_0 A} \right) ch(\sqrt{A} t) - \frac{B}{L_0 A} \right]. \quad (22)$$

Согласно полученному соотношению (22) можно найти  $t_d$  – время движения частицы материала по поверхности вращающегося конуса, а именно:

$$t = t_d, \quad z(t_d) = 0 \quad (23)$$

Применив (23) к соотношению (22) получаем следующее уравнение для определения значения  $t_d$ :

$$1 + \frac{B}{L_0 A} = \left( \frac{L_H}{L_0} + \frac{B}{L_0 A} \right) ch(\sqrt{A} t_d) \quad (24)$$

Решая уравнение (26) относительно величины  $t_d$  находим:

$$t_d = \frac{1}{\sqrt{A}} \operatorname{arcch} \left( \frac{L_0 + B/A}{L_H + B/A} \right). \quad (25)$$

Найдем изменение проекций скоростей частицы материала в плоскости, перпендикулярной оси вращения конуса  $v_x$  и  $v_y$ . С учетом (3) – (13) соотношения (1) и (2) принимают вид:

$$x = \frac{r_0 \zeta}{L_0} \cos(\omega t), \quad (26)$$

$$y = \frac{r_0 \zeta}{L_0} \sin(\omega t), \quad (27)$$

На основании (26) и (27) находим:

$$v_x = \frac{dx}{dt} = \frac{r_0}{L_0} \frac{d\zeta}{dt} \cos \varphi - \frac{r_0}{L_0} \omega \zeta \sin \varphi, \quad (28)$$

$$v_y = \frac{dy}{dt} = \frac{r_0}{L_0} \frac{d\zeta}{dt} \sin \varphi + \frac{r_0}{L_0} \omega \zeta \cos \varphi, \quad (29)$$

Связь между компонентами скоростей в полярной –  $v_r, v_\varphi$  и декартовой –  $v_x, v_y$  системах координат определяется следующими соотношениями:

$$v_r = v_x \cos \varphi + v_y \sin \varphi, \quad (30)$$

$$v_r = \frac{r_0}{L_0} \frac{d\zeta}{dt} \cos^2 \varphi - \frac{r_0}{L_0} \omega \zeta \sin \varphi \cos \varphi + \frac{r_0}{L_0} \frac{d\zeta}{dt} \sin^2 \varphi + \frac{r_0}{L_0} \omega \zeta \sin \varphi \cos \varphi = \frac{r_0}{L_0} \frac{d\zeta}{dt} \quad (32)$$

$$v_\varphi = -\frac{r_0}{L_0} \frac{d\zeta}{dt} \sin \varphi \cos \varphi + \frac{r_0}{L_0} \omega \zeta \sin^2 \varphi + \frac{r_0}{L_0} \frac{d\zeta}{dt} \sin \varphi \cos \varphi + \frac{r_0}{L_0} \omega \zeta \cos^2 \varphi = \frac{r_0}{L_0} \omega \zeta. \quad (33)$$

$$v_\varphi = -v_x \sin \varphi + v_y \cos \varphi. \quad (31)$$

Подстановка (28) и (29) в (30) и (31) позволяет получить следующий результат:

Подстановка (21) в (32) и (33) с учетом (12) и (13) позволяет окончательно получить следующий результат:

$$v_r = \frac{r_0^2}{L_0^2} \omega \sqrt{1 + f \frac{h_0}{r_0}} \left( L_H + \frac{gh_0 L_0 \left(1 - f \frac{r_0}{h_0}\right)}{\omega^2 r^2 \left(1 + f \frac{h_0}{r_0}\right)} \right) sh \left( \frac{r_0}{L_0} \left(1 + f \frac{h_0}{r_0}\right) \omega t \right), \quad (34)$$

$$v_\varphi = \frac{r_0}{L_0} \omega \left[ \left( L_H + \frac{gh_0 L_0 \left(1 - f \frac{r_0}{h_0}\right)}{\omega^2 r^2 \left(1 + f \frac{h_0}{r_0}\right)} \right) ch \left( \frac{r_0}{L_0} \left(1 + f \frac{h_0}{r_0}\right) \omega t \right) - \frac{gh_0 L_0 \left(1 - f \frac{r_0}{h_0}\right)}{\omega^2 r^2 \left(1 + f \frac{h_0}{r_0}\right)} \right]. \quad (35)$$

Таким образом, полученные аналитические соотношения (34) и (35) определяют изменение компонент скорости движения частицы материала по внешней поверхности вращающегося конуса с частотой  $\omega$  в зависимости от параметров конуса  $r_0$ ,  $h_0$  и расстояния от его вершины до начального положения частицы –  $L_H$ .

С использованием полученного математического описания были получены графические зависимости от параметра  $L_H$  и текущего времени  $t$  составляющих скоростей движения частицы мергеля  $v_r$  и  $v_\varphi$  по вращающейся поверхности конуса распределительного устройства промышленного центробежного сепаратора с диаметром корпуса 4 м (рис. 3). Зависимости построены при следующих конструктивно-технологических параметрах сепаратора:  $\omega = 4 \text{ с}^{-1}$ ;  $r_0 = 0,275 \text{ м}$ ;  $h_0 = 0,26 \text{ м}$ ;  $L_0 = 0,378 \text{ м}$  и коэффициенте трения  $f = 0,3$ .

Функциональные зависимости (34) и (35) являются возрастающими. Приведенные на рис. 3 графические зависимости характеризуются

выраженным нелинейным характером изменения  $v_r$  и  $v_\varphi$  от  $t$ . Значения радиальной составляющей скорости  $v_r$  превышают значения тангенциальной составляющей скорости  $v_\varphi$  для всех рассматриваемых интервалов значений  $L_H$  и  $t$ . Так, при  $L_H = 0,1 \text{ м}$  и времени  $t_1 = 0,2 \text{ с}$ ;  $t_2 = 0,4 \text{ с}$ ;  $t_3 = 0,6 \text{ с}$  радиальная составляющая скорости принимает значения  $v_{r1} = 1,12 \text{ м/с}$ ,  $v_{r2} = 2,77 \text{ м/с}$ ,  $v_{r3} = 6,05 \text{ м/с}$ ; а тангенциальная составляющая –  $v_{\varphi1} = 0,56 \text{ м/с}$ ,  $v_{\varphi2} = 1,87 \text{ м/с}$ ,  $v_{\varphi3} = 4,49 \text{ м/с}$ . При увеличении расстояния между вершиной конуса и начальным положением частицы до  $L_H = 0,3 \text{ м}$  и указанных значениях времени радиальная составляющая скорости принимает значения  $v_{r4} = 1,54 \text{ м/с}$ ,  $v_{r5} = 3,79 \text{ м/с}$ ,  $v_{r6} = 8,20 \text{ м/с}$ ; а тангенциальная составляющая –  $v_{\varphi4} = 1,17 \text{ м/с}$ ,  $v_{\varphi5} = 2,83 \text{ м/с}$ ,  $v_{\varphi6} = 6,59 \text{ м/с}$ . Превышения значений  $v_r$  над  $v_\varphi$  составляют для первого рассмотренного случая соответственно 50%, 67 % и 74 %; для второго – 76 %, 74 % и 80 %.

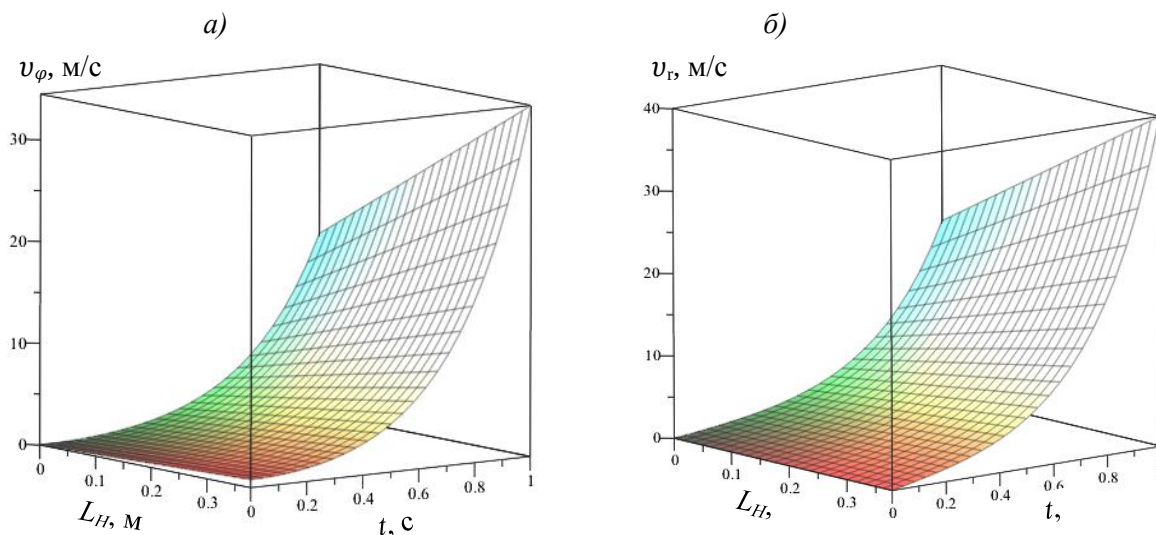


Рис. 3. Зависимости составляющих скоростей движения частицы мергеля по вращающейся конической поверхности от  $t$  и  $L_H$ : а) –  $v_\varphi$ ; б) –  $v_r$

Приведенное математическое описание дает возможность определить на поверхности вращающегося конуса значения скорости частицы материала и ее составляющих. Его применение целесообразно при проектировании конических распределительных устройств, оптимизации

процессов разделения порошковых материалов в динамических центробежных сепараторах.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Трофимченко В.Н., Ханин С.И., Кирилов И.В. Анализ конструкций распределительных устройств динамических сепараторов // Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов: межвуз. сб. ст. – Вып. XII. / под ред. В.С. Богданова. Белгород, 2013. С.415–417
2. Богданов В.С. и др. Основы расчета машин и оборудования предприятий строительных материалов и изделий. Белгород: Изд-во БГТУ, 2013. 650 с.
3. Евсеев Е.А. К проблеме оптимизации пневмосепарационного процесса в кольцевом пространстве. Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2005. 111 с.
4. Ходаков Г.С. Тонкое измельчение строительных материалов. Издательство литературы по строительству. Москва 1972. 239 с.
5. Барский М.Д. Фракционирование порошков. М.: Недра, 1980. 327 с.
6. Барский М.Д. Оптимизация процессов разделения зернистых материалов, М., «Недра», 1978. 168 с.
7. Clark M. Separation efficiency. International Cement Review (ICR). 2004. September. P.38
8. Андреев В.Л., Курбанов Р.Ф., Саитов В.Е., Шилин В.В. Оптимизация эксплуатационных параметров конструктивных элементов пневмосистем с кольцевым аспирационным каналом // Современные наукоемкие технологии. 2015. № 8. С. 7–12
9. Бойко И.Г., Попов О.А. Исследование движения частицы сыпучего корма по поверхности подающего конуса ротационного дозатора // Сучасні проблеми вдосконалення технічних систем і технологій в тваринництві: Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. - Харків ХНТУСГ, 2010. Вип. 95. С. 72–77.
10. Василенко, П.М. Теория движения частиц по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин // П.М. Василенко; под ред. акад. М.И. Медведева. – Киев Изд-во Укр. Акад. с.-х. наук, 1960. 283 с.

---

**Trofimchenko V.N., Voronov V.P., Mordovskaya O.S., Khanin S.I.****THE QUESTION ABOUT CALCULATION SPEED OF PARTICLES ON A ROTATING SURFACE OF THE CONE**

*One of the ways of increasing efficiency of separating the powder particle is to improve a method of supplying particles to a separation zone. For uniform distribution of the material in the separator use various devices. The article presents a mathematical description of the motion process, the particle on the surface of the rotating distributor cone. The analytical expressions for determining the rate of motion of a particle based on the design parameters of the cone and the frequency of its rotation.*

*Keywords: feeder, particle velocity, rotating cone, kinematic parameters.*

---

**Трофимченко Владимир Николаевич**, аспирант.

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

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

E-mail: trofimchenko@inbox.ru

**Воронов Виталий Павлович**, кандидат физико-математических наук, профессор.

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

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

E-mail: dh@intbel.ru

**Мордовская Ольга Сергеевна**, кандидат технических наук, доцент.

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

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

E-mail: dh@intbel.ru

**Ханин Сергей Иванович**, кандидат технических наук, профессор.

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

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

E-mail: dh@intbel.ru

Анциферов С.И., аспирант, инж.  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ КООРДИНАТ РАСПОЛОЖЕНИЯ И СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ СТЕРЖНЕЙ ПЛАНЕТАРНОГО СМЕСИТЕЛЯ

anciferov.sergey@gmail.com

В современном строительстве большой популярностью пользуются сухие строительные смеси, используемые для выполнения различных видов работ. Актуальной проблемой производства сухих смесей является соблюдение высокого качества готового продукта, на которое в значительной мере влияет наличие застойных зон в рабочей емкости смесительного оборудования. Была разработана методика расчета траекторий и скорости перемещения перемешивающих цилиндрических стержней планетарного смесителя, позволяющее определить их оптимальное расположение, а также оптимальный скоростной режим установки. В результате применения новой методики можно разработать конструкцию планетарного смесителя, позволяющую эффективно устранить застойные зоны в его рабочей емкости за счет оптимального расположения перемешивающих стержней, что приведет к улучшению качества производимых в нем сухих строительных смесей.

**Ключевые слова:** сухие строительные смеси, планетарный смеситель, застойные зоны, цилиндрический стержень, параметрическая траектория, скорость перемещения.

В современном строительстве большой популярностью пользуются сухие строительные смеси (ССС), используемые для выполнения различных видов работ. Широкий ассортимент и высокий спрос вызывают необходимость не только роста объемов производства СССР, но и соблюдение высоких требований к их качеству. Важнейшую роль в получении качественного готового продукта в ходе производства СССР играет смесительное оборудование. Таким образом, разработка новых эффективных видов конструкций смесителей является актуальной инженерной задачей. В данной статье представлена методика расчета движения стержней планетарного смесителя, позволяющая определить эффективность устранения ими застойных зон в

рабочей ёмкости для определения наилучшего способа их расположения, а также нахождения оптимального скоростного режима работы установки.

В состав рассматриваемой установки смесителя планетарного типа [1] (рис. 1) входит корпус 8 с крышкой 5, двигатель 2. Двигатель соединён выходным валом 3 с кривошипом 4. На валу кривошипа подвижно закреплена шестерня 6, входящая в зацепление с зубчатым венцом 7, закреплённом на корпусе устройства. На шестерне по спиралевидной кривой жёстко закреплены цилиндрические стержни 9. Загрузка осуществляется через бункер 1, а выгрузка – через выгрузочное устройство 10.

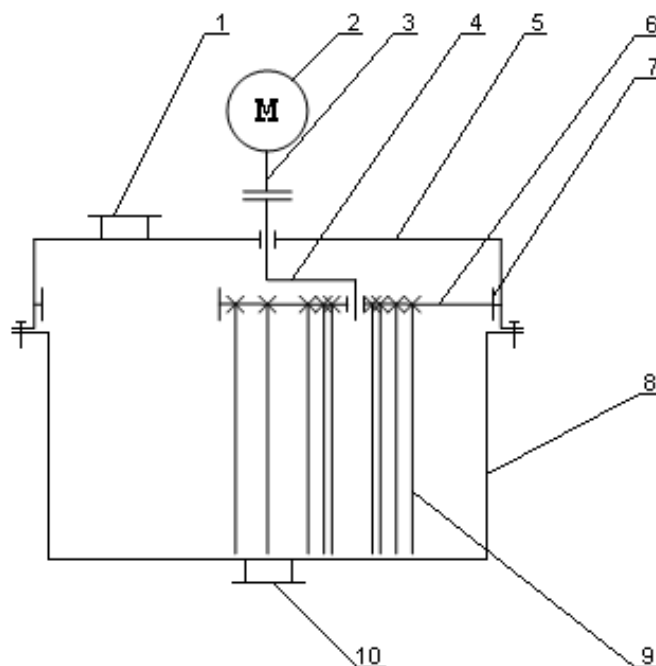


Рис. 1. Продольный разрез устройства



Хотя для стержневых мешалок расположение по спирали и является наиболее оптимальным с точки зрения исключения застойных зон, конструкция смесителя позволяет легко менять как сами стержни, так и их расположение на подвижной части, что позволяет подобрать оптимальную конфигурацию в зависимости от условий производства, в котором будет применяться рассматриваемый смеситель. Скорость движения стержней расположенных на подвижной части будет при необходимости дополнительно регулироваться при помощи созданной SCADA-

системы предварительно сконфигурированной ходе экспериментальных исследований [2].

Для нахождения координат установки цилиндрических стержней диаметром  $d_0$  по спиралевидной кривой на плоскости шестерни, которая в свою очередь перекачивается по зубчатому венцу закрепленному на внутренней поверхности цилиндрического корпуса смесителя, введем полярную систему координат  $r, \varphi$  с центром в точке 0. Согласно расчетной схеме представленной на рис. 2, уравнение спиралевидной кривой представим в следующем виде:

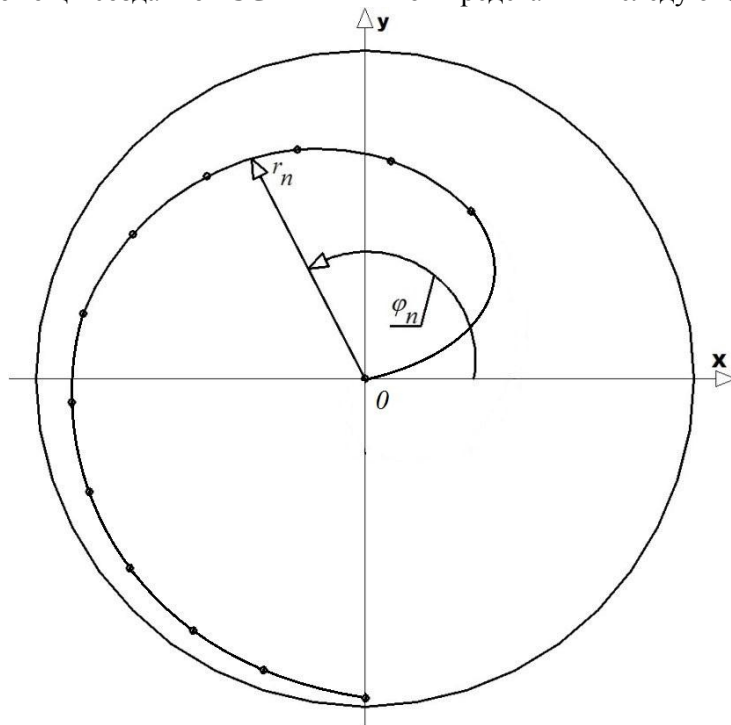


Рис. 2. Расчетная схема для определения координат установки мешальных цилиндрических стержней;  $r_n$  – радиальное расстояние от начала координат до «n» стержня

$$r_n = a \cdot \varphi_n + r_1, \quad (1)$$

$$a = \frac{r_k - r_1}{\varphi_k}. \quad (4)$$

где  $r_1$  – расстояние от начала координат до первого цилиндрического стержня;  $\varphi_n$  – угол, выраженный в радианах, отсчитываемый от положительного направления оси ОХ до установки цилиндрического «n» стержня.

Для нахождения параметра «a» в формуле (1) нужно воспользоваться граничным условием: при

$$\varphi_n = \varphi_k; \quad r = r_k, \quad (2)$$

здесь  $\varphi_k$  – угол, выраженный в радианах, который образует последний «k» цилиндрический стержень с радиальным размером « $r_k$ ».

С учетом (2) выражение (1) принимает вид:

$$r_k = a \cdot \varphi_k + r_1. \quad (3)$$

На основании (3) находим значение параметра «a»:

Подстановка (4) в (1) приводит к следующему результату:

$$r_n = \frac{r_k - r_1}{\varphi_k} \cdot \varphi_n + r_1, n=1,2,...k. \quad (5)$$

При равномерном расположении мешальных цилиндрических стержней на плоскости подвижной шестерни для углов « $\varphi_n$ » можно записать следующее соотношение:

$$\varphi_n = n \cdot \frac{\varphi_k}{n_0}, \quad (6)$$

где  $n_0$  – общее число установленных цилиндрических стержней.

В целях избегания образования застойной зоны в центре корпуса смесителя при перемешивании сухих смесей расположим в центре

плоскости подвижной шестерни (нулевой) цилиндрический стержень. Очевидно, он будет иметь следующие координаты:

$$\varphi_0 = 0, r_0 = 0. \quad (7)$$

Таким образом, расположение месильных цилиндрических стержней по спиралевидной кривой (5) и размещение в центре плоскости шестерни дополнительного стержня (7) позволяет избежать при перемешивании сухих смесей образования застойных зон за счет полного охвата объема корпуса смесителя.

В результате перекачивания по зубчатому венцу, закрепленному на внутренней поверхности цилиндрического корпуса смесителя, цилиндрические стержни, расположенные в плоскости подвижной шестерни, будут совершать движение по сложным траекториям, которые получили название гипотрохонид[3].

Параметрическое уравнение траектории по которой движется « $n$ » цилиндрический стержень

будет определяться следующими соотношениями:

$$x_n = (R_0 - r_0) \cos \varphi + r_n \cos \left( \frac{R_0 - r_0}{r_0} \cdot \varphi \right); \quad (8)$$

$$y_n = (R_0 - r_0) \sin \varphi - r_n \sin \left( \frac{R_0 - r_0}{r_0} \cdot \varphi \right), \quad (9)$$

где  $r_0$  – радиус круга подвижной шестерни;  $R_0$  – внутренний радиус неподвижной шестерни;  $\varphi$  – определяет изменение угла в плоскости перпендикулярной оси вращения от точки с координатами  $\varphi_n, r_n$  до точки  $\varphi_n + 2\pi, r_n$ .

Вычислим длину пути, который проходит « $n$ »-ый стержень за один полный оборот подвижной шестерни:

$$L_n = \int_{\varphi_n}^{\varphi_n + 2\pi} \sqrt{(dx_n)^2 + (dy_n)^2}. \quad (10)$$

На основании (8) находим:

$$dx_n = -(R_0 - r_0) \sin \varphi \cdot d\varphi - \frac{r_n}{r_0} (R_0 - r_0) \sin \left( \frac{R_0 - r_0}{r_0} \varphi \right) d\varphi. \quad (11)$$

На основании (9) имеем:

$$dy_n = (R_0 - r_0) \cos \varphi \cdot d\varphi - \frac{r_n}{r_0} (R_0 - r_0) \cos \left( \frac{R_0 - r_0}{r_0} \varphi \right) d\varphi. \quad (12)$$

На основании (11) и (12) находим:

$$\begin{aligned} (dx_n)^2 = & \left[ (R_0 - r_0)^2 \sin^2 \varphi + 2 \frac{r_n}{r_0} (R_0 - r_0)^2 \sin \varphi \cdot \sin \left( \frac{R_0 - r_0}{r_0} \varphi \right) + \right. \\ & \left. + \left( \frac{r_n}{r_0} \right)^2 \cdot (R_0 - r_0)^2 \cdot \sin^2 \left( \frac{R_0 - r_0}{r_0} \varphi \right) \right] (d\varphi)^2, \end{aligned} \quad (13)$$

$$\begin{aligned} (dy_n)^2 = & \left[ (R_0 - r_0)^2 \cos^2 \varphi - 2 \frac{r_n}{r_0} (R_0 - r_0)^2 \cos \varphi \cdot \cos \left( \frac{R_0 - r_0}{r_0} \varphi \right) + \right. \\ & \left. + \left( \frac{r_n}{r_0} \right)^2 \cdot (R_0 - r_0)^2 \cdot \cos^2 \left( \frac{R_0 - r_0}{r_0} \varphi \right) \right] (d\varphi)^2. \end{aligned} \quad (14)$$

На основании (13) и (14) находим:

$$\begin{aligned} (dx_n)^2 + (dy_n)^2 = & \left[ (R_0 - r_0)^2 + \left( \frac{r_n}{r_0} \right)^2 \cdot (R_0 - r_0)^2 - 2 \frac{r_n}{r_0} (R_0 - r_0)^2 \times \right. \\ & \left. \times \left[ \cos \varphi \cdot \cos \left( \frac{R_0 - r_0}{r_0} \varphi \right) - \sin \varphi \cdot \sin \left( \frac{R_0 - r_0}{r_0} \varphi \right) \right] \right] (d\varphi)^2 = (R_0 - r_0)^2 \times \left[ 1 + \left( \frac{r_n}{r_0} \right)^2 - 2 \frac{r_n}{r_0} \cos \left( \frac{R_0}{r_0} \varphi \right) \right]. \end{aligned} \quad (15)$$

Подстановка (15) в соотношение (10) приводит к следующему результату:

$$L_n = (R_0 - r_0) \int_{\varphi_n}^{\varphi_n + 2\pi} \sqrt{1 + \left( \frac{r_n}{r_0} \right)^2 - 2 \frac{r_n}{r_0} \cos \left( \frac{R_0}{r_0} \varphi \right)} \cdot d\varphi \quad (16)$$

Интеграл в выражении (16) нельзя вычислить на базе элементарных функций. Значение интеграла (16) можно найти приближенно численными методами.

Величина скорости движения цилиндрических стержней в корпусе рассматриваемого смесителя равна:

$$U_n = \sqrt{U_{x,n}^2 + U_{y,n}^2}; \quad (17)$$

где

$$U_{x,n} = \frac{dx_n}{dt}; \quad (18)$$

$$U_{x,n} = -(R_0 - r_0) \sin \varphi \cdot \frac{d\varphi}{dt} - \frac{r_n(R_0 - r_0)}{r_0} \sin\left(\frac{R_0 - r_0}{r_0} \varphi\right) \frac{d\varphi}{dt}. \quad (20)$$

Подстановка (12) в (19) приводит к следующему результату:

$$U_{y,n} = (R_0 - r_0) \cos \varphi \cdot \frac{d\varphi}{dt} - \frac{r_n(R_0 - r_0)}{r_0} \cos\left(\varphi \frac{R_0 - r_0}{r_0}\right) \frac{d\varphi}{dt}. \quad (21)$$

Если учесть, что связь между углом поворота  $\varphi$  подвижной шестерни, частотой  $\omega_0$  и временем  $t$  задается соотношением:

$$\varphi = \omega_0 \cdot t, \quad (22)$$

тогда формулы (20) и (21) принимают вид:

$$U_{x,n} = -\omega_0 \left[ (R_0 - r_0) \sin \varphi + \frac{r_n(R_0 - r_0)}{r_0} \sin\left(\frac{R_0 - r_0}{r_0} \varphi\right) \right]; \quad (23)$$

$$U_{y,n} = \omega_0 \left[ (R_0 - r_0) \cos \varphi - \frac{r_n(R_0 - r_0)}{r_0} \cos\left(\frac{R_0 - r_0}{r_0} \varphi\right) \right]. \quad (24)$$

Вычислим:

$$U_{x,n}^2 + U_{y,n}^2 = \omega_0^2 (R_0 - r_0)^2 \left[ 1 + \left(\frac{r_n}{r_0}\right)^2 - 2 \frac{r_n}{r_0} \cos\left(\frac{R_0 - r_0}{r_0} \varphi\right) \right]. \quad (25)$$

Подстановка (25) в (17) позволяет получить следующий результат:

$$U_n = \omega_0 (R_0 - r_0) \sqrt{1 + \left(\frac{r_n}{r_0}\right)^2 - 2 \frac{r_n}{r_0} \cos\left(\frac{R_0 - r_0}{r_0} \varphi\right)}. \quad (26)$$

Представление о характере траекторий движения полых цилиндрических стержней и изменения их скорости дают графики представленные на рис. 3-7. Для следующих значений конструктивных и технологических параметров:

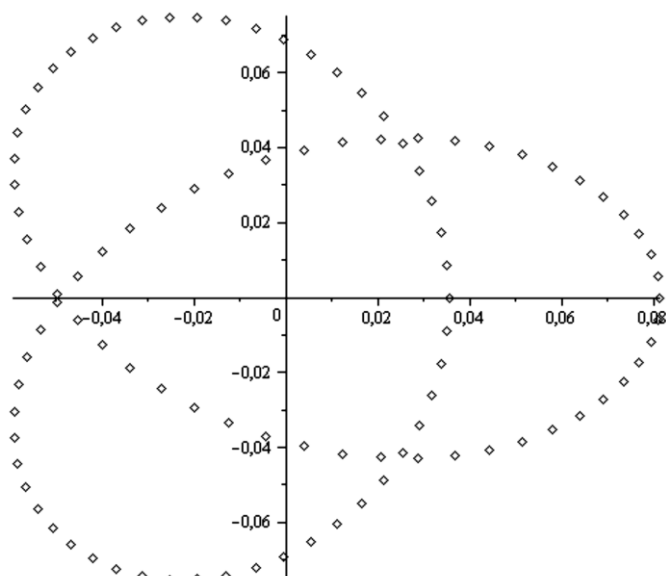
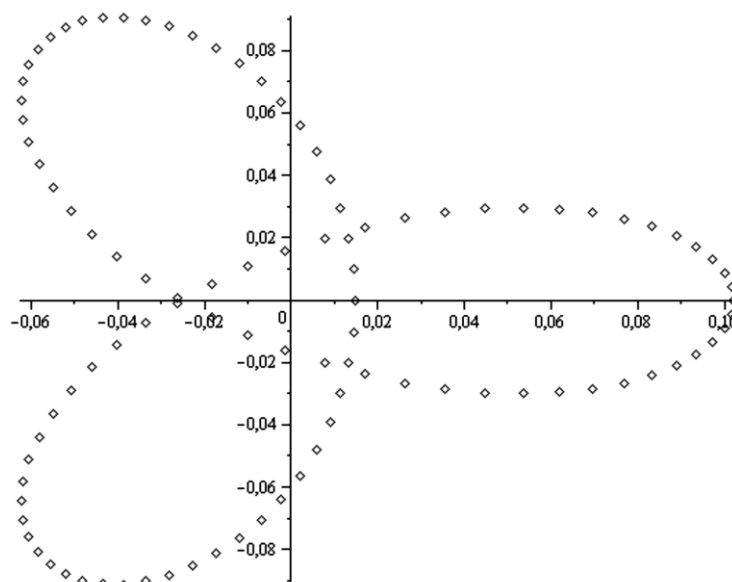
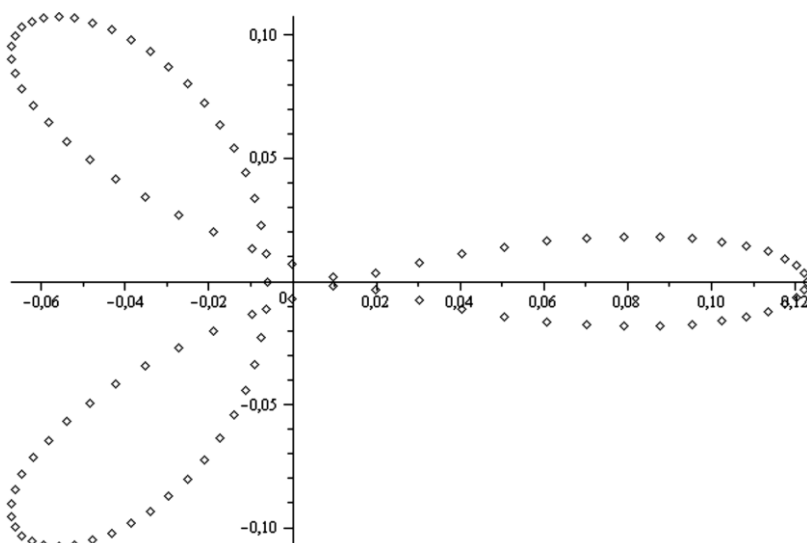
$$R_0 = 0,175 \text{ м}; \quad r_0 = \frac{2}{3} R_0; \quad \omega_0 = 5 \text{ с}^{-1}. \quad (27)$$

График параметрической траектории, по которой совершает движение цилиндрический стержень, расположенный в плоскости подвижной шестерни на расстоянии,  $r_1 = 0,023$  метра, что в формулах (8), (9) соответствует параметру  $n = 1$ , представлен на рис. 3.

График параметрической траектории, по которой совершает движение цилиндрический стержень, расположенный в плоскости подвижной шестерни на расстоянии,  $r_4 = 0,0437$  метра, что в формулах (2.8), (2.9) соответствует параметру  $n = 4$ , представлен на рис. 2.4.

График параметрической траектории, по которой совершает движение цилиндрический стержень, расположенный в плоскости подвижной шестерни на расстоянии,  $r_7 = 0,0644$  метра, что в формулах (8), (9) соответствует параметру  $n = 7$ , представлен на рис. 5.

График параметрической траектории, по которой совершает движение цилиндрический стержень, расположенный в плоскости подвижной шестерни на расстоянии,  $r_{10} = 0,0851$  метра, что в формулах (8), (9) соответствует параметру  $n = 10$ , представлен на рис. 6.

Рис. 3. График параметрической траектории цилиндрического стержня при  $n = 1$ Рис. 4. График параметрической траектории цилиндрического стержня при  $n = 4$ Рис. 5. График параметрической траектории цилиндрического стержня при  $n = 7$

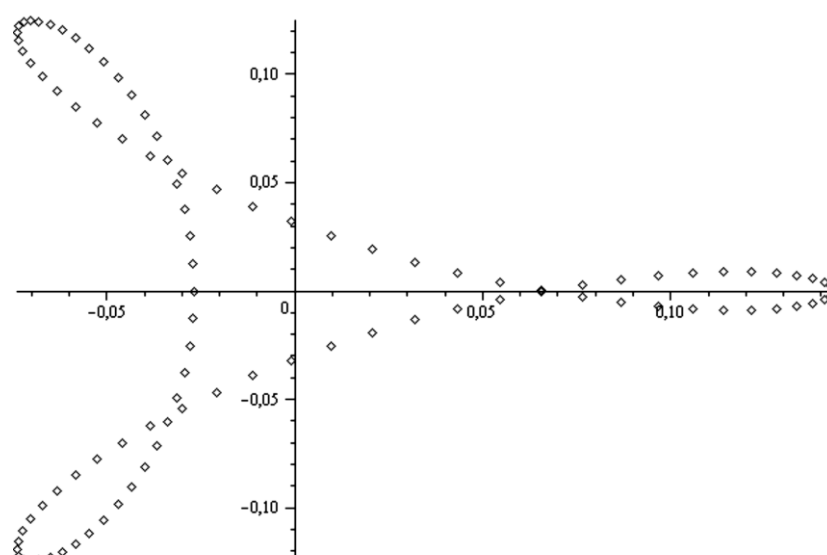


Рис. 6. График параметрической траектории цилиндрического стержня при  $n = 10$

Таким образом, полученные соотношения (8), (9) и (26) определяют траектории и скорости движения цилиндрических стержней в корпусе смесителя.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пат. 143424 Российская Федерация, МПК В01F7/14. Планетарный смеситель / В.С. Богданов, А.Н. Семернин, С.И. Анциферов; заявитель и патентообладатель БГТУ им. В.Г. Шухова. №2013159270, заявл. 30.12.2013; опубл. 20.07.2014.
2. Богданов В.С., Семернин А.Н., Анциферов С.И., Колесник В.А. Разработка SCADA-системы для управления планетарным смесителем // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова №1, 2016 г.: Белгород : Изд-во БГТУ, 2016. С.76–81.
3. Гусак А.А., Гусак Г.М., Е.А. Бричикова Е.А. Справочник по высшей математике. Минск. Изд. ТетраСистемс, 1999. 640с.

**Anciferov S.I.**

#### DEFINING OF DISPLACEMENT COORDINATES AND VELOCITY OF PLANETARY MIXER RODS

*In modern building industry dry building mixes are widely popular, which are used for a variety of different tasks. The actual problem of dry building mixes production is keeping consistent high quality of produced mixes which is affected in most part by existing stale zones in a working container of mixing equipment. Developed calculation method of trajectories and velocities of mixing cylindrical rods of a planetary mixer allows to find their optimal placement and optimal speed rate of a mechanism. As a result of a new calculation method application it is possible to develop a planetary mixer construction that will allow to effectively eliminate stale zones in its working container by an optimal placement of mixing rods which will lead to quality increase of produced dry building mixes.*

**Key words:** dry building mixes, planetary mixer, stale zones, cylindrical rod, parametrical trajectory, displacement velocity.

**Анциферов Сергей Игоревич**, аспирант, инженер кафедры механического оборудования. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.  
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46  
E-mail: anciferov.sergey@gmail.com

Бойко А.Ф., д-р техн. наук, проф.,  
Кудеников Е.Ю., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ТОЧНЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА НЕОБХОДИМОГО КОЛИЧЕСТВА ПОВТОРНЫХ ОПЫТОВ

kudnikov@bk.ru

В статье анализируется новый, более точный метод расчёта необходимого количества повторных опытов при проведении экспериментальных исследований в области машиностроения. Предложен, обоснован и табулирован новый  $t_n$ -критерий минимально необходимого числа повторных опытов. Установлено, что новый метод даёт стабильные и более точные результаты, не требует большого количества пробных опытов, универсален, может применяться для любых выборок, при любых требованиях к точности измерений и любых принимаемых доверительных вероятностей расчётов.

**Ключевые слова:** точность измерений, серия дублирующих опытов, эксперимент, количество повторных опытов,  $t$  – критерий Стьюдента.

Известно, что для обеспечения заданной точности и надёжности измерений при проведении совокупности повторных (параллельных) опытов необходимо знать минимальное их количество. При этом во многих работах [1–5] описывается методика, согласно которой для определения количества опытов проводят пробную серию дублирующих опытов, производят статистическую обработку результатов эксперимента и по формуле (1) определяют минимально необходимое количество опытов:

$$n_{min} \geq \left( \frac{\sigma t}{\bar{a} \cdot k_T} \right)^2, \quad (1)$$

где  $\bar{a}$  – среднее значение, а  $\sigma$  – среднеквадратичное отклонение измерений;  $k_T$  – требуемая точность измерений в относительных единицах (задаётся в % или десятичной дробью условием задачи);  $t$  – критерий Стьюдента, выбираемый по таблице [3] в зависимости от числа проведенных опытов  $n$  или числа степеней свободы  $f=n-1$  и заданной доверительной вероятности  $P_d$ .

Если требуемая точность измерений задана в абсолютных единицах  $\Delta$  (мм, с., Н, МПа и др.), то формула (1) принимает вид:

$$n_{min} \geq \left( \frac{\sigma t}{\Delta} \right)^2, \quad (2)$$

Анализируя формулы (1) и (2) несложно заметить их противоречивость. По логике, искомому числу  $n_{min}$  в левой части формул должны строго соответствовать значения  $t$  и  $\sigma$  в правой части. Так как  $n_{min}$  нам неизвестно, то, очевидно, принятие  $t$  и  $\sigma$  по результатам пробного эксперимента с числом опытов  $n_{пр}$  является логически неверным, так как в общем случае  $n_{пр} \neq n_{min}$ , что и подтверждается многочисленными экспериментами. Была предложена новая методика расчёта минимально необходимого числа повторных опытов. Сущность её заключается в следующем.

Формулы (1) и (2) преобразуем таким образом, чтобы в одной части формул находились только расчётные параметры, в другой – только табличные. Так как табличное значение  $t$  – критерия Стьюдента определяется по заданной доверительной вероятности и числу степеней свободы [6–10]  $f = n - 1$ , то  $n_{min}$  можно выразить как  $n_{min} = f + 1$ . Тогда формулы (1) и (2) можно привести к виду:

$$\frac{k_T \bar{a}}{\sigma} \geq \frac{t}{\sqrt{f+1}} \quad (3)$$

$$\frac{\Delta}{\sigma} \geq \frac{t}{\sqrt{f+1}} \quad (4)$$

Выражение в правой части формул состоит только из табличных взаимосвязанных параметров  $t$  и  $f$ , взятых из таблицы коэффициента Стьюдента, и является табличным критерием минимального числа повторных опытов. Обозначим его как  $t_{пт} = \frac{t}{\sqrt{f+1}}$ . Расчётное значение критерия представляет собой левые части формул (3) и (4), то есть:

$$t_{пр} = \frac{k_T \bar{a}}{\sigma} \quad (5)$$

$$t_{пр} = \frac{\Delta}{\sigma} \quad (6)$$

Таким образом, для обеспечения заданной точности и надёжности измерений должно быть выполнено условие:

$$t_{пр} = \frac{k_T \bar{a}}{\sigma} \geq t_{пт} = \frac{t}{\sqrt{f+1}} \quad (7)$$

$$t_{пр} = \frac{\Delta}{\sigma} \geq t_{пт} = \frac{t}{\sqrt{f+1}} \quad (8)$$

Тогда минимальное количество повторных опытов выборки по новой методике определяется в следующей последовательности.

1. Проводят предварительный эксперимент с  $n$  количеством повторных опытов (достаточно 3-4 опыта).

2. Вычисляют среднеарифметическое  $\bar{a}$  и среднеквадратичное отклонение  $\sigma$  измерений.

3. Известными методами [1–5] из статистического ряда измерений исключают грубые

ошибки (резко отличающиеся измерения) и для оставшегося ряда пересчитывают  $\bar{a}$  и  $\sigma$ .

4. Определяют расчётное значение  $t_{np}$  – критерия минимального количества повторных опытов по формулам (5) или (6).

5. Для выполнения требований (7) и (8) выбирают ближайшее меньшее или равное относительно расчётного табличное значение  $t_n$  – критерия по следующей расширенной таблице  $t$  – критерия Стьюдента, которая для доверительных вероятностей  $P_0=0,90; 0,95; 0,99$  имеет вид:

Таблица 1

Таблица  $t_n$ - критерия минимального количества повторных опытов

| $f$ | $P_0=0,90$ |        | $P_0=0,95$ |        | $P_0=0,99$ |         |
|-----|------------|--------|------------|--------|------------|---------|
|     | $t$        | $t_n$  | $t$        | $t_n$  | $t$        | $t_n$   |
| 1   | 6,3130     | 4,4640 | 12,7060    | 8,9845 | 63,6560    | 45,0116 |
| 2   | 2,9200     | 1,6859 | 4,3020     | 2,4838 | 9,9240     | 5,7296  |
| 3   | 2,3534     | 1,1767 | 3,1820     | 1,5910 | 5,8400     | 2,9200  |
| 4   | 2,1318     | 0,9534 | 2,7760     | 1,2415 | 4,6040     | 2,0590  |
| 5   | 2,0150     | 0,8226 | 2,5700     | 1,0492 | 4,0321     | 1,6461  |
| 6   | 1,9430     | 0,7344 | 2,4460     | 0,9245 | 3,7070     | 1,4011  |
| 7   | 1,8946     | 0,6698 | 2,3646     | 0,8360 | 3,4995     | 1,2373  |
| 8   | 1,8596     | 0,6199 | 2,3060     | 0,7687 | 3,3554     | 1,1185  |
| 9   | 1,8331     | 0,5797 | 2,2622     | 0,7154 | 3,24498    | 1,0277  |
| 10  | 1,8125     | 0,5465 | 2,2281     | 0,6718 | 3,1693     | 0,9556  |
| 11  | 1,7950     | 0,5182 | 2,2010     | 0,6354 | 3,1050     | 0,8963  |
| 12  | 1,7823     | 0,4943 | 2,1788     | 0,6043 | 3,0845     | 0,8555  |
| 13  | 1,7709     | 0,4733 | 2,1604     | 0,5774 | 3,0123     | 0,8051  |
| 14  | 1,7613     | 0,4548 | 2,1448     | 0,5538 | 2,9760     | 0,7684  |
| 15  | 1,7530     | 0,4383 | 2,1314     | 0,5329 | 2,9467     | 0,7367  |
| 16  | 1,7450     | 0,4232 | 2,1190     | 0,5139 | 2,9200     | 0,7082  |
| 17  | 1,7396     | 0,4100 | 2,1098     | 0,4973 | 2,8982     | 0,6831  |
| 18  | 1,7341     | 0,3978 | 2,1009     | 0,4820 | 2,8784     | 0,6604  |
| 19  | 1,7291     | 0,3866 | 2,0930     | 0,4680 | 2,8609     | 0,6397  |
| 20  | 1,7247     | 0,3764 | 2,0860     | 0,4552 | 2,8453     | 0,6209  |
| 21  | 1,7200     | 0,3667 | 2,0790     | 0,4432 | 2,8310     | 0,6036  |
| 22  | 1,7167     | 0,3580 | 2,0739     | 0,4324 | 2,8188     | 0,5878  |
| 23  | 1,7139     | 0,3498 | 2,0687     | 0,4223 | 2,8073     | 0,5730  |
| 24  | 1,7109     | 0,3422 | 2,0639     | 0,4128 | 2,7969     | 0,5594  |
| 25  | 1,7081     | 0,3350 | 2,0595     | 0,4039 | 2,7874     | 0,5467  |
| 26  | 1,7050     | 0,3281 | 2,0560     | 0,3957 | 2,7780     | 0,5346  |
| 27  | 1,7033     | 0,3219 | 2,0518     | 0,3878 | 2,7707     | 0,5236  |
| 28  | 1,7011     | 0,3159 | 2,0484     | 0,3804 | 2,7633     | 0,5131  |
| 29  | 1,6991     | 0,3102 | 2,0452     | 0,3734 | 2,7564     | 0,5032  |
| 30  | 1,6973     | 0,3048 | 2,0423     | 0,3668 | 2,7500     | 0,4939  |
| 32  | 1,6930     | 0,2947 | 2,0360     | 0,3544 | 2,7380     | 0,4766  |
| 34  | 1,6909     | 0,2858 | 2,0322     | 0,3435 | 2,7284     | 0,4612  |
| 36  | 1,6883     | 0,2776 | 2,0281     | 0,3334 | 2,7195     | 0,4471  |
| 38  | 1,6860     | 0,2700 | 2,0244     | 0,3242 | 2,7116     | 0,4342  |
| 40  | 1,6839     | 0,2630 | 2,0211     | 0,3156 | 2,7045     | 0,4224  |
| 42  | 1,6820     | 0,2565 | 2,0180     | 0,3077 | 2,6980     | 0,4114  |
| 44  | 1,6802     | 0,2505 | 2,0154     | 0,3004 | 2,6923     | 0,4013  |
| 46  | 1,6787     | 0,2449 | 2,0129     | 0,2936 | 2,6870     | 0,3919  |
| 48  | 1,6772     | 0,2396 | 2,0106     | 0,2872 | 2,6822     | 0,3832  |
| 50  | 1,6759     | 0,2347 | 2,0086     | 0,2813 | 2,6778     | 0,3750  |
| 60  | 1,6706     | 0,2139 | 2,0003     | 0,2561 | 2,6603     | 0,3406  |
| 70  | 1,6689     | 0,1981 | 1,9944     | 0,2367 | 2,6479     | 0,3142  |
| 80  | 1,6640     | 0,1849 | 1,9900     | 0,2211 | 2,6380     | 0,2931  |
| 90  | 1,6620     | 0,1742 | 1,9867     | 0,2083 | 2,6316     | 0,2759  |
| 100 | 1,6602     | 0,1652 | 1,9840     | 0,1974 | 2,6259     | 0,2613  |

По изложенной методике таблица может быть расширена.

6. По выбранному табличному  $t_n$  - критерию по этой же таблице определяют соответствующее выбранному критерию число степеней свободы  $f$  и рассчитывают минимально необходимое количество повторных опытов:  $n_{min} = f + 1$ .

7. Если окажется число предварительных опытов  $n < n_{min}$ , то эксперимент продолжают до общего числа опытов  $n = n_{min}$ . После чего делают перерасчёт  $\bar{a}$  и  $\sigma$ . Если окажется  $n \geq n_{min}$  то считают предварительный эксперимент достаточным, а все предварительные расчёты достоверными.

**Пример.** В результате экспериментальных исследований стойкости резцов и после исключения грубых ошибок был получен следующий статистический ряд стойкости в мин: 71.00; 66.00; 69.00; 72.00; 68.00; 67.00. При этом среднее значение стойкости составило  $\bar{T}=68,83$  мин. Определим расчётное значение  $t_n$  – критерия минимального количества повторных опытов:

$$t_{np} = \frac{K_T \bar{T}}{\sigma} = \frac{0,15 \cdot 68,83}{2,32} = 4,45,$$

где  $K_T=0,15(15\%)$  – заданная допустимая погрешность измерений.

Выбираем по табл.1 ближайшее меньшее значение  $t_n$  – критерия относительно расчётного 4,45. При заданной доверительной вероятности  $P_d=0,95$  это значение равно 2,4838, что соответствует числу степеней свободы  $f=2$  (см. отмеченное в табл.1). Тогда минимально необходимое количество повторных опытов  $n_{min}=f+1=2+1=3$ . Так как в данном примере  $n=6 > n_{min}=3$ , то количество опытов следует считать достаточным, а все результаты статистической обработки измерений – достоверными.

Для сравнения точности двух методик: традиционной методики, базирующейся на неравенствах (1) и (2) и методики, базирующейся на новом  $t_n$  – критерии (см. неравенства (3) и (4)), было проведено соответственно два комплекса расчётов минимально необходимого количества повторных опытов. В каждом комплексе, используя исходный статистический ряд измерений вышеизложенного примера, было обработано пять вариантов измерений с числом повторных опытов  $n=6,5,4,3$  и 2. При этом, начиная с  $n=6$ , каждый последующий вариант статистического ряда получался путём отбрасывания крайнего правого опыта предшествующего варианта. Исходные данные и результаты расчётов приведены в табл.2.

Таблица 2

**Результаты расчётов минимального количества повторных опытов по двум методикам для пяти вариантов экспериментов**

|                                                                                                                                                    | Значения параметров статистических рядов измерений для пяти вариантов экспериментов с числом $n$ повторных опытов |                    |                 |            |             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-----------------|------------|-------------|
|                                                                                                                                                    | 6                                                                                                                 | 5                  | 4               | 3          | 2           |
| 1                                                                                                                                                  | 2                                                                                                                 | 3                  | 4               | 5          | 6           |
| Стойкость инструментов в эксперименте, мин                                                                                                         | 71;66;69;<br>72;68;67                                                                                             | 71;66;69;<br>72;68 | 71;66;69;<br>72 | 71;66;69   | 71;66       |
| Среднее значение стойкости в эксперименте, мин                                                                                                     | 68,8                                                                                                              | 69,2               | 69,5            | 68,7       | 68,5        |
| Среднеквадратичное отклонение измерений, мин                                                                                                       | 2,32                                                                                                              | 2,39               | 2,65            | 2,52       | 3,53        |
| Расчётное значение $t_n$ -критерия ( $t_{np}$ )                                                                                                    | 4,45                                                                                                              | 4,34               | 3,93            | 4,09       | 2,91        |
| Ближайшее меньшее табличное ( $t_{np}$ ) значение $t_n$ -критерия при $P_d=0,95$                                                                   | 2,48                                                                                                              | 2,48               | 2,48            | 2,48       | 2,48        |
| Минимально необходимое количество повторных опытов в эксперименте, полученное:<br>-традиционным методом по формулам (1),(2)<br>-по $t_n$ -критерию | 1<br><br>3                                                                                                        | 1<br><br>3         | 1<br><br>3      | 2<br><br>3 | 20<br><br>3 |

Для наглядности различий двух методов определения минимального количества  $n_{min}$  повторных опытов построим график изменения  $n_{min}$  при изменении числа  $n$  пробных опытов:  $n_{min}=f(n)$ , используя для этого результаты расчётов табл.2.

Многочисленными экспериментами, выполненными в БГТУ им. В.Г. Шухова, установ-

лено многообразие возможных зависимостей  $n_{min}$  от числа повторных опытов, средних значений и дисперсий измерений, от требований к их точности и доверительной вероятности вычислений. На рис.2 показаны некоторые возможные варианты графиков, полученных в экспериментах при варьировании количеством пробных опытов одной выборки.



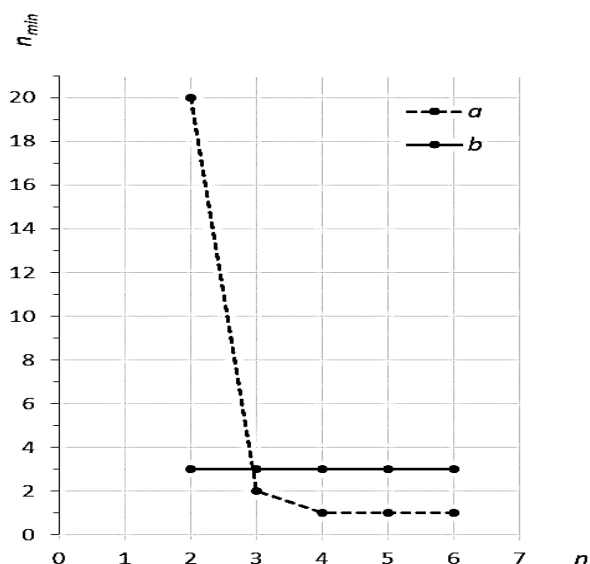


Рис. 1. График изменения минимально необходимого количества повторных опытов  $n_{min}$  при варьировании количеством  $n$  пробных опытов вышеописанного эксперимента: а – традиционный метод определения  $n_{min}$ ; в – метод  $t_n$ -критерия

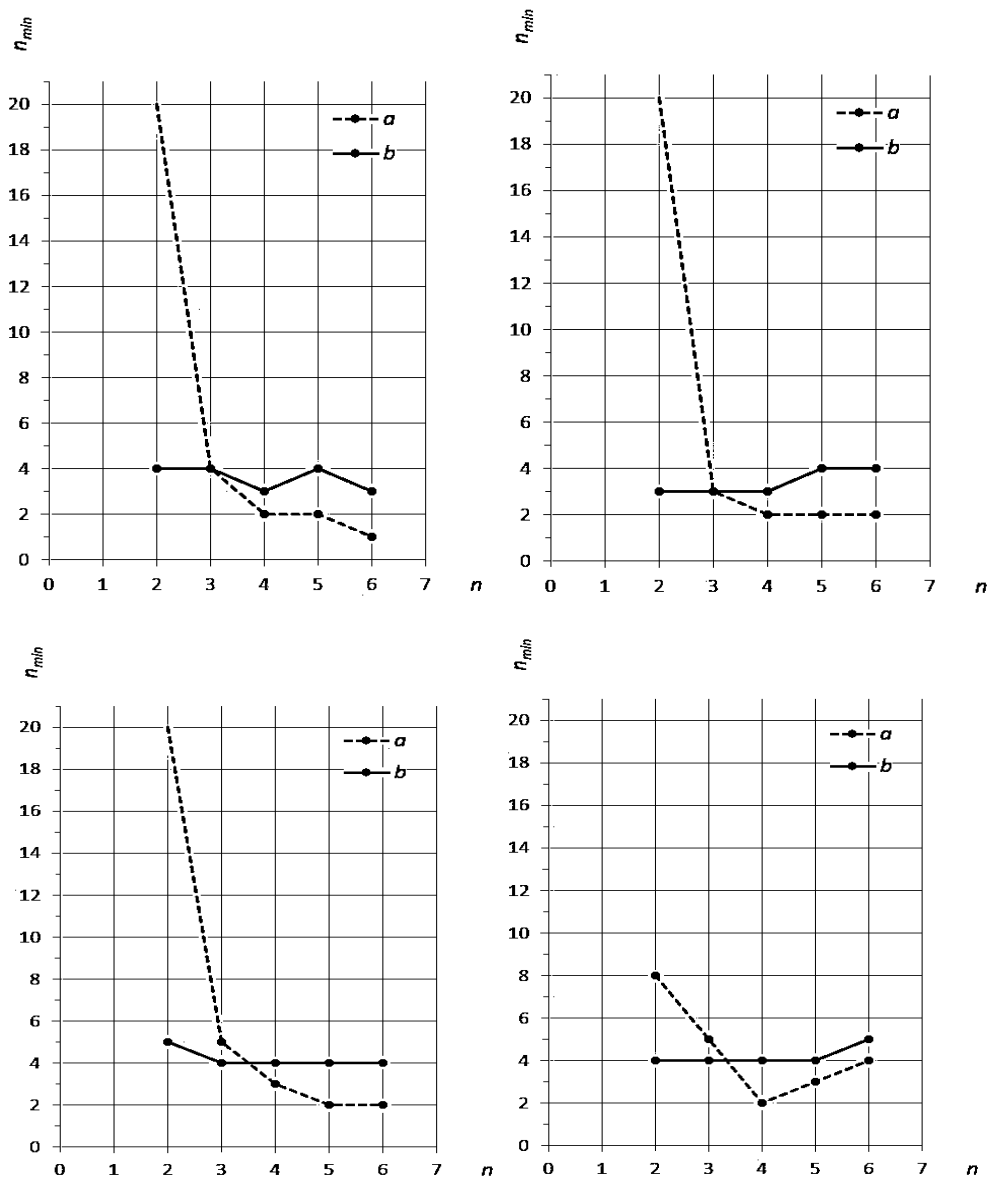


Рис. 2. Некоторые варианты графиков  $n_{min}=f(n)$ , полученные в реальных экспериментах

Несмотря на многообразие графиков  $n_{min}=f(n)$  можно сделать следующие обобщающие выводы.

1. Новый метод определения минимально необходимого количества повторных опытов по  $t_n$ -критерию в отличие от традиционного метода даёт стабильные результаты, не требует большого количества пробных опытов (достаточно 3-4) и дополнительной проверки.

2. Традиционный метод определения  $n_{min}$  при числе пробных опытов  $n>3$  занижает минимально необходимое количество повторных опытов и практически всегда завышает при  $n=2$  (иногда и при  $n=3$ ).

3. Новый метод, базирующийся на  $t_n$ -критерий уникален, может применяться для любых выборок при любых требованиях к точности измерений и любых принимаемых доверительных вероятностей расчётов.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Афанасьев А.А., Погонин А.А. Физические основы измерений. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2008. 275 с.

2. Бойко А.Ф., Воронкова М.Н. Теория планирования многофакторного эксперимента. Белгород: Изд-во БГТУ, 2013. 72 с.

3. Юрьев А.Г., Серых И.Р. Основы научных исследований. Белгород: Изд-во БГТУ, 2005. 86 с.

4. Лесовик В.С., Чернышева Н.В. Основы научных исследований. Белгород: Изд-во БГТУ, 2010. 89 с.

5. Щетинина И.А., Тихомирова Т.И. Основы научных исследований. Белгород: Изд-во БГТУ, 2010. 93 с.

6. Новик Ф.С., Арсов Я.Б. Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования экспериментов. М.: Машиностроение, 1980. 304 с.

7. Розанов Ю.Н. Методы математической статистики в материаловедении. Л.: Машиностроение, 1990. 232 с.

8. Барабашук В.И. Планирование эксперимента в технике. К.: Техніка, 1984. 200 с.

9. Грешников В.А., Волков Б.Н., Кубарев А.И. Статистические методы обработки эмпирических данных. М.: Изд-во стандартов, 1978. 232 с.

10. Адлер Ю.П. Введение в планирование эксперимента. М.: Металлургия, 1968. 155 с.

---

**Boyko A.F., Kudenikov E.U.**

### EXACT METHODS CALCULATE THE NECESSARY AMOUNT OF REPEAT EXPERIENCE

*The article examines the new, more accurate method for calculating the required number of repeated experiments during the experimental research in the field of mechanical engineering. It proposed, justified and tabulated new  $t_n$ -criterion the minimum necessary number of repeated experiments. It was found that the new method provides stable and more accurate results, do not require a large number of trial runs, versatile, can be applied to all samples at all the requirements for measurement accuracy and confidence received any probability calculations.*

**Key words:** accuracy, a series of duplicate experiments, the experiment, the number of repeat tests, Student's  $t$ -test.

---

**Бойко Анатолий Федорович**, доктор техн. наук, профессор кафедры технологии машиностроения.

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

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

**Кудеников Евгений Юрьевич**, аспирант кафедры технологии машиностроения.

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

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

E-mail: kudenikov@bk.ru

Ефремов В.В., канд. техн. наук, доц.,  
Кутовой С.С., д-р техн. наук, проф.,  
Агошков А.В., адъюнкт

Рязанское высшее воздушно-десантное командное училище им. генерала армии В.Ф. Маргелова

## ОСОБЕННОСТИ ПОДБОРА ЗЕРНИСТОСТИ АБРАЗИВНОГО ИНСТРУМЕНТА ПРИ ШЛИФОВАНИИ НАПЫЛЕННЫХ ПОКРЫТИЙ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ

[militantfish@yandex.ru](mailto:militantfish@yandex.ru)

В настоящее время вопрос своевременного и качественного восстановления вышедшей из строя автомобильной техники имеет решающее значение. Оптимизация мероприятий капитального ремонта позволит значительно повысить ресурс как отдельных узлов и агрегатов, так и жизненный цикл автомобиля в целом. Коленчатый вал – одна из самых сложных и дорогостоящих частей конструкции автомобиля. Как правило, восстановление поврежденных коленвалов происходит путем перешлифовки под очередной ремонтный размер. Однако, существует перспективная технология восстановления (методом плазменного напыления), которая не получила распространения из-за отсутствия рекомендаций по механической обработке (а именно шлифованию) напыленных покрытий. Теоретически описав особенности подбора зернистости абразивного инструмента при шлифовании напыленных покрытий, получим возможность с их учетом спроектировать технологический процесс, проверить его и внедрить в ремонтное производство.

**Ключевые слова:** военная автомобильная техника, коленвал, шлифование, ресурс, жизненный цикл.

На сегодняшний день существует проблема выбора технологических режимов обработки восстановленных поверхностей коленчатых валов. Причина этого заключается в недостатке информации о внутренних процессах, протекающих в напыленном слое при шлифовании.

Восстановленные поверхности рекомендуют шлифовать на тех же режимах, что и монолитные детали [1, 2]. Обработка на круглошлифовальных станках ведется методом многопроходного шлифования. Напыленные покрытия обрабатывают методом продольного шлифования, так как обеспечиваются наименьшие параметры шероховатости и минимальное тепловыделение. При их шлифовании скорость резания выбирают экспериментально, и она составляет 15–100 м/мин при подаче 0,05–0,15 мм/об. Однако процесс шлифования восстановленных поверхностей, вследствие физико-механических особенностей материала, сопровождается явлениями микрорезания и хрупкого разрушения, которые практически независимы и сопутствуют друг другу [3].

При обработке напыленных покрытий стойкость инструмента намного меньше, чем при обработке монолитных материалов с такими же механическими свойствами и химическим составом. Это связано со спецификой формирования покрытия, особенностями его структуры и свойств (структурная неоднородность материала, шлаки и твердые включения, значительный окисный слой на поверхности и внутри материала, поры, трещины). Вследствие этого при абразивной обработке напыленных покрытий наблюдаются значительные колебания сил реза-

ния, повышение контактных нагрузок на инструмент, ускоренный его износ. В этих условиях требуются более точные и экономичные методы выбора абразивного материала, назначения режимов резания.

Хрупкое разрушение, в конечном счете, оказывает отрицательное влияние на качество обработанной поверхности и, как следствие, на ее триботехнические свойства. Поэтому при обработке восстановленных покрытий целесообразно уменьшить напряженное состояние обработанной поверхности в результате резания, расширением технологических возможностей процесса шлифования. Для этого необходимо формировать рабочий цикл назначением рационального режима шлифования покрытий не только путем распределения припуска продольной и поперечных подач, но также подбором величины зернистости круга и применением процесса выхаживания детали инструментом, то есть технологическими факторами режима шлифования.

Изучение поверхности детали, восстановленной плазменным напылением, проводилось в работе [3]. В ней определяется рациональный режим обработки, обеспечивающий максимальную износостойкость напыленной поверхности и заключающийся в соблюдении следующих значений факторов процесса шлифования:

- способ подачи смазочно – охлаждающей жидкости (СОЖ) – комбинированный;
- твердость шлифовального круга –  $\Delta$  – СМ;
- скоростью вращения шлифовального

круга –  $V_{кр} = 2100$  м/мин;

– скоростью вращения детали –  $V_d = 65$  м/мин;

– продольной подачей –  $S = 1,15$  м/мин;

– поперечной подачей –  $t = 0,01$  мм/ход;

– расход СОЖ –  $Q = 0,20$  л/с.

В этой работе решается задача повышения износостойкости трибосопряжения «плазменное покрытие коленчатого вала – вкладыш», при шлифовании, а вопросы качественного состояния поверхности рассматриваются лишь косвенно.

Зернистость абразивного инструмента оказывает непосредственное влияние практически на все параметры качества поверхности, и шероховатость не является исключением. В справочной литературе существует масса рекомендаций по подбору значений зернистости кругов в зависимости от назначений операций шлифования. Например, производственная компания «ЭЛКОР» – официальный представитель итальянской организации «Said Abrasivi» в РФ, один из флагманов отечественного производства абразивных инструментов предлагает следующую зависимость шероховатости поверхности от зернистости круга:

Таблица 1

### Зависимость шероховатости поверхности от зернистости абразивного инструмента

| Зернистость | Шероховатость $R_a$ , мкм |
|-------------|---------------------------|
| 40–25       | 1,25–0,5                  |
| 20–12       | 0,4–0,2                   |
| 10–6        | 0,16–0,12                 |
| M28–M14     | 0,1–0,08                  |

Однако, на фоне изобилия рекомендаций по подбору зернистости кругов для шлифования основных поверхностей, отсутствуют аналогичные данные для восстановленных, напыленных поверхностей.

Используя один из теоретических подходов к описанию формирования шероховатости и микронеровности поверхности детали [3] нами проводилось исследование процессов, протекающих при шлифовании восстановленных поверхностей и оказывающих непосредственное влияние на ее качественные характеристики.

Согласно проектно-конструкторской документации и Технических условий на изготовление коленчатого вала (для примера принят коленчатый вал двигателя КамАЗ 740.30) среднее отклонение величины шероховатости ( $R_a$ ) коренных шеек должно составлять 0,32 мкм. Для обеспечения такого значения указанной величины, справочной литературой рекомендуется при шлифовании применять круги зернистостью 16 по ГОСТ 3647-80. Опираясь на опыт исследований в данной области [3], где эмпирическим путем был получен положительный результат по обеспечению износостойкости при использовании более крупнозернистого круга зернистостью 40 (по ГОСТ 3647-80), теоретически опишем результаты применения данного абразивного инструмента.

При определении зернистости круга в первую очередь определяется максимально возможное число абразивных зерен на рассматриваемой площади круга

$$m_0 = \frac{S_0}{S_3} \approx \frac{S_0 k_k}{(0,62N/V)^2}, \quad (1)$$

где  $S_0$  – площадь рассматриваемого участка поверхности инструмента;  $S_3$  – площадь рабочей поверхности круга, приходящаяся на одно абразивное зерно;  $k_k$  – коэффициент, учитывающий принятую конфигурацию расположения центров зерен на рабочей поверхности круга ( $k_k = 1,155$ );  $N$  – зернистость инструмента по ГОСТ 3647-80;  $V$  – объемное содержание зерен в инструменте, % (определяется номером структуры круга).

Величина  $m_0$  – также определяется, как суммарное количество зерен, которые контактировали ( $m_k$ ) и не контактировали ( $m_n$ ) с правящим инструментом. Определенную часть зерен типа « $m_k$ » составляют абразивные частицы, претерпевшие различное разрушение в процессе правки, но оставшиеся на поверхности круга, именуемые в дальнейшем: зерна типа « $m_p$ ». Определив величину  $m_p$  получим значение вероятности диспергирования продуктов абразивного износа, находящихся на поверхности круга на обрабатываемую поверхность.

$$m_p = \frac{Jm_0}{J + 0,5(d_c - d_{nm}) + t_1}, \quad (2)$$

где  $J$  – критическая глубина взаимодействия абразивного зерна с правящим инструментом ( $J = 20 \dots 40$  мкм);  $t_1$  – расстояние между наиболее выступающими и наиболее углубленными вершинами зерен рабочей поверхности круга ( $t_1 = 0,6 \dots 0,7d_c$ );  $d_c, d_{нб}, d_{нм}$  – диаметры среднего,

наибольшего и наименьшего зерен круга соответственно.

Как видно из формулы (2), для определения числовых значений величины  $m_p$  необходимо

$$d_c = 1,162N \cdot 10^{-2} \text{ мм}, \quad (3)$$

$$d_{нб} = d_c - \frac{7,851}{(N-8)^2} + 0,211d_{нм} = d_c + \frac{7,851}{(N-8)^2} - 0,211 \text{ мм}, \quad (4)$$

$$d_{нб} = d_c - \frac{7,851}{(N-8)^2} + 0,211 \text{ мм}, \quad (5)$$

Подставляя поочередно значение зернистости круга из общих рекомендаций (16 по ГОСТ 3647-80) и более крупнозернистого (40 по ГОСТ

3647-80) в уравнения (3), (4) и (5) получаем размеры зерен рассматриваемых кругов (таблица 2).

Таблица 2

Размеры зерен рассматриваемых абразивных кругов

| Абразивный круг зернистостью 16 по ГОСТ 3647-80 | Абразивный круг зернистостью 40 по ГОСТ 3647-80 |
|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| $d_{c1} = 0,186d_{c1} = 0,186, \text{ мм}$      | $d_{c2} = 0,465d_{c2} = 0,465, \text{ мм}$      |
| $d_{нб1} = 0,274d_{нб1} = 0,274, \text{ мм}$    | $d_{нб2} = 0,668d_{нб2} = 0,668, \text{ мм}$    |
| $d_{нм1} = 0,097d_{нм1} = 0,097, \text{ мм}$    | $d_{нм2} = 0,261d_{нм2} = 0,261, \text{ мм}$    |

Подставляя полученные данные в формулу (2), получим выражение для определения количества зерен  $m_p$ , контактировавших с правящим инструментом, претерпевших частичное разрушение, но находящихся на поверхности абразивного круга:

$$m_{p1} = 0,153 m_{01}, \quad (6)$$

$$m_{p2} = 0,069 m_{02}, \quad (7)$$

где  $m_{01}$ ,  $m_{p1}$  и  $m_{02}$ ,  $m_{p2}$  – максимально возможное число абразивных зерен на рассматриваемой площади поверхности и количество зерен, производящих продукты абразивного износа кругов зернистости 16 и 40 по ГОСТ 3647-80 соответственно.

Учитывая, что значения величины  $m_{01}$  значительно больше, чем  $m_{02}$  (это является вполне логичным утверждением, учитывая, что количество зерен крупнозернистого круга, на одинаковой площади, меньше чем мелкозернистого) делаем вывод, что количество абразивных частиц, претерпевших частичное разрушение, но оставшихся на поверхности инструмента в процессе правки в кругах с зернистостью 16 более чем в 2,2 раза превышает, наличие таковых чем в круге с зернистостью 40. Значит, мы имеем полное право предположить, что применение более крупнозернистых кругов позволит минимизировать процесс диспергирования продуктов абразивного износа на обрабатываемую поверхность. Данное предположение особенно важно при шлифовании восстановленных, напыленных поверхностей, т.к. их структура носит пористый характер и подвержена внедрению продуктов абразивного износа.

Однако, оказывая влияние на структурную характеристику поверхностного слоя детали путем увеличения зернистости инструмента, мы, тем самым, повышаем значение шероховатости. Появляется необходимость стабилизации этого параметра качества.

Одним из способов снижения шероховатости поверхности является применение процедуры выхаживания абразивным инструментом. Однако, по ряду причин, она не входит в стандартный технологический процесс шлифования коленчатого вала. На рисунке 1 изображен график зависимости шероховатости обрабатываемой поверхности от числа выхаживающих ходов инструмента, из которого видно, что с увеличением зернистости возрастает и степень влияния выхаживания на шероховатость. Поэтому, при проектировании технологического процесса по шлифованию восстановленного коленчатого вала нами предлагается применять именно выхаживание, как способ оптимизации значения шероховатости поверхности.

Исследователями процесс выхаживания описывается, как средство снижения шероховатости поверхности и предлагаются формулы для его расчета [3]. Для последнего выхаживающего хода:

$$a_1 = 1 \quad (8)$$

для предпоследнего выхаживающего хода:

$$a_{I-1} \approx 1 - \left( \frac{y_1}{R_{\max 1}} \right)^{1,5} \approx 1 - \left( \frac{y_1}{R_{\max 1}} \right)^{1,5} \quad (9)$$

для хода, предшествующему предпоследнему:

$$a_{I-2} \approx 1 - \left( \frac{y_1 + y_{I-1}}{R_{\max 1}} \right)^{1,5} \approx 1 - \left( \frac{y_1 + y_{I-1}}{R_{\max 1}} \right)^{1,5} \quad (10)$$

и так далее до последнего рабочего хода инструмента.

где  $I$  – количество выхаживающих ходов инструмента;  $y$  – изменение радиуса заготовки на определенном ходу инструмента;  $R_{\max 1}$  – макси-

мальная высота неровностей профиля, формируемая при отсутствии выхаживающих ходов;  $a$  – коэффициент, характеризующий степень влияния выхаживающего хода на формирование профиля микронеровностей поверхности.

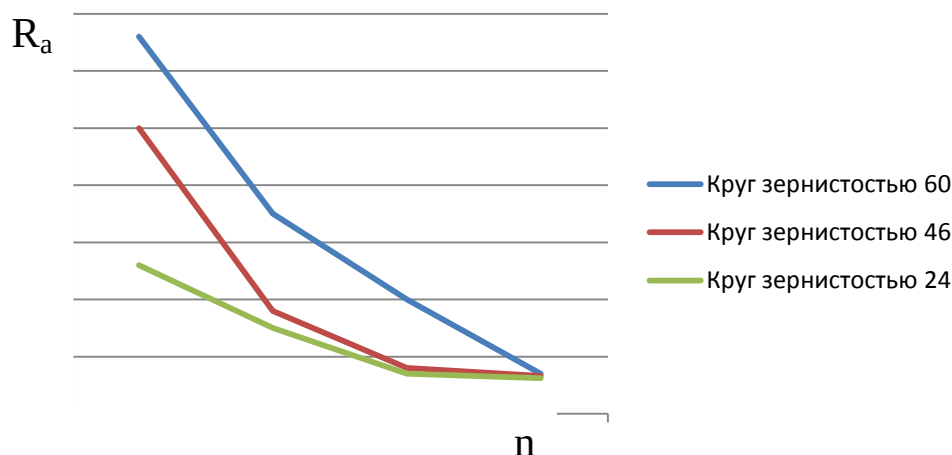


Рис. 1. Зависимость шероховатости от числа выхаживающих ходов инструмента [4]

### Выводы:

Установлено, что в процессе шлифования напыленных покрытий образуются продукты абразивного износа, часть из которых остаются на поверхности круга и внедряются в поры напыленной поверхности, снижая тем самым ее качество. Также определено, что количество этих частиц уменьшается с увеличением зернистости круга. В связи с этим, с целью обеспечения такого параметра качества как структура поверхностного слоя, предлагается при шлифовании восстановленных деталей применять круги, зернистость которых выше, чем рекомендуемых справочной литературой. С целью стабилизации значения среднего отклонения профиля шероховатости поверхности (который закономерно увеличится при применении кругов более крупной зернистости) предлагается применить процедуру выхаживания детали абразивным инструментом.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Денисов А.С., Кулаков А.Т. Обеспечение надежности автотракторных двигателей. Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2007. 422 с.

2. Горшенина Е.Ю., Тугушев Б.Ф. Итальянский опыт восстановления коленчатых валов // Совершенствование технологий и организации обеспечения работоспособности машин: сб. науч. Трудов / Сарат. гос. техн. ун-т. Саратов, 2007. 137 с.

3. Ефремов В. В. Обеспечение износостойкости трибосопряжений дизелей военной автомобильной техники на этапе шлифования деталей, восстановленных плазменным напылением: дис. ... канд. техн. наук : 20.02.17: защищена 8.10.05 : утв. 23.01.06 / Владимир Владимирович Ефремов. Рязань, 2005. 183 с.

4. Бишутин С. Г. Технологическое обеспечение требуемых значений совокупности параметров качества поверхностного слоя деталей при шлифовании с наибольшей производительностью : дис. ... докт. техн. наук : 05.02.08: защищена 18.12.05 : утв. 11.02.06 / Сергей Геннадьевич Бишутин. Брянск, 2005. 327 с.

5. Энциклопедия по машиностроению XXL оборудование, материаловедение, механика и ... [Электронный ресурс]. URL: [http:// mash-xxl.info](http://mash-xxl.info) (дата обращения: 30.04.2016).

Efremov V.V., Kutovoi S.S., Agoshkov A.V.

### FEATURES SELECTION OF GRAIN ABRASIVE TOOL FOR GRINDING OF SPRAYED COATINGS OF CRANKSHAFTS

Currently the issue of restoration and repair of automobiles is very important. Improving the quality of overhaul will increase vehicle life cycle. Crankshaft – one of the most expensive parts of the car. Found, that the repair crankshafts grind size under another. There is a technology, that has not been spread due to the lack of guidance on handing. Theoretically described mechanism of the grinding process, will be able to check it in practice and put in to production.

**Key words:** Military Vehicles, Crankshaft, grinding, resource, life cycle.

**Ефремов Владимир Владимирович**, кандидат технических наук, доцент, начальник кафедры автотехнического обеспечения

Рязанское высшее воздушно – десантное командное училище им. генерала армии В.Ф. Маргелова.

Адрес: Россия, 390031, Рязань, площадь генерала армии В.Ф. Маргелова, дом 1.

E-mail: militantfish@yandex.ru

**Кутовой Сергей Степанович**, доктор технических наук, профессор кафедры автотехнического обеспечения

Рязанское высшее воздушно – десантное командное училище им. генерала армии В.Ф. Маргелова.

Адрес: Россия, 390031, Рязань, площадь генерала армии В.Ф. Маргелова, дом 1.

E-mail: militantfish@yandex.ru

**Агошков Андрей Владимирович**, адъюнкт очной штатной адъюнктуры кафедры автотехнического обеспечения

Рязанское высшее воздушно – десантное командное училище им. генерала армии В.Ф. Маргелова.

Адрес: Россия, 390031, Рязань, площадь генерала армии В.Ф. Маргелова, дом 1.

E-mail: militantfish@yandex.ru

Бойчук И.П., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ПРОХОЖДЕНИЕ ЗВУКОВОЙ ВОЛНЫ ЧЕРЕЗ СКАЧЕК УПЛОТНЕНИЯ\*

igor\_boichuk@mail.ru

В настоящее время остро встала проблема борьбы с шумом и влияния звука на различные процессы в производстве. При этом распространение звука происходит в неоднородных движущихся средах. Взаимодействие звуковых волн с такими средами может приводить как к генерации и преобразованию звука, так и к изменению характеристик среды и ее движения. В этой связи важной задачей является рассмотрение с позиции акустики неоднородной движущейся среды прохождения звуковой волны через плоский скачек уплотнения.

**Ключевые слова:** звуковая волна, ударная волна.

**Введение.** Изучение влияния звука на тела и процессы является основой для разработки технологии применения звука в производстве. Распространение звука в разнообразных средах приводит к проявлению различных эффектов, использование которых нашло применение в различных областях: от обработки материалов [1–2] до двигателестроения [3] и борьбы с шумом [4–6].

Приемник звука, помещенный в поток, будет фиксировать изменения давления, которые вызываются приходящим звуком и обтеканием потоком тела приемника. Работа приемника звука в потоке будет зависеть от нестационарности потока и от явлений, возникающих в этом потоке. В случае, когда в среде распространяются скачки уплотнения, происходит взаимодействие скачков со звуковыми волнами. В результате взаимодействия меняются характеристики всех величин среды, что приводит к изменению и звуковых волн.

В данной статье рассматривается обобщение на случай произвольной размерности задачи о взаимодействии звуковой волны, исходящей от монопольного источника звука, со скачком уплотнения [7, 8].

**Методология.** Распространение звука в однородной среде рассматривается на основании уравнений, полученных линеаризацией уравнений Эйлера [9,10]. Распространение звука в неоднородном стационарном потоке описывает уравнение Блохинцева [7]. Обобщенное уравнение Блохинцева (иногда его называют уравнением Блохинцева – Хоу [5]) позволяет с общих позиций подойти к решению задач аэроакустики, учесть не только источники и распространение звука в движущейся среде, но и взаимодействие звука с неоднородным потоком.

**Основная часть.** Пусть ударная волна (прямой скачек уплотнения), лежащий в плоскости  $x = 0$ , движется в положительном направлении оси  $Ox$  со скоростью  $U$ . Навстречу ему распространяется звуковая волна (рис. 2).

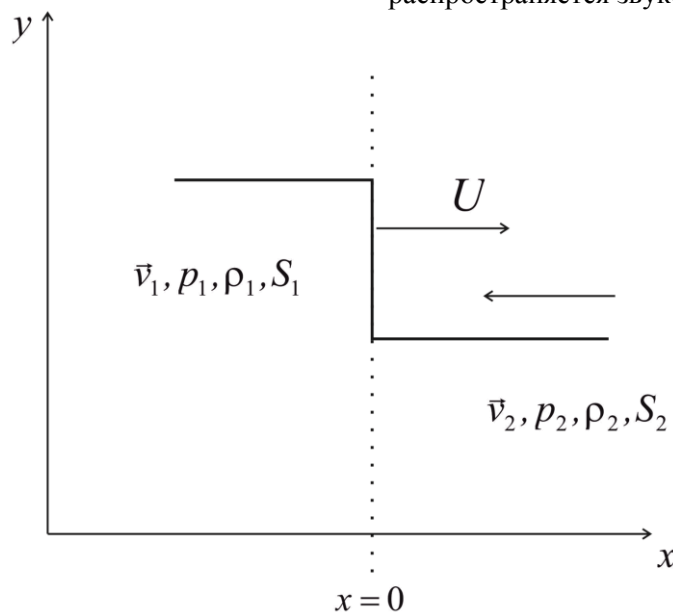


Рис. 1 Схема взаимодействия звуковой волны с ударной волной



Воспользуемся уравнениями акустики неоднородной и движущейся среды для рассмотрения распространения звука[7]:

$$\frac{\partial \delta \vec{v}}{\partial t} + [\text{rot} \vec{v}, \delta \vec{v}] + [\text{rot} \delta \vec{v}, \vec{v}] + \nabla(\vec{v}, \delta \vec{v}) = -\frac{\nabla \delta p}{\rho} + \frac{\nabla p \cdot \delta p}{\rho^2}, \quad (1)$$

$$\frac{\partial \delta p}{\partial t} + (\vec{v}, \nabla \delta) + (\delta \vec{v}, \nabla p) + \rho \text{div} \delta \vec{v} + \delta p \text{div} \vec{v} = 0, \quad (2)$$

$$\frac{\partial \delta S}{\partial t} + (\vec{v}, \nabla \delta S) + (\delta \vec{v}, \nabla S) = 0, \quad (3)$$

$$\delta p = c^2 \delta \rho + h \delta S, \quad c^2 = \left( \frac{\partial p}{\partial \rho} \right)_S, \quad h = \left( \frac{\partial p}{\partial S} \right)_\rho. \quad (4)$$

В этих уравнениях исходное (невозмущенное) состояние среды описывается величинами  $\vec{v}, p, \rho, S$  – скорость, давление, плотность и энтропия. Звук, как малые колебания, описывается величинами:  $\delta \vec{v}$  – скорость звуковых колебаний,  $\delta p$  – давление звука,  $\delta \rho$  – изменение

плотности среды,  $\delta S$  – изменение ее энтропии, происходящее при прохождении звуковой волны.

Поскольку предполагается, что  $p, \rho, S$  постоянны по обе стороны от скачка, то величинами  $\nabla p, \nabla \rho, \nabla S$  пренебрегаем.

$$\frac{\partial \delta \vec{v}}{\partial t} + (\vec{v}, \nabla \delta \vec{v}) = -\frac{\nabla \delta p}{\rho}, \quad (5)$$

$$\frac{\partial \delta p}{\partial t} + (\vec{v}, \nabla \delta p) + \rho \text{div} \delta \vec{v} = 0, \quad (6)$$

$$\frac{\partial \delta S}{\partial t} + (\vec{v}, \nabla \delta S) = 0, \quad (7)$$

$$\delta p = c^2 \delta \rho + h \delta S, \quad c^2 = \left( \frac{\partial p}{\partial \rho} \right)_S, \quad h = \left( \frac{\partial p}{\partial S} \right)_\rho. \quad (8)$$

В системе координат, связанной со скачком, для возмущений вида  $\exp(i(\omega' t + \vec{k}' \cdot \vec{r}'))$ , где  $\omega'$  – частота в новой системе,  $\vec{k}'$  – волновой вектор, получим систему алгебраических уравнений:

$$(\omega' + \vec{v} \cdot \vec{k}') \delta p = -\rho (\delta \vec{v} \cdot \vec{k}') \quad (9)$$

$$(\omega' + \vec{v} \cdot \vec{k}') \delta S = 0 \quad (10)$$

$$(\omega' + \vec{v} \cdot \vec{k}') \delta \vec{v} = -\frac{\vec{k}' c^2}{\rho} \delta p - \frac{\vec{k}' h}{\rho} \delta S \quad (11)$$

Система (9) -(11) позволяет получить два решения.

Первое:

$$\delta S \neq 0, \quad (\vec{v} \cdot \vec{k}') = -\omega', \quad (\delta \vec{v} \cdot \vec{k}') = 0, \quad \delta S = -\frac{c^2}{h} \delta p, \quad \delta p = 0. \quad (12)$$

В этой волне возмущения  $\delta \vec{v}$  и  $\delta S$  независимы. Имеют место изменения плотности среды  $\delta \rho$  и изменение энтропии  $\delta S$ . Равенство  $\delta p = 0$  означает, что волна не вызывает изменения давления

в среде. Эта волна движется со скоростью, равной скорости движения среды, т.е. переносится средой. Поскольку завихренность  $\text{rot} \delta \vec{v} \neq 0$ , та-

кого типа возмущение называют энтропийно-вихревой волной [11].

Второе:

$$\delta S = 0, (\delta \vec{v} \cdot \vec{k}') = -\frac{(\omega' + \vec{v} \cdot \vec{k}')}{\rho} \delta \rho, \delta p = c^2 \delta \rho, (\omega' + \vec{v} \cdot \vec{k}')^2 = k'^2 c^2. \quad (13)$$

Это решение представляет адиабатическую волну с частотой, сдвинутой эффектом Доплера.

Таким образом, взаимодействие ударной волны с падающей спереди на нее плоской звуковой волной будет происходить следующим образом. Поскольку ударная волна движется по отношению к газу перед ней со сверхзвуковой

скоростью, а за ней – с дозвуковой ( $v_1 > c_1$ ,  $v_2 < c_2$ ) [12, 13], в результате взаимодействия позади поверхности разрыва образуются прошедшие энтропийно - вихревая и звуковая волны. Возмущения в газе 1 перед ударной волной согласно (12) будут

$$\delta p_1 = \delta p', \delta V_1 = \delta V' = -\frac{V_1^2}{c_1^2} \delta p_1, \delta v_1 = \frac{V_1}{c_1} \delta p_1, \quad (14)$$

где  $V_1 = \frac{1}{\rho_1}$ , индекс (') относится к падающей

звуковой волне. В газе 2 позади ударной волны будут

$$\delta p_2 = \delta p^{\text{зв}}, \delta V_2 = \delta V^{\text{зв}} + \delta V^{\text{энт}}, \delta v_2 = \frac{V_2}{c_2} \delta p_2. \quad (15)$$

Индексы (зв) и (энт) относятся к прошедшим звуковой и энтропийным волнам. Связь между возмущениями  $\delta V_2$  и  $\delta p_2$  получается из уравнения ударной адиабаты [14].

Коэффициент прохождения равен, аналогично [11], будет равен

$$\frac{\delta p^{\text{зв}}}{\delta p'} = \frac{(1 + M_1)^2 + q}{1 + 2M_2 - d}, \quad (16)$$

$$\text{где } d = \left(\frac{v}{V}\right)^2 \frac{dV_2}{dp_2}, q = \left(\frac{v}{V}\right)^2 \left[ -\frac{V_1^2}{c_1^2} \left(\frac{\partial V_2}{\partial V_1}\right) + \left(\frac{\partial V_2}{\partial p_1}\right) \right]$$

и частные производные берутся вдоль адиабаты Гюгонио. При  $d = 1 + 2v_2/c_2$  знаменатель в (16) обращается в нуль, и ударная волна оказывается неустойчивой по отношению к периодическим вдоль поверхности разрыва возмущениям.

**Выводы.** В ходе проведения исследований, исходя из уравнений неоднородной и движущейся среды, был выявлен характер прохождения звуковой волны через прямой скачек уплотнения. В результате взаимодействия звуковой волны с ударной волной образуются проходящие энтропийно - вихревая и звуковая волны. В проходящей звуковой волне происходит повышение давления. При этом при достижении определенных условий ударная волна может потерять устойчивость.

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

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Агранат Б.А., Башкиров В.И., Китайгородский Ю.И., Хавский Н.Н. Ультразвуковая технология. М.: Металлургия Год: 1974. 504с.
2. Агранат Б.А. Основы физики и техники ультразвука. М.: Книга по Требованию, 2012. 352 с.
3. Мигалин К.В., Амброжевич А.В., Середа В.А., Ларьков С.Н., Бойчук И.П., Карташев А.С., Силевич В.Ю. Пульсирующие воздушно-реактивные двигатели. Тольятти: Изд-во ТГУ, 2014. 296 с.
4. Мушин А.Г. Авиационная акустика, ч.1, М.: «Машиностроение», 1986. 238 с.
5. Голдстейн М.Е. Аэроакустика. М.: Машиностроение, 1981. 294 с.
6. Иванов Н.И. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом. М.: Университетская книга, Логос, 2008. 424 с.
7. Блохинцев Д.И. Акустика неоднородной движущейся среды. М: Наука. 1981. 208 с.

8. Бойчук И.П., Карташев А.С. Взаимодействие звуковой волны с головной ударной волной // Materials of the XI International scientific and practical conference, «Science without borders», - 2015. Volume 21. Mathematics. Physics. Sheffield. Science and education LTD. pp.24–28.

9. Исакович М.А. Общая акустика. М.: Наука, 1973. 495 с.

10. Лепендин Л.Ф. Акустика. М.: Высшая школа, 1978. 448 с.

11. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродина-

мика. Теоретическая физика: т. VI. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. 736 с.

12. Кочин Н.Е., Кибель И.А., Розе Н.В. Теоретическая гидромеханика, Ч.2 М.: Физматгиз, 1963. 728 с.

13. Курант Г., Фридрихс К. Сверхзвуковое течение и ударные волны М.: Издательство иностранной литературы, 1950. 426 с.

14. Черный Г.Г. Газовая динамика М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. 424 с.

---

**Boychuk I.P.****INTERACTION OF SOUND WAVES WITH THE SHOCK WAVE**

*Currently, there was a problem of noise control effect, and sound in various manufacturing processes. At the same time the sound propagation occurs in inhomogeneous moving media. The interaction of sound waves with such fluids can lead to both sound generation and conversion, and to change the characteristics of the medium and its movement. In this connection, an important task is to consider from the perspective of acoustics inhomogeneous moving medium passing sound waves through a flat shock wave.*

**Key words:** *sound wave, shock wave.*

---

**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

Бешевли О.Б., аспирант,  
Дуюн Т.А., д-р техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ БАББИТА В УСЛОВИЯХ РЕМОНТНОЙ ОБРАБОТКИ ОПОРНОЙ ПОВЕРХНОСТИ СКОЛЬЖЕНИЯ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ПОДШИПНИКОВ\*

Oleg-beshevli@yandex.ru

Представлена методика оптимизации режимов резания в процессе ремонтной обработки опорной поверхности крупногабаритных подшипников скольжения. В качестве метода обработки рассматривается фрезерование с использованием специализированного ремонтного оборудования. При оптимизации в качестве целевой функции принята максимальная производительность процесса, в качестве технических ограничений – требуемая стойкость инструмента, заданная мощность привода главного движения, обеспечиваемая шероховатость обрабатываемой поверхности, технологические возможности ремонтного оборудования. Оптимизация проводится методом линейного программирования. Предложенный оптимизационный алгоритм позволяет обоснованно назначать технологические режимы обработки, обеспечивающие максимальную производительность процесса при заданных технических ограничениях.

**Ключевые слова:** крупногабаритные подшипники скольжения, ремонтная обработка опорной поверхности, оптимизация режимов резания при фрезеровании баббита, максимизация производительности при заданных технических ограничениях.

**Введение.** Крупногабаритные подшипники скольжения нашли широкое применение в строительной и горнорудной промышленности в составе таких агрегатов, как мельницы самоизмельчения, мельницы полусамоизмельчения, сушильные барабаны, бутары и прочее крупногабаритное вращающееся оборудование [1]. В качестве антифрикционного материала опор подшипников скольжения наибольшее распространение получили баббиты – легкоплавкие антифрикционные сплавы на основе олова или свинца. Под воздействием эксплуатационных нагрузок в процессе работы увеличивается зазор между цапфой и обоймой подшипника, что приводит к перекосу оси мельницы и как следствие нестабильной работе, вибрациям и повышенному расходу электроэнергии. Возникает необходимость ремонта нижнего сегмента, т.к. он принимает основную часть нагрузки. В процессе ремонтной обработки крупногабаритных подшипников в качестве окончательного метода обработки опорной поверхности используют

ручное шабрение, имеющее ряд недостатков, основными из которых являются высокая трудоемкость и нестабильное обеспечение качества поверхности. В качестве альтернативы ручному шабрению предлагается применять механическую обработку фрезерованием с использованием специального ремонтного оборудования [2–5]. Для повышения эффективности выполнения ремонтной обработки необходимо оптимизировать технологические параметры, максимизируя производительность при заданных технических ограничениях. Вопросы оптимизации являются одними из наиболее актуальных технологических задач [6–11].

**Методология.** При выполнении оптимизации использовался метод линейного программирования.

### Основная часть.

Для выполнения ремонтной обработки антифрикционного слоя крупногабаритных подшипников предлагается использовать специализированное оборудование (рис.1).

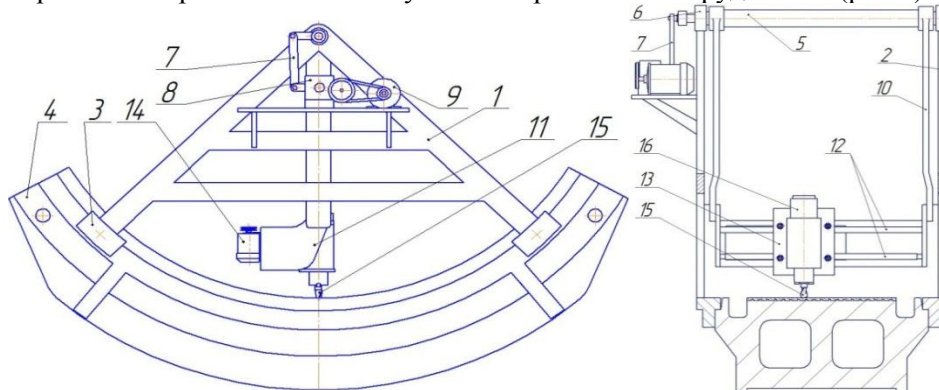


Рис. 1. Конструктивная схема станка

Переносной станок содержит корпус 1, выполненный в виде двух плоских рам 2. Каждая плоская рама 2 в нижней части имеет два опорных элемента 3, выполненных, например, в виде башмаков. Опорные элементы 3 предназначены для установки переносного станка на обрабатываемом изделии 4 (корпусе подшипника). В верхней части плоские рамы 2 соединены приводным валом 5, который опирается на подшипниковые узлы 6 плоских рам 2. Приводной вал 5 является конечным звеном кривошипно-коленного механизма 7 привода маятниковой круговой подачи. Кроме того, в привод входят редуктор 8 и электродвигатель 9. На приводном валу 5 жестко закреплена качающаяся рама 10. В нижней части рамы 10 размещен рабочий узел 11. Рабочий узел 11 имеет направляющие 12, на которых установлена подвижная каретка 13. Подвижность каретки 13 обеспечивается за счет кинематической связи ее с приводом продольного перемещения 14. Подвижная каретка 13 оснащена обрабатывающим лезвийным инструментом 15, фрезой. Обрабатывающий инструмент (фреза) 15 получает рабочее движение от привода главного движения 16.

Для обеспечения высокой производительности процесса фрезерования при ремонтной обработке поверхности скольжения крупногабаритных подшипников скольжения необходимо подобрать технологические режимы, таким образом, чтобы обеспечить оптимальные значения стойкости режущего инструмента, достаточной для выполнения обработки одного перехода без необходимости остановки оборудования и переточки инструмента и мощности привода главного движения, обеспечивающей стабильный процесс обработки во всем диапазоне выбранных технологических режимов. Кроме того, необходимо обеспечить требуемую шероховатость поверхности, а эффективная мощность резания должна удовлетворять мощности привода главного движения. Технологические режимы имеют сложные взаимодействия: увеличение скорости резания с целью повышения производительности снижает стойкость инструмента, умень-

шение подачи с целью обеспечения требуемого качества обрабатываемой поверхности увеличивает путь резания при обработке, следовательно, повышает требования к периоду стойкости, увеличение глубины резания и подачи на зуб повышает мощность резания.

Для обеспечения высокой эффективности процесса обработки необходимо выполнить оптимизацию технологических параметров с целью достижения максимальной производительности процесса резания при обеспечении заданных технологических ограничений.

В качестве целевой функции примем максимальную производительность процесса обработки.

В качестве оптимизируемых параметров примем подачу инструмента на зуб и глубину резания.

В качестве технологических ограничений примем:

- мощность привода главного движения;
- режущие возможности инструмента;
- время обработки одного перехода, соответствующее стойкости инструмента;
- минимальные и максимальные значения технологических параметров, соответствующие техническим возможностям применяемого ремонтного оборудования;
- необходимая шероховатость поверхности.

Входными параметрами при проведении оптимизации процесса фрезерования являются: диаметр фрезы, количество зубьев, ширина фрезерования, частота вращения шпинделя. Внешние факторы, характеризующие условия выполнения процесса: допустимая мощность резания, заданная стойкость инструмента, требуемая шероховатость поверхности. Выходными параметрами являются: максимальные значения глубины резания и подачи на зуб, обеспечивающие эффективную мощность резания, стойкость инструмента, время обработки и шероховатость поверхности, соответствующие заданным условиям (рис. 2).

В качестве метода оптимизации примем метод линейного программирования.

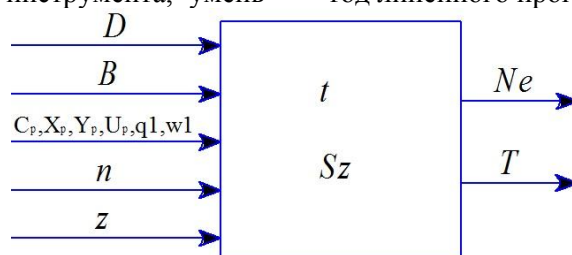


Рис. 2. Структурная модель оптимизации

Для выполнения оптимизации необходимо установить математические зависимости, связывающие оптимизируемые параметры с целевой

функцией и системой технологических ограничений.

Ограничение по мощности резания устанавливает связь между эффективной мощностью, затрачиваемой на процесс резания, и мощностью привода главного движения. Математическое выражение мощности привода главного движения при фрезеровании баббита имеет вид (8):

$$Ne = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad (1)$$

$$\text{где } P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot Sz^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \quad (2)$$

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (3)$$

$C_p=22,6$ ;  $x=0,86$ ;  $y=0,72$ ;  $u=1$ ;  $q=0,86$ ;  $w=0,15$ .

Подставим выражения (2) и (3) вместе со значениями коэффициентов в (1):

$$(10 \cdot t)^{0,86} \cdot (100 \cdot Sz)^{0,72} = \frac{Ne \cdot 10^{0,86} \cdot 100^{0,72}}{11,6 \cdot 10^{-6} \cdot B \cdot z \cdot D^{0,14} \cdot n^{0,85}} \quad (7)$$

Прологарифмируем полученное равенство с целью линеаризации:

$$0,86 \ln(10 \cdot t) + 0,72 \ln(100 \cdot Sz) = \ln\left(\frac{Ne \cdot 10^{0,86} \cdot 100^{0,72}}{11,6 \cdot 10^{-6} \cdot B \cdot z \cdot D^{0,14} \cdot n^{0,85}}\right) \quad (8)$$

Обозначим:

$$\ln(10t) = x_1 \quad (9)$$

$$\ln(100Sz) = x_2 \quad (10)$$

$$\ln\left(\frac{Ne \cdot 10^{0,86} \cdot 100^{0,72}}{11,6 \cdot 10^{-6} \cdot B \cdot z \cdot D^{0,14} \cdot n^{0,85}}\right) = b_1 \quad (11)$$

Получаем линейное неравенство, являющееся ограничением, устанавливающим связь между оптимизируемыми параметрами и эффективной мощностью резания:

$$0,86 \cdot x_1 + 0,72 \cdot x_2 \leq b_1 \quad (12)$$

Обозначив  $\ln(10t)=x_1$ ,  $\ln(100Sz)=x_2$ , логарифм правой части уравнения -  $b_1$ , запишем техническое ограничение, устанавливающее связь между заданной стойкостью инструмента и оптимизируемыми параметрами:

$$0,3 \cdot x_1 + 0,2 \cdot x_2 \leq b_2 \quad (15)$$

Так же необходимо ввести ограничение по времени обработки. Данное ограничение необходимо для того, чтобы время работы фрезы в

$$Ne = \frac{10 \cdot 22,6 \cdot t^{0,86} \cdot Sz^{0,72} \cdot B^1 \cdot z \cdot \pi \cdot D \cdot n}{1020 \cdot 60 \cdot D^{0,86} \cdot n^{0,15} \cdot 1000} \quad (4)$$

после упрощения получим:

$$Ne = 3,7 \cdot 10^{-6} \cdot t^{0,86} \cdot Sz^{0,72} \cdot B \cdot z \cdot \pi \cdot D^{0,14} \cdot n^{0,85} \quad (5)$$

Перенесем оптимизируемые параметры  $Sz$  и  $t$  в левую часть выражения:

$$t^{0,86} \cdot Sz^{0,72} = \frac{Ne}{11,6 \cdot 10^{-6} \cdot B \cdot z \cdot D^{0,14} \cdot n^{0,85}} \quad (6)$$

Полученное уравнение необходимо привести к линейному виду логарифмированием. Так как глубина резания и подача являются дробными числами, умножим подачу на 100, а глубину резания на 10 для получения логарифмов величин одного порядка, в результате преобразований получим выражение:

Ограничение, связанное с режущими возможностями инструмента, регламентируется заданной стойкостью инструмента и выражается через допустимую скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot Sz^y \cdot B^u \cdot z^p} \quad (13)$$

Коэффициенты имеют значения:  $C_v=185,5$ ;  $x=0,3$ ;  $y=0,2$ ;  $u=0,1$ ;  $q=0,45$ ;  $m=0,33$ ;  $p=0,1$ .

Если приравнять выражения (13) и (3), вынести  $Sz$  и  $t$  в левую часть, умножить подачу на 100, глубину на 10 и прологарифмировать, в результате преобразований получим выражение:

$$0,3 \ln(10 \cdot t) + 0,2 \ln(100 \cdot Sz) = \ln\left(\frac{9,29673 \cdot 10^5}{\pi \cdot D^{0,55} \cdot n \cdot T^{0,33} \cdot B^{0,1} \cdot z^{0,1}}\right) \quad (14)$$

процессе одного технологического перехода не превышало периода стойкости.

Время обработки вкладыша выразим зависимостью:

$$T = \frac{H \cdot L}{S_{\min} \cdot B} \quad (16)$$

где  $H$  – ширина вкладыша, мм;  $L$  – длина сектора вкладыша по радиусной поверхности, мм;  $S_{\min}$  – минутная подача инструмента, мм/мин;  $B$  – ширина фрезерования, мм.

$$S_{\min} = Sz \cdot z \cdot n \quad (17)$$

где  $Sz$  – подача на зуб, мм/зуб;  $z$  – количество зубьев фрезы;  $n$  – частота вращения фрезы, мин<sup>-1</sup>.

$$T = \frac{H \cdot L}{Sz \cdot z \cdot n \cdot B} \quad (18)$$

отсюда следует:

$$Sz = \frac{H \cdot L}{T \cdot z \cdot n \cdot B} \quad (19)$$

Домножим  $Sz$  на 100 и прологарифмируем полученное выражение:

$$\ln(100 \cdot Sz) = \ln\left(\frac{H \cdot L \cdot 100}{T \cdot z \cdot n \cdot B}\right) \quad (20)$$

Обозначим

$$\ln(100Sz) = x_2, \quad \ln\left(\frac{H \cdot L \cdot 100}{T \cdot z \cdot n \cdot B}\right) = b_3$$

$$Ra(Sz, v, t) = 8,35 - 6,7 \cdot 10^{-3}v + 11,26Sz - 3,8t + 3,33 \cdot 10^{-2}vSz - 6,1 \cdot 10^{-1}Szt + 3 \cdot 10^{-4}v^2 + 8,2Sz^2 + 1,3t^2 \quad (24)$$

для баббита Б83

$$Ra(Sz, v, t) = 12,625 - 7,8 \cdot 10^{-1}v + 10,5Sz - 5,3t + 5,4 \cdot 10^{-2}vSz - 9,5 \cdot 10^{-3}vt + 3,8 \cdot 10^{-4}v^2 + 7,1Sz^2 + 1,4t^2 \quad (25)$$

где  $Sz$  – подача на зуб, мм/зуб;  $v$  – скорость резания, м/мин;  $t$  – глубина резания, мм.

Запишем систему ограничений в виде неравенств (12), (15) и (21), добавив к ним ограничение по предельным значениям оптимизируемых параметров в логарифмической форме (22) и (23):

$$\begin{cases} 0,86 \cdot x_1 + 0,72 \cdot x_2 \leq b_1 \\ 0,3 \cdot x_1 + 0,2 \cdot x_2 \leq b_2 \\ x_2 \geq b_3 \\ \ln(Sz \min \cdot 100) \leq x_1 \leq \ln(Sz \max \cdot 100) \\ \ln(t \min \cdot 10) \leq x_2 \leq \ln(t \max \cdot 10) \end{cases} \quad (26)$$

Целевая функция имеет вид:

$$y = x_1 + x_2 \rightarrow \max \quad (27)$$

Представленная система (26) не содержит ограничения по шероховатости поверхности, так как функция шероховатости от технологических параметров является функцией второго порядка, имеет квадратные и парные члены, поэтому не может быть приведена к линейному виду логарифмированием. В связи с этим оптимизационный алгоритм будем выполнять в два этапа: первый этап с учетом ограничения по шероховатости поверхности, второй этап с учетом остальных ограничений системы (26). Данная последовательность выбрана исходя из предварительных расчетов, показывающих, что ограничение

получим третье техническое ограничение при фрезеровании баббита.

$$x_2 \geq b_3 \quad (21)$$

Ограничения по предельным значениям оптимизируемых параметров в логарифмической форме имеют вид:

$$\ln(Sz \min \cdot 100) \leq x_1 \leq \ln(Sz \max \cdot 100) \quad (22)$$

$$\ln(t \min \cdot 10) \leq x_2 \leq \ln(t \max \cdot 10) \quad (23)$$

Для учета ограничения по шероховатости поверхности используем разработанные эмпирические модели формирования шероховатости в зависимости от технологических режимов: для баббита Б16

по шероховатости поверхности для выбранных интервалов изменения оптимизируемых параметров, является лимитирующим.

Рассмотрим представленный алгоритм на следующем примере.

Исходные данные и условия обработки: обрабатываемый материал – баббит Б16; диаметр фрезы – 45 мм; количество зубьев фрезы – 6; ширина фрезерования – 36 мм; частота вращения привода главного движения – 750 об/мин; вид обработки – черновое фрезерование; стойкость инструмента – 120 мин; мощность привода главного движения – 1,2 кВт; шероховатость поверхности –  $Ra10$ .

Скорость резания, соответствующая диаметру фрезы 45 мм и частоте вращения привода главного движения 750 об/мин, составляет 106 об/мин.

Диапазоны изменения оптимизируемых параметров: глубина резания  $t_{\min}=3$  мм,  $t_{\max}=4$  мм, подача на зуб  $s_{\min}=0,1$  мм/зуб,  $s_{\max}=0,3$  мм/зуб.

Область допустимых значений оптимизируемых параметров для обеспечения заданной шероховатости  $Ra10$  представлена на рис. 3. По координатным осям представлены оптимизируемые параметры в заданных интервалах. Построенная кривая содержит значения оптимизируемых параметров, обеспечивающих заданную шероховатость  $Ra10$ . Горизонтальная линия отсекает величину подачи по критерию допусти-

мого времени обработки в соответствии с заданной стойкостью инструмента. Следовательно, все значения кривой, лежащие выше данной линии обеспечивают заданную шероховатость с учетом ограничения по времени обработки.

Корректируем диапазоны изменения оптимизируемых параметров, в данном случае минимальное значение подачи и максимальное значение глубины резания: глубина резания  $t_{\min}=3$  мм,  $t_{\max}=4$  мм, подача на зуб  $s_{\min}=0,11$  мм/зуб,  $s_{\max}=0,3$  мм/зуб.

С учетом скорректированного диапазона и системы неравенств (26) максимизируем целевую функцию. Графическое представление приведено на рис. 4.

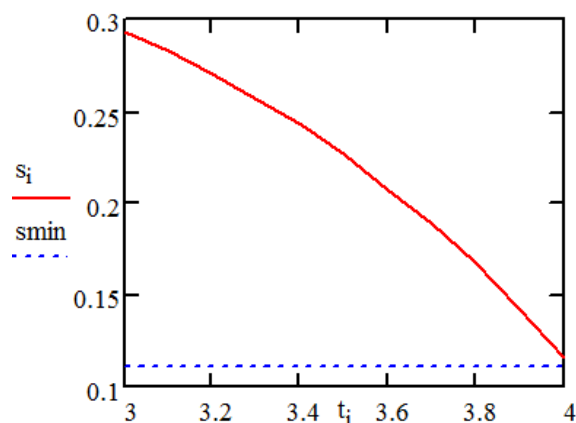


Рис. 3. Область допустимых значений оптимизируемых параметров для обеспечения заданной шероховатости Ra10

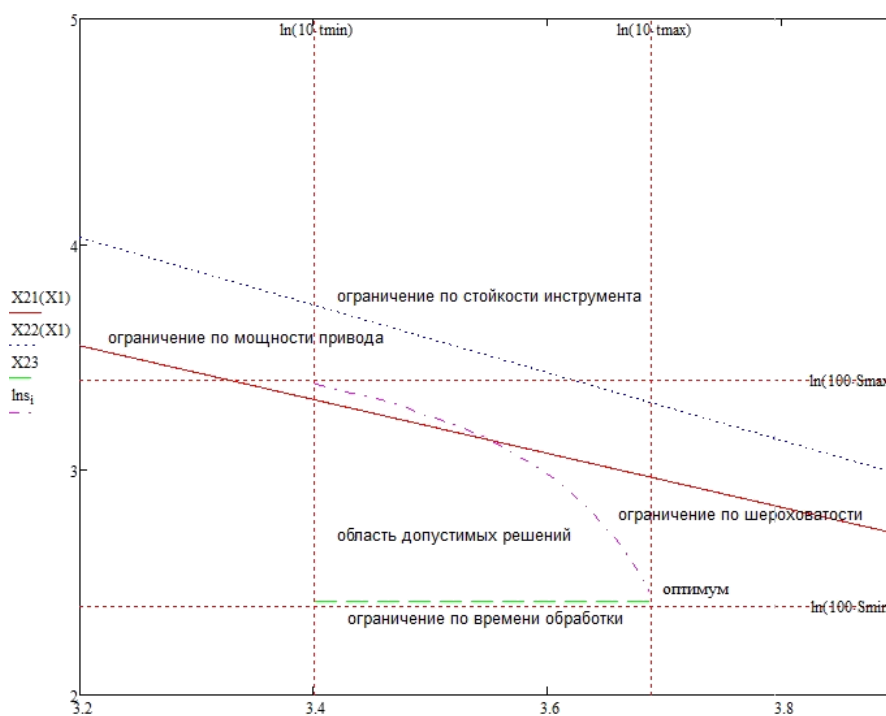


Рис. 4. Графическое представление максимизации целевой функции с учетом технических ограничений

Область допустимых решений лежит внутри замкнутого многогранника, образованного пересечением установленных ограничений. Ограничение по стойкости инструмента частично пересекает область допустимых диапазонов оптимизируемых параметров. Ограничение по мощности привода оказывает большее влияние и частично перекрывает ограничение по шероховатости. Лимитирующим ограничением является ограничение по шероховатости поверхности. Оптимум расположен на пересечении ограничения по шероховатости и максимальной глубины резания:  $t_{opt}=4$  мм,  $s_{opt}=0,12$  мм/зуб.

**Заключение.** Предложенный оптимизационный алгоритм фрезерования баббита позволяет повысить эффективность ремонтной обработки опорной поверхности крупногабаритных подшипников за счет определения сочетания технологических параметров, обеспечивающих максимальную производительность при заданных технических ограничениях.

*\*Статья подготовлена в рамках выполнения гранта РФФИ «Математическое моделирование и оптимизация процессов механической обработки как средство управления технологическими параметрами на основе нечеткой логики» №1404-08044.*



## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бауман В.А., Клушанцев Б.В., Мартынов В.Д., Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций. - М.: Машиностроение, 1981. 328с.
2. Дуганов В.Я. Станок для обработки вкладышей крупногабаритных подшипников скольжения: пат. 132012 Рос. федерация: МПК7 В23D 1/20, В23D 9/00 / Дуганов В.Я., Бешевли О.Б. и др.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Белгородский гос-й технологический ун-т им. В.Г. Шухова. - № 2013100863/02; заяв. 09.01.13; опубл. 10.09.2013 Бюл. №25
3. Дуюн Т.А., Бешевли О.Б. Влияние технологических параметров на температурный режим и получаемое качество поверхности при фрезеровании баббита // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. №2. С. 112–117.
4. Лозовая С.Ю., Бешевли О.Б., Дуюн Т.А., Воробьев Н.Д. Обеспечение технологических параметров фрезерования баббита при ремонтной обработке крупногабаритных подшипников скольжения // Фундаментальные исследования. 2015. №9–2.
5. Лозовая С.Ю., Бешевли О.Б., Дуюн Т.А., Воробьев Н.Д. Повышение эффективности ремонтной обработки опорных узлов крупногабаритных вращающихся агрегатов // Вестник ИрГТУ. 2015. №7. С. 60–66.
6. Рыбалко В.Ю., Мурыгина Л.В., Шрубченко И.В. Оптимизация режимов ленточного шлифования поверхностей бандажей по гарантированному обеспечению заданного уровня шероховатости // Молодежь и научно-технический прогресс: сб. докл. Междунар. науч.-практич. конф. студ., аспирантов и молодых ученых. Губкин, 2012. С.47–51.
7. Мурыгина Л.В., Шрубченко И.В. Математическая модель оптимизации ленточно-абразивной обработки базовых поверхностей опор технологических барабанов // СТИН. 2012. №3. С.31–34.
8. Пастухов А.Г. Режимы механической обработки крестовин карданных шарниров, упрочненных ЭМО / А.Г. Пастухов, А.Г. Минасян, Н.М. Дегтярев // Вісник Харківського національного технічного університету сільськогосподарства імені Петра Василенка. Випуск 133. Ресурсозберегаючі технології, матеріали та обладнання у ремонтному виробництві. – Харків: ХНТУСГ ім. Петра Василенка, 2013. С. 200–203.
9. Пастухов А.Г., Дегтярев Н.М. Механическая обработка крестовин карданных шарниров, упрочненных электрохимической обработкой // Агротехника и энергообеспечение. № 1 (1). Орел: ФГБОУ ВПО ОрелГАУ, 2014. С. 338–342.
10. Рубанов В.Г. Системный подход к проектированию управляемых мобильных логистических средств, обладающих свойством живучести // Научные ведомости БелГУ. Серия: История, Политология, Экономика, Информатика. 2011. №1 (96). Вып. 17/1. С. 176–187.
11. Rubanov V.G. Disaggregation of control system synthesis for mobile vehicle with survivability property Middle-East Journal of Scientific Research. 2013. 15 (12). С. 1666–1674.

---

**Beshevli O.B., Duyun T.A.**

**OPTIMIZATION OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS IN MILLING BABBITT UNDER REPAIR TREATMENT SUPPORT SLIDING SURFACE OF LARGE BEARING**

*The technique of optimization of cutting conditions during the maintenance treatment of large bearing surface friction bearings. As the processing method is considered milling using specialized maintenance equipment. When optimizing the objective function as adopted by the maximum productivity of the process, as technical limitations - the required tool life defined Main drive power provided by the roughness of the treated surface, the technological capabilities of the repair equipment. Optimization is performed by linear programming. The proposed optimization algorithm can reasonably assign technological modes of processing to ensure maximum productivity of the process for the given technical limitations.*

**Key words:** large bearings, bearing surface repair process, optimization of cutting conditions when milling babbitt, maximizing performance for the given technical limitations.

---

**Дуюн Татьяна Александровна**, доктор технических наук, доцент, зав. каф. технологии машиностроения. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.  
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.  
E-mail: tanduun@mail.ru

**Бешевли Олег Борисович**, аспирант кафедры технологии машиностроения. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.  
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.  
E-mail: oleg-beshevli@yandex.ru

Дьяков И.Ф., д-р техн. наук, проф.  
Ульяновский государственный технический университет

## ОПТИМАЛЬНЫЙ ВЫБОР ПОДВЕСКИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

i.dyakov@ulstu.ru

*В статье произведен анализ системы поддрессирования транспортных средств. Основными характеристиками поддрессированной системы являются частоты собственных колебаний и коэффициенты их относительного затухания.*

*Цель данной работы – выбор подвески по критериям оптимальности на стадии проектирования и испытания в дорожных условиях. При анализе подвески для упрощения расчетов транспортное средство рассматривается как плоская модель. Степень защиты поддрессированной массы от вибраций оценивается по критериям оптимальности и коэффициентом виброзащиты.*

**Ключевые слова:** подвеска, спектр частот, передаточная функция, момент инерции балансира, коэффициент демпфирования, виброзащита, торсион.

**Состояние вопроса.** Современные транспортные средства оснащены различными системами поддрессирования [1, 3, 5], для которых характерны динамические взаимодействия различного рода упругих и диссипативных сил. При движении все массы автомобиля совершают более или менее интенсивные линейные и угловые колебания в различных плоскостях. Возбуждение колебаний происходит в результате взаимодействия автомобиля с дорогой, а также из-за неравномерности работы двигателя и агрегатов трансмиссий [2]. Для гигиенической оценки вибрации, действующей на человека используют интегральный показатель и раздельно-частотный [4].

Исследованиями установлено, что ускорения элементов автомобиля при его движении имеют широкий спектр частот (свыше 500 Гц). Весь спектр частот ускорений можно разделить на два диапазона: низкочастотный (до 25 Гц) и высокочастотный (свыше 25 Гц). Низкочастотные колебания в основном вызываются взаимодействием автомобиля с дорогой. Их уровень зависит от условий движения, геометрических параметров транспортного средства и его подвески. Высокочастотные колебания обусловлены неравномерностью работы двигателя и агрегатов трансмиссии. Они зависят от скорости движения (частоты вращения трансмиссии и нагрузки двигателя), степени удаленности рассматриваемого элемента от источника возмущения и конструкции элементов, передающих вибрации. Колебания в высокочастотном диапазоне практически не зависят от микропрофиля дороги и параметров подвески.

Сопоставление расчетных и экспериментальных спектров ускорений показывает, что они достаточно близки только в низкочастотном диапазоне. Любая расчетная схема включает инерционные элементы (массы), соединенные упругими элементами, а также элементы, обес-

печивающие рассеивание энергии при колебаниях масс.

Массы элементов, связывающих поддрессированные и неподдрессированные части (упругие элементы, рычаги направляющего устройства, амортизаторы, тяги рулевого привода и карданный вал), относят частично к поддрессированным и неподдрессированным массам. Исследованиями установлено, что при расчетах колебаний в низкочастотном диапазоне все поддрессированные массы могут быть объединены в одну массу  $m_0$  с моментом инерции  $J_y$  относительно поперечной оси, проходящей через центр масс, и  $J_x$  – относительно продольной. Неподдрессированная масса каждого моста  $m_i$  рассматривается отдельно и считается сосредоточенной.

Основными упругими элементами в расчетных схемах являются различные подвески и шины. При расчетах плавности хода принимается, что все эти элементы расположены в плоскостях колеса, а их упругие свойства оцениваются приведенными характеристиками.

Учитывая, что в наибольшей степени плавность хода определяется колебаниями в вертикальной плоскости, в ряде случаев при ее анализе для упрощения расчетов рассматривают только эти колебания. При этом пространственная модель автомобиля заменяется плоской, в которой совмещаются правые и левые подвески и колеса мостов, а высоты неровностей дороги  $q$  считают равными полусумме высот неровностей, находящихся в определенный момент времени под правым и левым колесами моста

$$q_i = 0,5(q_{\text{при}} + q_{\text{ли}}),$$

где  $q_{\text{при}}$ ,  $q_{\text{ли}}$  – высота неровностей дороги соответственно под правым и левым колесами  $i$ -го моста.

Расчетные схемы подвески, применяемые при проектировании транспортных средств в

продольной плоскости приведены на рис. 1.

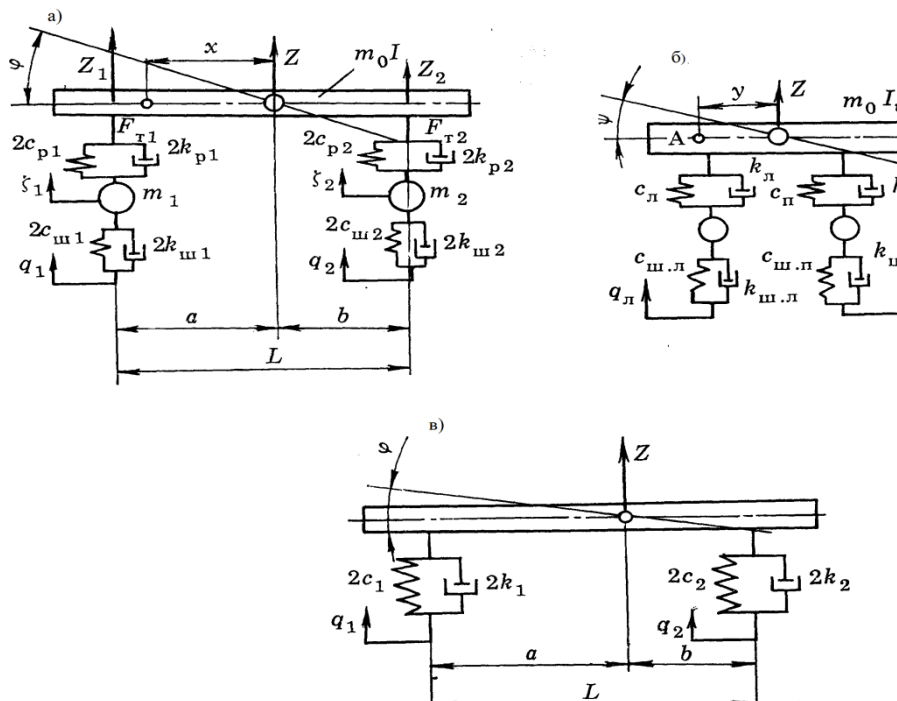


Рис. 1. Расчетные модели, применяемые при анализе плавности хода транспортных средств

На схеме показаны: поддрессоренная масса  $m_0$  с моментом инерции  $J_y$  относительно поперечной оси; неподдрессоренные массы  $m_1$  и  $m_2$  упругие элементы подвесок с жесткостями  $2c_{p1}$  и  $2c_{p2}$ ; амортизаторы с сопротивлениями  $2k_{p1}$  и  $2k_{p2}$ ; силы трения  $F_{т1}$  и  $F_{т2}$ ; упругие элементы с жесткостями  $2c_{ш1}$  и  $2c_{ш2}$  и условные амортизаторы с сопротивлениями  $2k_{ш1}$  и  $2k_{ш2}$ , моделирующие шины;  $L$  – база автомобиля. На колеса действуют неровности дороги высотой  $q_1$  и  $q_2$ , которые возбуждают вибрации масс. На стадии проектирования по выбранной схеме поддрессирования транспортного средства в рамках обобщенного подхода предлагается оценка межпарциальных связей рычажной системы подвески. Примем, что транспортное средство

движется с постоянной скоростью, поэтому массы автомобиля в продольном направлении не имеют ускорений. В продольно-вертикальной плоскости поддрессоренная масса совершает перемещение по координатам  $Z$  и  $\varphi$ , а неподдрессоренная – по координатам  $\xi_1$  и  $\xi_2$ . Перемещение поддрессоренной массы можно рассматривать и в других координатах, например в координатах  $Z_1$  и  $Z_2$  (перемещения точек ( $A_i$ ) поддрессоренной массы, которые лежат над передним и задним мостом соответственно).

**Решение.** На первом этапе проектирования подвески плавность хода транспортного средства можно рассматривать при условии, когда обеспечивается минимум передаточной функции, представляющей собой отношение потенциальной энергии неподдрессоренной массы к поддрессоренной в виде

$$W(S_j) = e_{1,2} \left( \frac{\dot{Z}_H}{\dot{Z}_П} \right)^2 f_{mp} \left( \frac{C_{ш}}{C_p} \right) \frac{\Psi_{y1}(l_{15} + l_{12}) - \Psi_2(l_{22} + l_{25})}{2 \left( Z_n + \Psi_{y1}l_{12} - \left[ Z_n + (\Psi_{y3}l_{15}^y - \Phi_{y3}l_{16}^{xx}) \right] \right)^2} \leq [W_j], \quad (1)$$

где  $e_{1,2}$  – отношение неподдрессоренных масс к поддрессоренным;  $\dot{Z}_H, \dot{Z}_П$  – скорости вертикальных перемещений соответственно неподдрессоренной массы и поддрессоренной;  $f_{mp}$  – коэффициент трения межлистовой рессоры;  $C_{ш}, C_p$  – вертикальные жесткости соответ-

ственно шины и рессоры;  $\Psi_1, \Psi_2$  – угловые перемещения соответственно переднего и заднего моста;  $\Psi_3$  – угловые перемещения рамы;  $l_{i,j}$  – расстояние от центра тяжести до точки опоры соответственно  $i$ -й массы ( $i = 1...3$ , 1 – передний, 2 – задний мосты и 3 – рама транспортного средства).

Согласно выражению (1) по геометрическим параметрам подвеску можно подобрать так, чтобы не возникал резонанс колебаний собственной частоты и частоты колебаний подре-

соренной массы от неровности дорожного полотна. На рис. 2 приведена амплитудно-фаза-частотная характеристика угловых колебаний рамы транспортного средства.

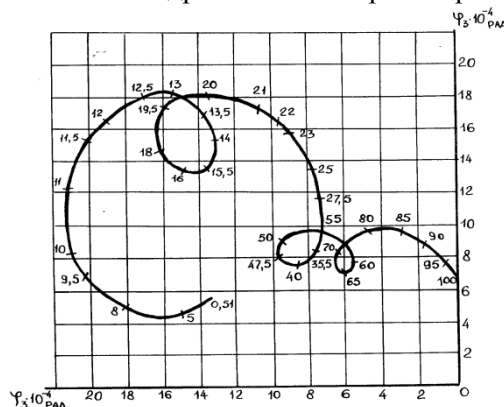


Рис. 2. Амплитудно-фаза-частотная характеристика угловых колебаний рамы

Как видно, рама при движении по неровностям дороги имеет четыре колебательных контура при переходе из одной частоты в другую.

При движении со скоростью  $U$  неровности дороги изменяются по закону  $x = ut$ , а возмущение, передаваемое от неровностей дороги на транспортное средство – по закону косинусоиды

$$q = q_0 [1 - \cos(\nu t)],$$

где  $\nu$  – частота возмущения, связанная со скоростью движения автомобиля и длиной неровности;  $l$  – длина неровности дороги.

Циклическая частота связана с путевой соотношением  $\lambda = 2\pi/l$ . Путевую и циклическую частоты можно представить как частоты возмущений, передаваемых на транспортное средство от неровности дороги при его движении со скоростью 1 м/с: путевую – в радианах в секунду, циклическую – в герцах. Циклическая (путевая) частота  $\lambda$  соответствует частоте возмущений при скорости движения 1 м/с. Если транспортное средство движется со скоростью  $U$ , частота возмущения  $\nu$  при тех же длинах неровностей увеличивается в  $U$  раз. В общем виде  $\nu = \lambda U$ , что равносильно удлинению оси абсцисс графика

ка и увеличению площади под кривой спектральной плотности, равной дисперсии высот неровностей в  $n$  раз. Компонировки современных транспортных средств таковы, что для большинства конструкций горизонтальной оси координат  $a$  и  $b$  относительно центра тяжести (см. рис. 1) транспортного средства принимают условие  $ab = \rho^2$  и соблюдается с погрешностью не более 10 %. Это позволяет рассматривать колебания передней и задней частей транспортного средства независимо друг от друга. Поэтому в ряде случаев, особенно когда необходимо проследить влияние характеристик отдельных элементов подвески на интенсивность колебаний, можно использовать расчетную схему, приведенную на рис. 1. Расчетные схемы многоосных транспортных средств отличаются от рассмотренных только наличием большего количества мостов. Если на транспортном средстве применяется балансирная рессорная подвеска, в расчетных схемах необходимо учитывать момент инерции  $J_6$  балансира. Возможность выбора балансирной подвески из трех практически равнозначными схемами показана на рис. 3.

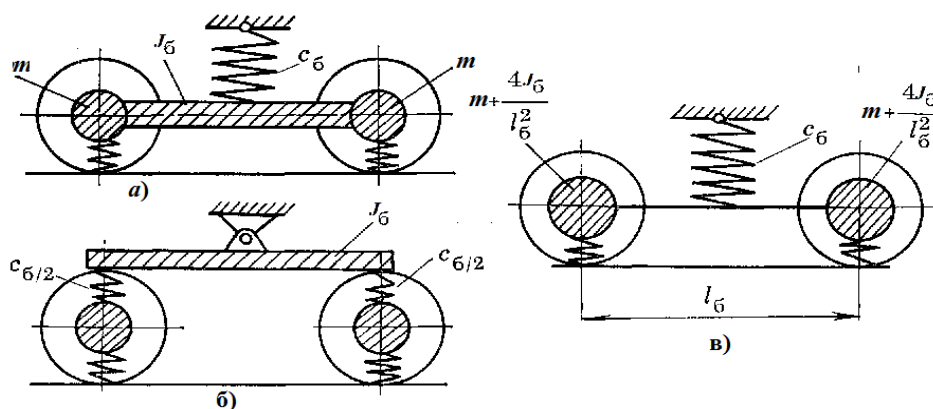


Рис. 3. Моделирование разнотипной балансирной подвески

Как видно на первой схеме (рис.3, а) упругий элемент установлен между подрессоренной массой и жестким балансиrom, момент инерции которого относительно оси качения равен моменту инерции реального балансира. На второй схеме (рис.3, б) жесткий балансир соединен с подрессоренной массой шарнирно, а с неподдресоренной — упругими элементами с жесткостью, составляющей половину жесткости рессоры балансира. На третьей схеме (рис.3, в) колеса связаны жестким безынерционным балансиrom, а масса балансира распределена между подрессоренной и неподдресоренными массами так, чтобы моменты инерции реальных и расчетных неподдресоренных масс и балансира относительно оси качения были одинаковы. В некоторых случаях при исследовании низкочастотных колебаний подрессоренных масс в диапазоне ниже 5 Гц можно не учитывать инерционные воздействия неподдресоренных масс. В этом случае расчетная схема двухосного автомобиля может быть представлена в виде балки, установленной на двух пружинах с амортизаторами. Жесткость пружины определяется суммарной жесткостью рессор  $C_{pi}$  и шин  $C_{ши}$ . Основными

характеристиками любой колебательной системы являются частоты собственных колебаний и коэффициенты их относительного затухания. Они связаны с частотным диапазоном возмущений, при которых систему можно рассматривать как динамическую модель.

Вычисление частот собственных колебаний проводим в определенной последовательности: составляем уравнения движения системы (по схемам без затухания и возмущений); разделяем каждое уравнение на инерционный коэффициент; представляем уравнения в операторной форме; составляем определитель системы, заменив в нем оператор дифференцирования  $S$  на мнимую частоту  $i\Omega$ , и приравниванием его нулю; раскрытием определителя и решение его относительно  $\Omega^2$ . Вычисление определителя для системы с  $n$  степенями свободы сводится к решению уравнения, имеющего  $n$  корней (значений квадратов частот собственных колебаний).

Уравнения без членов, характеризующих затухание и возмущения в системе представляем в операторной форме:

$$\begin{aligned}(s^2 + \omega_{z1}^2)\bar{Z}_1 + \eta_z\bar{Z}_2 - \eta_{\xi1}\bar{\xi}_1 &= 0; \\ (s^2 + \omega_{z2}^2)\bar{Z}_2 + \eta_z\bar{Z}_1 - \eta_{\xi2}\bar{\xi}_2 &= 0; \\ (s^2 + \omega_{\xi1}^2)\bar{\xi}_1 - \gamma_{z1}\bar{Z}_1 &= 0; \\ (s^2 + \omega_{\xi2}^2)\bar{\xi}_2 - \gamma_{z2}\bar{Z}_2 &= 0;\end{aligned}\quad (2)$$

$$\begin{aligned}\text{где } \omega_{z1}^2 &= \frac{2c_{p1}L^2}{(b^2 + \rho^2)m_0}; \quad \omega_{z2}^2 = \frac{2c_{p2}L^2}{(a^2 + \rho^2)m_0}; \quad \eta_z = \frac{ab - \rho^2}{b^2 + \rho^2}L; \quad \omega_{\xi1}^2 = \frac{2(c_{p1} + c_{ш1})}{m_1}; \\ \omega_{\xi2}^2 &= \frac{2(c_{p2} + c_{ш2})}{m_2}; \quad \eta_{\xi1}^2 = \frac{2c_{p1}L^2}{(b^2 + \rho^2)m_0}; \quad \eta_{\xi2}^2 = \frac{2c_{p2}L^2}{(b^2 + \rho^2)m_0}; \quad \gamma_{z1} = \frac{2c_{p1}}{m_1}; \quad \gamma_{z2} = \frac{2c_{p2}}{m_2}.\end{aligned}$$

После замены оператора (2) дифференцирования на мнимую частоту получаем следующий определитель системы, вычислением которого

могут быть получены частоты собственных колебаний системы

$$\begin{vmatrix} \omega_{z1}^2 - \Omega^2 & \eta_z & -\eta_{\xi1} & 0 \\ \eta_z & \omega_{z2}^2 - \Omega^2 & 0 & -\eta_{\xi2} \\ -\gamma_{z1} & 0 & \omega_{\xi1}^2 - \Omega^2 & 0 \\ 0 & -\gamma_{z2} & 0 & \omega_{\xi2}^2 - \Omega^2 \end{vmatrix} = 0. \quad (3)$$

После аналогичных преобразований определитель системы уравнений (3)

$$\begin{vmatrix} \omega_z^2 - \Omega^2 & -\eta_z \\ -\eta_{\xi} & \omega_{\xi}^2 - \Omega^2 \end{vmatrix} = 0 \quad (4)$$

где  $\omega_z^2 = 2c_p / m_{01}$ ;  $\omega_{\xi}^2 = 2(c_p + c_{ш}) / m_i$ ;  $\eta_z = 2c_p / m_{01}$ ;  $\eta_{\xi} = 2c_p / m_i$ .

Решая уравнение (4), получим частоты собственных колебаний системы:

$$\Omega^2 = 0,5 \left[ (\omega_z^2 + \omega_{\xi}^2) \pm \sqrt{(\omega_z^2 - \omega_{\xi}^2)^2 + 4\eta_z\eta_{\xi}} \right].$$

Если принять перед корнем знак плюс будем иметь более высокую частоту

$$\Omega_{\text{в}} = \sqrt{0,5 \left[ (\omega_z^2 + \omega_{\xi}^2) + \sqrt{(\omega_z^2 - \omega_{\xi}^2)^2 + 4\eta_z \eta_{\xi}} \right]}, \quad (5)$$

при знаке минус – низкую

$$\Omega_{\text{н}} = \sqrt{0,5 \left[ (\omega_z^2 + \omega_{\xi}^2) - \sqrt{(\omega_z^2 - \omega_{\xi}^2)^2 + 4\eta_z \eta_{\xi}} \right]}. \quad (6)$$

При этом связанную двухмассовую систему можно рассматривать две одномассовые парциальные. Парциальную систему можно представить как многомассовую, в которой все массы закреплены, кроме одной, которая может совершать движение по одной координате. Из выражений (5), (6) видно, что при наличии связи меняется частота собственных колебаний – увеличивается более высокая и уменьшается низкая.

На втором этапе проектирования проводится исследование плавности хода транспортного средства в дорожных условиях. Критерием оптимальности подвески принимаем *время успокоения*  $t_{\text{усп}}$ , за которое амплитуда колебаний уменьшится до заданной минимальной величины:

$$t_{\text{усп}} = \frac{1}{\varepsilon_y \omega_0} \ln \frac{1}{\lambda_k (1 - \varepsilon_y^2)} \rightarrow \min,$$

где  $\varepsilon_y = k_{\text{усп}} / (2m_n \omega_0) = k_{\text{усп}} / (2\sqrt{m_n c_n})$  – степень успокоения;  $k_{\text{усп}}$  – коэффициент успокоения, численно равно силе сопротивления подвески при скорости поддрессоренной массы, равной единице ( $\dot{z}=1$ );  $\omega_0 = \sqrt{c_n/m_n}$  – коэффициент, зависящий от упругих свойств подвески;  $c_n$  – жёсткость подвески;  $m_n$  – поддрессоренная масса;  $\lambda_k$  – коэффициент точности установки поддрессоренных масс относительно центра тяжести автомобиля.

### Результаты.

Результаты показали, что нагрузочные характеристики подвески имеют слабо выраженную нелинейность и нельзя получить достаточную точность оценки плавности хода транспортного средства при различных нагрузках на ось, так как полезная нагрузка меняется в широких пределах. В такой подвеске для поддрессори-  
вания транспортного средства, применяют торсион рабочее тело, которого выполнено в виде конической формы, а соотношение наибольшего и наименьшего диаметров выбраны таким, чтобы обеспечить нагрузочную характеристику подвески с прогрессивной характеристикой, при

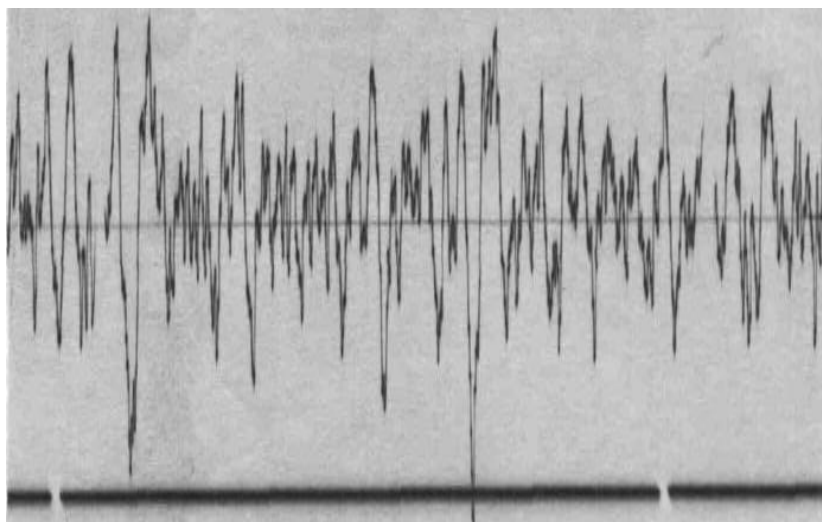
которой частоты малых собственных колебаний поддрессоренных масс могли остаться неизменными, независимо от загрузки транспортного средства (изохронная подвеска). Расчеты параметров торсиона и определение нагрузочной характеристики задней подвески транспортного средства подтверждают возможность создания изохронной подвески. Для получения наивысшей плавности хода требуется обеспечить равенство частот собственных колебаний подвески при любой загрузке транспортного средства

$$v_1 = v_2 \text{ или, как следует из формулы } v = \frac{300}{f_1},$$

где  $f_1 = f_2$  – прогиб подвески при частотах  $v_1 = v_2$  собственных колебаний. Это достигается подбором диаметров правого  $d_1$  и левого  $d_2$  торсиона. Степень защиты поддрессоренной массы от вибраций часто оценивается коэффициентом виброзащиты  $\gamma$ , равным отношению амплитуды колебаний поддрессоренной массы к амплитуде неподдрессоренной. Виброзащита будет удовлетворительной при  $\gamma=1$ . Это условие выполняется, если отношение частоты колебания рамы автомобиля  $\omega_p$  к частоте колебания неподдрессоренной массы  $\omega_n$  будет выражено неравенством. Обычно это отношение находится в пределах от 2,5 до 5. Если отношение частот соответствует неравенству  $\omega_p / \omega_n < 1,4$ , то виброзащита ухудшает условия эксплуатации, так как в этом случае  $\gamma > 1$  и амплитуда  $\omega_p / \omega_n > 1,4$ , а колебания поддрессоренной массы больше амплитуды колебания неподдрессоренной массы. При низких частотах амортизаторы плохо предохраняют от ударов поддрессоренную массу, поэтому обычно выбирают амортизаторы такими, чтобы коэффициент демпфирования находился в пределах 0,25...0,5. В этих пределах может быть торсионная система поддрессори-  
вания. Для исключения влияния случайных факторов на результаты испытаний проводилось по три заезда на каждой скорости движения автомобиля.

На рис. 4 приведена запись осциллограммы вертикальных колебаний поддрессоренных масс автомобиля УАЗ-3303.

При обработке данных вычислялось среднее арифметическое и среднеквадратическое значения вертикальных виброускорений. Измерение уровней виброускорений относительно нулевого порога в вертикальном направлении проводилось при работе двигателя без нагрузки с частотой вращения коленчатого вала 800 и 3600 мин<sup>-1</sup>.

Рис.4. Осциллограмма вертикальных колебаний автомобиля при  $V=30$  км/ч

Наиболее эффективна система защиты агрегатов от вибрационного воздействия со стороны рамы, на которую установлен двигатель является опорой крепления, которая должна иметь частоту  $f_0$  в 1,5 ... 2 раза ниже частоты возбуждения, чем все собственные частоты  $f_c$  виброизолированного объекта. Исследования показали, что не всегда удается добиться того, чтобы в одном или двух направлениях при  $n=800 \dots 1000$  мин<sup>-1</sup> получить  $f_0 / f_c \geq 2$ . В этих случаях необходимо стремиться к тому, чтобы резонанс не возникал в тех направлениях, в которых действуют основные возмущающие факторы. При рассмотрении вынужденных колебаний с одной степенью свободы принимают условие, что внешнее усилие, вызывающее колебания, изменяется гармонически по закону синуса  $F \sin \omega t$ . Кроме внешней возмущающей силы в системе действует восстанавливающая сила  $CZ$ , стремящаяся вернуть систему в положение равновесия. При наличии трения в опорах крепления массы свободные колебания быстро затухают. В системах с вынужденными колебаниями они будут продолжаться с амплитудой  $z = F \sin \omega t / (c - m\omega^2)$ .

Максимальную амплитуду этих колебаний находили из выражения

$$z_{\max} = F / (c - m\omega^2) = F / c \left( 1 - \frac{m}{c} \omega^2 \right).$$

Отношение  $F / c$  представляет собой максимальное перемещение  $z_{\text{ст}}$ , вызванное статическим действием силы  $F$ . Обеспечение данного условия при создании конкретных конструкций виброизоляторов значительно осложняется рядом особенностей работы автомобильного транспорта, а зачастую – практически невоз-

можно. Во-первых, двигатель – один из основных источников шума и вибрации, как правило, имеет переменный режим работы. Отношение максимальных рабочих скоростей вращения коленчатого вала двигателя к минимальным составляет 6,4 и более. Во-вторых, виброизолированный двигатель является динамической системой со многими степенями свободы и совершает сложные пространственные взаимосвязанные колебания. Кроме того масса двигателя с коробкой передач в два и более раза больше массы несущей системы, а податливость последней приводит к статическому прогибу ее до нескольких миллиметров. В связи с этим упругое основание существенно влияет на характер колебаний кузова, и это влияние необходимо учитывать. Если принять во внимание еще конструктивные и технологические ограничения, то создание приемлемой конструкции виброизолятора является технически сложной задачей. В силу отмеченных особенностей транспортных средств практически не представляется возможным избежать резонансных режимов. При этом задача сводится к решению вопроса о выборе оптимального демпфирования в упругой опоре или применению других методов (например, с переменной жесткостью, с ограничителем хода виброизолированного агрегата) для ограничения амплитуд вынужденных колебаний на резонансе.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дьяков И.Ф. Основы оптимизации в автомобилестроении. М.: Машиностроение, 2012. 380 с.
2. Жеглов Л.Ф. Виброакустика колесных машин. Изд. МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2013. 170 с.



3. Жеглов Л.Ф. Спектральный метод расчета систем поддресоривания колесных машин. Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009. С. 150.

4. Ружичка Дж. Дерби Т. Виброизоляция с нелинейным демпфированием /Пер. с англ. К. А. Выгодского, ОНТИ № 609, 1973. 42 с.

5. Раймпель Й. Шасси автомобиля: конструкция подвески / Пер. с нем. В. П. Агапова. М.: Машиностроение, 1989. 328 с.

---

**Dyakov I.F.**

**OPTIMAL SELECTION OF VEHICLE SUSPENSION**

*The article analyzes springing system of vehicles. The main characteristics of the springing system are frequency of natural oscillations and their relative settlement coefficients.*

*The purpose of this work is choosing the suspension according to the criteria of optimality at the stage of designing and testing on road. When analyzing the suspension to facilitate the calculation the vehicle is considered as a plane model. Protection of the sprung mass vibration is evaluated according to the criteria of optimality and vibration protection factor.*

**Key words:** suspension, frequency spectrum, transfer function, moment of inertia of the balance, the damping coefficient, vibration protection, torsion bar.

---

**Дьяков Иван Федорович**, доктор технических наук, профессор кафедры основы проектирования машин и инженерная графика.

Ульяновский государственный технический университет.

Адрес: Россия, 432027, Ульяновск, ул. Северный Венец, д. 32.

E-mail: i.dyakov@ulstu.ru.



# ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

<sup>1</sup>Рыбак Л.А., д-р техн. наук, проф.,

<sup>2</sup>Мамаев Ю.А., гл. инженер,

<sup>1</sup>Малышев Д.И., аспирант,

<sup>1</sup>Вирабян Л.Г., магистрант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ООО «Карботек», г. Белгород

## ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ЗАДАННОЙ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ ВЫХОДНОГО ЗВЕНА РОБОТА-ГЕКСАПОДА ДЛЯ 3D-ПЕЧАТИ ИЗДЕЛИЙ\*

rl\_bgtu@intbel.ru

В статье рассматриваются проблемы построения алгоритмов управления движением робота-гексапода при 3D-печати различных изделий. Алгоритм основан на принципах построения программы циклового управления и использования внутренних регистров контроллера робота. Получение покрытий с использованием робота-гексапода, в том числе мульти-слоя, осуществляется с помощью постпроцессора и имеет высокую сложность написания постпроцессоров данных. Разработанный программный модуль на основе данного алгоритма более простой, а также универсальный, что позволяет применять его ко всей серии роботов с подобным контроллером. В статье приведены основные принципы работы с разработанным программным модулем и идет ознакомление с программным интерфейсом. Рассматриваются основные настройки 3D-печати через разработанный программный модуль и описывается оптимальный выбор данных настроек для достижения необходимого качества получаемых моделей изделий.

**Ключевые слова:** алгоритм, робот-гексапод, моделирование, 3D-печать, контроллер, программный модуль, экструдер, блок управления.

**Введение.** Технологии создания роботизированных комплексов для систем быстрого прототипирования появились в Японии и США в конце 1980-х – начале 1990-х годов. Быстрое прототипирование определяется как аддитивный процесс изготовления трехмерного объекта с помощью последовательного нанесения слоев материала. Многие системы быстрого прототипирования называют 3D-принтерами, которые используют различные типы материалов и аддитивных технологий, в частности полномасштабные строительные технологии для «печати» зданий и строительных блоков [2]. В настоящее время активно исследуется изготовление строительных конструкций с применением технологий 3D-печати для создания баз на Луне и иных космических объектах [3]. Например, использование реголита, распространенного на Луне, рассмотрено в статьях [4, 5]. В этих работах исследуется изготовление конструкций сложной формы из специальных строительных материалов с помощью неподвижной портальной конструкции. Похожую конструкцию и метод работы имеет российская разработка компании ЗАО «Спецавиа» [6]. Эта компания с 2015 года се-

рийно выпускает строительные 3D-принтеры различных модификаций. Например, принтер S-1160 с рабочей зоной 10×11×2,7 м может печатать строительные конструкции и сооружения стандартными составами на основе цемента марки 500, т.е. тем, что есть в свободной продаже на любом строительном рынке. Имеется возможность применять смеси с минеральными добавками и фиброволокном. Размер печатаемого слоя составляет 10 х 30 мм, скорость печати 9 м/мин. Основным недостатком предложенных решений является ограниченная высота конструкций до 2,7 м для самого большого из принтеров, а также то, что точность представлена для перемещения механизмов, а не конечного рабочего органа.

Важное значение имеет разработка программного обеспечения для функционирования роботизированных комплексов [1]. Известно программное обеспечение для управления роботизированного комплекса, обеспечивающее импорт BIM-модели строительной конструкции, генерацию команд управления подготовкой и подачей материалов сырьевой смеси, степенью

открытия сопла и движением механической руки робота (рис. 1).

Результаты работы программы по планированию траектории движения сопла роботизированного комплекса показаны на рис. 2.

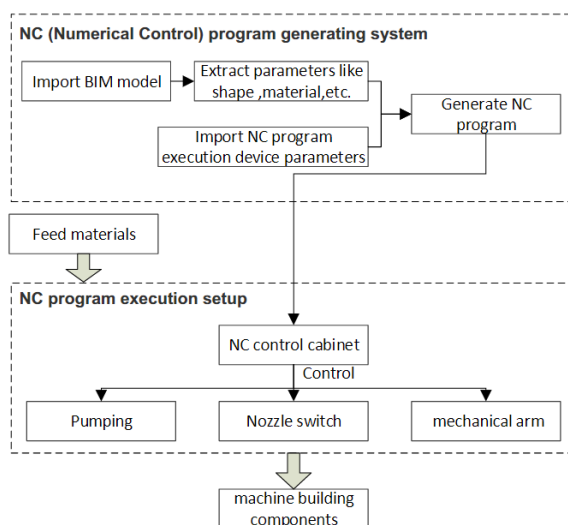


Рис. 1. Структура программного обеспечения для управления роботизированным комплексом

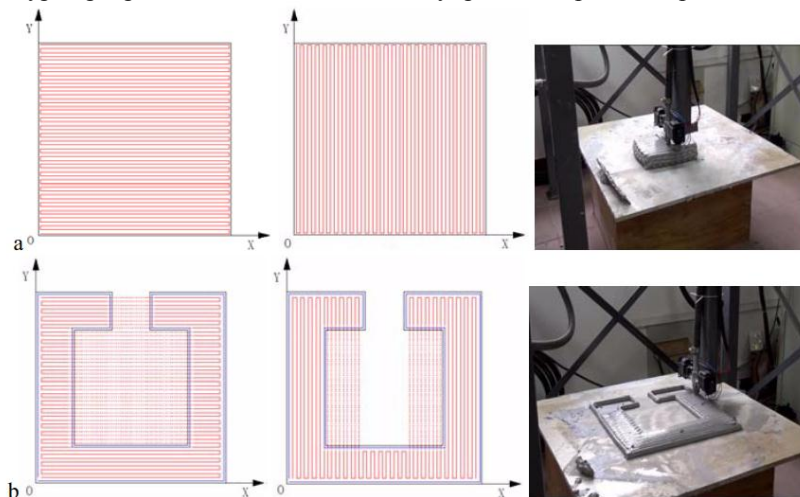


Рис. 2. Результаты работы роботизированного комплекса по изготовлению элементов строительных конструкций

В России разработан ряд программного обеспечения для управления портальными устройствами печати трехмерных изделий, в том числе, в строительстве.

Известна программа для ЭВМ 2013616795 «Программное обеспечение для управления автоматизированным и роботизированным оборудованием» [7]. Программа предназначена к использованию в составе программного обеспечения роботизированного комплекса. Программа обеспечивает решение управления автоматизированным и роботизированным оборудованием, средствами программного модуля в ее составе. Например, модуль отложенной печати при возникновении ошибок в работе с автоматизированным и роботизированным оборудованием позволяет продолжить с последней контрольной точки.

Программа для ЭВМ 2014613261 описывает интерфейсную программу управления работой устройства быстрого трехмерного прототипирования [8]. Программа разработана на языке C++, работает под управлением операционной системы Windows и предназначена для просмотра 3D моделей в формате STL, конвертирования их в G-код, оптимизированный для использования в 3D принтере, работающего по технологии FDM, с установкой параметров печати и отправкой сгенерированного G-кода непосредственно на исполнительное устройство. Программа обеспечивает выполнение следующих функций: вращение, клонирование, масштабирование 3D моделей STL в импровизированной рабочей области 3D принтера; генерация G-кода с заданными параметрами; передача сгенерированного G-кода на исполнительное устройство;

инициализация, завершение и контроль над работой 3D принтера.

Система управления роботизированным краном параллельной архитектуры (рис.3) исследуется в работе [9]. Управляющий контроллер системы содержит два модуля:

- модуль верхнего уровня (ASCTController), обеспечивающий интерфейс пользователя, пла-

нирование движения и обработку информации с датчиков, и

- модуль нижнего уровня (RoboCraneController), обеспечивающий непосредственное автоматизированное управление серводвигателями роботизированного крана с помощью ПИД-регуляторов, интерфейс ручного управления, и планирование траектории перемещения узлов.

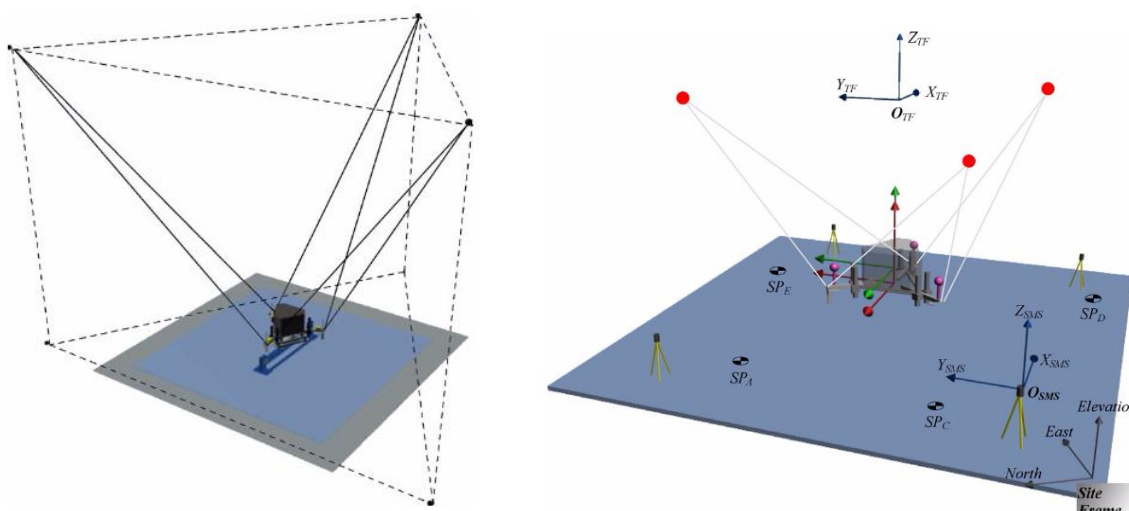


Рис. 3. Модель роботизированного крана

Реализация роботизированного комплекса такой конструкции была осуществлена в Италии в рамках проекта WASP, начатого в 2012 году, в рамках которого в 2014 году был разработан роботизированный комплекс BigDelta (рис.4), который имеет диаметр каркаса шесть метров, высота его достигает двенадцати метров [10]. Для создания объектов может использоваться обычная глина с присадками или обычный бетон на основе цемента. The BigDelta способен печатать небольшие дома целиком из подручных материалов, однако для перемещения его на но-

вое место требуется демонтаж и монтаж конструкции, что занимает около 4 часов времени трех человек и что делает невозможным изготовление строительных конструкций длиной более 6 метров. В числе достоинств комплекса следует отметить низкий расход энергии при данной конструкции, так как по трем вертикальным осям движется только экструдер, нагрузка на каждую ось составляет около 70 кг и требует установки приводов линейных перемещений мощностью около 300 Вт.



Рис. 4. Строительный роботизированный комплекс The BigDelta

Другим подходом к строительству сооружений является циркулярный строительный 3D-принтер ApisCor, разрабатываемый инженером Чен-Юн-Тай [11]. Данное устройство отличается от предыдущих моделей оригинальной кон-

струкцией. Данный 3D-принтер не является классическим трехосевым роботом, он базируется на вращающейся основе и имеет манипулятор в форме крана (см. рис.5)

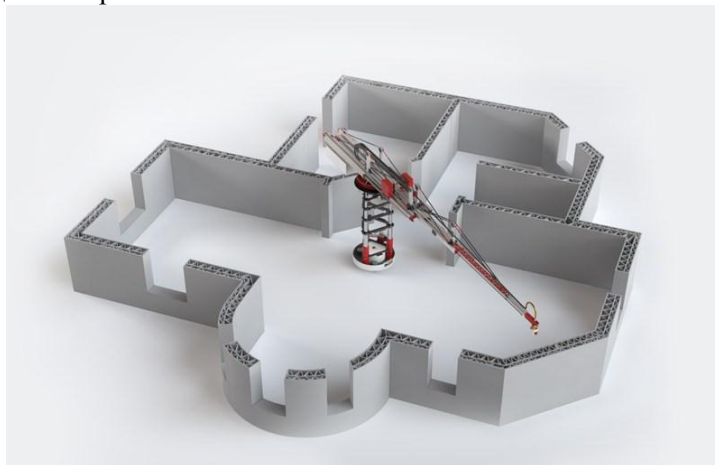


Рис. 5. Строительство зданий с помощью циркулярного 3D-принтер ApisCor

Данный принтер устанавливается в центре строительного объекта, и фактически, строительство происходит не снаружи, а изнутри, что по мнению разработчиков позволяет экономить до 70 % на цене строительства объектов. Управляющая программа данного строительного принтера имеет графический интерфейс. Она использует стандартный G-код: .cnc , .nc , .tar, .txt (стандарт текстовых файлов ISO 6983-1:2009). После загрузки G-кода в программу, она автоматически преобразует его в цилиндрические координаты, которые определяют траекторию движения экструдера. Сервер передачи данных базируется на контроллере RaspberryPi, который реализует базовые процедуры передачи управляющих команд и G-кода в цифровой сигнальный процессор, необходимый для расчета перемещений всех узлов принтера.

Программа работает в операционной системе Windows и использует TCP-протокол обмена данными. Программа использует стандартный набор управляющих модулей: загрузка кода, выбор области печати, вычисление цилиндрических координат, привязка к выбранной области печати, контроль скорости и ускорения.

Существенным недостатком роботизированного комплекса ApisCor является сложность задачи стабилизации положения экструдера в реальных условиях эксплуатации, поскольку при большой длине вылета руки печатающего механизма будут возникать колебания, связанные с динамикой движения экструдера или внешними воздействиями (например, ветер). Эти факторы существенно влияют на точность работы такого роботизированного комплекса.

В связи с этим поставлена задача создания алгоритмов, позволяющих универсализировать каждую из управляющих программ для выполнения сходных технологических задач, с возможностью удобной переналадки в зависимости от исходных данных и необходимых траекторий движения выходного звена.

Программный модуль создавался на базе лаборатории мехатроники и робототехники в центре высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова. Исследования проводились на робототехническом комплексе (рис. 6).



Рис. 6. Робототехнический комплекс для 3D-печати изделий

В состав комплекса входят следующие компоненты:

- робот-гексапод,



- блок управления подачей печатающего материала
- печатающая головка

Робот-гексапод имеет шесть степеней свободы выходного звена, высокую точность позиционирования  $\pm 0,1$  мм, грузоподъемность до 190 кг. Данная шестистержневая конструкция с параллельной кинематикой обеспечивает роботу необходимую жесткость при выполнении различных операций, требующих приложения силы, а также достаточно большую рабочую зону в пределах 1040 мм.

Блок управления подачей печатающего материала (рис. 7) состоит из следующих основных компонентов: 1 – корпус блока управления

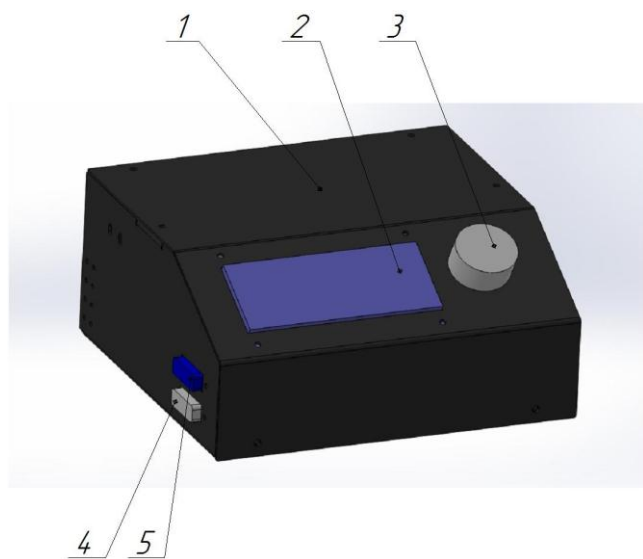


Рис. 7. Блок управления подачей печатающего материала

Блок управления подачей печатающего материала и робот-гексапод взаимодействуют следующим образом. В ходе работы посредством дискретных входов/выходов между блоком управления и контроллером робота происходит обмен информацией. Для каждого сигнала существует гальваническая развязка в виде оптопар PC817 для обеспечения безопасной работы и быстродействия.

На рисунке 9 приведен алгоритм управления движением робота-гексапода и подачи материала в печатающую головку при 3D-печати строительных изделий. Сигнал с контроллера Arduino MEGA 2560 1, платформа которого содержит 54 цифровых входов/выходов, поступает на плату расширения 2. Плата расширения Ramps 1.4 полностью совместима с контроллером Arduino MEGA 2560 и позволяет собрать полноценный контроллер 3D-принтера. На плате так же имеются входы обратной связи от конечных выключателей, ограничивающих перемещение по осям и вход термометра экструдера.

подачей пластика; 2 – экран; 3 – ручка управления; 4 – разъем RJ1; 5 – разъем RJ2.

Печатающая головка (рис. 8) крепится к выходной платформе робота-гексапода и в зависимости от конфигурации строительного изделия, а также требований, предъявляемых к нему, может быть оснащена соплами различного диаметра, что позволяет повысить скорость печати за счет толщины печатаемого слоя. В состав печатающей головки входят: 1 – корпус печатающей головки; 2 – вентилятор 40×40×10; 3 – двигатель подачи печатающего материала; 4 – блок нагрева печатающего материала; 5 – сопло 0,8 мм; 6 – механизм подачи печатающего материала; 7 – радиатор; 8 – вентилятор 40×40×20.

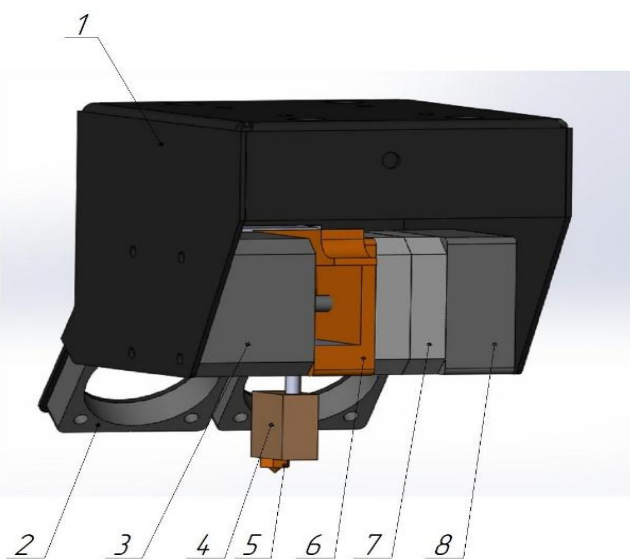


Рис. 8. Печатающая головка

На плате дополнительно установлены разъемы для подключения карты памяти типа SD и дисплея. На плату расширения устанавливается драйвер двигателя Polulu A4988 3, который управляет шаговым двигателем 4. В качестве шагового двигателя используется двигатель модели Nema 17, это самый оптимальный вариант по мощности и стоимости, а также данный шаговый двигатель широко зарекомендовал себя при конструировании 3D-принтеров. Также, с платы расширения подается напряжение 12В на нагреватель 5, а с учетом того, что контроллер поддерживает широтно-импульсную модуляцию (ШИМ), то появляется возможность управления скоростью вентилятора. Вентилятор на 3D-принтере может быть постоянно включенным на маленькой скорости, начиная со второго слоя, потом увеличивается скорость обдува при печати маленьких слоев. Нагреватель производит нагрев печатающего материала до необходимой температуры. В качестве объекта управления в нашем случае используется сопло 6, которое

может иметь различный диаметр. Для измерения температуры экструдера и платформы в конструкции используется термодатчик ТЗ650 7 номиналом 100 кОм. Термодатчик связан с кон-

троллером и является очень важной частью конструкции, так как разные виды материала требуют определённых температур и их нужно постоянно контролировать.

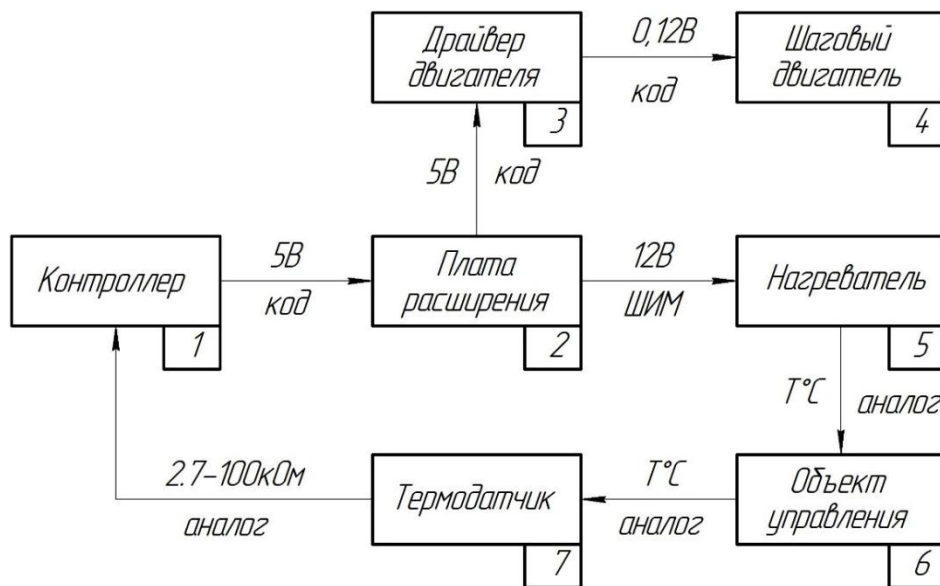


Рис. 9. Алгоритм управления движением робота-гексапода и подачи материала в печатающую головку при 3D-печати изделий

При взаимодействии блока управления подачей печатающего материала и контроллером робота-гексапода возникают следующие сигналы:

- 1) RO1 – выход с робота 1 (вход в блок управления) – разрешение на нагрев печатающего материала.
  - а) ON – нагрев разрешен
  - б) OFF – нагрев запрещен
- 2) RO2 – выход с робота 2 (вход в блок управления) – откат печатающего материала
  - а) ON – откат печатающего материала назад
  - б) OFF – откат печатающего материала вперед
- 3) RO3, RO4, RO5 – выход с робота-гексапода 3, 4, 5 (вход в блок управления) – двоичный код толщины слоя печати. Толщина слоя зависит от диаметра сопла.
- 4) RO6, RO7, RO8 – выход с робота 6, 7, 8 (вход в блок управления) – двоичный код скорости печати на определенной толщине слоя. Скорость печати регулируется в пределах от 0 до 57 мм/сек

Необходимо понимать, что для каждого определенного слоя печати существуют свои скорости печати. Так, например, при маленьких толщинах, скорость печати может осуществляться быстро, при больших толщинах – медленно.

Чтобы начать 3D-печать изделий на робототехническом комплексе необходима 3D-модель в формате .stl, которую нужно преобразовать в G-код. В нашем случае для создания 3D-моделей использовался программный комплекс

Solidworks, в котором проектировались 3D-модели строительных изделий различной сложности. Программное обеспечение, которое отвечает за преобразование объемной модели в G-код, называется «слайсером». Он позволяет перед печатью посмотреть, как размещена модель на столе, надо ли поддержки и выбрать все нужные параметры, в том числе скорость печати, толщину слоя, процент заполнения и т.д. Экспериментируя с настройками слайсера, можно добиться отличного качества для печати разного типа моделей. Модель режется (слайсится) по слоям. Каждый слой состоит из периметра и/или заливки. Модель может иметь разный процент заполнения заливкой, также заливки может и не быть (пустотелая модель). На каждом слое происходят перемещения по осям XY с нанесением расплава печатающего материала. После печати одного слоя происходит перемещение по оси Z на слой выше, печатается следующий слой и так далее.

На рисунках 10 и 11 показаны рабочее поле программы “Slicer”, куда добавлена пробная 3D-модель, и панель настроек печати (“Print Settings”). Одним из самых важных параметров, влияющих на качество печати является высота слоя (Layer height). При установке высоты слоя необходимо опираться на геометрию печатаемой модели и за какое время ее необходимо напечатать. При меньших параметрах печать будет осуществляться гораздо дольше. Главное правило при выставлении этого параметра: он не может превышать толщину используемого соп-

ла. Также, необходимо выбрать высоту первого слоя. Она, как правило, задается немного больше параметра *Layer height* для лучшего закрепления модели на столе. Поле *Perimeters* устанавливает количество слоев контура модели (или количество слоев стенки модели). Чем

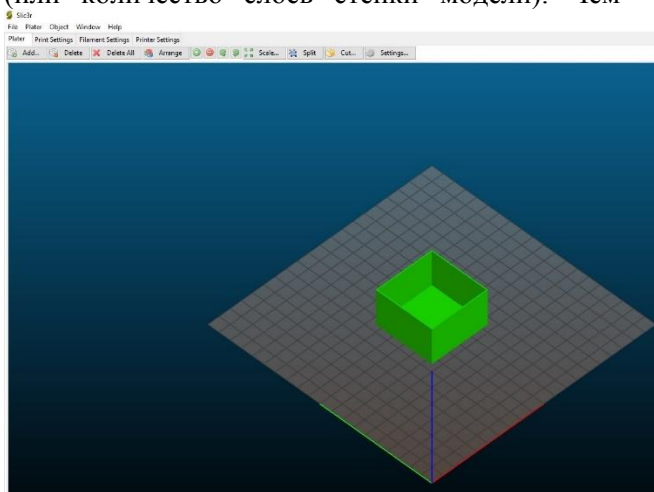


Рис. 10. Рабочее поле программы Slicer

Вторым важным параметром настроек печати является вкладка заполнение (“Infill”). Заполнение – это заливка пустого пространства внутри модели. Чем выше процент заполнения, тем крепче получается модель, но печатается

меньше число, тем меньше толщина стенки модели, а значит, модель будет более хрупкая. Минимально – 1, оптимально – 3–4 шт. В поле *Solid layers* необходимо добавить количество слоев с верхней (top) и нижней (bottom) закрывающих плоскостей модели (оптимально по 3–4).

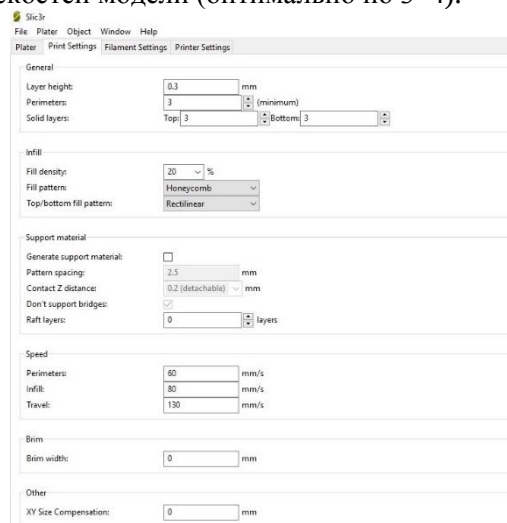


Рис. 11. Панель настроек печати в программе Slicer

при этом гораздо дольше, поэтому значение поля зависит от требований, предъявляемых к строительным изделиям. В программе можно выбрать различные виды заполнения модели печатающим материалом (рис. 12)

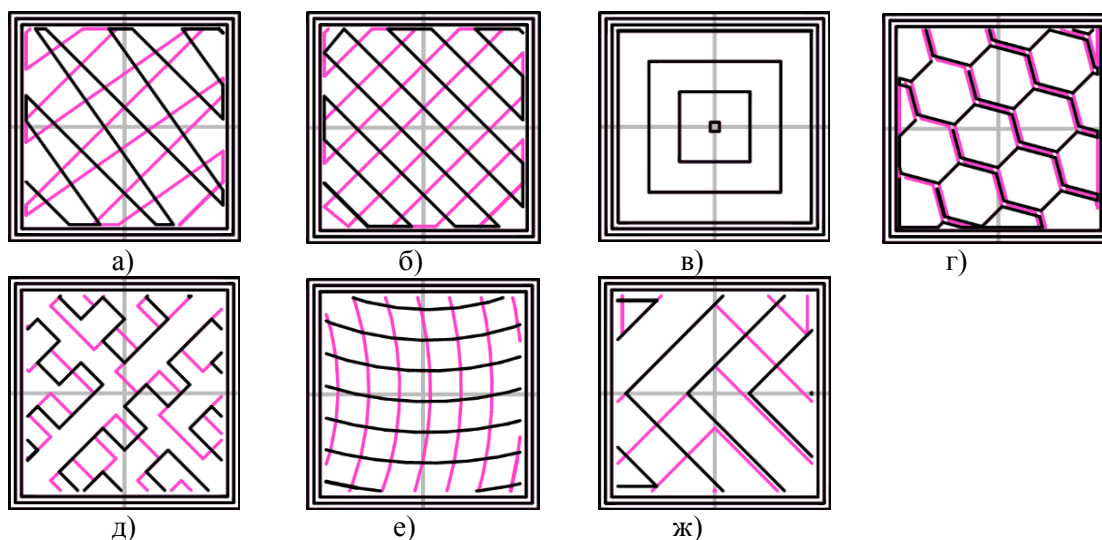


Рис. 12. Виды заполнения модели печатающим материалом:

- а) Линейное (Line); б) Прямолинейное (Rectilinear); в) Концентрическое (Concentric);  
 г) «Медовые соты» (Honeycomb); д) Кривая Гильберта (Hilbert Curve);  
 е) Хорды Архимеда (Archimedean Chords); ж) Спиральная октаграмма (Octagram Spiral)

Для каждого вида заполнения модели печатающим материалом можно выбрать процент заполнения в поле *Fill density*. Значения, вводимые в поле должны быть в пределах от 0 (без заполнения) до 0,99 (полное заполнение). Самым оптимальным из видов заполнения модели печатающим материалом считается honeycomb («медовые соты»). 3D-модели, полученные дан-

ным видом заполнения имеют небольшой вес и оптимальную прочность. Для верхних и нижних слоев печатаемой модели можно выбрать свой вид заполнения в поле *Top /bottom fill pattern*. На рисунке 13 показано изменение некоторых видов заполнения с ростом плотности (процента заполнения).

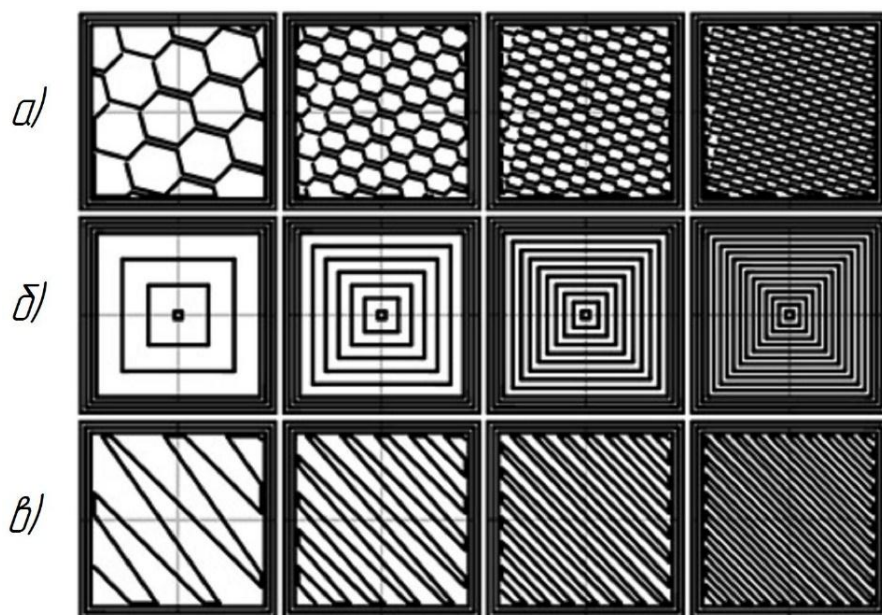


Рис. 13. Изменение видов заполнения с ростом процента заполнения:  
а) «Медовые соты» (Honeycomb); б) Концентрическое (Concentric); в) Линейное (Line)

Еще одним важным параметром настроек являются поддержки (“Support material”). Печать поддержек необходима для моделей с сильно выступающими или висящими в воздухе элементами. Печать поддержек можно включить в поле Generate support material. В настройках печати можно выбрать на каком количестве слоев

будет печататься поддержка, а также установить угол свеса модели, свыше которого и будут использоваться поддержки. Поддержки бывают всего трех видов: прямолинейная (Rectilinear); прямолинейная сетка (Rectilinear Grid); «медовые соты» (Honeycomb) (рис.14). Вид поддержки выбирается в поле Pattern.

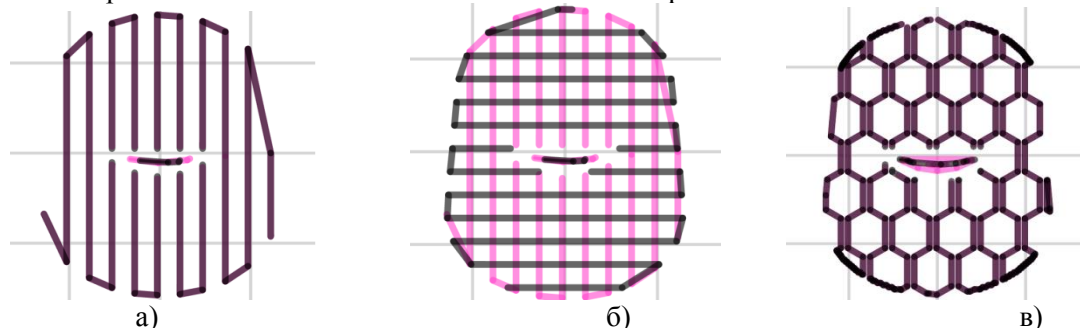


Рис. 14. Виды поддержек:  
а) прямолинейная (Rectilinear); б) прямолинейная сетка (Rectilinear Grid); в) «Медовые соты» (Honeycomb)

Вместе с поддержками при печати 3D-модели можно выбрать и печать плоты в поле (Raft layers). По сути плот – те же поддержки, только используется он, начиная с первого слоя, в основном для подъема модели на определенную высоту, а также для закрепления печатающего материала на основании в том случае, если у основания есть какие-то механические дефекты.

Очень важным параметром при 3D-печати является скорость. В программе Slicer скорость печати выбираем в поле “Speed”. Для каждого печатаемого изделия необходимо выбирать оптимальную скорость печати, так как при увеличении скорости печати ухудшается качество модели. Отдельно можно выбрать скорость печати

контура модели в поле Perimeters, скорость печати выбранного вида заполнения в поле Infill, а также скорость перемещения печатающей головки при переходе с одного слоя на другой в поле Travel.

В результате выполнения поставленной задачи были разработаны и реализованы алгоритмы в составе управляющих программ, позволяющие универсализировать их для выполнения 3D-печати изделий. Программа управления на основе данного алгоритма более простая, а также универсальная, что позволяет применять ее ко всей серии роботов с подобным контроллером. В результате разработан робототехнический комплекс для 3D-печати изделий различных размеров при помощи выходного сопла,



которое производит распыление рабочего вещества, а также приводятся основные настройки 3D-печати, с правильным выбором которых можно достичь необходимого качества получаемых моделей изделий.

*\*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, Соглашение № 16-19-00148.*

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Маергут В.З. Подходы к построению дискретных моделей непрерывных технологических процессов для синтеза управляющих автоматов / Маергут В.З., Игнатенко В.А., Бажанов А.Г., Шаптала В.Г. // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 2. С. 100-102.
2. Gardiner J., 2009, Sustainability and Construction Scale Rapid Manufacturing: a Future for Architecture and the Building Industry, Royal Melbourne Institute of Technology (RMIT) - 14th May Conference at Rapid 2009 Exhibition, Chicago – Illinois.
3. Exploration colonization resource extraction and utilization of Moon and Mars (ECROMM), in: Proceedings of the 62nd International Astronautical Congress IAC, Cape Town. Raval . 2011. 7845-51.
4. Cesaretti, Giovanni, Enrico Dini, Xavier de Kestelie, Valentina Colla, Laurent Pambaguian (January 2014). Building components for an outpost on the Lunar soil by means of a novel 3D printing technology. Acta Astronautica 93:430-450. doi:10.1016/j.actaastro.2013.07.034;
5. Ceccanti F., Dini E., De Kestelie X., Colla V., Pambaguian L.. 3D printing technology for a moon outpost exploiting lunar soil. 61st International Astronautical Congress, Prague, 2010, 9 p. и Goulas A., Friel R. J. 3d Printing with Moondust. Rapid Prototyping Journal. 09/2016; 22(5)
6. Строительные 3D принтеры. URL: <http://specavia.pro/catalog/stroitelnye-3d-printery/>
7. Свидетельство о регистрации Программы ЭВМ 2013616795. Программное обеспечение разработано на языке PureBasic и может функционировать под управлением операционных систем Windows и Linux. Оно предназначено для управления автоматизированным и роботизированным оборудованием. Номер регистрации (свидетельства): 2013616795, Дата регистрации: 22.07.2013, Номер и дата поступления заявки: 2013614653 06.06.2013, Дата публикации: 20.09.2013. Автор: Мотин В.М. Правообладатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Владивостокский государственный университет экономики и сервиса» (ВГУЭС) (RU).
8. Свидетельство о регистрации Программы ЭВМ 2014613261. Интерфейсная программа управления работой устройства быстрого трехмерного прототипирования. Дата регистрации: 21.03.2014. Номер и дата поступления заявки: 2013660571 18.11.2013. Дата публикации: 20.04.2014. Правообладатель: Общество с ограниченной ответственностью «Научно-Производственное Предприятие Интеллектуальные Информационные Системы».
9. Alan M. Lytle, Kamel S. Saidi, Roger Bostelman, William C. Stone, Nicholas A. Scott. Adapting a teleoperated device for autonomous control using three-dimensional positioning sensors: Experiences with the NIST RoboCrane // Automation in construction 13(1):101-118 · JANUARY 2004 DOI: 10.1016/j.autcon.2003.08.009.
10. BigDelta WASP 12 meters. URL: <http://www.wasproject.it/w/en/bigdelta-the-history/>.
11. New standards of construction technology. URL: <http://apis-cor.com/>.

**Rybak L.A., Mamaev Y.A., Malyshev D.I., Virabyan L.G.**

## SOFTWARE MODULE OF HEXAPOD ROBOT SPECIFIED MOVEMENT TRAJECTORY OF OUTPUT UNIT FOR 3D-PRINTING OF PRODUCTS

*The article deals with the problems of building the robot hexapod motion control algorithms with 3D-printing of products. The algorithm is based on the principles of building the cycle control programs and using of inside robot controller registers. Preparation of coatings with using of hexapod robot including a multi-layer, forming a by using the postprocessor has high complexity post-processor writing data. The control program on the basis of this algorithm is more simple, as well as universal, applicable to the entire series of robots with a similar controller. The paper presents the basic principles of working with the developed software module and is familiarization with the software interface. The basic configuration through 3D-printing developed software module and describes the optimal choice of these settings to achieve the desired quality of the product models.*

**Key words:** algorithm, hexapod robot, modeling, 3D-printing, the controller, software module, extruder, control block.

**Рыбак Лариса Александровна** доктор, технических наук, профессор, кафедры технологии машиностроения.  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.  
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.  
E-mail: rl\_bgtu@intbel.ru

**Мамаев Юрий Александрович**, главный инженер, ООО «Карботек»  
Адрес: Россия, 308023, Белгород, ул. Студенческая, к. 28, пом. 307.  
E-mail: rl\_bgtu@intbel.ru

**Малышев Дмитрий Иванович**, аспирант кафедры технологии машиностроения.  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.  
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.  
E-mail: rl\_bgtu@intbel.ru

**Виравян Лусине Гарниковна**, магистрант кафедры технологии машиностроения.  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.  
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.  
E-mail: rl\_bgtu@intbel.ru

*Татаринovich Б.А., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный аграрный университет им. В.Я. Горина  
Котляров В.О., канд. техн. наук, доц.,  
Курило Е.М., студент*

*Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»*

## ОПЫТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ ДЛЯ ОБСЛЕДОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

Tarin2@mail.ru

*Автономный мобильный робот способен в автоматическом режиме выполнять работы по обследованию территории строительства. Ориентация робота в пространстве может быть реализована с помощью фотограмметрических методов. Эти методы позволяют преобразовать получаемые роботом изображения окружающего пространства в план местности. Такой план используется для идентификации базовых точек контуров и сегментов линий, выделенных на изображении. Для этих точек определяются их локальные координаты, которым ставятся в соответствие данные систем глобального позиционирования и картографических Internet-сервисов. Предложенные проектные решения позволяют получить точность ориентирования робота, превышающую точность каждого отдельного источника глобальных и локальных координат.*

**Ключевые слова:** *мобильный робот, система ориентирования, фотограмметрия, программное обеспечение.*

**Введение.** При строительстве объектов и обустройстве территорий бывает необходимо обследовать обширную территорию с целью замеров геодезических, технологических, экологических и других параметров на сетке точек опробования с плотностью, зависящей от производственной задачи и площади участка. Размер ячейки сети исследования изменяется от десятков сантиметров до нескольких метров. Такую рутинную и трудоемкую работу обхода территории может выполнить мобильный робот [1, 2, 3]. В ходе создания таких роботов был накоплен опыт применения аппаратных и программных проектных решений, позволяющих в некоторых случаях повысить точность позиционирования робота и определения координат объектов окружающего пространства при одновременном снижении вычислительной нагрузки процессора робота.

**Методология.** При обследовании территории траектория движения робота организуется по разным схемам автоматического движения, простейшей из которых является челночное движение вдоль продольной линии обследуемой территории с заданным интервалом остановок, необходимых для замера параметров. Схема движения выбирается с помощью базовой станции, связь с которой организуется по радиоканалу, в частности стандарта Wi-Fi. Базовая станция используется и для долговременного хранения собранной роботом информации. Одной из задач управления движением является ориентирование робота в окружающем пространстве, определение его локальных и глобальных координат и координат наблюдаемых объектов пространства. Зачастую эта задача решается слож-

ными методами, например, методами одновременной локализации и построения карты (SLAM – *Simultaneous Localization and Mapping*) [1, 3]. Однако они требуют использования для вычислений высокопроизводительного процессора, и не всегда дают удовлетворительный результат.

Обеспечить необходимую для обследования территории строительства точность локализации может в ряде случаев применение сочетания нескольких относительно простых аппаратных и программных средств [11]. Опыт проектирования роботов показал, что движение по заданной траектории может выполняться с одновременным использованием в подсистеме навигации робота следующих видов ориентации:

- грубая ориентация в границах участка, которая реализуется по системе спутниковой навигации систем ГЛОНАСС и GPS в режимах абсолютных определений, дающих точность 3–5 метров, а при возможности так же в режимах относительных (0,5 – 2 м) и дифференциальных (0,2 – 0,4 м) измерений, при длительности измерений до минуты [9, 10];

- уточнение локализации методами фотограмметрии, путем обработки изображений, получаемых с бортовых видеокамер, дающих точность позиционирования 0,02–0,1 м при расстояниях в сотни метров и временных затратах на процесс обработки изображения в доли секунды;

- ориентация на базе данных картографических веб-сервисов;

- локальная ориентация с использованием средств прямого и косвенного измерения систем

управления движением робота, в частности, систем стабилизации полета для беспилотных летательных аппаратов и систем управления электроприводов колес.

**Основная часть.** Выбранный подход к проектированию подсистемы навигации применялся для автономных мобильных роботов разных типов – летающих и колесных, требующих ориентации в пространстве при своей работе. Как показала практика, визуальная локализация на основе методов фотограмметрии при определенных условиях обеспечивает достаточно высокую точность навигации робота и не требует использования высокопроизводительного процессора. Кроме средств получения фотоизображений дополнительно на некоторых роботах устанавливались ультразвуковой датчик и лазерный дальномер, смонтированные жестко относительно друг друга на поворотной площадке, имеющей две степени свободы: горизонтальную (азимутальную) и вертикальную (угломестную), так что их продольные оси измерений параллельны. Движение этой площадки осуществляют сервоприводы ориентации, выполняющие два движения: горизонтальное по азимуту – от одного крайнего положения к другому, и в вертикальной плоскости. Пределы поворотов сервоприводов в вертикальной и горизонтальной плоскости задаются от результата дешифрирования изображения от фронтальной навигационной камеры (технология геодезического сканирования).

В изображениях окружающего пространства, получаемых с помощью видеокамеры или датчиков другого типа, различаются несколько категорий точек:

- точки без отклика (свободное пространство);
- точки со слабым откликом от далеко расположенных предметов (движение возможно, но выполняется дополнительная вычислительная работа по дешифрированию изображения по курсу следования);
- точки с нулевым отражением по ультразвуку и сильным отражением лазерного луча от маркера-катафота, поставленного как навигационный маяк (для ориентирования робота используются данные в виде углов и расстояний до маркерных точек);
- точки с сильным отражением, прежде всего по ультразвуку – данные используются для маневра обхода препятствий.

Для колесных роботов применялась также технология локальной навигации по данным прямых и косвенных измерений, получаемых от систем управления электроприводов колес робота. Косвенные измерения выполнялись наблю-

дающим устройством, входящим состав системы модального управления электроприводом колес. Для робота-дрона в системе навигации ориентирования и навигации дополнительно применялись следующие имеющиеся на борту датчики: 3-осный гироскоп с точностью 2000 °/с, 3-осный акселерометр с точностью +/- 50 мг, 3-осный магнетометр с точностью 6°, барометрический альтиметр с точностью +/- 10 Па, ультразвуковой датчик для определения высоты над поверхностью почвы.

Грамотное сочетание перечисленных аппаратных средств позволяет значительно повысить точность определения координат робота и эффективно решать задачи построения карты исследуемой среды и построение заданной траектории движения робота на этой карте.

Предлагаемым способом локализации мобильных роботов является применение фотограмметрических методов [6–8], которые позволяют получать пространственные координаты объекта по его разноракурсным фотографиям. К основным задачам, которые нужно решить для получения трехмерных координат объектов окружающей среды и самого робота, относятся следующие:

- 1) Выбор конфигурации съемки. Качество измерений зависит от масштаба съемки, расположения камер, формы объектов и прочего. Поэтому для обеспечения заданных показателей качества ориентирования нужно решать задачу выбора параметров и расположения камеры;
- 2) Задача калибровки, т.е. задание адекватной математической модели съемки и оценки параметров данной модели [4, 5].
- 3) Задача стерео-отождествления – идентификация одной и той же точки на разноракурсных снимках одного объекта и получение координат на этих снимках.
- 4) Задача расчета трехмерных координат объекта сложной формы, т.е. определение трехмерных координат точек объекта, одновременно наблюдаемых не менее с двух точек зрения.

Процесс позиционирования по фотоизображению состоит в получении кадров съемки (фото или видео серийная съемка) с фронтальной курсовой камеры и дешифрирование фотоизображения с целью распознавания навигационных ориентиров. Затем методами фотограмметрии вычисляются угловые координаты навигационных ориентиров, расстояние до ориентира, плановые координаты робота в какой-либо системе координат.

Первым этапом обработки изображений становится задача преобразования начальных снимков центральной проекции в ортогональное изображение местности. Поточковые фото-видео

изображения накапливаются в флэш-памяти на борту робота или передаются на базовую станцию по радио каналу. В последнем случае дальнейшее преобразование изображения может производиться на базовой станции, если вычислительных ресурсов на борту робота недостаточно.

Преобразование изображения идёт покадрово. Сначала на изображении выделяются контуры и сегменты линий со снятием их координат в пиксельной системе, и идентифицируются их базовые точки. Далее выполняется распознавание на изображении контуров навигационных ориентиров, для которых известны точные координаты данных GPS или картографирования, по которым вычисляются координаты камеры.

Локальные координаты базовых точек определяются методами фотограмметрии. Основная суть этих методов - пересчет пиксельных координат изображения в координаты местности. Для этого используются локальные системы координат с началом в точке пересечения главной оптической оси снимка с плоскостью снимка и с предметной плоскостью (с плоскостью рабочей поверхности).

При применении методов фотограмметрии используется математическая модель камеры. В традиционных фото и видеокамерах снимок формируется по закону центрального проектирования, когда точка на снимке получена как точка пересечения с плоскостью снимка прямой, проходящей через центр проекции и точку объекта. При рассмотрении модели камеры считается, что любая точка снимка в этой системе координат имеет координаты  $(x, y, f)$ . Величина  $f$  равна расстоянию от центра проектирования до плоскости снимка. Преобразование пиксельных координат точки изображения осуществляются следующим образом. Пиксельные координаты  $X_{pix}, Y_{pix}$  превращаются в искаженные координаты  $X_a, Y_a$ . Вычисляются нелинейные искажения  $\Delta x, \Delta y$  для каждой точки изображения. Далее вычисляются действительные координаты  $x, y$  точки изображения путем добавления к рассчитанным координатам соответствующих нелинейных искажений:  $x = X_a + \Delta x, y = Y_a + \Delta y$ .

При решении задачи вычисления координат точки изображения, соответствующей данной точки поверхности, необходимо по действительным координатам  $(x, y)$  вычислить пиксельные координаты  $X_{pix}, Y_{pix}$  точки изображения. Далее все геометрические отношения записываются для истинных координат изображения, выраженных через пиксельные координаты. Положение изображения относительно выбранной фотограмметрической системы координат, в которой измеряются пространственные координаты

точек объекта, определяется вектором координат точки съемки  $x, y, z$  и матрицей вращения  $A$ , которая является функцией трех углов последовательных поворотов системы координат. В данном методе используется последовательность углов поворотов  $\alpha, \omega, k$  относительно осей  $OY, OX, OZ$ , принятая в аэросъемке. Преобразование в систему координат местности выполняется по простым формулам, исходя из имеющихся на момент получения изображения данных:

$$X_i = H \cdot x_i / ((f \cdot \cos(\alpha) - x_i \cdot \sin(\alpha)) \cdot \cos(\omega)),$$
$$Y_i = H \cdot y_i / ((f \cdot \cos(\alpha) - x_i \cdot \sin(\alpha)) \cdot \sin(\omega)),$$

где,  $\alpha$  - угол наклона камеры,  $H$  - высота камеры,  $f$  - фокусное расстояние,  $x_i$  - координата на изображении,  $X_i$  - координата на местности,  $i$  - номер точки. Координаты в локальной системе на местности имеют начало координат в точке, соответствующей началу координат изображения.

Приведем системные требования к программному обеспечению, которое должно решать поставленные задачи ориентирования робота методами фотограмметрии:

- 1) Система должна получать изображение с камеры для дальнейшей обработки;
- 2) Система должна получать дополнительные данные об изображении: высота камеры, угол наклона, фокусное расстояние камеры.
- 3) Полученное изображение должно храниться в базе данных изображений.
- 4) Полученные данные об изображении должны храниться в базе данных.
- 5) Программное обеспечение для построения карты должно находить оптический центр загружаемого изображения.
- 6) Программное обеспечение должно обеспечивать построение осей координат.
- 7) Программное обеспечение должно обеспечивать выбор базовых маркерных точек на изображении, принадлежащих контурам и сегментам линий.
- 8) На основе полученных координат маркерных точек система должна строить план местности методами фотограмметрии.

Дерево функций разработанного программного обеспечения подсистемы ориентирования мобильного робота показано на рис. 1.

Составной частью разработанного программного обеспечения является модуль построения уточненной карты местности. Входными данными для этого модуля являются выделенные контуры объектов на изображении с указанием их рассчитанных координат. На такой локальный план местности наносится масштабная сетка и далее он сопоставляется с картой, полученной с помощью картографического сервиса, например, Google Maps. Точность таких карт обычно меньше точности локализации ро-

бота, даваемой применяемыми методами фотограмметрии. Поэтому далее выполняется распознавание образов на карте и на локальном плане,

и карты уточняются переносом на них локальных координат контуров с созданного локального плана местности.

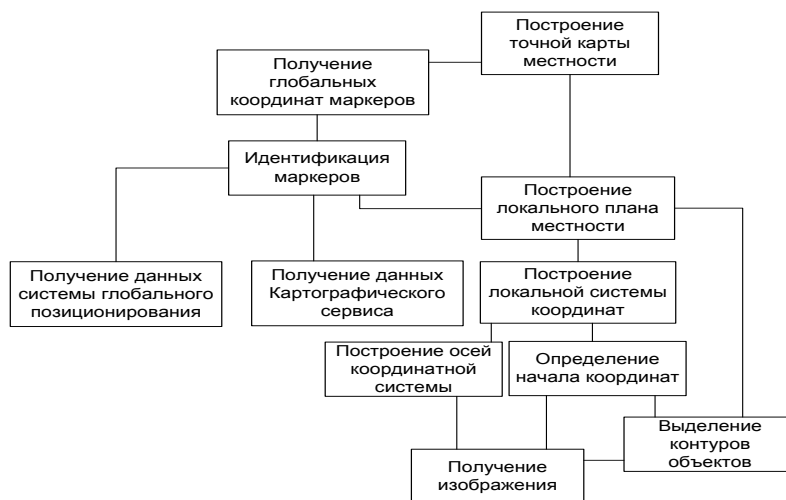


Рис. 1. Функции подсистемы ориентирования робота

Последовательность базовых операций, выполнение которых требуется для локальной ори-

ентации робота в окружающем пространстве, показана на рис. 2:

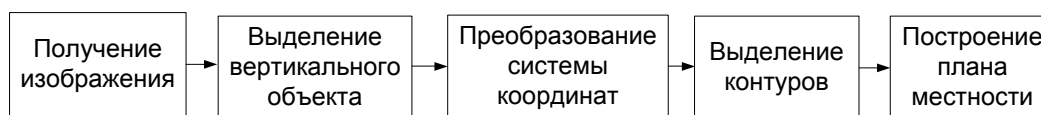


Рис. 2. Операции локальной ориентации

Сначала изображение получается с фронтальной камеры. Вместе с изображением поступает дополнительная информация, такая как, высота камеры, угол наклона, и фокусное расстояние камеры. Поступившая информация сохраняется в базе данных. На изображении выделяются вертикальные объекты и строятся ортогональные оси – ОХ, параллельная данному объекту, и ОУ. Затем на изображении выделяются контуры объектов и их опорные точки, для которых рассчитываются координаты в локальной и глобальной системах. Такая последовательность программных операций была реализована в рамках архитектуры «Фильтры-каналы», которая при необходимости легко модифицируется. Программная реализация методов обработки изображений выполнена с применением средств библиотеки OpenCV. На фотоизображениях территорий, выделенных под строительство, или изображениях современной городской застройки легко выделить контуры относительно простой геометрической формы и протяженные сегменты линий, близких к вертикальному или горизонтальному положению – вертикальные здания, подъездные дороги и прочее. Как показывает имеющийся опыт, такая специфика предметной области позволяет применить эффективные в вычислительном смысле

методы фотограмметрии [12], которые в сочетании с другими алгоритмами, позволяют реализовать применение роботов для обследования территории.

**Выводы.** Таким образом, сочетание нескольких аппаратных и программных средств для определения координат робота и объектов окружающего пространства обеспечивает необходимую точность автоматического обследования территории строительства. При этом использование методов фотограмметрии позволяет применить менее сложные алгоритмы вычислений и требует меньшей производительности процессора робота в сравнении с рядом других известных методов локализации.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Springer Handbook of Robotics / Editors B.Siciliano, O.Khatib. Berlin: Springer-Verlag, 2008.
2. Mobile robots – current trends / Editor Zoran Gacovski. Rijeka: InTech, 2011.
3. Fernández-Madrigal J., Claraco J. Simultaneous Localization and Mapping for Mobile Robots: Introduction and Methods: Introduction and Methods, 2013.

4. Красильников Н. Н. Цифровая обработка 2D- и 3D-изображений: учеб. пособие для вузов. СПб.: БХВ-Петербург, 2011. 608 с.

5. Марр Д. Зрение (Информационный подход к изучению представления и обработки зрительных образов). М.: Радио и связь, 1987. 400 с.

6. Татаринович Б.А. Половинко В.В. Фотограмметрия. БелГУ, 2009. 54 с.

7. Татаринович Б.А., Бидыло М.И., Половинко В.В. Использование цифровых камер для плановой съемки местности // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2009. № 9. С. 50–54.

8. Татаринович Б.А., Половинко В.В. Интенсификация фотосъемочных работ путем применения специального оборудования и алгоритмов вычисления // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2010. №5. С. 64–66.

9. Татаринович Б.А. Информационные технологии обработки файлов протоколов GPS/Б.А. Татаринович, А.А. Тарин // Mining informational and analytical bulletin. Горный ин-

формационно-аналитический бюллетень. Автоматизированные и информационные системы. 2014. №9. С. 148–158.

10. Татаринович Б.А., Тарин А.А. Информационные технологии. Точностные характеристики местоопределения по локальным и широкозонным поправкам. // Mining informational and analytical bulletin. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2014. №8. С. 322–327.

11. Грузинов В.С., Кавешников М.Б., Ковальчук А.К., Кулаков Д.Б., Семенов С.Е., Старостин А.Ю., Татаринович Б.А., Шайтура С.В. Геоинформационные системы в управлении двуногими шагающими роботами. Часть 2. Системы космической навигации // Монография, М.: Изд. "Рудомино", 2010. 196 с.

12. Рязанов М.Н., Татаринович Б.А. Анализ программного обеспечения ГИС // Реалии и перспективы в экономике и управлении проектами Сборник научных статей. С-Петербург. 2013. С. 115–119.

---

**Tatarinovich B.A., Kotlyarov V.O., Kurilo E. M.**

**EXPERIENCE IN DESIGNING MOBILE ROBOTS FOR A CONSTRUCTION SITE EXPLORATION**

*An autonomous robot is able to automatically explore construction site. The robot's space orientation can be executed by means of photogrammetric techniques. These techniques allow transforming images of the surrounding space to the construction site plan. This plan is used to identify the basis points of the contours and line segments recognized in the images. The local coordinates of these points are determined and correlated with data of the global positioning system and mapping web-services. The introduced design solutions result in accuracy of the robot orientation exceeding that of global and local coordinates obtained from individual sources.*

**Key words:** mobile robot, localization system, photogrammetry, software.

---

**Татаринович Борис Александрович**, кандидат технических наук, доцент кафедры Информатики и Информационных Технологий

Белгородский государственный аграрный университет им. В.Я.Горина

Адрес: Россия, 308503, Белгородская область, Белгородский район, п. Майский, ул. Вавилова, 1

E-mail: Tarin2@mail.ru

**Котляров Владимир Олегович**, кандидат технических наук, доцент кафедры "Автоматизированные электро-механические системы"

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»

Адрес: Украина, 61002, Харьков, ул. Фрунзе 21

E-mail: kotlyarov@kpi.kharkov.ua

**Курило Евгений Михайлович**, студент кафедры "Радиоэлектроника"

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»

Адрес: Украина, 61002, Харьков, ул. Фрунзе 21

E-mail: zhenyakurilo@gmail.com

Лазебная Е.А., доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СЛУЖБЫ ЗАНЯТОСТИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРЕДПОЧТЕНИЙ КЛИЕНТА И ПОДБОРА СВЕДЕНИЙ

l\_el\_a@mail.ru

Задача содействия полной и экономически эффективной занятости населения требует создания и использования в работе службы занятости механизма, позволяющего определять требования клиентов и подбор сведений, основанных на степени их соответствия предпочтениям клиентов. Для учета требований отдельного соискателя к виду и характеристикам рабочего места выделяется ряд показателей, позволяющих определить степень предпочтений соискателя при подборе рабочего места. Для обеспечения подбора кандидата наиболее удовлетворяющего всем потребностям предприятия для конкретной вакансии также выделяется ряд показателей (критериев), позволяющих определить степень предпочтений кандидатур. Все показатели носят качественный характер и для определения их количественного значения использован аппарат нечетких множеств. Группы показателей образуют систему предпочтений, используемую в работе службы занятости.

**Ключевые слова.** Весовой коэффициент, система предпочтений, групповая экспертная оценка, функция принадлежности.

**Введение.** Одним из основным механизмов рынка труда является взаимодействие между спросом на рабочую силу и предложением рабочих мест [1], при этом функциями рыночного механизма являются следующие:

- регулирование спроса и предложения труда, обеспечение встреч между продавцами рабочей силы и работодателями для заключения договоров в целях соединения;
- обеспечение конкуренции между работниками за рабочие места, а между работодателями за наем рабочей силы;
- содействие полной и экономически эффективной занятости [2–4].

Существующие в настоящее время специальные центры, деятельность которых направлена на оказание содействия трудоустройству, работают, в основном, с информационными поисково-консультативными системами, безусловно, выполняют большую работу с целью оказания содействия трудоустройству, но возможности таких систем часто ограничены отсутствием механизма, позволяющего определять требования клиентов и подбор сведений, основанных на степени их соответствия предпочтениям клиентов.

Модель потоков данных для выполнения запросов от клиентов с использованием системы предпочтений [5] изображена на рис. 1. Внешними сущностями в ней являются соискатель и предприятие, выполнение подбора вакансий и кандидатур осуществляется на основании информации расположенной в хранилищах Вакансии и Соискатели соответственно [6].

**Основная часть.** Для учета требований отдельного соискателя к виду и характеристикам рабочего места, используется критериальный подход [7, 8]: выделяется ряд показателей (кри-

териев), позволяющих определить степень предпочтений соискателя при подборе рабочего места. Для более корректного, правильного подбора вакансии каждому критерию должен присваиваться определенный весовой коэффициент [9, 10], в зависимости от предпочтений соискателя.

**Вычисление весовых коэффициентов в зависимости от предпочтений соискателя.** В первую очередь соискателю необходимо распределить критерии по группам, расположенным в порядке убывания значимости. В зависимости от места занимаемого критерием вычисляется его весовой коэффициент по формуле:

$$\lambda_i = \frac{2 \cdot (n - r + 1)}{(n + 1) \cdot n}, \quad (1)$$

где  $\lambda_i$  - весовой коэффициент  $i$ -го критерия ( $i = \overline{1, n}$ ),  $n$  - общее количество учитываемых критериев;  $r$  - значимость критерия (номер по порядку в списке всех критериев)

Необходимо отметить, что несколько критериев могут входить в одну группу. В этом случае они получают одинаковый весовой коэффициент, который вычисляется как среднее арифметическое всех коэффициентов данной группы [11].

**Критерии для оценки степени соответствия вакансий требованиям соискателя.** В зависимости от вида и характера проявления критерия используются различные способы получения и отражения соответствия отдельного критерия требованию, отраженные в виде функций принадлежности. В зависимости от типа и возможных значений оценка критериев производится по заранее определенному механизму [12]. Значение каждого из критериев при-



надлежит отрезку  $[0, 1]$ . Описание критериев, используемых при подборе вакансии соискате-

лем с помощью функций принадлежности, приводится в табл. 1.

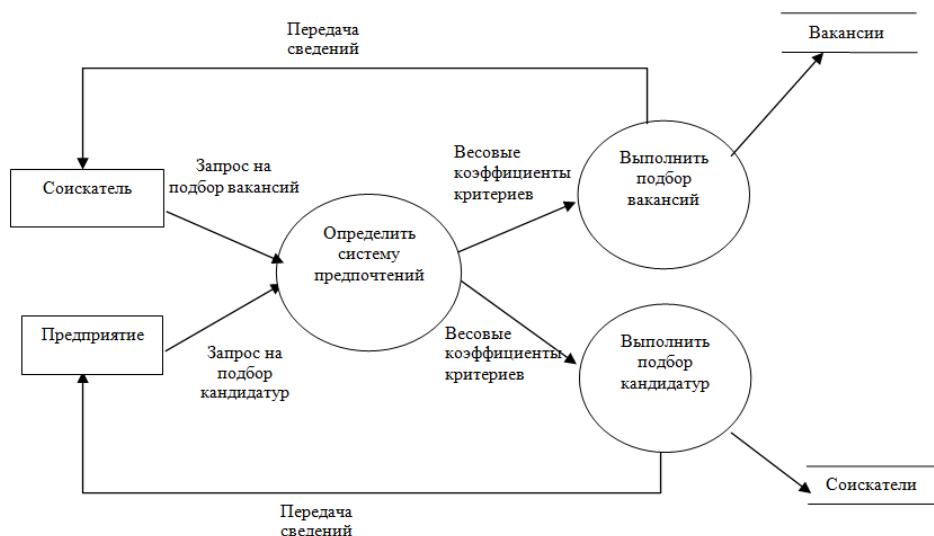


Рис. 1. Модель потоков данных работы системы с использованием системы предпочтений

Таблица 1

Вид функций принадлежности критериев при подборе вакансии

| Наименование критерия                                                                             | Функции принадлежности                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | График функции принадлежности |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Зарботная плата                                                                                   | $SS_{zp} = \begin{cases} 0, & zp = 0 \\ \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos\left(\frac{zp - zp_{tr}}{zp_{tr}} \pi\right), & 2 < zp_{tr} \leq zp \\ 1, & zp > zp_{tr} \end{cases}$ <p><math>SS_{zp}</math> – коэффициент степени соответствия критерия заработная плата требуемому значению;<br/> <math>zp</math> – размер заработной платы конкретного рабочего места;<br/> <math>zp_{tr}</math> – размер заработной платы в соответствии с требованиям соискателя.</p>                                                                                                                                                       |                               |
| Степень соответствия рабочего места специальности                                                 | $SS_{cc} = \begin{cases} 1, & cc \geq cctr \\ \frac{cc}{cctr}, & cc < cctr \end{cases}$ <p><math>SS_{cc}</math> – коэффициент соответствия критерия степени соответствия рабочего места специальности требуемому значению;<br/> <math>cc</math> – степень соответствия рабочего места специальности;<br/> <math>cctr</math> – требуемая степень соответствия рабочего места специальности.</p>                                                                                                                                                                                                                           |                               |
| Режим работы (аналогично определяются функции принадлежности для критериев Город Характер работы) | $SS_{rr} = \begin{cases} \eta_i, & \exists rr_{tr_i} = rr \\ 0, & \forall rr_{tr_i} \neq rr \end{cases} \quad (i = \overline{1, m})$ <p><math>SS_{rr}</math> – коэффициент степени соответствия режима работы рабочего места требуемому значению;<br/> <math>rr_{tr_i}</math> – <math>i</math>-й режим работы, выбранный соискателем;<br/> <math>\eta_i</math> – весовой коэффициент <math>i</math>-го режима;<br/> <math>i</math> – количество выбранных режимов;<br/> <math>rr</math> – режим работы конкретного рабочего места;<br/> <math>n</math> – общее количество предоставляемых для выбора режимов работы.</p> |                               |

**Критерии для оценки степени соответствия кандидата требованиям работодателя.** Для обеспечения подбора кандидата наиболее удовлетворяющего всем потребностям предпри-

ятия для конкретной вакансии также необходимо определить множество критериев. Такой подход позволяет учитывать предпочтения работодателя для получения наиболее подходящих

кандидатур [13]. Описание критериев, используемых при подборе кандидатур работодателем с

помощью функций принадлежности, приводится в табл. 2.

Таблица 2

### Вид функций принадлежности критериев при подборе кандидатур

| Наименование критерия                                                                                                 | Функции принадлежности                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | График функции принадлежности |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Средний балл диплома                                                                                                  | $SS_{sb} = \begin{cases} 0, & sb \leq 2 \\ \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos\left(\frac{sb - sbtr}{sbtr - 2} \pi\right), & 2 < sb \leq sbtr \\ 1, & sb > sbtr \end{cases}$ <p><math>SS_{sb}</math> – коэффициент степени соответствия среднего балла кандидата требуемому значению;<br/> <math>sb</math> – средний балл кандидата;<br/> <math>sbtr</math> – средний балл, требуемый работодателю.</p>                                                                                                                                                                                      |                               |
| Стаж работы                                                                                                           | $SS_{cr} = \begin{cases} 1, & cr \geq crtr \\ \frac{cr}{crtr}, & cr < crtr \end{cases}$ <p><math>SS_{cr}</math> – коэффициент степени соответствия стажа работы требуемому значению;<br/> <math>cr</math> – стаж работы кандидата;<br/> <math>crtr</math> – требуемый работодателем стаж.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                               |
| Возраст                                                                                                               | $SS_v = \frac{1}{1 + e^{pv(v-v2tr)}} \cdot \frac{1}{1 + e^{-16(v-v1tr)}}$ <p><math>SS_v</math> – коэффициент степени соответствия возраста требуемому значению;<br/> <math>v1tr, v2tr</math> – соответственно минимальный и максимальный возраст кандидата, требуемый работодателю.<br/> <math>v \in [16, \text{пенсионный возраст (pv)}]</math>;<br/> <math>pv</math> – пенсионный возраст.</p>                                                                                                                                                                                        |                               |
| Степень соответствия специальности рабочему месту                                                                     | $SS_{cc} = \begin{cases} 1, & cc \geq cctr \\ \frac{cc}{cctr}, & cc < cctr \end{cases}$ <p><math>SS_{cc}</math> – коэффициент соответствия критерия степени соответствия специальности кандидата рабочему месту требуемому значению;<br/> <math>cc</math> – степень соответствия рабочего места специальности;<br/> <math>cctr</math> – требуемая степень соответствия специальности рабочему месту.</p>                                                                                                                                                                                |                               |
| Иностранный язык (аналогично определяются функции принадлежности для критериев: Знание компьютера Водительские права) | $SS_{in} = \begin{cases} \rho_i, & \exists \text{int } r_i = in \\ 0, & \forall \text{intr}_i \neq in \end{cases} \quad (i = \overline{1, m})$ <p><math>SS_{in}</math> – коэффициент степени соответствия критерия иностранный язык требованиям работодателя;<br/> <math>intr_i</math> – <math>i</math>-й язык, выбранный работодателем;<br/> <math>\rho_i</math> – весовой коэффициент <math>i</math>-го языка;<br/> <math>i</math> – количество выбранных языков;<br/> <math>in</math> – язык, которым владеет кандидат;<br/> <math>n</math> – общее количество выбранных языков.</p> |                               |
| Пол (аналогично определяется функция принадлежности для критерия Семейное положение)                                  | $SS_{kr} = \begin{cases} 1, & krtr = kr \\ 0, & krtr \neq kr \end{cases}$ <p><math>SS_p</math> – коэффициент степени соответствия пола кандидата требуемому значению;<br/> <math>p</math> – пол кандидата;<br/> <math>ptr</math> – пол, определяемый требованиями работодателя.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                               |

На основе полученных значений степеней соответствия всех отобранных критериев требованиям соискателя, необходимо получить агре-

гированное количественное значение для каждого рабочего места, которое отражает соответствие в целом вакансии этим требованиям. Для

вычисления коэффициента соответствия рабочего места требованиям соискателя используется формула:

$$SS = \sum_{j=1}^n \lambda_j \cdot SS_j,$$

где  $SS$  – степень соответствия рабочего места требованиям соискателя;  $\lambda_j$  – весовой коэффициент  $j$ -го критерия;  $SS_j$  – степень соответствия  $j$ -го критерия требованиям соискателя;  $n$  – общее количество учитываемых критериев.

Аналогичным образом определяется агрегированное количественное значение для каждого соискателя, которое отражает соответствие в целом кандидата требованиям работодателя.

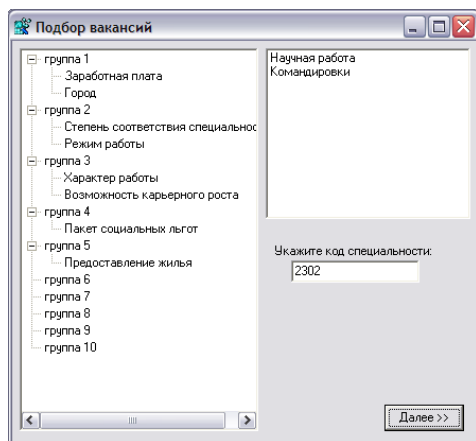
**Формирование матриц нечетких отношений предпочтений для определения степени соответствия специальности кандидата рабочему месту.** Для более точного определения и оценки некоторых качественных аспектов, при описании критериев, слабо поддающихся формализации, каковым представляется критерий  $ss$ , представляющий степень соответствия специальности кандидата рабочему месту специальности, целесообразно учитывать мнение экспертов. При этом имеется в виду, что эксперты в достаточной степени обладают знаниями и представлениями об исследуемых объектах, поэтому задача определения рассогласованности в полученных значениях функции принадлежности, не рассматривается [14].

Гибким способом формализации имеющихся у экспертов знаний о реальной ситуации представляется такой, при котором они имеют возможность описывать степень своей убежденности в предпочтениях между элементами множества с помощью действительных чисел из интервала  $[0,1]$  и целых чисел из интервала  $[1,b]$  ( $b$  – натуральное число, определяемое разработчиком).

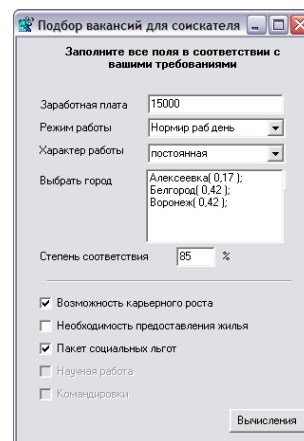
Перед каждым из экспертов стоит задача попарного сравнения степеней принадлежности исследуемой специальности  $k_1$ -го и  $k_2$ -го рабочих мест (здесь  $k_1, k_2=1, \dots, p$  индексы элементов множества рабочих мест  $RM$ ). В результате опроса отдельного эксперта будет получена матрица отношения предпочтения, элементы которой определяют степень предпочтения между  $k_1$  и  $k_2$  элементами множества  $RM$ . В полученной, в результате попарных сравнений, матрице, диагональные элементы равны 1, а симметричные относительно главной диагонали элементы взаимно обратны.

Так как при моделировании критерия используется групповая экспертная оценка, то информация о попарном сравнении элементов множества каждым из экспертов  $s$  ( $s=1, \dots, q$ ) представляется в форме отношения предпочтения  $R_s$  и число отношений предпочтений на множестве  $RM$ , будет соответствовать количеству задействованных в процессе экспертов. Таким образом, имеется  $q$  отношений предпочтения  $R_s$  на множестве  $RM$ . Далее для решения задачи определения значения функции принадлежности, описывающей показатель степени соответствия специальности кандидата рабочему месту, используется косвенный алгоритм групповой экспертной оценки [14].

**Результаты работы системы с использованием системы предпочтений.** Для реализации задачи определения предпочтений клиента и подбора сведений разработана система, которая может быть использована в работе службы занятости [15]. Интерфейсная форма выбора критериев для соискателей при подборе вакансий изображена на рис. 2, а, ввод требований по каждому критерию (рис. 2, б) содержит поля для ввода требований только по тем критериям, которые выбрал пользователь на предыдущем шаге.



а



б

Рис. 2. а – форма для выбора критериев; б – форма для ввода требований

Соискатель получает результаты подбора в краткой форме с указанием вакансии и степени соответствия (рис. 3). Выделение вакансии поз-

воляет открыть окно с ее дополнительным описанием. Возможно сохранение подробных результатов в файл и печать.

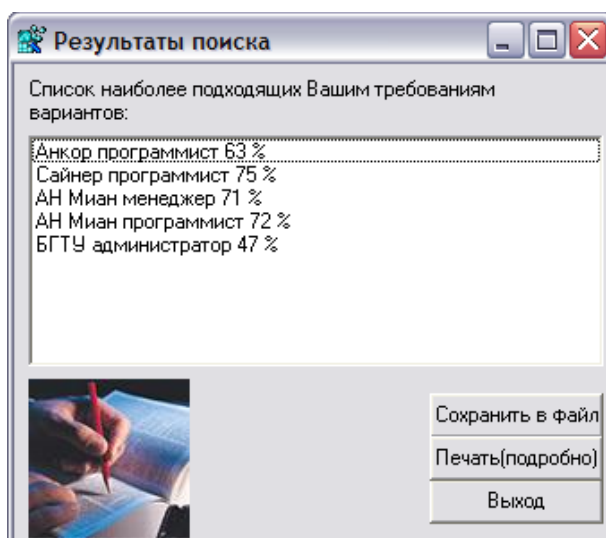


Рис. 3. Форма вывода результатов подбора вакансий

Таким образом, предложенная система предпочтений предлагает гибкие возможности при подборе сведений из базы данных службы занятости в соответствии с учетом предпочтений клиента, что в целом будет оказывать содействие более полной и экономически эффективной занятости населения.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Паспорт долгосрочной целевой программы «Развитие профессионального образования Белгородской области». Режим доступа: <http://oko-rf.ru/filedocs/docs385.doc> (дата обращения: 15.12.2011).
2. Васильев В.Н., Гуртов В.А., Питухин Е.А. и др. Рынок труда и рынок образовательных услуг в субъектах Российской Федерации. М.: Техносфера, 2006. 680 с.
3. Федосеев В.В. Экономико-математические модели и прогнозирование рынка труда. М.: Вузовский учебник, 2011. 144 с.
4. Капелюшников Р.И. Российский рынок труда: адаптация без реструктуризации. ГУ ВШЭ, 2001. 309 с.
5. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH СПб.: БВХ – Петербург, 2003. 736 с.
6. Лазебная Е.А., Лазебная И.А. Задачи и информационное наполнение системы прогнозирования потребности в трудовых ресурсах // Содействие профессиональному становлению личности и трудоустройству молодых специалистов в современных условиях: сб. материалов V

Международ. заочная науч.-практ. конф., Белгород, 2013. С. 22–28.

7. Ярушкина Н.Г. Основы теории нечетких и гибридных систем: Учеб. пособие. М.: Финансы и статистика, 2004. 320 с.

8. Заде Л.А. Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений. В кн.: Математика сегодня. М.: Знание, 1974. С. 5–49.

9. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. Пер. с англ. М.: Мир, 1976. 165 с.

10. Zadeh L.A. Fuzzy Sets. Information and Control, 1965. Vol.8. №3. Pp. 338–353.

11. Яхьяева Г. Э. Нечеткие множества и нейронные сети : учебное пособие М. : Интернет-Ун-т информ. технологий: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. 316 с.

12. Лазебная, Е.А., Иванов И.В. Нечетко-множественное моделирование потребности регионального рынка труда в трудовых ресурсах (электронный ресурс) // Наука и образование – Электронное научно-техническое издание Эл № ФС 77 – 30569. 2011. №9. Режим доступа: <http://technomag.edu.ru/issue/206036.html> - ISSN 1994-0408 (дата обращения 25.04.2016)

13. Лазебная, Е.А., Иванов И.В. Моделирование профессионально-квалификационной структуры резервного спроса на региональном рынке труда // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2011. №8. С. 47–51.

14. Орловский С.А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации. М.:

Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1981. 208 с.

15. Свидетельство о регистрации электронного ресурса ресурса № 18050 Система анализа резервного спроса и предложения рынка труда с

использованием экспертных оценок / Е.А. Лазебная; заявитель и правообладатель БГТУ им. В.Г. Шухова. № 50201250376, - заявл. 25.11.2011; опубл. 26.03.2012. № 3.

---

**Lazebnaya E.A.**

**MODELLING OF THE EMPLOYMENT SERVICE INDICATORS TO DETERMINE CUSTOMER PREFERENCES AND TO SELECTION OF INFORMATION**

*Task of promoting a complete and cost-effective employment requires the creation and use of the employment services working mechanism. This mechanism should define customer requirements and selection of information, based on their degree of compliance with customer preferences. To account requirement for the applicant at to the form and characteristics of the workplace is allocated a number of indicators. They allow you to determine the extent the applicant preferences in the selection of workplace. To account requirement of the candidate to meet the needs of the enterprise for a job is also highlighted a number of indicators. They allow you to determine the degree of preferences of candidates. All the indicators are qualitative and quantitative determination of their values used fuzzy sets. Indicators form a preference system to be used in the service of employment.*

**Key words:** *The weighting factor, the system preferences, group expert evaluation, fuzzy-set function.*

---

**Лазебная Елена Александровна**, доцент кафедры информационных технологий.

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

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

E-mail: l\_el\_a@mail.ru

Бойчук И.П., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## МОДЕЛИРОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ КАНАЛОВ УТЕЧКИ ИНФОРМАЦИИ\*

boychuk@modntec.com

Информация в современном мире играет важнейшую роль. Она представляет важные сведения о событиях, людях, процессах независимо от формы её представления. Тот, кто владеет точной, актуальной и полной информацией, всегда на шаг впереди своего конкурента. Проблема защиты информации сейчас является одной из ключевых в мире, так как после большого научно-технического скачка в развитии информационных технологий незаконных способов добычи и передачи информации стало очень много. Поэтому важнейшей задачей специалиста в области информационной безопасности является владение всеми приемами и методами защиты информации, а также умение моделировать каналы утечки информации.

**Ключевые слова:** акустический канал утечки информации, математическое моделирование.

**Введение.** С точки зрения злоумышленника наибольшую опасность представляет информация, передаваемая устно. Утечки речевой информации происходят по виброакустическому и акустическому каналам и фиксируются различными техническими средствами перехвата [1–3]. Единственным методом полного исследования возможностей технических каналов утечки информации является моделирование таких каналов [4]. Моделирование дает возможность в последствии разрабатывать способы и средства защиты информации.

Стандартно применяется физическое и математическое моделирование. Физическое моделирование каналов утечки информации часто затруднено или невозможно по причине того, что априори неизвестна комплектация, дислокация и характеристики технических средств добытия информации. Кроме того, канал утечки содержит различные инженерные конструкции и условия распространения носителя, которые или затруднено, или вообще невозможно воссоздать на макетах.

Математическое моделирование лишено таких недостатков, но точность результатов при математическом моделировании зависит от качества и полноты математической модели.

**Методика исследования.** В рамках комплексной модели утечки информации требуется знать место размещения приемника сигнала. Поскольку приемник сигнала принадлежит злоумышленнику, то точное размещение его не известно. При этом отношение сигнал/шум на входе акустического приемника очень сильно зависит от места расположения приемника вследствие отражения, затухания и интерференции звуковых волн.

Рассмотрим малые возмущения идеальной среды. Уравнения, описывающие движение сплошной среды, представляются уравнением неразрывности и уравнением Эйлера [5]:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i} (\rho v_i) = 0, \quad (1)$$

$$\frac{\partial v_i}{\partial t} + v_j \frac{\partial v_i}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x_i}, \quad i, j = \overline{1, 3}, \quad (2)$$

где  $p$  – давление,  $\rho$  – плотность,  $\vec{v}$  – скорость частицы. Проведя линеаризацию (1)–(2), получим [6, 7]

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} = c^2 \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x_i^2}, \quad (3)$$

где  $c$  – скорость звука:  $c = \sqrt{(\partial p / \partial \rho)_s}$ ,  $\varphi$  – потенциал скорости:  $v_i = \partial \varphi / \partial x_i$ , или волновое уравнение [8]

$$\frac{\partial^2 p}{\partial t^2} = c^2 \frac{\partial^2 p}{\partial x_i^2}. \quad (4)$$

Аналитическое решение уравнения (3) или (4) возможно в общем случае только для специальных задач либо малой размерности, либо обладающих определенной симметрией.

С появлением высокопроизводительных ЭВМ возникла возможность получения сеточных приближенных решений многомерных нестационарных задач газовой динамики. При этом решение может быть найдено для геометрических областей сложной формы с неограниченными криволинейными границами.

Рассматривается распространение акустических возмущений в неограниченной области (рис. 1). Математическое описание движения воздуха основывается на консервативной форме записи системы уравнений пространственного течения в декартовых координатах, состоящей из законов сохранения массы, импульса и энергии:



$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial(\rho v_i)}{\partial x_i} = 0, \quad (5)$$

$$\frac{\partial(\rho v_i)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho v_i v_k)}{\partial x_k} + \frac{\partial p}{\partial x_i} = F_i, \quad (6)$$

$$\frac{\partial(\rho S)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho v_i S)}{\partial x_i} = Q_i, \quad (7)$$

где  $Q_i, F_i$  - источники теплоты и силового возмущения.

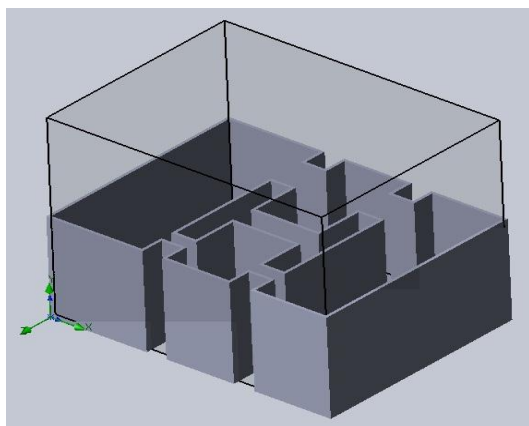


Рис. 1. Геометрическая модель расчетной области

Условиями однозначности решения системы уравнений (5) - (7) являются краевые условия, уравнения состояния и соотношения, определяющие интенсивности особенностей.

В общем виде источник звука можно задать уравнением гармонического колебания:

$$p = \sum_{n=0}^{\infty} A_n \cos(\omega_n t + \varphi_n) \quad (8)$$

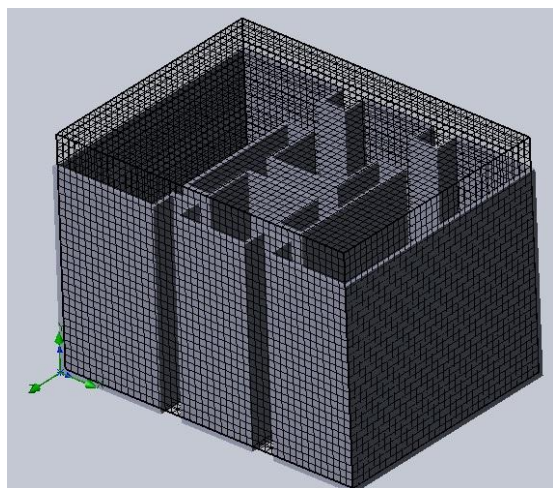
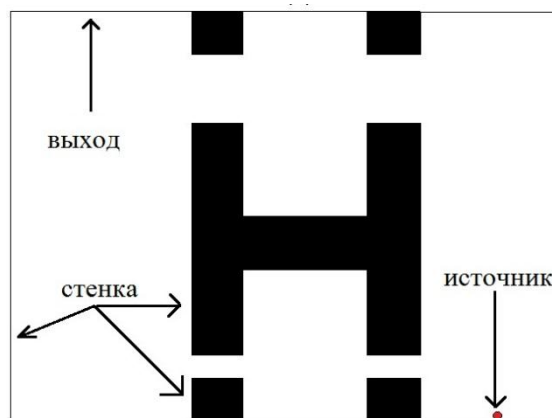


Рис. 3. Сеточная модель расчетной области

На границе расчетной области (стенках) задавалось условие непротекания. На выходной границе задавалось атмосферное давление. Движение воздушной среды в помещении в начальный момент отсутствует. Возмущение воздушной среды задавалось включением в момент времени  $t=0$  источника звуковых колебаний. Имитация звуковых колебаний прово-



где  $A_n$  – амплитуда колебаний,  $\omega_n$  – угловая скорость,  $\varphi_n$  – фаза. Частный случай задания источника звука описывается в статье, посвященной разработке математической модели Сагдеева К.В. [9].

**Результаты моделирования.** Для решения эволюционной задачи используется конечно-разностный метод [10], реализованный на регулярной временной сетке. Расчетная область отображается на равномерную гексаэдральную сетку мощностью 376122 ячейки (рис. 3).

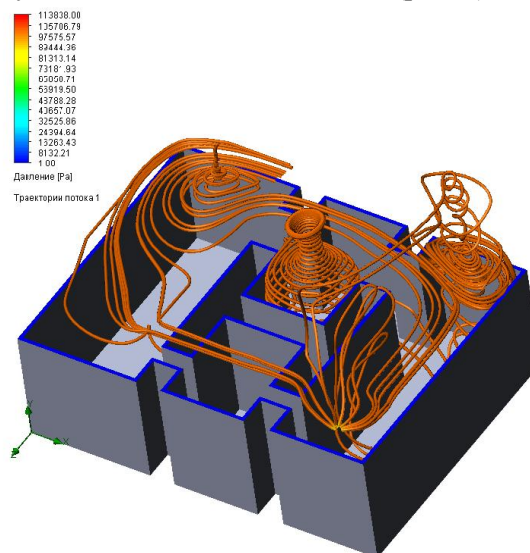


Рис. 4. Характер движения воздушного потока

дилась при помощи задания источника избыточного давления, имеющего синусоидальный вид (8).

В результате моделирования получена картина распространения акустических возмущений. Воздействие источника на поток приводит к возникновению так называемых «акустических течений» [11]. Визуализация

решения представлялась как в виде траекторий движения (рис. 4, 5), так и в виде поля скоростей (рис. 6). Анализ показывает, что в

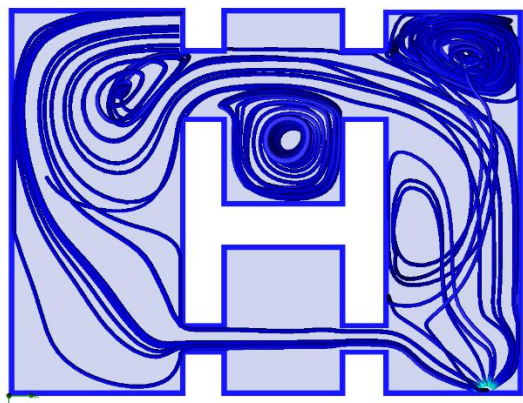


Рис. 5. Траектории движения воздушного потока

От источника, генерирующего возмущения, распространяется волна давления. Встречая преграду, волна взаимодействует с ней, в результате чего происходит преломление, переотражение и

исследуемой области существуют застойные зоны. В этих зонах полное давление будет меньше, чем в остальной области.

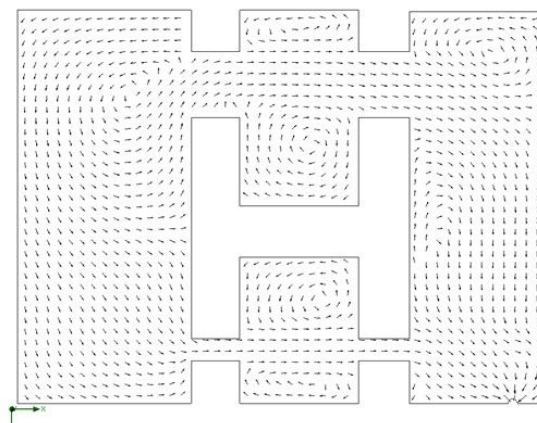


Рис. 6. Поле скоростей в плоскости источника возмущений  
наложение волн друг на друга. Динамика распространения волны давления представлена на рис. 7.

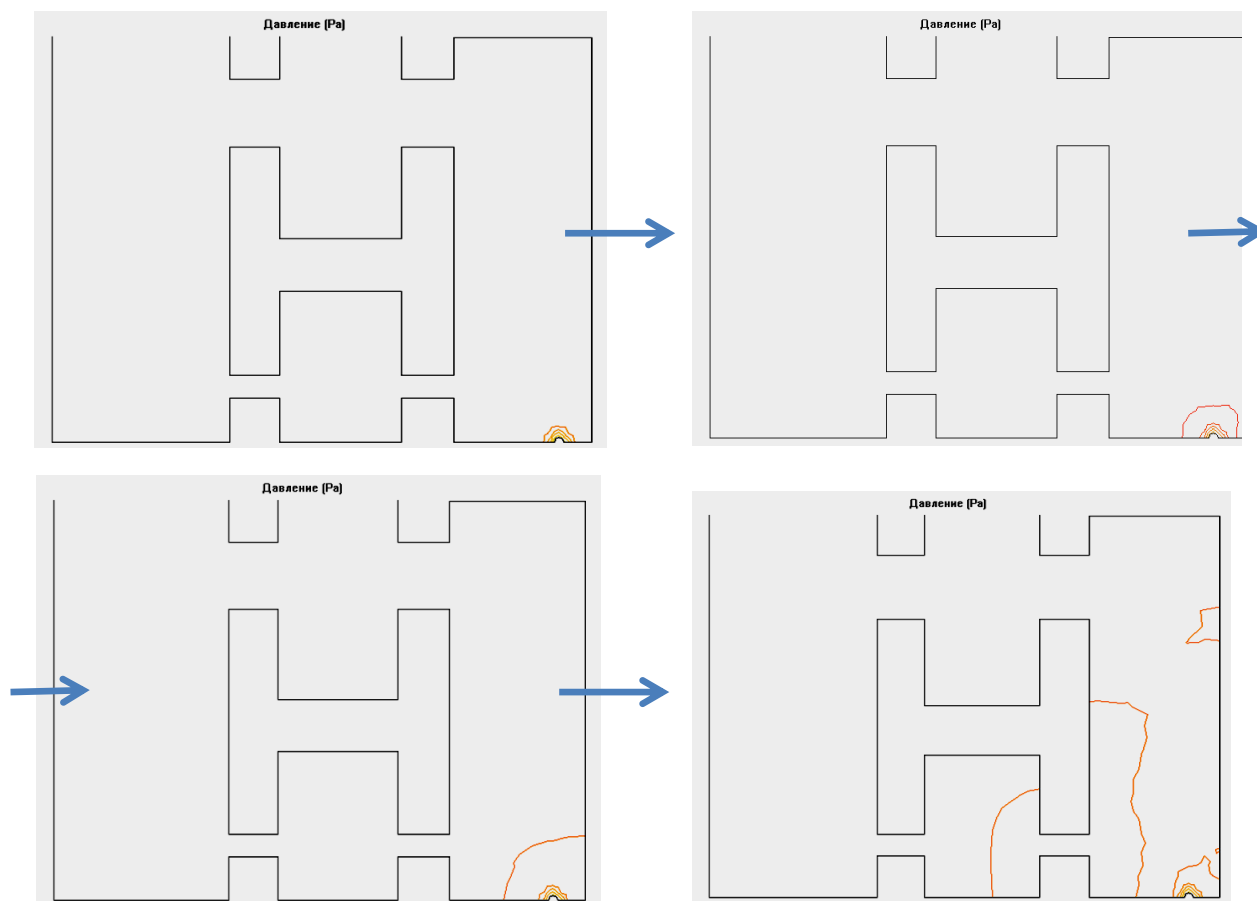


Рис. 7. Распространение волны давления в расчетной области

Таким образом, численное моделирование дало возможность получить поле скоростей и давлений в исследуемой области.

**Выводы.** Математическое моделирование дало возможность исследовать распространение акустических сигналов в исследуемой области.

При этом численное решение пространственной системы уравнений позволило получить поле скоростей, давления и температуры в заданном помещении. На основании этих данных можно сделать выводы о дислокации закладных устройств. Полученная информация может слу-



жить основанием для разработки организационно – технических мер защиты акустических каналов утечки информации.

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

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Меньшаков Ю.К. Защита объектов и информации от технических средств разведки. М.: РГГУ, 2002. 399 с.
2. Хорев А.А. Защита информации от утечки по техническим каналам. Часть 1. Технические каналы утечки информации М.: Гостехкомиссия России, 1998. 320 с.
3. Емельянов С.Л. Техническая разведка и технические каналы утечки информации// Системы обработки информации. 2010. № 3 (84). С. 20–23
4. Торокин А.А. Инженерно-техническая защита информации. М.: Гелиос Арв, 2005. 960 с.
5. Красильников В.А. Введение в акустику. М: МГУ, 1992. 152 с.
6. Акустика в задачах. Под. ред. С.Н. Гурбатова, О.В. Руденко - 2-е изд., испр. и доп. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. 336 с.
7. Rudenko O.V., Gurbatov S.N. Hedberg C.M., Nonlinear Acoustics through Problems and Examples. Trafford Publishing. USA, 2010. 184 p.
8. Исакович М.А. Общая акустика. М.: Наука, 1973. 502 с.
9. Гавриленко О.В., Дидковский В.С., Продеус А.Н. Расчет и измерение разборчивости речи при малых отношениях сигнал-шум. Часть 1. Корректное измерение функции распределения речевого сигнала / Электроника и связь. Тематический выпуск «Проблемы электроники», 2007. Ч. 1. С. 137. 141 с.
10. Амброжевич А.В., Бойчук И.П., Ларьков С.Н., Середа В.А. Малоресурсный метод численного моделирования течений в геометрических областях сложной формы// Авиационно- космическая техника и технология, Вып. 6. 2008. С. 5–10.
11. Агранат Б.А. Основы физики и техники ультразвука, Москва: Высшая школа, 1987. 352 с.

---

**Boychuk I.P.**

### MODELING ACOUSTIC CHANNELS OF INFORMATION LEAKAGE

*Information plays a crucial role in the modern world. It provides important data about the events, people, processes, regardless of the form of its presentation. Anyone who has accurate, current and complete information, always one step ahead of its competitors. The problem of information security is now one of the world's key, because after a lot of scientific and technological leap in the development of information technologies of illegal methods of production and transmission of information has become very much. Therefore, the most important task of the expert in the field of information security is to own all the techniques and methods of protection of information, as well as the ability to model the information leakage channels.*

**Key words:** *acoustic channel of information leakage, mathematical modeling.*

---

**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

# ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Бушуева Н. П., канд. техн. наук, доц.,  
Панова О.А., ведущий инженер

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ УГЛЕЩЕЛОЧНОЙ ДОБАВКИ НА ДЕГИДРАТАЦИЮ ГЛИНИСТЫХ МИНЕРАЛОВ

px\_2011@list.ru

При приготовлении цементного сырьевого шлама для регулирования агрегативной устойчивости и подвижности используются различные добавки, изменяющие поверхностные свойства дисперсных частиц. Введение углещелочного реагента в сырьевую смесь позволяет не только уменьшить вязкость шлама и увеличить его текучесть, но и понизить температуру дегидратации глинистых минералов. Использование термодинамических расчетов позволило теоретически подтвердить эффективность применения такой добавки. Значительное количество выделяемого тепла в интервале температур 473-725 К интенсифицирует удаление химически связанной воды из минералов глин, способствует разрушению их кристаллических решеток, что в конечном итоге положительно скажется на удельном расходе топлива. Термодинамические расчеты подтвердили принципиальную возможность осуществления процесса дегидратации глинистых минералов при относительно низких температурах в присутствии добавки, а также позволили оценить участие отдельных компонентов в этом процессе, сопоставить термодинамическую вероятность протекания в системе различных реакций. Расчетные данные  $\Delta G_T^0$  и константы равновесия  $K_p$  свидетельствуют о повышении устойчивости и стабильности системы при использовании углещелочного реагента.

**Ключевые слова:** глинистые минералы, каолинит, дегидратация, углещелочная добавка, термодинамический анализ, тепловой эффект, константа равновесия.

**Введение.** В производстве силикатных изделий для регулирования агрегативной устойчивости и подвижности системы широко применяют разжижающие химические добавки, как правило, органические или неорганические электролиты, обладающие поверхностной активностью на границе твердое тело-раствор, позволяющие целенаправленно изменять электроповерхностные и реологические свойства глинистых суспензий [1-3]. Но при использовании углещелочной добавки как поверхностно активного вещества для улучшения реологических свойств портландцементного сырьевого шлама [4-6] положительный эффект наблюдается не только за счет уменьшения вязкости и увеличения текучести шлама, но и интенсификации процессов, протекающих при обжиге. Например, используя дифференциально-термический анализ, установлено [7, 8], в температурном интервале 200-450°C происходит интенсивное выделение тепла, которое используется на нагрев материала и испарение физической влаги, дегидратации и разрушение глинистых минералов, причем в этих условиях возможно образование новых соединений. Современное производство для создания и выбора оптимальных технологических схем переработки сырья, а также синтеза материалов часто использует термодинамиче-

ский анализ для предварительного моделирования технологического процесса [9, 10].

**Методика.** Термодинамический метод исследования высокотемпературных процессов может дать ценную информацию о возможности целенаправленного поведения тех или иных реакций, о путях управления процессами, о тепловых изменениях, сопровождающих реакции [11]. Для химических реакций, протекающих при постоянном давлении и температуре, второй закон термодинамики, с помощью которого определяются энергетическая возможность и направление реакций, записывается в виде следующего уравнения:  $\Delta G_T^0 = \Delta H_T^0 - T \cdot \Delta S_T$

Тепловой эффект реакции определяется при изменении температуры в соответствии с урав-

нением Кирхгофа:  $\Delta H_T^0 = \Delta H_{298}^0 + \int_{298}^T c_p \cdot dT$

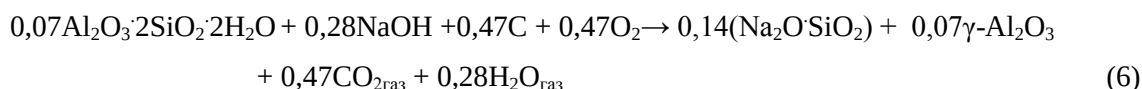
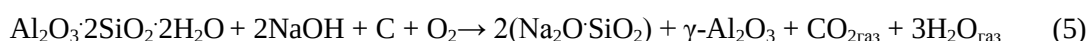
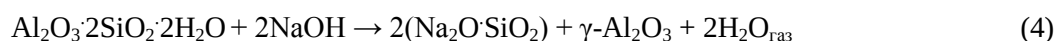
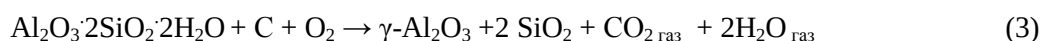
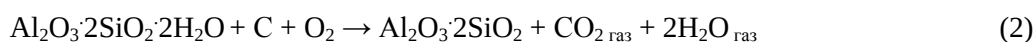
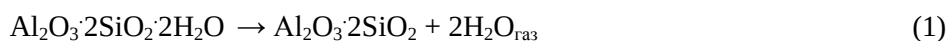
Константа равновесия, с помощью которой можно рассчитать равновесный состав реагирующей смеси, предельный выход продуктов, определить направление протекания реакции, рассчитывается по уравнению:  $\lg K_p = -\Delta G_T^0 / 2,303 \cdot R T$

Строгое решение основных задач термодинамического исследования высокотемпературных процессов в твердых смесях требует тща-

тельного учета фазовых превращений компонентов в рассматриваемом температурном интервале и изменения энтропии и теплоемкости с температурой.

При переходе системы в более беспорядочное состояние энтропия, естественно, возрастает. Поэтому, член уравнения  $T \cdot \Delta S_T$ , содержащий энтропию, действует всегда так, что при повышении температуры реакция идет в направлении, связанном с возрастанием количества жидкой или газообразной фазы. Этим объясняют, например, то, что горение углерода при высоких температурах протекает преимущественно по уравнению, при любых температурных условиях реакция сопровождается тепловым эффектом. Это необходимо учитывать в термодинамических расчетах реакций, протекающих при повышенных температурах с участием углерода [11].

**Основная часть.** Глинистые сырьевые материалы, используемые в производстве портландцемента, содержит следующие минералы: каолинит, монтмориллонит, гидрослюда (иллиты) и другие. При обжиге глин в интервале температур 500-700 °С происходит дегидратация (выделение химически связанной воды), и разрушение структуры минералов [12-15]. Однако, как показали исследования [7, 8], присутствие углещелочной добавки смещает этот процесс в область более низких температур. Для энергетической оценки использования этой комплексной добавки необходимо оценить влияние каждой ее составляющей. Углещелочная добавка содержит  $C_{67}H_{67}O_{30}N_3(COOH)_5$  и  $Na(OH)$  с содержанием углерода в количестве 8 % и  $Na(OH)$  10-16 %. Поэтому для расчета  $\Delta H_T^0$ ,  $\Delta G_T^0$ ,  $K_p$  были составлены следующие уравнения реакций:



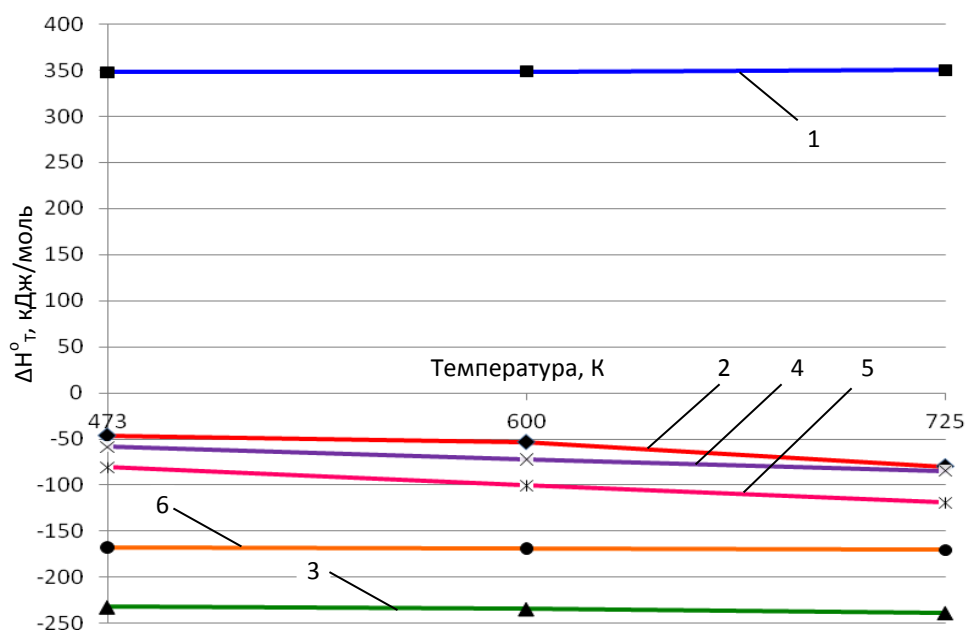
В уравнении реакции (6) учтено процентное содержание углерода и  $Na(OH)$  в углещелочной добавке при оптимальном ее введении по отношению к глинистому компоненту цементной сырьевой смеси.

Используя термодинамические свойства соединений, был проведен расчет определения

$\Delta H_T^0$  теплового эффекта реакций (1)-(6),  $\Delta G_T^0$  вероятности протекания,  $K_p$  константы равновесия в температурном интервале 473–723 К (200–450 °С).

Тепловой эффект реакций (1)-(6) при изменении температуры может быть рассчитан по уравнениям:

$$\begin{aligned} \Delta H_{T_1}^0 &= 342,80 \cdot 10^3 + \int_{298}^T (49,11 - 89,44 \cdot 10^{-3} T + 18,97 \cdot 10^5 \cdot T^{-2}) dT \\ \Delta H_{T_2}^0 &= -50,71 \cdot 10^3 + \int_{298}^T (44,29 - 88,06 \cdot 10^{-3} T + 23,11 \cdot 10^5 \cdot T^{-2}) dT \\ \Delta H_{T_3}^0 &= -237,96 \cdot 10^3 + \int_{298}^T (-22,61 - 9,09 \cdot 10^{-3} T + 13,79 \cdot 10^5 \cdot T^{-2}) dT \\ \Delta H_{T_4}^0 &= -106,85 \cdot 10^3 + \int_{298}^T (133,04 - 49,50 \cdot 10^{-3} T - 5,061 \cdot 10^5 \cdot T^{-2}) dT \\ \Delta H_{T_5}^0 &= -500,36 \cdot 10^3 + \int_{298}^T (177,98 - 40,46 \cdot 10^{-3} T - 3,47 \cdot 10^5 \cdot T^{-2}) dT \\ \Delta H_{T_6}^0 &= -166,57 \cdot 10^3 + \int_{298}^T (10,43 - 32,82 \cdot 10^{-3} T + 4,25 \cdot 10^5 \cdot T^{-2}) dT \end{aligned}$$

Рис. 1. Зависимость  $\Delta H^\circ_T$  от температуры для реакций 1, 2, 3, 4, 5 и 6

Уравнения  $\Delta S_T$  для реакций (1)-(6) имеют следующий вид:

$$\Delta S_T = \Delta S_{298} + \int_{298}^T \frac{C_p}{T} dT$$

$$\Delta S_{T_1} = 332,19 + \int_{298}^T \frac{(49,11 - 89,44 \cdot 10^{-3} T + 18,97 \cdot 10^5 T^{-2})}{T} dT$$

$$\Delta S_{T_2} = 335,02 + \int_{298}^T \frac{(44,29 - 88,06 \cdot 10^{-3} T + 23,11 \cdot 10^5 T^{-2})}{T} dT$$

$$\Delta S_{T_3} = 335,02 + \int_{298}^T \frac{(-22,61 - 9,09 \cdot 10^{-3} T + 13,79 \cdot 10^5 T^{-2})}{T} dT$$

$$\Delta S_{T_4} = 307,19 + \int_{298}^T \frac{(133,04 - 49,50 \cdot 10^{-3} T - 5,061 \cdot 10^5 T^{-2})}{T} dT$$

$$\Delta S_{T_5} = 520,79 + \int_{298}^T \frac{(177,98 - 40,46 \cdot 10^{-3} T - 3,47 \cdot 10^5 T^{-2})}{T} dT$$

$$\Delta S_{T_6} = 48,73 + \int_{298}^T \frac{(10,43 - 32,82 \cdot 10^{-3} T + 4,25 \cdot 10^5 T^{-2})}{T} dT$$

Таблица 1

Значение  $\Delta S_T$ , Дж/моль,  $\Delta G_T^\circ$ , кДж/моль,  $K_p$  в зависимости от температуры T

| Реакция | Температура T, К |                    |                      |              |                    |                      |              |                    |                      |
|---------|------------------|--------------------|----------------------|--------------|--------------------|----------------------|--------------|--------------------|----------------------|
|         | 473              |                    |                      | 600          |                    |                      | 725          |                    |                      |
|         | $\Delta S_T$     | $\Delta G_T^\circ$ | $K_p$                | $\Delta S_T$ | $\Delta G_T^\circ$ | $K_p$                | $\Delta S_T$ | $\Delta G_T^\circ$ | $K_p$                |
| 1       | 326,35           | 193,35             | $4,5 \cdot 10^{-22}$ | 323,50       | 154,61             | $3,5 \cdot 10^{-14}$ | 319,91       | 116,05             | $4,4 \cdot 10^{-9}$  |
| 2       | 324,74           | -199,63            | $1,1 \cdot 10^{+22}$ | 319,82       | -205,07            | $2,1 \cdot 10^{+21}$ | 314,74       | -236,18            | $1,2 \cdot 10^{+17}$ |
| 3       | 191,70           | -322,79            | $4,4 \cdot 10^{+35}$ | 195,90       | -351,68            | $4,1 \cdot 10^{+30}$ | 202,81       | -379,52            | $2,2 \cdot 10^{+27}$ |
| 4       | 361,91           | -229,59            | $2,2 \cdot 10^{+25}$ | 385,93       | -303,57            | $3,0 \cdot 10^{+26}$ | 407,85       | -380,17            | $2,4 \cdot 10^{+27}$ |
| 5       | 596,84           | -362,83            | $1,1 \cdot 10^{+40}$ | 634,63       | -481,07            | $7,4 \cdot 10^{+41}$ | 667,12       | -602,80            | $2,6 \cdot 10^{+43}$ |
| 6       | 53,57            | -191,77            | $2,0 \cdot 10^{+20}$ | 54,67        | -199,94            | $2,5 \cdot 10^{+17}$ | 55,40        | -208,60            | $1,1 \cdot 10^{+15}$ |

Результаты расчетов  $\Delta H_T^\circ$  (рис. 1) свидетельствуют о том, что реакция (1) дегидратации каолинита без добавок – процесс эндотермический. Введение добавки, содержащей углерод, та же реакция (2, 3) дегидратации протекает уже с выделением тепла  $\Delta H_T^\circ < 0$ . То есть углерод в присутствии кислорода сгорает, и эта теплота расходуется на разрушение кристаллической решетки минералов. Количество выделяемого тепла при достаточном количестве углерода составляет для реакции (2) 46,03-79,88 кДж/моль, а для реакции (3) 232,12-234,14 кДж/моль. Присутствие щелочей интенсифицирует многие высокотемпературные физико-химические процессы синтеза, в том числе и дегидратацию глинистых минералов (рис. 1, кривая 4), причем с повышением температуры количество выделяемого тепла возрастает и достигает при 725 К 84,48 кДж/моль. Введение комплексной добавки, содержащей и углерод, и гидроксид натрия, (рис. 1, кривая 5) еще в большей степени ускоряет процесс дегидратации каолинита, количество выделяемого тепла составляет в температурном интервале 473-725 К 80,52-119 кДж/моль, а с учетом соотношения содержания углерода, Na(OH) в добавке и процента ее введения –  $\Delta H_T^\circ$  достигает 166,34-168,43 кДж/моль.

Расчеты величин  $\Delta G_T^\circ$  и константы равновесия  $K_p$  (табл. 1) показывают, реакция (1) самопроизвольно протекать не может ( $\Delta G_T^\circ > 0$ ,  $K_p < 1$ ). Компоненты углещелочной добавки (углерод, NaOH) как отдельно, так и в комплексе позволяют сместить равновесие слева направо и возможность протекания реакции дегидратации каолинита в рассматриваемом температурном интервале присутствует ( $\Delta G_T^\circ < 0$ , а  $K_p > 1$ ). Причем с повышением температуры происходит понижение  $\Delta G_T^\circ$  и повышение  $K_p$ , что свидетельствует о повышении устойчивости и стабильности системы.

**Выводы.** Следовательно, теоретически и экспериментально подтвержден факт об эффективном использовании углещелочной добавки, которая не только улучшает реологические свойства сырьевого шлама для получения портландцементного клинкера, но и позволяет сместить процесс дегидратации глинистых минералов в область более низких температур, а количество выделяемого тепла в температурном интервале 473–725 К приведет к значительной экономии тепловой энергии.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ефимов К.А. Электроповерхностные и реологические свойства глинистых материалов с комплексными добавками: дис.... канд. техн. наук 02.00.11. Белгород, 2007. 148 с.
2. Химические продукты из угля / С.Н. Баранов, В.И. Саранчук, В.А. Сапунов и др. Киев: Наук. думка, 1983. 116 с.
3. Гончаров Ю.И., Дороганов Е.А., Жидов К.В. Минералогия и особенности реологии глин каолинит-иллитового состава // Стекло и керамика. 2003. №1. С. 19–23.
4. Чистяков Б.Е., Беденко В.Г., Ничикова Т.Н. Добавки углещелочного реагента и реологические свойства сырьевого шлама // Цемент. 1989. №11. С. 17–18.
5. Борисов А.В., Быковская И.М. Влияние углещелочного реагента и технического лигносульфоната кальция на реологические свойства сырьевых шламовых суспензий различного минералогического состава [Электронный ресурс] // III международный студенческий форум «Образование, наука, производство». Белгород, 2006. 5 с.
6. АС 626063 СССР С 04В 7/38. Разжижитель цементного шлама / Комар Г.А., Сулименко Л.М.; заявитель Всесоюзный заочный инженерно-строительный институт; заявл. 26.04.77; опубл. 30.09.78, Бюл. № 356. 2 с.
7. Панова О.А., Ивлева И.А., Беседин П.В. Исследование структурно-реологических свойств суспензий различного минералогического состава в присутствии углещелочного реагента // Цемент и его применение. 2012. № 5. С. 94–98.
8. Besedin P.V., Panova O.A., Ivleva I.A. Techniques, patterns and mechanisms of energy conservation on the base of using of plasticizing agents in the technology of producing of the cement clinker // Word Applied Sciences Journal. 25 (1): 83-91. 2013.
9. Бабушкин В.И., Матвеев Г.М., Мчедлов-Петросян О.П. Термодинамика силикатов 4-е изд., перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1986. 408 с.
10. Эйтель В. Физическая химия силикатов. М.: Изд-во Иностранной литературы, 1962. 1056 с.
11. Пригожин И., Дефэй Р. Химическая термодинамика. Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1966. 512 с.
12. Гузман И.Я. Химическая технология керамики. Учеб. пособие для вузов. М.: ООО РИФ «Стройматериалы», 2003. 496 с.
13. Беседин П.В., Ивлева И.А., Мосьпан В.И. Теплоэффективный стеновой материал // Стекло и керамика. 2005. № 6. С. 24–25.
14. Ивлева И.А. Влияние пеностеклянного компонента на пористость и физико-механические свойства теплоэффективной керамики // Сб. науч. трудов Sworid по матер. междунаrod. научно-практич. конф. Одесса. 2012. Т. 6. С. 60–65.

15. Синтез минералов. В 2-х томах. Том 2 / др. М.: Недра, 1987. 256 с.  
Ю.М. Путилин, Ю.А. Белякова, В.П. Голенко и

---

**Bushueva N.P., Panova O.A.**

**ENERGY OF THE IMPACT COAL-ALKALINE SUPPLEMENTS CLAY MINERALS  
ON DEHYDRATION**

*In the preparation of cement raw sludge to regulate aggregate stability and mobility, various additives that alter the surface properties of dispersed particles. Introduction coal-alkaline reagent into the raw mixture not only reduces the viscosity of the sludge and increase its fluidity and to reduce the temperature of dehydration of the clay minerals. Using thermodynamic calculations theoretically possible confirm the effectiveness of the such supplements. A significant amount of waste heat in the temperature range 473–725 K intensifies the removal of chemically bound water of clay minerals, it contributes to the destruction of their crystal lattices, which ultimately will positively affect specific fuel consumption. Thermodynamic calculations have confirmed the possibility of dehydration schematic clay minerals process at relatively low temperatures in the presence of additives, as well as possible to evaluate the individual components participate in the process, compared thermodynamic probability of occurrence of different reactions in the system. Estimates  $\Delta G_T^\circ$  and the equilibrium constant  $K_p$  indicate increased sustainability and stability of the system by using coal-alkaline reagent.*

**Key words:** clay minerals, kaolin, dehydration, coal-alkaline supplements, thermodynamic analysis, heat effect, equilibrium constant.

---

**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

Ивлева И.А., канд. техн. наук, доц.,  
Беликова М.Е., магистрант

Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова

## МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ ГЛИН КАК ОДИН ИЗ ОСНОВОПОЛАГАЮЩИХ ФАКТОРОВ МОРОЗОСТОЙКОСТИ ТЕПЛОЭФФЕКТИВНОЙ КЕРАМИКИ

iviran1964@mail.ru

Исследовано влияние минералогического состава поли- и мономинеральных глин на морозостойкость пористых керамических материалов. Методом ртутной и визуально оптической порометрии, установлен объем «опасных», резервных и «безопасных» пор, которые значительно влияют на морозостойкость материалов. На основании полученных данных определена взаимосвязь структурной характеристики  $C$  с количеством циклов попеременного замораживания и оттаивания. Наиболее высокую морозостойкость показали образцы на основе гидрослюда и монтмориллонита. Напротив, повышенное содержание каолинита в глинистом сырье снижает морозостойкость изделий обожженных в интервале температур 950-1150 °С. Приведенный метод позволяет прогнозировать долговечность материалов, полученных на основе глин, отличающихся по минералогическому составу и оптимизировать шихту в реальных условиях производства пористых керамических материалов для обеспечения стабильного выпуска высококачественной продукции.

**Ключевые слова:** пористость, порометрия, морозостойкость, водопоглощение, структурная характеристика, каолинит, гидрослюда, монтмориллонит, стеклопористый компонент.

Одним из эффективных методов создания теплоэффективных керамических материалов является поризация их структуры. Для повышения пористости керамических материалов в массы вводят высокопористые гранулы – природный диатомит, трепел, вспученный перлит, вермикуллит [1–5], зольные микросферы [6]. Введение пористых заполнителей в керамические массы значительно повышает физико-механические свойства изделий в отличие от других методов поризации [7–10].

Морозостойкость является одним из основополагающих факторов долговечности пористых строительных материалов. На морозостойкость влияют более 35 факторов, а именно: химический, минералогический, гранулометрические составы исходного сырья, композиционное соотношение сырьевых материалов [11], условия производства, структура и текстура изделия и др. На получение изделия с заданными свойствами по морозостойкости влияет не только каждый фактор в отдельности, но и их соотношение. Так, зависимость водопоглощения и коэффициентов насыщения  $S$  (отношение водопоглощения при погружении образца в воду к полному водопоглощению при кипячении его в воде) косвенно указывает на морозостойкость изделия. При  $S > 0,9$  – изделие не морозостойкое, при  $S = 0,8-0,9$  – возможно частичное разрушение, при  $S < 0,9$  – изделие морозостойкое. На морозостойкость изделий оказывают большое влияние пористость и размер пор [12]. Морозостойкими являются изделия с размером пор в материале  $> 0,5$  мм, содержание которых не менее 60 % с преобладанием доли закрытых пор.

Преобладание в структуре материала пор с размером более 200 мкм повышает морозостойкость. Крупные поры в меньшей мере заполняются водой, что способствует компенсации возникающих напряжений в материале при одностороннем давлении кристаллов льда, а также гидростатическим давлением, вызванным увеличением объема воды (около 9%) при замерзании.

Морозостойкими являются материалы с коэффициентом морозостойкости менее 0,80, т.е. объем пор заполняется водой не более чем на 80 %.

Структурной характеристикой материала  $C$ , определяющей влияние объема резервных пор (размером более 200 мкм) –  $V_p$ , «безопасных» пор, менее 0,1 мкм, превышающим нижний предел «опасных» пор –  $V_{оп}$ , представлена формулой:

$$C = \frac{V_p}{V_{оп} - V_p} \times 100\%$$

где  $(V_{оп} - V_p)$  – объем «опасных» пор размером 0,1–200 мкм [13].

Экспериментально морозостойкость определялась в соответствии с требованиями нормативных документов методом попеременного замораживания и оттаивания на низкотемпературном лабораторном термостате ТЭК – 50/60, интервал контролируемых температур – (–50)°С...(+60)°С.

Первоначально было установлено влияние фракционного и количественного состава стеклопористого компонента (СПК) на физико-механические характеристики обожженных керамических материалов. Частицы пеностекла

размером менее 0,1 мм не способствовали созданию пористой структуры керамики, повышая плотность и коэффициент теплопроводности материалов. Частицы СПК размером более 2,5 мм образовывали системы крупных пор, выплавы, снижали прочность изделий и ухудшали внешний вид образцов керамики. Для дальнейших исследований применяли СПК фракций 0,1-2,5 мм, [14] насыпной плотностью 260 кг/м<sup>3</sup> в количестве 40 мас. %.

В качестве исходных материалов для моделирования композиций со стеклопористым компонентом (СПК) использовались: каолин Просняновский (4к), греческий бентонит (монтмориллонит) (4м), гидрослюда (4г.с.) (КМА г. Губкин), Шебекинская (4ш), Чибисовская (4ч), Белгородского региона, и Городищенская (4г) (Липецкая область) глины. Глинообразующие минералы для исследований выделяли методом отмучивания глин, а наличие примесей контролировалось рентгенографическим и дифференциально-термическим методами.

По существующей классификации (ГОСТ 9169-75) бентонит, Городищенская и Шебекинская глины относятся к кислому глинистому сырью (содержание Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 11–14 %), гидрослюда, Чибисовская глины представляют собой полукислородное глинистое сырье (содержание Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 20–22 %). Исключение составляет Просняновский каолин – основное сырье, содержащее более 37 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. В работе был использован каолин, обогащенный мокрым способом. Чистота отмученного каолина подтверждалась рентгенофазовым и дифференциально-термическим анализами. Основным порообразующим минералом гидрослюда является иллит, в подчиненном каолинит. Глинистая субстанция фрагментарно пропитана оксидами железа, гематитом и гидрогематитом. Рентгенограммы фракций <0,001 мм, выделенных из греческого бентонита методом отмучивания (ГОСТ 3594.9-77) показали, что в нем преобладает кальциево-железистый монтмориллонит, идентифицируемый широкими от-

ражениями пиков (14.85 Å) на дифрактограммах воздушно-сухих фракций и (17.00 Å) на дифрактограммах, насыщенных глицерином, где эти пики наиболее интенсивны. Наряду с монтмориллонитом фиксируется незначительное количество каолинита.

Шебекинская глины представлена монтмориллонитом, мусковитом, кварцем, кальцитом, реликтовыми зернами полевого шпата, рутилом и гидрослюдами железа. Под микроскопом наблюдаются иглы кремниевых губок из опала, каналы которых заполнены глауконитом. Городищенская глина по минералогическому составу относится к монтмориллонит-гидрослюдистым с небольшим содержанием минерала каолинита. Глинистые минералы представлены: монтмориллонитом, гидрослюдой и каолинитом. Значительные количества минералов примесей в глине представлены: кварцем, кальцитом, гематитом, лимонитом. Чибисовская глина по содержанию глинистых минералов является полиминеральной с преобладанием каолинита и примесью гидрослюда. Кварц присутствует в виде обломочных зерен. Карбонаты представлены бесцветными тонкодисперсными зернами кальцита. Слюда присутствует в виде редких единичных зерен. Оксиды и гидроксиды железа представлены гематитом, лимонитом и гетитом. Таким образом, каолин, бентонит и гидрослюда относятся к мономинеральному глинистому сырью, Чибисовская, Городищенская, Шебекинская к полиминеральному: каолинит-гидрослюдистому, монтмориллонит-гидрослюдистому сырью соответственно

Экспериментально морозостойкость определялась в соответствии с требованиями нормативных документов методом попеременного замораживания и оттаивания на низкотемпературном лабораторном термостате ТЭК – 50/60, интервал контролируемых температур – (–50) °С...(+60) °С.

Результаты проведенных исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты испытаний образцов на морозостойкость (Т<sub>обж</sub> 1150 °С)

| Шифр смеси | Колич. зерновых пор >200 мкм, % | Колич. «опасных» пор 0,1-200 мкм, % | Колич. «безопасных» пор <0,1 мкм, % | Структурная характеристика материала, С, % | Колич. циклов замораживания и оттаивания | Потеря массы, % | Потеря прочности, % | Марка по морозостойкости |
|------------|---------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------|---------------------|--------------------------|
| 4к         | 0,067                           | 36,7 (17,9*)                        | 5,20                                | 0,180                                      | 25                                       | 4,1             | 29,1                | F25                      |
| 4м         | 0,260                           | 38,3 (3,0*)                         | 9,24                                | 0,670                                      | 65                                       | 1,5             | 12,5                | F50                      |
| 4гс        | 0,030                           | 34,5 (1,6*)                         | 17,55                               | 0,075                                      | 75                                       | 0,0             | 17,2                | F50                      |
| 4ш         | 0,030                           | 36,2 (7,4*)                         | 12,75                               | 0,110                                      | 66                                       | 2,1             | 19,2                | F50                      |
| 4ч         | 0,020                           | 31,9 (14,3*)                        | –                                   | 0,060                                      | 37                                       | 3,9             | 20,8                | F35                      |
| 4г         | 0,050                           | 33,4 (15,6*)                        | 4,95                                | 0,830                                      | 40                                       | 3,5             | 17,5                | F35                      |

\* – Колич. «опасных» пор по отношению к открытой пористости.



При анализе ртутной и оптической порометрии образцов из поли- и мономинеральных глин с СПК наблюдается влияние глинистых минералов на характер и соотношение пористости. На основании этих данных установлена взаимосвязь структурной характеристики  $S$  материала с количеством циклов попеременного замораживания и оттаивания. Наиболее высокой морозостойкостью отличались образцы составов 4г.с., 4ш, 4м на основе гидрослюды, Шебекинской глины и монтмориллонита – 75; 66; 65 циклов соответственно. При этом, потеря массы образцов составила от 0 до 2,1 %, уменьшение прочности (в водонасыщенном состоянии) – от 12,5 до 19,5 %. Повышенная морозостойкость указанных образцов объясняется значительным количеством «безопасных» пор размерами менее 0,1 мкм, не насыщающихся водой и формированием в процессе обжига водостойких кристаллических фаз: анортита, волластонита, аморфной стекловидной фазы, насыщенной щелочно-земельными элементами.

Повышенное содержание каолинита в массах снижает морозостойкость изделий [15]. Морозостойкость образцов на основе каолинита и пеностекла составила – 25 циклов, уменьшение прочности – 29 %.

При незначительной структурной характеристики материала  $S = 0,06$  %, морозостойкость образцов 4ч на основе Чибисовской полиминеральной глины с преобладанием каолинита составила 37 циклов попеременного замораживания и оттаивания. Высокие показатели морозостойкости объясняются водопоглощением – 10 % и открытой пористостью 14,3 % при общей пористости – 32,0 %.

Наибольшую морозостойкость (75 циклов) при низком значении структурной характеристики материала (0,075) показали образцы из гидрослюды с пеностеклом, водопоглощением – 1,3 %, открытой пористостью – 2,4 % при общей пористости 52,09 %.

Соотношение  $P_{отк}:P_{общ}$  определяет долговечность стеновых керамических материалов. Так образцы составов (4гс), (4м), (4ш), у которых соотношение  $P_{отк}:P_{общ}$  было наименьшим 0,046; 0,075; 0,20 соответственно, показали марку по морозостойкости F50. Образцы составов 4к; 4ч; 4г при соотношении  $P_{отк}:P_{общ}$  0,45; 0,44; 0,46 относятся к маркам по морозостойкости 25; 35; 35 соответственно.

Ртутной и оптически визуальной порометрией установлено, что минералогический состав глинистого сырья влияет на характер и распределение пор по размерам и существенно образом определяет морозостойкость пористых керамических материалов.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Овчаренко Е.Г. Утеплители на основе вспученного перлита // Строительные материалы. Оборудование. Технологии XXI века. 2003. №2. С. 18–19.
2. Пат. 1537662 Российская Федерация, МПК7 С 04 В 14/18. Сырьевая смесь для получения теплоизоляционных изделий / А.Н. Невакшинов, Г.В. Мартов, Л.И. Бабкин, Е.Ю. Глаголева, Л.Я. Храпова; заявитель и патентообладатель констр. тех. инт-т мин-ва стр-ва в южных р-нах СССР. – № 4378398/23-33, заявл. 04.01.88;опубл.23.03.90, Бюл. № 35.- 6с.
3. Пат. 1551700 БелССР, МПК7 С 04 В 38/08. Способ изготовления теплоизоляционных изделий / Н.Э. Стаховская, Б.К. Демидович, Н.П. Садченко, Т.Т. Романенко, Н.Н. Страсковский, В.П. Долганов; заявитель и патентообладатель Минский научно-исследовательский инт-т строительных материалов. – № 4365346/23-33, заявл.15.01.88; опубл.25.04.90, Бюл. № 37. – 5с.
4. А.с. 806646 УкрССР, МПК7 С 04 В 33/00. Способ изготовления керамики / В.Б. Устьянов, В.В. Иващенко; заявитель и патентообладатель Киевский политехнический ин-т и НИИ строит. мат. и изделий. – заявл.04.04.78; опубл.23.02.81, Бюл. № 7. – 4с.
5. Верещагин В.И., В.М. Погребенков, Т.В. Вакалова, Т.А. Хабас. Керамические теплоизоляционные материалы из природного и техногенного сырья Сибири // Строительные материалы. 2000. № 4. С. 34–35.
6. Лохова Н.А., Вихнева Н.Е. Эффективная стеновая керамика на основе высококальцевой золы-уноса // Строительные материалы. 2006. № 2. С.50–51.
7. Альперович И.А., Смирнов А.В. Лицевой керамический кирпич объемного окрашивания в современной архитектуре // Строительные материалы. 1990. № 12. С. 2–4.
8. Беседин П.В., Ивлева И.А., Мосьпан В.И. Теплоэффективный стеновой материал // Стекло и керамика. 2005. № 6. С. 24–25.
9. Немец И.И., Ивлева И.А. Прочнопористая стеновая керамика // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2009. № 8. С. 37–41.
10. Ivleva I.A., Nemets I.I. Structural and textural characteristics of a heat-efficient composite material based on clays with different mineralogical composition // Glass and Ceramics, Vol. 72, Nos. 3-4, July, 2015. Pp: 92–95.
11. Shapovalov N.A., Bushueva N.P., Panova O.A., Lesovik G. Low roasting cementitious matter of lime-belite components using flotation waste of residual dumps of wet magnetic separation at

the mining and processing complex // World Applied Sciences Journal 25 (12): 1758–1762, 2013.

12. Беркман А.С., Мельникова И.Г., Структура и морозостойкость стеновых материалов. Л.:Стройиздат, 1992. 166с.

13. Садунас А.С., Шяучулис Р.А. Труды ВНИИ Теплоизоляц. материалов, 1970. вып.4. С. 214–225.

14. Пат.2231505 Российская Федерация, МПК7 С 04 В 33/00, С 03 С 11/00. Керамическая масса для изготовления стеновых и облицовочных изделий / П.В. Беседин, Ивлева И.А., Мосьпан В.И.; заявитель и патентообладатель Беседин Павел Васильевич, Ивлева Ирина Анатольевна, Мосьпан Виктор Иванович. - № 2003122592/03, заявл. 18.07.2003; опубл. 27.07.2004, Бюл. № 18. – 10с.

15. Пона М.Г. Получение фасадных плиток повышенной морозостойкости из масс на основе полукислых тугоплавких и легкоплавких глин: Автореф. дисс.канд. техн. наук. Киев, 1983. 17с.

---

**Ivleva I.A., Belikova M.E.**

**CLAYEY SEDIMENTS AS ONE OF THE FUNDAMENTAL FACTORS OF FROST RESISTANCE HEAT-EFFECTIVE CERAMICS**

*The influence of the mineralogical composition of poly- and mono-mineral clays frost on porous ceramic materials. By mercury porometry and optical visually, set the amount of "dangerous", and reserve "safe" long, which greatly affect the frost resistance of materials. Based on these data we determined the relationship of the structural characteristics of the C number of alternate freezing and thawing cycles. The highest frost showed samples based on hydromica and montmorillonite. In contrast, the high content of kaolinite in the clay feedstock reduces frost-resistance products in the temperature range 950-1150 ° C. The above method makes it possible to predict the durability of the materials obtained on the basis of clay, different in mineralogical composition and optimize the charge in the actual conditions of production of porous ceramic materials to ensure stable production of high quality products.*

**Key words:** porosity, porometry, frost resistance, water absorption, structural characteristic, kaolinite, hydromica, montmorillonite, foamglass component.

---

**Ивлева Ирина Анатольевна**, кандидат технических наук, доцент, кафедры технологии стекла и керамики  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.  
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.  
E-mail: iviran1964@mail.ru

**Беликова Мария Евгеньевна**, магистрант  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.  
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

# ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Бухонова С.М., д-р экон. наук, проф.,

Киреева Ю.В., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К ФОРМИРОВАНИЮ РЕГИОНАЛЬНОЙ ИНВЕСТИЦИОННОЙ СТРАТЕГИИ В СФЕРЕ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ\*

Bocharova1016@yandex.ru

*Несомненно, наращение объемов производства энергии альтернативными способами способствует улучшению экологической ситуации в регионе. В то же время, стихия рынка не содержит мотивирующих факторов такого наращения. Альтернативные способы производства энергии в большинстве регионов России не эффективны по сравнению с традиционными. Поэтому требуется поиск и обоснование инновационных подходов к формированию региональной инвестиционной стратегии в сфере альтернативной энергетики.*

**Ключевые слова.** Инновации, инвестиции, региональная стратегия, альтернативная энергетика.

**Введение.** К основным проблемам, препятствующим потоку инвестиций в сферу альтернативной энергетики на территории Белгородской области и многих других регионов России, на наш взгляд, прежде всего относятся следующие.

1. Далекая от совершенства федеральная и региональная нормативно-правовая база в области расширения использования возобновляемых источников энергии. Действующие законодательные акты не стимулирует государственные предприятия, субъектов предпринимательской деятельности и домашние хозяйства использовать возобновляемые источники энергии. В настоящее время на энергию, полученную из любых источников устанавливаются единые тарифы.

2. Отсутствуют какие-либо налоговые льготы для хозяйствующих субъектов, которые оснащают свои производственные и непроизводственные объекты генераторами энергии из возобновляемых источников. Снижение налогового бремени всегда было и остается мощным экономическим стимулом инвестиций в новые виды деятельности.

3. Не создан благоприятный инвестиционный климат для предприятий, занимающихся производством оборудования для энергетических установок, работающих на альтернативных источниках энергии.

4. Прямые государственные инвестиции на возведение объектов альтернативной энергетики из федерального или регионального бюджета также отсутствуют. Кроме того, отсутствуют какие-либо субсидии организациям на возмещение затрат на строительство новых или модернизацию существующих энергетических

установок, использующих для выработки энергии возобновляемые источники.

5. У хозяйствующих субъектов и семейных хозяйств отсутствуют свободные финансовые ресурсы, которые могли бы быть направлены на приобретение и монтаж генераторов на альтернативных видах энергоносителей.

Полагаем, что основным направлением поиска инновационных решений обозначенных проблем следует признать государственно-частное партнерство. Достаточно успешным представляется опыт регионов Китая, США, Японии, ряда европейских и других стран, уже давно занимающихся внедрением государственных экономических и административных мер стимулирования частных инвестиций в сферу альтернативной энергетики [1, 2, 3, 4].

На рисунке 1 сгруппированы государства, активно развивающие альтернативную энергетику по видам и формам стимулирующего воздействия.

Рисунок отражает скорее доминирующие инструменты стимулирования инвестиций в альтернативную энергетику того или иного государства. На наш взгляд, наиболее важным выводом из приведенной схемы, должно стать утверждение, что ни в одной стране мира без государственного вмешательства альтернативная энергетика не развивается [5].

Полагаем, что основополагающим принципом инвестиционной стратегии развития альтернативной энергетики в Белгородской области должны стать гарантии эффективности внебюджетных капиталовложений, а сама стратегия содержать инструменты, способные ликвидировать указанные выше препятствия [7].



Рис. 1. Группировка стран по видам и формам стимулирования развития альтернативной энергетики [6]

Целью региональной инвестиционной стратегии развития альтернативной энергетики в Белгородской области определим обеспечение потока капиталовложений в сферу альтернативной энергетики в объеме достаточном для достижения целевого показателя - 4,5 % от общего объема энергии, которая будет потребляться в 2020 году, должна быть произведена с использованием возобновляемых источников.

**Основная часть.** Приведем обоснование конкретного комплекса инновационных мероприятий, которые на наш взгляд должна включать в себя инвестиционная стратегия региона в сфере альтернативной энергетики. Учитывая специфику Белгородской области, отметим, что меры стратегии будут направлены в основном на стимулирование инвестиционной активности в объекты альтернативной энергетики застройщиков индивидуального жилья и хозяйствующих субъектов, имеющих в собственности малоэтажные жилые и производственные помещения [8].

**Административные меры.** Инструменты инвестиционной стратегии, которые будут включены в этот блок, на наш взгляд, должны быть направлены не на принуждение к определенным действиям, то есть не на ущемление

прав и свобод, а наоборот на их расширение и защиту [9].

Принуждение участников региональных программ индивидуального строительства к обязательной установке на своем участке солнечных батарей или тепловых насосов, на наш взгляд, нецелесообразно. Во-первых, подобные ограничения несколько ограничивают их права на доступ к общему розничному рынку электро- и тепловой энергии, а, во-вторых, не соответствуют духу и социальным ценностям цивилизованного общества XXI века.

Приемлемым вариантом административного воздействия на застройщиков индивидуальных домов по нашему мнению будут следующие меры.

1. Защита и четкая регламентация их прав на доступ к солнечной энергии. Сюда будет входить запрет на возведение высотных сооружений на соседних участках и прилегающих к ним территориях, а также ограничения по зеленым насаждениям вблизи участков застройщиков. По этому пути пошли многие из муниципалитетов США и их опыт доказал необходимость и обоснованность подобных мер [10].

2. Возможность приобрести или получить на льготных условиях участок большей площадью под индивидуальное жилищное строительство.

ство без увеличения его суммарной стоимости и платы за подвод необходимых коммуникаций.

3. Обеспечить информационную поддержку и бесплатные консультации по техническим аспектам установки генераторов солнечной энергии и тепловых насосов.

Полагаем, этими тремя мерами следует ограничить административное воздействие на участников программ индивидуального жилищного строительства.

Органам региональной исполнительной власти в рамках данного комплекса мероприятий необходимо:

- построить региональную систему целевых показателей потребления и производства энергии из возобновляемых источников;
- разработать региональную схему размещения генерирующих объектов электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии с ее привязкой к территориям, выделенным для индивидуального жилищного строительства;
- разработать рекомендации предприятиям, функционирующим на рынке энергетического сервиса по учету и тарификации энергии, произведенной из возобновляемых источников.

*Экономические меры.* Подобному виду стимулирования инвестиционной деятельности в сфере развития альтернативной энергетики, на наш взгляд, предстоит сыграть ведущую роль, поэтому остановимся на них более подробно.

Зарубежный опыт стимулирования возобновляемых источников энергии демонстрирует успешность применения таких инструментов, как инвестиционный налоговый кредит, гарантированные тарифы на энергию, «зеленые сертификаты», фиксированные льготные выплаты, ускоренная амортизация оборудования и другие [11, 12, 13].

К сожалению, применение некоторых из перечисленных инструментов выходит за рамки компетенции региональных законодательных и исполнительных органов власти и без изменения законодательства на федеральном уровне не могут быть использованы. Примером такого исключения может стать ускоренная амортизация. Большинство налоговых льгот также не может быть применено на уровне региона. Тем не менее, остается достаточно широкий спектр возможных инструментов стимулирования инвестиций в объекты альтернативной энергетики регионального уровня.

1. Налоговые льготы. Налоговым кодексом Российской Федерации предусмотрены следующие виды региональных и местных налогов.

К региональным налогам относятся:

- налог на имущество организаций;

- налог на игорный бизнес;

- транспортный налог.

К местным налогам относятся:

- земельный налог;

- налог на имущество физических лиц;

- торговый сбор [14].

Очевидно, что такие налоги как на игорный бизнес и транспортный следует исключить из возможных льгот для обладателей генераторов энергии из возобновляемых источников.

Льготы по налогу на имущество организаций могут быть привлекательными инструментами стимулирования капиталовложений в объекты альтернативной энергетики для организаций, имеющих в своей собственности малоэтажные строения как в пределах городских территорий та и за чертой города.

Освобождение организаций от уплаты налога на имущество в отношении генерирующих объектов, функционирующих на основе использования возобновляемых источников энергии, может быть установлено сроком на 5 лет. Конечно, реализация данного мероприятия предполагает некоторое недополучение налоговых доходов бюджетом Белгородской области, но это все же лучше, чем единовременные субсидии из регионального бюджета.

Реализация данного мероприятия дает активизацию инвестиций хозяйствующих субъектов в объекты, использующие возобновляемые источники энергии, посредством снижения налоговой базы.

Льготы по земельному налогу и налогу на имущество физических лиц, могут быть достаточно эффективными по отношению к застройщикам индивидуального жилья.

2. Предоставление субсидий хозяйствующим субъектам и физическим лицам на возмещение существенной части затрат на уплату процентов за пользование кредитами, возможно и части платежей по договору лизинга, в том числе полученным по договорам, на строительство новых, а также реконструкцию или модернизацию существующих установок с целью их перевода на использование возобновляемых источников энергии.

Полагаем, достаточным уровнем субсидирования будет возмещение затрат хозяйствующих субъектов и физических лиц в размере 2/3 ставки рефинансирования Центрального Банка Российской Федерации.

В настоящий момент достаточных средств для инвестиций в новые энергетические объекты и модернизацию действующих не имеют ни предприятия ни индивидуальные застройщики. Они вынуждены привлекать инвестиционные кредиты на приобретение и установку подобных

объектов, поэтому данная мера необходима и предполагает снижение инвестиционных затрат за счет бюджетного финансирования.

Ввиду высокой стоимости кредитных ресурсов и достаточно большого срока окупаемости фотоэлектрических установок и тепловых насосов хозяйствующие субъекты, равно как и физические лица – индивидуальные застройщики, не имеют возможности привлекать банковские кредиты инвестиционные кредиты на реализацию проектов по получению энергии из возобновляемых источников. В связи с этим, реализация подобного мероприятия необходима для повышения доступности банковского капитала и снижения долговой нагрузки на хозяйствующие субъекты и физических лиц, участвующих в развитии альтернативной энергетики в Белгородской области.

Реализация подобного мероприятия объективно необходима для привлечения капиталовложений из внебюджетных источников и гарантии их экономической эффективности.

3. «Зеленый тариф». В настоящее время такое специфическое название меры экономического стимулирования инвестиций в сферу альтернативной энергетики стало общепризнанным. «Зеленый тариф» – это специально завышенная цена, по которой гарантируется закупка электроэнергии, произведенной из возобновляемых источников: солнца, ветра, воды, тепла земли, биогаза и других [15].

В основе механизма «Зеленого тарифа» лежат три основополагающих принципа:

- гарантия подключения к энергосбытовой сети;
- долгосрочный договор, гарантирующий покупку всей произведенной электроэнергии из возобновляемых источников;
- гарантия надбавки к стоимости произведенной из возобновляемых источников электроэнергии.

Тарифы на «зеленую» энергию могут быть различными не только для различных возобновляемых источников, но и в зависимости от установленной мощности электрогенераторной установки. Мировой опыт свидетельствует, что указанная надбавка к произведённой электроэнергии должна гарантироваться производителю в долгосрочной перспективе (от 10 до 25 лет). Иначе не будет компенсирован риск неэффективных капиталовложений в установку по производству энергии из возобновляемых источников.

Кроме того, необходимо предусмотреть возможность выхода на региональный энергетический

рынок компаний – оптовых производителей солнечной электроэнергии, которые смогут продавать электроэнергию по договорам как с непосредственными потребителями электроэнергии, так и с энергоснабжающими компаниями.

Необходимо создать условия, по которым оптовый рынок будет обязан выкупать всю солнечную электроэнергию (не проданную по прямым контрактам) и рассчитываться за нее в полном объеме.

Для облегчения нагрузки на региональный бюджет в период до принятия федерального законодательства о «зеленом» тарифе, полагаем, будет достаточной мерой определения этого тарифа на уровне розничной цены электроэнергии. Таким образом, минуя дополнительные бюджетные издержки, будет гарантирован выкуп электроэнергии, произведенной с помощью альтернативных технологий.

*Прямые инвестиции.* По нашему мнению, наиболее эффективным направлением прямых расходов из бюджетных источников будет научное, информационное и организационное сопровождение мероприятий инвестиционной стратегии.

Исследование солнечной активности в регионе, вычисление теплоемкости и теплоотдачи различных грунтов, канализационных стоков и подземных вод целесообразно производить централизованно.

Для индивидуальных застройщиков необходимо создать консультационные центры, способные аккумулировать информацию по возможности применения солнечных батарей и тепловых насосов различных типов в различных частях Белгородской области. Базу данных о поставщиках оборудования для энергетических установок, и подрядчиках по их монтажу, также целесообразно иметь в одном месте или сделать ее общедоступной посредством сети Интернет.

По направлению организационного обеспечения, прежде всего, следует профинансировать разработку процедур получения возмещения части процентов по банковским инвестиционным кредитам предприятиям и физическим лицам на приобретение и установку генераторов энергии из возобновляемых источников.

**Выводы.** Таким образом в форме частногосударственного партнерства, будет гарантирована эффективность частных капиталовложений в сферу альтернативной энергетики, что позволит значительно снизить нагрузку на региональный и федеральный бюджеты.

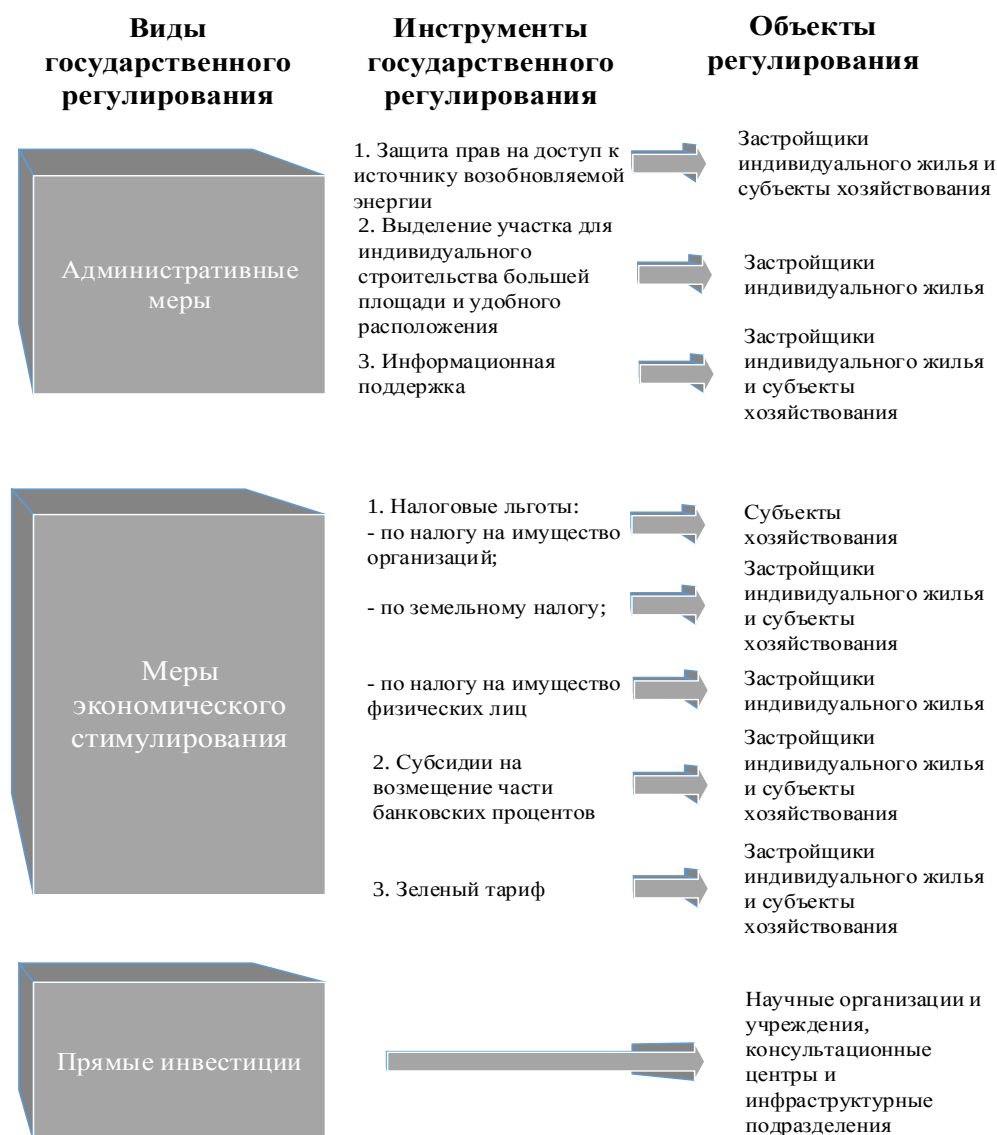


Рис. 2. Предлагаемые инструменты региональной инвестиционной стратегии в сфере развития альтернативной энергетики

На рисунке 2 представлена схема всех мероприятий, предусмотренных нами в структуре инвестиционной стратегии в сфере альтернативной энергетики на территории Белгородской области.

Результатом реализации инвестиционной стратегии развития сферы альтернативной энергетики в Белгородской области должно стать:

- увеличение доли выработки энергетических ресурсов с использованием возобновляемых источников энергии к 2020 году до 4,5 % от общего объема использования энергетических ресурсов;
- увеличение суммарной тепловой и электрической мощности установок и оборудования, использующих возобновляемые источники энергии;
- снижение общей экологической нагрузки.

*\*Публикация подготовлена в рамках подержанного РГНФ научного проекта № 16-12-31004.*

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стрельцов Д.В. «Чистая энергетика» в Японии // Восточная аналитика. 2011. № 2. С. 106–117.
2. Захарова Т.В. Перспективы Китая как возможного лидера «зеленых» инноваций: факторы удешевления // Вестник Томского государственного университета. Экономика. 2013. № 4(24). С. 103–109.
3. Шувалова О.В. Особенности развития альтернативной энергетики Германии // Электронный научный журнал. Современные проблемы науки и образования. 2012. №6.
4. Павлова М.Ю., Дэвид Андерсон. Возможности инвестиций в альтернативную энергию

тику // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2013. № 11. С. 190–196.

5. Альтернативная энергетика России: перспективы развития [Электронный ресурс]. URL: [http://www.cleandex.ru/articles/2015/01/22/alternativnaya\\_energetika\\_rossii\\_perspektivy\\_razvitiya](http://www.cleandex.ru/articles/2015/01/22/alternativnaya_energetika_rossii_perspektivy_razvitiya) (дата обращения: 05.12.2015).

6. Бутозов В.А. Перспективы развития российского солнечного теплоснабжения [Электронный ресурс]. URL: [http://www.energystrategy.ru/ab\\_ins/source/7-8.06.11/Butuzov.pdf](http://www.energystrategy.ru/ab_ins/source/7-8.06.11/Butuzov.pdf) (дата обращения: 05.12.2015).

7. Глаголев С.Н., Дорошенко Ю.А., Манин А.В. Инвестиционно-инновационный потенциал региона: сущность, значение, импакт-факторы и способы оптимизации // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2014. №2. С. 127-131.

8. Об утверждении Стратегии социально-экономического развития Белгородской области на период до 2025 года: постановление правительства Белгородской обл. от 25 января 2010 года № 27-пп // Белгородские известия. 2010. № 31.

9. Дорошенко Ю.А., Бухонова С.М., Сомина И.В. Теоретические аспекты инвестиционной привлекательности экономических систем //

Белгородский экономический вестник. 2014. № 2 (74). С. 3–7.

10. В США произошла энергетическая революция [Электронный ресурс] URL: <http://sites.google.com/site/newsnethitech/home/tehnoblog> (дата обращения 22.04.2015).

11. Капитонов И.А. Инвестиционная привлекательность альтернативной энергетики как инновационно ориентированного сектора мировой экономики // Вестник экономической интеграции. 2011. № 10. С. 94–99

12. Ратнер С.В., Дира Д.В. Методические подходы к разработке механизмов налогового стимулирования развития альтернативной энергетики в России // Финансы и кредит. 2012. № 20(500). С. 27–36.

13. Ратнер С.В., Дира Д.В. Налоговое стимулирование альтернативной энергетики в Европе // Международный бухгалтерский учет. 2012. № 17. С. 56–62.

14. Налоговый кодекс Российской Федерации (часть первая) от 31 июля 1998 № 146-ФЗ // Собрание законодательства РФ. 1998. ст. 3824.

15. Марченко О.В., Соломин С.В. О мерах по стимулированию развития возобновляемых источников энергии // Science Time 2015. № 4(16). С. 472–477.

---

**Buhonova S.M., Kireeva Yu.V.**

#### **INNOVATIVE APPROACHES TO FORMATION OF THE REGIONAL INVESTMENT STRATEGY IN THE FIELD OF ALTERNATIVE ENERGY**

*Undoubtedly the increase of production volumes of energy in alternative ways contributes to the improvement of the ecological situation in the region. At the same time, elements of the market does not contain the motivating factors for such compounding. Alternative ways of energy production in most regions of Russia is not effective compared to the traditional. Therefore the need for search and support of innovative approaches to the creation of a regional investment strategy in the field of alternative energy.*

**Key words:** Innovation, investment, regional strategy, alternative energy.

---

**Бухонова София Мирославовна**, доктор экономических наук, профессор, заведующая кафедрой финансового менеджмента.

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

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

E-mail: sofia@intbel.ru

**Киреева Юлия Владимировна**, консультант отдела стратегического планирования и программ развития управления стратегического планирования и прогнозирования развития региона.

Департамент экономического развития Белгородской области.

Адрес: Россия, 308000, г. Белгород, проспект Славы, 72.

E-mail: Bocharova1016@yandex.ru



**Мурадова З.Р., канд. экон. наук, доц.,**  
**Адамов М.Г., магистрант**  
**Дагестанский государственный технический университет**

## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И РАЗВИТИЕ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА РЕСПУБЛИКИ ДАГЕСТАН

zaremamuradova@mail.ru

*В настоящее время рынок недвижимости находится на стадии строительной активности. С целью удовлетворения одной из самых важных потребностей граждан – потребности в жилье, увеличиваются объемы возведения новых жилых домов, которые нуждаются в коммунальном обслуживании. Жилищно-коммунальное хозяйство, занимая значительное место в экономике государства, имеет огромное влияние на другие сферы социально-экономического развития. На сегодняшний день сфера жилищно-коммунального хозяйства региона находится в кризисном состоянии. Это обусловлено многими проблемами, имеющимися в ЖКХ. Поэтому возникает необходимость в решении этих проблем путем модернизации социально значимой отрасли.*

**Ключевые слова:** жилищно-коммунальное хозяйство, услуги, тарифы, жилые дома, модернизация.

**Введение.** С целью реализации функции жизнеобеспечения граждан необходима эффективная и динамично развивающаяся система жилищно-коммунального хозяйства, состояние которой влияет на уровень жизни населения. Поэтому совершенствование ЖКХ является одним из приоритетных направлений социальной политики государства, которое можно достичь путем организационного и правового реформирования.

**Методология.** На основе статистических данных был проведен анализ современного состояния, существующих проблем и потенциала жилищно-коммунальной инфраструктуры региона.

**Основная часть.** Жилищно-коммунальное хозяйство (ЖКХ) представляет собой совокупность отраслей экономики, обеспечивающих работу инженерной инфраструктуры зданий населённых пунктов.

Помимо участия государства в развитии ЖКХ, основная система взаимоотношений формируется вокруг управляющей компании, жильцов многоквартирных домов, а также предприятий, непосредственно выступающих в качестве поставщиков таких важных услуг, как теплоснабжение, водоснабжение и электроснабжение.

Перечень функций, которые подлежат выполнению жилищно-коммунальными организациями, установлен законодательно. Сюда в первую очередь входит обеспечение водоснабжения, которое подразделяется на:

- прокладку и проведение ремонта водопроводных труб;
- осуществление водозабора, очистки и доставки воды в многоквартирные дома и на объекты промышленного назначения.

Жилищно-коммунальными хозяйствами также выполняется работа по:

- обеспечению электроснабжения;
- поставке населению горячей воды и тепла;
- поддержанию рабочего состояния котельных и ТЭЦ;
- отведению сточных вод (канализация);
- проведению капитального ремонта зданий;
- осуществлению текущего ремонта внутренних, внешних и инженерных коммуникаций и систем здания;
- сбору, вывозу и утилизации мусора;
- осуществлению мероприятий по санитарному содержанию объектов недвижимости.

Деятельность жилищно-коммунальных организаций имеет двойственный характер. С одной стороны они характеризуются, как коммерческие организации, нацеленные на получение прибыли, а с другой стороны, как хозяйства, возлагающие на себя ответственность по обеспечению населения услугами и поддержанию жилищного фонда в надлежащем виде и состоянии [4]. Обе эти стороны взаимообусловлены. Поскольку для обеспечения населения качественными жилищно-коммунальными услугами, предприятиям требуются средства, формируемые, в первую очередь, из получаемой ими прибыли.

Ниже (табл. 1) представлены финансовые результаты предприятий ЖКХ Республики Дагестан за 2015 год.

Основываясь на данных таблицы 1, можно сделать вывод о не достижении данными предприятиями коммерческой цели, что является отрицательным фактором в отношении развития всей системы ЖКХ.

Таблица 1

**Основные показатели финансово-хозяйственной деятельности организаций ЖКХ в Республике Дагестан за 2015 год, тыс. руб.**

| Организации, оказывающие жилищно-коммунальные услуги                   | Общая сумма доходов от реализации услуг всем потребителям | Общая сумма расходов по реализации услуг | Финансовый итог деятельности организаций ЖКХ |
|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Жилищные                                                               | 808366                                                    | 674125                                   | 134241                                       |
| Водопроводно-канализационного хозяйства,<br>в том числе: водоснабжение | 868233.7                                                  | 967610.8                                 | -99377.1                                     |
| водоотведение                                                          | 279260.5                                                  | 354842.4                                 | -75581.9                                     |
| Теплоснабжения                                                         | 1601600.4                                                 | 2012136.5                                | -410536.1                                    |
| Электроснабжения                                                       | 2982989.5                                                 | 2991128                                  | -8138.5                                      |
| Газоснабжения,<br>в том числе: сетевым газом                           | 14087311                                                  | 21258764                                 | -7171453                                     |
| сжиженным газом                                                        | 994818.4                                                  | 824681.2                                 | 170137.2                                     |
| По утилизации твердых бытовых отходов                                  | 1591.3                                                    | 1434.1                                   | 157.2                                        |

Организация системы ЖКХ выступает одной из важнейших отраслей хозяйства, а также основной для развития социальной инфраструктуры, как страны в целом, так и отдельных регионов и городов в частности. Поэтому необходимо проведение существенного реформирования жилищно-коммунального хозяйства. Для того чтоб предложить рекомендации по совершенствованию ЖКХ, необходимо проанализировать современное состояние системы ЖКХ в Республике Дагестан.

С целью предоставления населению жилищно-коммунальных услуг, отличающихся доступностью, надежностью и качеством, в последние годы в регионе осуществляются действия, направленные на модернизацию и обновление жилищно-коммунального комплекса.

Правительством Республики Дагестан от 23 декабря 2014 г. № 403-р было ратифицировано распоряжение об утверждении дорожной карты «Развитие жилищно-коммунального хозяйства Республики Дагестан на 2014-2017 годы». На основе данной дорожной карты властями одиннадцати муниципальных образований республики были разработаны программы по комплексной модернизации жилищно-коммунальной системы.

В настоящее время на территории Республики Дагестан сформировано 188 товариществ собственников жилья, которые занимаются управлением и обслуживанием более 23% площади многоквартирных жилых домов. Данные товарищества функционируют в рамках созданной недавно Ассоциации товариществ собственников жилья Республики Дагестан.

По настоящее время силами и за счет средств муниципальных образований осуществляются мероприятия, направленные на формирование новых и благоустройство существующих парков и скверов, обустройство прилегающей территории многоквартирных жилых домов. Данная работа обусловлена задачами, указанными в дорожной карте «Развитие жилищно-коммунального хозяйства Республики Дагестан на 2014-2017 годы».

Правила по санитарному содержанию и благоустройству объектов коммунальной инфраструктуры были сформированы и утверждены на территориях 10 городских округов и 705 сельских поселений Республики Дагестан. Во всех районах города также были разработаны схемы по теплоснабжению. Что касается разработки и утверждению схем по обеспечению водоснабжения и водоотведения, то здесь приняли участие не только власти городских округов, но и представители сельских поселений республики Дагестан (63,5%).

В рамках реализации этапа 2015-2016 годов подпрограммы «Переселение граждан: из ветхого и аварийного жилищного фонда» двумя муниципальными районами Республики Дагестан «город Каспийск» и «Гарумовский район» были переселены 74 семьи (194 человека) в новые многоквартирные дома. Тем самым, запланированный объем работ был выполнен, несмотря на то, что переезд планировалось осуществить по окончании 2016 года.

Местные власти города Каспийск приобрели 62 квартиры в многоквартирных домах с целью предоставления их жильцам из ветхих, не

пригодных для жилья домов. В Тарумовском районе общая площадь построенного жилья, в которое переедут жильцы из аварийных домов, составила 1 030 квадратных метров.

Помимо положительных результатов, присутствуют и проблемы в системе ЖКХ региона, которые подлежат решению.

Проанализировав статистические данные, можно привести следующие сведения, касающиеся проблемных участков жилищно-коммунального сектора экономики Республики Дагестан:

- 43 % организаций, предоставляющие жилищно-коммунальные услуги, являются убыточными;
- износ инженерного оборудования и сетей составляет 75–77 %, т.е. является достаточно высоким;
- величина потерь энергоресурсов и воды составляет 30–32 %.

В настоящее время в системе ЖКХ около 135 муниципальными унитарными предприятия, это примерно 71% от общего количества, не предоставляется необходимой финансовой от-

ветственности за качество предоставляемых жилищно-коммунальных услуг, что выступает отпугивающим фактором для частных инвесторов. Созданными акционерными обществами в сфере ЖКХ не соблюдаются принципы государственного и частного партнерства. Кроме того, данные организации не придерживаются правил выставления акций для реализации, что ведет к отсутствию дополнительных доходов, которые могли бы быть израсходованы на развитие системы ЖКХ. В целом, ответственность за это лежит на органах местного самоуправления, которые не осуществляют полной мере работу по реформированию жилищно-коммунального хозяйства республики.

Кроме того, очень много жалоб поступает от граждан, которые сетуют на нарушения в порядке расчета оплаты за жилищно-коммунальные услуги. Также сами потребители несвоевременно производят оплату за предоставленные им коммунальные услуги (табл. 2). Вследствие этого перечень проблем в ЖКХ пополняется.

Таблица 2

**Оплата населением жилищно-коммунальных услуг в Республике Дагестан за 2015 год, тыс. руб.**

| Виды услуг                                    | Начислено жилищно-коммунальных платежей населению | Фактически оплачено | Стоимость предоставленных населению услуг, рассчитанная по тарифам | Возмещение населением затрат за предоставление услуг |             |
|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------|
|                                               |                                                   |                     |                                                                    | по тарифам                                           | фактическое |
| Жилищные услуги                               | 684311,4                                          | 547912,8            | 684716                                                             | 684311,4                                             | 547912,8    |
| Коммунальные услуги                           | 14866162                                          | 8985814,6           | 14866161,6                                                         | 14866161,6                                           | 8985814,6   |
| водоснабжение                                 | 712040,7                                          | 469421,4            | 712040,7                                                           | 712040,7                                             | 469421,4    |
| водоотведение                                 | 178227,5                                          | 139300,6            | 178227,5                                                           | 178227,5                                             | 139300,6    |
| горячее водоснабжение                         | 496731,3                                          | 353282,3            | 496731,3                                                           | 496731,3                                             | 353282,3    |
| отопление                                     | 876772,3                                          | 844306              | 876772,3                                                           | 876772,3                                             | 844306      |
| электроснабжение                              | 2539979,4                                         | 2258049,9           | 2539979,4                                                          | 2539979,4                                            | 2258049,9   |
| газоснабжение сетевым газом                   | 9035676,0                                         | 3894720,0           | 9035676,0                                                          | 9035676,0                                            | 3894720,0   |
| газоснабжение сжиженным газом                 | 1026734,4                                         | 1026734,4           | 1026734,4                                                          | 1026734,4                                            | 1026734,4   |
| в том числе поставка бытового газа в баллонах | 187294,6                                          | 187294,6            | 187294,6                                                           | 187294,6                                             | 187294,6    |
| Жилищно-коммунальные услуги - всего           | 15550473                                          | 9533727             | 15550877,6                                                         | 15550473                                             | 9533727,4   |

Одной из важнейших проблем, присутствие которой в ЖКХ волнует наше население, остается нехватка достаточных средств на осуществление ремонта и проведение реконструкции основных фондов ЖКХ. Вследствие этого система ЖКХ продолжает изнашиваться и

преждевременно выходить из рабочего состояния. Также на этой почве увеличивается риск возникновения на объектах жилой недвижимости аварийных ситуаций и технологических нарушений.

При изучении современного состояния жилищно-коммунальной инфраструктуры, можно сделать вывод о том, что мероприятия по развитию и повышению эффективности функционирования системы ЖКХ пока не дали тех результатов, которые планировалось достичь. Данное обстоятельство доказывает тот факт, что данная отрасль не является привлекательной для частных инвесторов.

Следовательно, в настоящее время необходимо серьезно заняться решением таким вопросом, как:

- формирование условий с целью полноценного использования государственного и частного партнерства;
- привлечение инвестиций в жилищно-коммунальную отрасль;
- повышения инвестиционной привлекательности объектов коммунальной инфраструктуры.

Модернизация жилищно-коммунальной инфраструктуры предполагает осуществление таких мероприятий, как формирование и ратификация комплекса программ по развитию системы ЖКХ, схем водоснабжения и водоотведения, теплоснабжения, электроснабжения, повышение качества предоставляемых жилищно-коммунальных услуг, создание благоприятных условий для оказания финансовой поддержки частными инвесторами, регистрация прав собственности на объекты жилищно-коммунального сектора. Данные действия требуют достаточных финансовых средств и государственного регулирования, поэтому функция по решению вышеприведенных проблем лежит именно на органах местного самоуправления.

Можно предложить следующие рекомендации по совершенствованию системы ЖКХ

- создание специализированных подразделений и организаций обслуживания инженерных сетей и ремонта объектов;
- строительство крупных предприятий и объединение мелких хозяйств, что повысит производительность труда, снизит затраты, повысит рентабельность и в целом эффективность работы ЖКХ;
- оснащение предприятий новыми, более мощными автоматизированными системами, оборудованием и приборами, в том числе индивидуальными счетчиками, что будет способствовать экономному расходованию ресурсов и снижению тарифов на оплату услуг;
- решение проблем в области ценовой и тарифной политики с учетом сложившихся монополий на оказание ряда услуг населению Республики Дагестан;

- создание новых форм управления жилищным фондом (управляющие компании, службы заказчика, расчетно-кассовые центры, участие частных фирм и др.);

- проведение эффективных работ по эксплуатации и содержанию многоквартирных жилых домов, а также комплексному благоустройству территорий;

- совершенствования законодательства в сфере жилищно-коммунального хозяйства;

- реформирования в сфере жилищно-коммунального хозяйства;

- проведения совместных семинаров по вопросам ценовой и тарифной политики и обеспечения мер социальной защиты в виде предоставления информации;

- формирование системы учета потребления коммунальных услуг;

- формирование конкурентной среды;

- формирование современной, совершенной и экономичной системы обслуживания.

Осуществление вышеизложенных рекомендаций позволит повысить эффективность функционирования системы ЖКХ, в частности, поможет сформировать эффективную систему стратегического управления инновационным потенциалом жилищно-коммунального хозяйства региона, учесть интересы всех участников экономических отношений и обеспечить требуемый объем и высокий уровень качества предоставляемых жилищно-коммунальных услуг.

**Выводы.** В результате проведенного анализа были предложены рекомендации по модернизации жилищно-коммунальной инфраструктуры и решения проблем, выступающих в качестве сдерживающего фактора развития отрасли. А также сделан вывод о необходимости полноценного государственного участия в развитии системы жилищно-коммунального вследствие того, что данная сфера играет огромную роль в социальном благосостоянии граждан и уровне экономического развития региона.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Постановление Правительства Республики Дагестан от 18 апреля 2014 года № 175 об утверждении региональной программы по проведению капитального ремонта общего имущества в многоквартирных домах в Республике Дагестан на 2014-2040 годы».

2. Распоряжение Правительства Республики Дагестан от 23 декабря 2014 г. № 403-р об утверждении комплекса мер («дорожной карты») «Развитие жилищно-коммунального хозяйства Республики Дагестан на 2014-2017 гг.».

3. Абдуллина А. Р., Владимиров И. А. Жилищно-коммунальное хозяйство в России // Проблемы современной экономики: материалы междунар. науч. конф. (г. Челябинск, декабрь 2011 г.). Челябинск: Два комсомольца. 2011. С. 183–185.

4. Ивакина А. М. Современные проблемы жилищно-коммунального хозяйства // Молодой ученый. 2015. №8. С. 537-539.

5. Комиссарова Л. А. Жилищно-коммунальное хозяйство как объект инновационного развития // Вестник НГИЭИ. 2014. №5. С. 73–79.

6. Электронный ресурс: <http://www.riadagestan.ru/>

---

**Muradova Z.R., Adamov M.G.**

**CURRENT STATUS AND DEVELOPMENT OF HOUSING AND COMMUNAL SERVICES OF THE REPUBLIC OF DAGESTAN**

*Currently, the real estate market is at a stage of construction activity. To meet one of the most important needs of the citizens – housing needs, increased construction of new homes that need in the public service. The housing and utilities sector occupying a significant place in the economy of the state, has a huge impact on other areas of socio-economic development. Today the sphere of housing and communal services of the region is in crisis. This is due to many problems existing in the housing. Therefore there is a need to address these problems through modernization of socially important industry.*

**Key words:** housing, utilities, services, rates, houses, modernization.

---

**Мурадова Зарема Рамазановна**, кандидат экономических наук, доцент кафедры экономического развития, маркетинга и бизнеса.

Дагестанский государственный технический университет.

Адрес: 367000, Республика Дагестан, г. Махачкала, пр. И. Шамиля, д. 70.

E-mail: [zaremamuradova@mail.ru](mailto:zaremamuradova@mail.ru)

**Адамов Мухтар Гамзатович**, магистрант кафедры экономического развития, маркетинга и бизнеса.

Дагестанский государственный технический университет.

Адрес: 367000, Республика Дагестан, г. Махачкала, пр. И. Шамиля, д.70

*Шелайкина А.Н., магистрант,  
Приходько Е.С., магистрант  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова  
Дуброва И.В., заместитель главы администрации  
муниципального района по социальным вопросам, помощник депутата Государственной  
Думы ФС РФ Скоча А.В. по г. Валуйки и Валуйскому району  
Дедов Е.В., вед. инж.  
Курский филиал АО «НИАЭП»*

## МЕТОДИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТАРИЙ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ РИСКА ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ

infobelinvest2015@mail.ru

*В статье рассматривается методический инструментарий количественной оценки степени риска инвестиционно-строительных проектов. Выделены преимущества и недостатки основных методов количественной оценки риска инвестиционно-строительных проектов. Анализируется инструментарий статистических методов оценки степени риска инвестиционно-строительных проектов (среднее значение ожидаемого результата (ожидание); дисперсия стоимости; стандартное отклонение; коэффициент изменчивости ценности ожидаемого результата; распределение вероятности испытательных ценностей). Исследуется применимость методов анализа чувствительности, сценарного анализа, моделирования методом Монте-Карло при количественной оценке степени риска инвестиционно-строительных проектов.*

**Ключевые слова:** *риск, инвестиционно-строительный проект, методы оценки риска.*

Реализация инвестиционных строительных проектов (ИСП) — это бизнес с высоким уровнем риска. Количественную оценку степени риска производят, чтобы дать потенциальным участникам ИСП необходимые данные для принятия решений о целесообразности осуществления задуманного. Она необязательно заканчивается принятием решения. Оценка степени риска является функцией управления присутствующей на всех этапах инвестиционного цикла [1].

При этом практически все авторы особое внимание уделяют вопросам рисков в инвестиционном проектировании, то есть расчёту эффективности инвестиционных проектов с учётом неопределённости и риска, и недостаточно внимания — методическому инструментарию количественной оценки степени риска инвестиционно-строительных проектов. В современных условиях требует усовершенствования применение методического аппарата для оценки степени риска ИСП [2].

Процесс количественной оценки степени риска ИСП включает ряд довольно независимых друг от друга методов, количество которых может меняться, а выполняться они могут как последовательно, так и в большой степени параллельно.

В мировой практике используются различные методы количественной оценки степени риска ИСП. К наиболее распространённым из них следует отнести: метод корректировки нормы дисконта; метод достоверных эквивалентов (коэффициентов достоверности); анализ чув-

ствительности критериев эффективности (чистый дисконтированный доход (NPV), внутренняя норма доходности (IRR) и др.); метод сценариев; анализ вероятностных распределений потоков платежей; деревья решений; метод Монте-Карло (имитационное моделирование) и др.

В табл. 1 представлены основные преимущества и недостатки методов количественной оценки степени риска ИСП.

Наиболее распространённой методологической основой аппарата для оценки рисков является статистика, опытные и аналоговые методы определения количества уровня риска.

Главный инструментарий статистических методов оценки степени риска: среднее значение ожидаемого результата (ожидание); дисперсия этой стоимости; стандартное (RMS) отклонение этой величины; коэффициент изменчивости ценности ожидаемого результата; распределение вероятности испытательных ценностей [3].

Так как формирование ожидаемого результата под влиянием многих случайных факторов, это естественно - случайная переменная.

Математическое ожидание  $M[x]$  случайной величины определяет ее среднее значение:

$$M[x] = \sum_{i=1}^n x_i p_i \text{ или } M[x] = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad (1)$$

где  $x_i$  — значение случайной величины в  $i$ -ой реализации;  $p_i$  — вероятность получения случайной величины  $x_i$ ;  $n$  — число реализаций.

В MS табличный процессор Excel ожидание определяется функцией СРЗНАЧ() вызывается с помощью команд меню Вставка-Функция ... от

статистической категории или через соответствующий значок на панели инструментов [4].

Таблица 1

### Преимущества и недостатки основных методов количественной оценки риска ИСП

| Метод                                | Преимущества                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Недостатки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Метод корректирования нормы дисконта | Простота расчетов.<br>Понятность и доступность                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Отсутствие информации о вероятности распределения будущих потоков платежей и их оценку. Допускается увеличение риска во времени с постоянным коэффициентом, но для многих проектов характерно наличие рисков в начальные периоды с постепенным снижением их до конца реализации                                                                                                    |
| Анализ чувствительности              | Метод является иллюстрацией влияния отдельных исходных факторов на конечный результат. Благодаря методу оптимизируются относительно формирования наилучшей схемы проекта в условиях ограниченных финансовых ресурсов.                                                                                                                                                                                                                                         | Не дает возможности оценить вероятность отклонений результатов проекта от ожидаемых значений. Изменение одного фактора рассматривается изолированно, тогда как на практике все экономические факторы в той или другой мере корреляционны и влияют на результаты проекта вместе                                                                                                     |
| Метод сценариев                      | Отклонение результативного показателя рассчитывается с учетом взаимовлияния действующих факторов. Оказывает содействие получению достаточно наглядной картины для разнообразных вариантов реализации проектов. Предоставляет информацию о чувствительности и возможных отклонениях. Может быть легко реализованы в среде <i>Project Expert, Excel</i>                                                                                                         | Существует определенная сложность построения реалистических сценариев «наиболее плохого» и «наилучшего» объединения событий; расчета значений вероятностей осуществления данных сценариев. Проявление следствий ограниченного количества вероятных комбинаций сменных.                                                                                                             |
| Метод «дерева» решений               | Последовательно оцениваются следствия каждого возможного исходного события и исчисляется максимальная вероятность конечной цели                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Значительные затраты времени на проведение исследований (увеличивается объем расчетов за перебирание всех возможных вариантов, общее количество которых может достигать десятков, сотен). Возможная недооценка звена любой системы.                                                                                                                                                |
| Имитационное моделирование           | Помогает учесть максимально возможное количество факторов. Особенно эффективным считается в тех случаях, когда исследуемые взаимосвязи сложные, носят стохастический характер и не могут быть смоделированы в условиях объективного эксперимента. Возможность получения интервальных, а не точечных характеристик результативных показателей. Оказывает содействие значительному повышению качества прогнозирования и принятых инвестиционных решений в целом | Трудности восприятия имитационных моделей из-за их математической сложности и громоздкость. Применение метода требует использования специальных математических пакетов. Трудоемкость и дороговизна создания моделей. Высокая зависимость точности результата от соответствия созданной модели объекту. Неточность результатов во время использования упрощенных допущений в модели |

Дисперсия  $D[x]$  определяет математическое ожидание квадрата отклонения случайной величины от ее математического ожидания:

$$D[x] = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - M[x])^2}{n}. \quad (2)$$

Стандартное (среднеквадратичное) отклонение  $\sigma[x]$  определяет вариации значений слу-

чайной величины относительно ее математического ожидания:

$$\sigma[x] = \sqrt{D[x]} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - M[x])^2}{n}}. \quad (3)$$

Чем больше значения  $D[x]$  и  $\sigma[x]$ , тем больше разброс случайной величины. Обе характеристики являются абсолютной мерой риска.

Следует отметить, что обработка очень большого количества случайных величин вводится понятие генеральной совокупности и выборочные данные из них, представляют собой выборки – отбор. Дисперсия и стандартное отклонение выборочных данных определяется зависимостями:

$$D[x] = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - M[x])^2}{n-1}, \quad (4)$$

$$\sigma[x] = \sqrt{D[x]} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - M[x])^2}{n-1}}. \quad (5)$$

В MS Excel и пакета при вычислении значений  $D[x]$  и  $\sigma[x]$  для общей популяции использовать функции ДИСПР() и СТАНДОТКЛОНП() и для образца, соответственно - вар () и СТАНДОТКЛОН (), также вызвана с помощью команды меню Вставка-Функция... от статистической категории [5].

Коэффициент вариации  $v[x]$  определяет относительную величину разброса случайной величины:

$$v[x] = \frac{\sigma[x]}{M[x]}. \quad (6)$$

Коэффициент вариации является относительной мерой риска, поэтому он не влияет на размер абсолютного значения изучаемого показателя и его можно использовать для сравнения изменчивости признаков, выраженных в разных единицах. Коэффициент вариации может изменяться от 0 до 100 %. Чем больше коэффициент, тем больше разброс случайной величины. Установлена следующая качественная оценка различных значений коэффициента вариации: до 10 %-слабая; 10–25 %-умеренная; больше 25 %-высокая [6].

Наиболее полная характеристика случайной величины - закон ее распределения. Как показывает практика, для характеристики распределения социально-экономических явлений часто

используют нормальный закон распределения, например:

- функция плотности распределения  $f(x)$ , которая позволяет вычислить вероятность появления случайной величины;

- интегральная функция распределения  $F[x]$ , позволяет определить вероятность случайной величины в определенном интервале.

Вычисляются по следующим направлениям:

1) функция распределения плотности  $f(x)$

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}}, \quad (7)$$

где  $m = M[x]$  – математическое ожидание случайной величины,  $\sigma = \sigma[x]$  – стандартное отклонение случайной величины;

2) интегральная функция распределения  $F[x]$

$$F(x) = \int_{-\infty}^x f(x) dx, \quad (8)$$

которая позволяет использовать в зависимости  $P(x \leq a) = F(a)$  определить вероятности появления случайной величины ( $x \leq a$ ).

В MS Excel эти две формы находятся по функции НОРМСТРАСП() от статистической категории, которая имеет следующий синтаксис:

НОРМСТРАСП( $a$ ;  $M[x]$ ;  $\sigma[x]$ ; интегральная), (9)

где  $a$  – задаваемое значение случайной величины  $x$ ;  $M[x]$  – математическое ожидание случайной величины;  $\sigma[x]$  – стандартное отклонение случайной величины;

Интегральная - параметр, который определяет форму представления распределения: при интегральная = истина определяется значение функции распределения, т.е.  $F[a]$ ; при интегральная = ложь определяется значение плотности распределения, т.е.  $f(a)$  [7].

Ответ на вопрос об обратной задаче: какой случайной величиной должна быть, чтобы вероятность его наступления была равна заданной величине  $\alpha$ , также может быть получена с помощью функции НОРМОБР( $\alpha$ ;  $M[x]$ ;  $\sigma[x]$ ) от статистической категории. Теоретически случайная величина может варьироваться от  $-\infty < x < \infty$ .

Однако, до доли процента случайная величина может варьироваться

$$M[x] - 3\sigma[x] \leq x \leq M[x] + 3\sigma[x], \quad (10)$$



что принимается за пределы изменения случайной величины:

$$x_{\min} = M[x] - 3\sigma[x], \quad x_{\max} = M[x] + 3\sigma[x]. \quad (11)$$

Довольно часто при решении практических задач применяют закон стандартного нормального распределения. Этот закон описывает вероятность случайной величины  $t$ , имеющей:

$$M[t] = 0, \quad \sigma[t] = 1, \quad (12)$$

в диапазоне  $-3 \leq t \leq 3$ .

Переход от случайной величины  $X$  к случайной величине  $t$  выполнен на зависимость

$$t = \frac{x - M[x]}{\sigma[x]}. \quad (13)$$

В MS Excel используется для этой цели функции НОРМАЛИЗАЦИЯ ( $x$ ;  $M[x]$ ;  $\sigma[x]$ ) от статистической категории [8].

Связь между двумя переменными, состоящую в изменении средней величины одного из них в зависимости от изменений в другое показывает коэффициент корреляции  $R(x1, x2)$ :

$$R(x1, x2) = \frac{\text{Cov}(x1, x2)}{\sigma[x1]\sigma[x2]}, \quad (14)$$

где  $\text{Cov}(x1, x2) = M[(x1 - M[x1])(x2 - M[x2])]$  - ковариация случайных величин. В MS Excel коэффициент корреляции вычисляется с помощью функции КОРРЕЛ(), также вызывается с помощью команд меню Вставка-Функция ... от статистической категории [9].

Коэффициент корреляции колеблется от -1 до 1. Положительный коэффициент означает прямопропорциональную зависимость между значениями и отрицательные - обратнопропорциональную, чем ближе он к единице, тем сильнее эта связь.

Для определения уровня риска можно использовать график Лоренца, который строится по частотам возникновения потерь

$$F^0 = \frac{n}{n_{\text{общ}}}, \quad (15)$$

где  $F^0$  - частота возникновения некоторого уровня потерь;  $n$  - число случаев наступления конкретного уровня потерь;  $n_{\text{общ}}$  - общее число случаев в статистической выборке, включая успешные.

По степени кривизны линии Лоренца можно видеть уровни риска в различные периоды функционирования ИСП [10].

С помощью методов статистического анализа можно оценить все основные виды рисков. Основной недостаток метода - трудности получения статистической информации; учета большого количества факторов (причин) риска; расчета коэффициентов корреляции, регрессии. Данные методы целесообразно применять: для оценки вероятности возникновения неблагоприятного события и ущерба (потерь); для предварительной оценки, планирования, контроля направлений деятельности ИСП.

К сожалению, статистические методы требуют серьезного сбора данных, масштаб их часто ограничен и управленцы-практики редко ими пользуются [11].

Наиболее распространенными на практике методами количественного анализа рисков ИСП являются: анализ чувствительности; сценарный анализ; моделирование методом Монте-Карло.

Анализ чувствительности предполагает проведение сравнительного анализа влияния различных факторов риска на проект (см. табл. 2).

В табл. 3 отражены показатели чувствительности и предсказуемости факторов проекта, проверяемых на риски.

Таблица 2

#### Определение рейтинга факторов проекта, проверяемых на риски

| Переменная (x)       | Изменение x, % | Изменение NPV, % | Отношение процента изменений NPV к проценту изменений x | Рейтинг |
|----------------------|----------------|------------------|---------------------------------------------------------|---------|
| Ставка процента      | 2              | 5                | 2,5                                                     | 3       |
| Оборотный капитал    | 1              | 2                | 2                                                       | 4       |
| Остаточная стоимость | 3              | 6                | 2                                                       | 4       |
| Переменные издержки  | 5              | 15               | 3                                                       | 2       |
| Объем продаж         | 2              | 8                | 4                                                       | 1       |
| Цена реализации      | 6              | 9                | 1.5                                                     | 5       |

Таблица 3

**Показатели чувствительности и предсказуемости факторов проекта, проверяемых на риски**

| Переменная (х)       | Чувствительность | Предсказуемость |
|----------------------|------------------|-----------------|
| Объем продаж         | высокая          | низкая          |
| Переменные издержки  | высокая          | высокая         |
| Ставка процента      | средняя          | средняя         |
| Оборотный капитал    | средняя          | средняя         |
| Остаточная стоимость | средняя          | высокая         |
| Цена реализации      | низкая           | низкая          |

На основании результатов анализа каждого фактора, составляется матрица чувствительности и предсказуемости, степень которой отражается в горизонтальном направлении, и предсказуемость, степень которой представлена в вертикальном положении (см. табл.4).

Этот метод является хорошей иллюстрацией влияния отдельных факторов на конечный

результат проекта [12]. Основным недостатком этого метода является предположение о том, что изменение одного фактора рассматривается изолированно, в то время как на практике все экономические факторы в той или иной степени связаны между собой.

Таблица 4

**Матрица чувствительности и предсказуемости**

| Предсказуемость переменных | Чувствительность переменной |         |        |
|----------------------------|-----------------------------|---------|--------|
|                            | высокая                     | средняя | низкая |
| низкая                     | I                           | I       | II     |
| средняя                    | I                           | II      | III    |
| высокая                    | II                          | III     | III    |

Сценарный анализ – второй метод, используемый в количественной оценке риска проекта. Это разработка методов анализа чувствительности проекта позволяет оценить влияние на проект. Возможно последовательное одновременное

изменение нескольких переменных по вероятности каждого сценария. В табл. 5 представлен пример расчета пессимистического варианта возможных изменений переменных, оптимистический и самый вероятный вариант.

Таблица 5

**Сценарии развития проекта**

| Сценарии         | Вероятность | NPV, млн. руб. | NPV с учетом вероятности, млн. руб. |
|------------------|-------------|----------------|-------------------------------------|
| Оптимистический  | 0,1         | 100            | 10                                  |
| Вероятный        | 0,5         | 80             | 40                                  |
| Пессимистический | 0,4         | 50             | 20                                  |
| Всего            | 1           | -              | 70                                  |

Каждый сценарий должен соответствовать следующим критериям:

- множество значений исходных переменных;
- расчетные значения полученных показателей;

- некоторая вероятность возникновения этого сценария.

В качестве инструмента показывают связи между вероятностью и последствиями событий для ключевого риска, можно использовать матрицу риска, приведенную в табл. 6.

Таблица 6

**Матрица рисков**

| Потери  | Вероятность |         |         |
|---------|-------------|---------|---------|
|         | низкая      | средняя | Высокая |
| высокие | -           | -       | -       |
| средние | -           | -       | -       |
| низкие  | -           | -       | -       |

Формируют матрицу рисков в 3 этапа:  
1) ранжирование факторов риска путем расчета оценки каждого фактора (табл. 7).

2) выбор факторов с наивысшим рейтингом;  
3) ввод выбранных факторов в матрицу.

Таблица 7

**Ранжирование факторов риска**

| Фактор риска | Бальная оценка вероятности | Бальная оценка потерь | Обобщенная оценка (гр.2+гр.3) | Вес группы факторов | Итоговая оценка (гр 4*гр.5) |
|--------------|----------------------------|-----------------------|-------------------------------|---------------------|-----------------------------|
| 1            | 2                          | 3                     | 4                             | 5                   | 6                           |

Пример формы матрицы реакций на риск, показана в табл. 8, на основе которой возможно

разработать план команды проекта для управления выявленными рисками.

Таблица 8

**Матрица реакций на риск**

| Риск (событие)       | Методы управления                                   | План на случай непредвиденных обстоятельств | Импульс к применению |
|----------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------|
| 1.<br>2.<br>3.<br>4. | снизить<br>разделить<br>переадресовать<br>сохранить |                                             |                      |

При управлении рисками применяемые методы оценки риска позволяют уменьшить их количество и позволяют лучше понять их негативные последствия.

Процесс управления рисками с применением рассматриваемых методов может, включает в себя:

1. Выявление потенциальных рисков проекта, с использованием статистических методов.

2. Анализ выявленных рисков проекта с использованием матрицы оценки риска (см. табл. 9).

Таблица 9

**Анализ выявленных рисков проекта с использованием матрицы оценки риска**

| Риск (событие) | Вероятность                  | Степень серьезности          | Сложность обнаружения        | Время возникновения |
|----------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------|
| 1.<br>2.<br>3. | высокая<br>средняя<br>низкая | высокая<br>средняя<br>низкая | высокая<br>средняя<br>низкая |                     |

3. Описание каждого конкретного риска с помощью реакции матрицы к риску (см. табл. 10).

Таким образом, применение всего арсенала методов оценки степени риска ИСП позволяет: отобрать и проранжировать факторы рисков, смоделировать процесс реализации проекта, оценить с определенной вероятностью послед-

ствия возникновения неблагоприятных ситуаций, подобрать методы минимизации их воздействия или предложить компенсирующие риски мероприятия, проследить за динамикой поведения фактических параметров проекта в ходе его осуществления, скорректировать их изменение в нужном на направлении.

Таблица 10

**Описание каждого конкретного риска с помощью реакции матрицы к риску**

| Риск (событие)       | Методы управления                                         | План на случай непредвиденных обстоятельств | Импульс к применению |
|----------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------|
| 1.<br>2.<br>3.<br>4. | снизить<br>разделить<br>переадресовать<br>принять на себя |                                             |                      |

Применение методического инструментария количественной оценки степени риска ИСП способствует углублению анализа проектов, но

и повышает эффективность инвестиционных решений.

В современных условиях одним из важнейших направлений развития инвестиционно-

строительной организации является формирование эффективной системы методов количественной оценки степени риска ИСП, которая позволила бы адекватно оценивать складывающуюся ситуацию и максимально минимизировать риски потери доходов.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Коваленко Т.Л., Абакумов Р.Г. Проявление инноваций в инвестиционно-строительной деятельности// *Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования*. 2016. № 1 (11). С. 126–130.
2. 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.
3. Шелайкина А.Н., Абакумов Р.Г. Управление инвестиционными рисками в строительстве// *Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования*. 2016. № 1 (11). С. 314–318.
4. Абакумов Р.Г., Подоскина Е.Ю. Методы оценки эффективности инновационных проектов// *Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования*. 2016. № 1 (11). С. 9–13.
5. Абакумов Р.Г., Подоскина Е.Ю. Методы оценки эффективности инновационных проектов// *Инновационная наука*. 2016. № 1-1 (13). С. 11–13.
6. Абакумов Р.Г., Грищенко Е.Н. Экономико-математическое моделирование проектирования состава основных средств и технологий их использования в организации// *Современные тенденции развития науки и производства. Сборник материалов II Международной научно-практической конференции. Западно-Сибирский научный центр*. 2015. С. 116–119.
7. Абакумов Р.Г., Соловьева И.А., Жигалова Н.А. Инновационный подход к оптимизации оценки инвестиционных проектов с учетом фактора времени// *Современные тенденции развития науки и производства. Сборник материалов II Международной научно-практической конференции. Западно-Сибирский научный центр*. 2015. С. 119–122.
8. 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*. 2015. С. 126–129.
9. Абакумов Р.Г. Экономические проблемы в строительстве в условиях импортозамещения // *Молодой инженер - основа научно-технического прогресса. Сборник научных трудов Международной научно-технической конференции*. 2015. С. 14–17.
10. Крылова Д.Д., Абакумов Р.Г. Проблемы оценки инновации в инвестиционно-строительной сфере // *Стратегия социально-экономического развития общества: управленческие, правовые, хозяйственные аспекты*. 2015. С. 161–164.
11. Назина К.С., Абакумов Р.Г. Исследовательские основы анализа рынка недвижимости// *Молодежь и XXI век - 2015 материалы. V Международной молодежной научной конференции в 3-х томах*. 2015. С. 171–174.
12. Абакумов Р.Г., Скрыпник О.Г. Строительство как основополагающая отрасль развития экономики страны // *Научное мышление молодых ученых: настоящее и будущее* 2015. С. 184–188.
13. Абакумов Р.Г., Соловьева И.А. Математическое и информационное моделирование организации и технологии ремонта, замены машин и оборудования в машиностроении// *Научное мышление молодых ученых: настоящее и будущее* 2015. С. 188–193.
14. Абакумов Р.Г. Математическое моделирование технологических процессов воспроизводства машин и оборудования // *Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации. Сборник научных трудов XII-ой Международной научно-практической конференции*. 2015. С. 22–25.
15. 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*. 2015. С. 295–298.
16. Блохина К.В., Абакумов Р.Г., Соловьева И.А. Особенности оценки социальной эффективности муниципальных инвестиционно-строительных проектов// *Молодежь и XXI век - 2015. Материалы V Международной молодежной научной конференции в 3-х томах*. 2015. С. 41–44.
17. 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*. 2015. С. 65–68.
18. 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. 2015. С. 82–85.

19. Абакумов Р.Г., Грищенко Е.Н. Инвестиционный проектный риск в инновационной сфере// Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 3-3 (34). С. 4–5.

20. Кукин А.Н., Абакумов Р.Г. Формирование экономико-математической модели управления инвестиционно-строительной деятельностью // Общество в эпоху перемен: формирование новых социально-экономических отношений. Материалы VI международной научно-практической конференции. 2014. С. 110–112.

21. Абакумов Р.Г. Информационные технологии в управлении воспроизводством основных средств организации // Молодежь и научно-технический прогресс Сборник докладов VII международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 3-х томах. 2014. С. 114–116.

22. Абакумов Р.Г. Математическое моделирование процессов воспроизводства основных средств организации // Инновации, качество и сервис в технике и технологиях. Сборник научных трудов 4-ой Международной научно-практической конференции: в 3-х томах. 2014. С. 12–14.

23. Абакумов Р.Г., Аридова С.В. Экономико-математическая модель оценки социально-экономического эффекта воспроизводства зданий // Поколение будущего: Взгляд молодых ученых - 2014 сборник научных статей 3-й Международной молодежной научной конференции: в 2-х томах. 2014. С. 17–19.

24. Костин С.М., Абакумов Р.Г. Инновационные подходы к факторному анализу производственной мощности строительных предприятий // Юность и знания - гарантия успеха. Сборник научных трудов Международной научно-технической конференции. 2014. С. 181–184.

25. Абакумов Р.Г. Разработка схемы организационного и информационного обеспечения управления воспроизводством основных средств организации// Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации. Сборник научных трудов XI-ой Международной научно-практической конференции: в 4 томах. 2014. С. 21–24.

26. Аридова С.В., Абакумов Р.Г. Использование методов теории графов и комбинаторного анализа при определении оптимального порядка реконструкции группы зданий // Юность и знания - гарантия успеха. Сборник научных трудов Международной научно-технической конференции. 2014. С. 25–28.

27. Аридова С.В., Абакумов Р.Г. Математическая модель определения оптимального времени начала реконструкции и перепрофилирования объекта коммерческой недвижимости// Инновации в строительстве глазами молодых специалистов Сборник научных трудов Международной научно-технической конференции. 2014. С. 27–31.

28. Абакумов Р.Г., Просяник О.С. Методические рекомендации по формированию системы показателей оценки эффективности инновационного воспроизводства основных средств // Социально-экономические аспекты развития современного государства. Материалы IV международной научно-практической конференции. 2014. С. 3–5.

29. Костин С.М., Абакумов Р.Г. Инновационный инструментальный оценки эффективности проекта воспроизводства здания// Общество в эпоху перемен: формирование новых социально-экономических отношений. Материалы VI международной научно-практической конференции. 2014. С. 99–101.

30. Абакумов Р.Г., Тонких К.В. Необходимость и задачи управления экономической эффективностью развития объектов недвижимости социально-культурного назначения на муниципальном уровне // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2014. № 1 (49). С. 316–320.

31. Грищенко Е.Н., Абакумов Р.Г. Инновационные аспекты оценки бюджетной эффективности инвестиционно-строительных проектов // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2014. № 1 (4). С. 176–180.

32. Костин С.М., Абакумов Р.Г. Индикаторы эффективности управления денежным потоком при реализации инвестиционно-строительного проекта// Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2014. № 1 (4). С. 299–301.

33. Меренкова К.А., Абакумов Р.Г. Вероятностная оценка эффективности и риска проектов инновационного воспроизводства основных средств // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2014. № 2 (5). С. 56–58.

34. Абакумов Р.Г. Методика расчета реинвестиций, обеспечивающих воспроизводство основных средств организации// Образование, наука и современное общество: актуальные вопросы экономики и кооперации. Материалы международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава и аспирантов: в 5. 2013. С. 18–23.

35. Абакумов Р.Г. Методические аспекты экономического обоснования выбора источников финансирования воспроизводства основного капитала // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2011. № 1. С. 110–112.

36. Абакумов Р.Г. Методические аспекты выбора методов воспроизводства основного капитала // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2010. № 1. С. 140–146.

37. Абакумов Р.Г. Управление воспроизводством основного капитала как условие инно-

вационного пути развития экономики // Креативная экономика. 2009. № 11. С. 3–9.

38. Абакумов Р.Г. Условия инновационного пути развития воспроизводства основного капитала в экономике России // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2009. № 4-1. С. 92–97.

39. 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.

---

**Salicina A.N., Prikhodko E.S., Dubrova I.V., Dedov E.V.**

**METHODOLOGICAL TOOLKIT FOR QUANTITATIVE RISK ASSESSMENT OF INVESTMENT CONSTRUCTION PROJECTS**

*The article discusses the methodological tools for the quantitative risk assessment of investment construction projects. The advantages and disadvantages of the main methods of quantitative risk assessment of investment construction projects. Examines the Toolkit of statistical methods of risk assessment of investment construction projects (the average value of the expected result (wait); cost variance; standard deviation; coefficient of variation values of the expected result; the probability distribution of the test values). Examines the applicability of the methods of sensitivity analysis, scenario analysis, simulation with Monte Carlo method in the quantitative risk assessment of investment construction projects.*

**Key words:** risk, investment and construction project risk assessment techniques.

---

**Шелайкина Анастасия Николаевна**, студент магистратуры.

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

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

E-mail: infobelinvest2015@mail.ru

**Приходько Екатерина Сергеевна**, студент магистратуры.

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

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

E-mail: katya45531@gmail.com

**Дуброва Ирина Вячеславовна**, заместитель главы администрации муниципального района по социальным вопросам, помощник депутата Государственной Думы ФС РФ Скоча А.В. по г. Валуйки и Валуйскому району.

Администрация муниципального района г. Валуйки и Валуйского района.

Адрес: Россия, 309996, Валуйки, ул. М. Горького, д.1

E-mail: infobelinvest2015@mail.ru

**Дедов Евгений Владимирович**, ведущий инженер.

Курский филиал АО «НИАЭП».

Адрес: Россия, 307250, Курская обл., г. Курчатова, ул. Молодежная, д. 9.

E-mail: Dedov-93@inbox.ru

Дорошенко Ю.А., д-р экон. наук, проф.,  
Малыхина И.О., канд. экон. наук, ст. преп.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ВЛИЯНИЕ ИННОВАЦИОННО-ИНВЕСТИЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА РЕГИОНА НА УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ МАЛЫХ ИННОВАЦИОННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ, СОЗДАНЫХ НА БАЗЕ ВУЗОВ\*

ROGOVA@intbel.ru

*Регион, как самостоятельная территориально целостная единица, обладает высокой значимостью собственного вклада в экономическое развитие страны, укрепление инновационного потенциала и формирование ее инвестиционной привлекательности, что создает благоприятный климат для развития малых инновационных предприятий, в том числе созданных на базе вузов. Перспективам усиления инновационно-инвестиционного потенциала регионов руководством страны сегодня уделяется повышенное внимание, прежде всего, в части финансирования из государственного бюджета фундаментальных и прикладных исследований для достижения результативного уровня научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР), повышения статуса ученого-исследователя и др.*

**Ключевые слова:** инновационно-инвестиционный потенциал, инновационная инфраструктура, малые инновационные предприятия, вуз.

**Введение.** Опыт экономического развития зарубежных стран демонстрирует устойчивую корреляцию успеха развития экономической системы от укрепления инновационно-инвестиционного потенциала страны, подавляющий вклад в который вносит как раз сектор малого инновационного предпринимательства. Отметим, что именно малыми инновационными предприятиями, в том числе созданными на базе вузов, обеспечивается существенный инновационный приток в экономику, что, в свою очередь, формирует инвестиционную привлекательность государства. Однако проблема недостаточного финансирования научно-исследовательского сектора, а также неотлаженность законодательной базы, регулирующей взаимоотношения участников научно-исследовательской деятельности и реального сектора экономики, все еще остается нерешенной.

В Российской Федерации главным инвестором научных изысканий является государство, поскольку в подавляющем большинстве государство, а не промышленные предприятия формирует заказы на проведение научных и исследовательских работ. При этом развитие страны отличаются активностью инвестирования частного капитала реальным сектором экономики, стремящимся к внедрению новейших научных разработок. Сегодня является актуальным вопрос стимулирования инновационной активности отечественных предприятий. По данным Росстата, предприятия отечественной отрасли промышленности на приобретение новшеств и лицензий расходуют примерно 2 % от стоимости выпускаемой продукции, а на заказ проведения исследований и разработок - менее 1 % [1].

Подчеркнем важную роль высшей школы в формировании и укреплении инновационно-инвестиционного потенциала региона и страны в частности. Источником обеспечения региона интеллектуальным и кадровым капиталом являются университеты. Наиболее авторитетные вузы, имеющие мощную научную базу, активно проводят политику кооперации с органами государственной власти, промышленными предприятиями, научно-исследовательскими центрами, а также торговыми организациями с целью развития инновационной экономики и содействия в создании благоприятной инвестиционной обстановки в регионе, что создает условия для успешного ведения бизнеса и повышает интерес к региону как объекту иностранных инвестиций [2]. С другой стороны, вуз является «производителем» высококвалифицированных кадров, способных к мобильности и прогрессивному освоению технологических разработок сегодняшнего дня. Более того, выпускники вузов, часть из которых в перспективе станут руководителями стратегических направлений деятельности различных организаций, а другие создадут собственный бизнес, будут поддерживать связи с вузом, продолжая его взаимовыгодное сотрудничество с реальным сектором экономики, в том числе и посредством функционирования малых инновационных предприятий, созданных на базе вузов.

Реалии сегодняшнего дня выделяют в качестве приоритета необходимость активного развития предпринимательства в России, прежде всего, среднего и малого, поскольку именно данный сегмент бизнеса является наиболее инновационно активным. Рост результативности

научных исследований по важнейшим векторам развития науки и технологий, плодотворное сотрудничество образовательной и научной сфер с представителями бизнес-сообществ, в том числе иностранных, будет способствовать формированию благоприятной инновационно-инвестиционной среды региона.

**Методология.** Необходимо отметить существенный вклад в развитие методологии формирования инновационной экономики региона таких зарубежных ученых, как Й.А. Шумпетера, П. Друкера, К. Фридмана, Н. Розенберга, А. Филлипса, а также российских ученых: С.Ю. Глазьева, В.Н. Гунина, Л. И. Абалкина, Д. С. Львова, Ю.А. Дорошенко, А. Г. Гранберга и др.

А.Е. Абрамешин определяет «потенциал инновационного развития» как возможность региональных отраслей народного хозяйства выпускать высокотехнологичные товары и услуги, отвечающие спросу и требованиям международного рынка. Анализ данного определения четко отражает взаимосвязь инновационного потенциала региона с его экономическим развитием [3].

В.Р. Атоян под «потенциалом инновационного развития» подразумевает возможность системы к изменению существующего положения вещей в обновленное состояние для удовлетворения как существующих, так и вновь появляющихся потребностей новатора, рынка и др. [4].

Следует отметить также труды ученых, занимавшихся формированием методологических подходов к решению проблем создания условий развития субъектов малого инновационного предпринимательства, а именно М.В. Владыка, Н.В. Атарщикова, А.П. Гарнова, Е.В. Шукшунова, Г.В. Майер, Ф. Сантоса, П. Скотта, Х.Г. Хофмана, М. Хейтора.

В своих исследованиях А.П. Гарнов и О.В. Краснобаева определяют малое инновационное предприятие как предприятие, учрежденное на базе высшего учебного заведения, которое характеризуется высоким инновационным потенциалом, осуществляет свою деятельность с целью получения дохода в условиях риска и относится к категории малого предпринимательства на основе критериев, изложенных в федеральном законодательстве [5].

Н.В. Атарщикова дает следующее определение малому инновационному предприятию: это такое предприятие, которое учреждается на базе высшего учебного учреждения с целью получения дохода и относится к категории малого предпринимательства по критериям, определенным федеральным законодательством [6].

Анализируя подходы различных авторов к определению малого инновационного предприя-

тия как самостоятельной экономической категории, предложим следующее его определение: малое инновационное предприятие – это такое предприятие, которое является инфраструктурным элементом вуза, целью создания которого является консалтинг и коммерциализация инновационных разработок [7].

**Основная часть.** Российский опыт создания малых инновационных предприятий должен учитывать и опыт зарубежного развития предпринимательства как инструмента интенсификации инновационной активности региона. Тем не менее, в России государственная поддержка в совокупности с использованием возможностей инновационной инфраструктуры вуза, является важнейшими инструментами развития сектора малого предпринимательства.

Однако остается много нерешенных вопросов, связанных с функционированием малых инновационных предприятий. Сегодня ученые выделяют следующие меры в качестве основных для решения этих проблем [8]:

1. Стимулирование проведения научно-исследовательских и инновационных разработок для внедрения их в промышленности.
2. Лицензирование.
3. Уступка патентных прав.
4. Коммерциализация инновационных разработок.

Эффективность данных мер обусловлена, с одной стороны, стремлением самих малых предприятий к развитию, а с другой – наличием в регионе эффективных механизмов реализации их инновационного потенциала, который характеризует де-факто способность системы к эффективному развитию. При этом данная способность справедлива и относительно предприятия, и к региона, и страны в целом [9].

Большинство авторов утверждают, что инновационный потенциал региона является следствием прогрессивного инновационного развития, связанного с наличием [3]:

- механизмов стимулирования инновационной активности;
- ресурсной базы обеспечения проведения инновационной деятельности региона;
- неиспользованных ресурсных возможностей, которыми можно воспользоваться в перспективе;
- возможности прогрессивного инновационного развития региона.

Стоит подчеркнуть важность инвестиционной составляющей в развитии инновационного потенциала региона. Инвестиции дают возможность реализации различных проектов, призванных разносторонне повысить уровень развития региона. При этом эффективность протека-



ния инновационных и инвестиционных процессов в регионе прямо отражается на развитии социальной и экономической систем региона [10]. Укрепление инновационно-инвестиционного потенциала региона также приводит и к другим положительным результатам. Так, увеличиваются скорость и объемы обновления основных средств предприятий; внедряются в производство и жизнь общества создаваемые инновации, призванные усилить конкурентоспособность не только уже производимой продукции или предоставляемых услуг, но и предприятия в целом [11]; достигается и более глобальная цель – происходит уверенная переориентация регионов и страны с сырьевой направленности на промышленное производство стратегических компонентов, обеспечивающих экономическую безопасность региона и страны в целом. Все эти факторы, являющиеся следствием эффективно проводимой инновационно-инвестиционной политики региона, создают условия для успешного развития субъектов предпринимательства, в том числе малого [12].

Мы убеждены, что инновационный потенциал региона состоит из реализуемых и готовых к реализации инновационных проектов, а также в наличие инновационной инфраструктуры, которая не только объединяет инфраструктурные элементы, определяющие инновационное развитие региона, но и создает необходимые условия для эффективного ведения инновационной деятельности. Однако для стимулирования инновационных процессов требуются инвестиции и, прежде всего, в сектор среднего и малого предпринимательства, который непосредственно создает и производит высокотехнологичную продукцию и услуги. Значительна и роль вузов в процессе создания малых инновационных предприятий. Именно высшая школа предлагает реальные инструменты развития национальной инновационной системы, укрепления инновационного потенциала не только самого вуза, но и региона, повышения конкурентоспособности региональной экономики и выхода на международные рынки наукоемкой продукции.

Политика стимулирования высокотехнологичных производств приводит к развитию наукоемких отраслей экономики, что, безусловно, обеспечивает создание возможностей для развития предпринимательства и создания новых рабочих мест. Как следствие, повышается инвестиционная привлекательность и деловая активность региона [13].

Анализируя опыт развития европейских стран, ученые заключают, что их успех был обеспечен успешно реализованной стратегией интеграции науки, образования, а также про-

мышленного и реального секторов экономики. Не прошло и тридцати лет с момента, когда экономика европейских стран по уровню развития была сопоставима с российской. Однако использование новейших технологий обеспечило их стремительное развитие. Для сравнения, прибыль предприятий, активно внедрявших инновационные разработки, возросла от 35 до 80 %, притом, что рост прибыли предприятий, не выбравших инновационный путь, не превышал и 10–15% [14, 15].

**Выводы.** Инновационное развитие региона напрямую связано с инвестиционной активностью, на которую влияет сектор малого инновационного предпринимательства, который, в свою очередь, формирует инвестиционную привлекательность региона. Данная корреляция очевидна. Также успех формирования и эффективности укрепления инновационно-инвестиционного потенциала региона взаимосвязан с целесообразно применяемыми экономическими мерами, эффективно реализуемой политикой государственных предложений в инновационной сфере, а также формированием не только экономической и инновационной, но и социальной, а также культурной стратегии развития региона.

*\*Публикация подготовлена в рамках подержанного РГНФ научного проекта №16-12-31004.*

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Владыка М.В. Коммерциализация результатов научно-технической деятельности вузов: цели, формы, проблемы// Университетское управление: практика и анализ. 2009. №5. С. 54–63.
2. Дорошенко Ю.А., Сомина И.В. Моделирование результативности инновационной деятельности // Социально-гуманитарные знания. 2012. № 8. С. 172–177.
3. Манин А.В. Оптимизация модели инициирования инвестиционных проектов как фактор обеспечения сбалансированного развития инвестиционно-инновационной деятельности региона // Социально-гуманитарные знания. 2013. № 12. С. 388–396.
4. Дорошенко Ю.А., Манин А.В. Технологии и актуальные модели инвестиционного развития регионов и городов Российской Федерации // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. №1. С. 78–84.
5. Гарнов А.П., Краснобаева О.В. Малые инновационные предприятия как форма организации вузами инновационной деятельности // Человеческий капитал и профессиональное образование. 2012. №2(2). С. 21–27.

6. Атарщикова Н.В. Коммерциализация научно-технических разработок посредством малых инновационных предприятий при вузах // Управление экономическими системами. 2011. №5. С. 7–11.
7. Дорошенко Ю.А., Малыхина И.О. Методология оценки эффективности инновационной инфраструктуры высшего учебного заведения // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. №1. С.125–127.
8. Митин Ю.Р. Выбор стратегии развития Малых инновационных компаний // Креативная экономика. 2010. № 7 (43). С. 57–61.
9. Дорошенко Ю.А., Малыхина И.О. Направления реализации результатов инновационной деятельности вуза // Белгородский экономический вестник. Научно-информационный журнал. 2014. № 4 (76). С. 6–12.
10. Монастырный Е. А. Термины и определения в инновационной сфере // Инновации. 2008. №2. С. 34–37.
11. Скурихина Е. В. Инвестиционно-инновационный потенциал региона: сущность, содержание, факторы состояния и развития // Молодой ученый. 2012. № 3. С. 192–195.
12. Стратегическое планирование/под ред. Уткина Э.А. М.: ТАНДЕМ, ЭКМОС, 2008. 145 с.
13. Мозгоев А. О некоторых терминах, используемых в инвестиционных процессах // Инвестиции в России. 2012. № 6. С.48-49.
14. Розенберг Д. М. Инвестиции. М.: ИНФРА - М, 2012. 372 с.
15. Владыка М.В., Дорошенко Ю.А. Инновационная среда экономики, основанная на знаниях (Knowledge based economy) // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: История. Политология. Экономика. Информатика. 2007. Т.1. № 1. С. 168–174.

---

**Doroshenko Y.A., Malykhina I.O.**

**THE IMPACT OF INNOVATIVE-INVESTMENT POTENTIAL OF THE REGION  
ON THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF SMALL INNOVATIVE ENTERPRISES  
ESTABLISHED AT UNIVERSITIES**

*The region, as an independent territorially cohesive unit, has a high importance of its contribution to the economic development of the country, strengthening the innovative capacity and the formation of its investment attractiveness, which creates a favorable climate for development of small innovative enterprises, including those developed in universities. The prospects of intensification of innovative and investment potential of the regions by the country's leadership today focus primarily on funding from the state budget to basic and applied research to achieve a productive level of research and development to improve the status of researcher.*

**Key words:** innovative-investment potential, innovative infrastructure, small innovative enterprise, University.

---

**Дорошенко Юрий Анатольевич**, доктор экономических наук, Директор Института экономики и менеджмента, заведующий кафедрой Стратегического управления.

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

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

E-mail: ROGOVA@intbel.ru

**Малыхина Ирина Олеговна**, кандидат экономических наук, старший преподаватель кафедры Стратегического управления.

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

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

E-mail: imalykhina@inbox.ru

*Таничева Т.С., канд. экон. наук, ст. препод.  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова  
Губкинский филиал*

## РАЗВИТИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ МАЛЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

tanicheva2003@list.ru

*Именно малый бизнес во многих областях деятельности может обеспечить реальные условия для подъема экономики и выхода России из экономического кризиса. Отмечается, что для формирования предпринимательства, в том числе и малого, необходимы определенные условия: экономические, социальные, правовые и др. В ходе исследований рассмотрена деятельность малых промышленных предприятий России, в том числе в строительстве за 2010–2014 годы. Характеристику показателей экономической эффективности мы наглядно проследили на примере двух субъектов малых промышленных предприятий Губкинского городского округа. На современном этапе развития малых промышленных предприятий главным направлением становятся качественные структурные изменения, повышение его устойчивости и эффективности.*

**Ключевые слова:** малые промышленные предприятия, экономическая эффективность, развитие, условия формирования предпринимательства, устойчивость.

Развитию малого бизнеса в настоящее время уделяется большое внимание. Объясняется это, прежде всего, тем, что именно малый бизнес во многих областях деятельности может обеспечить реальные условия для подъема экономики и выхода России из экономического кризиса. Следует отметить, что малый бизнес занимает важное место в экономике стран с развитой рыночной системой.

Промышленность – важнейшая отрасль народного хозяйства России, оказывающая решающее воздействие на уровень экономического развития общества. Малые промышленные предприятия являются неотъемлемой частью рыночной экономики, оперативно реагируя на изменение конъюнктуры рынка, придают ей необходимую гибкость. Малые промышленные предприятия способны оперативно реагировать на изменение потребительского спроса и за счет этого обеспечивать необходимое равновесие на потребительском рынке. Исследование проблем развития и устойчивого функционирования малых промышленных предприятий является актуальным в современных условиях.

Как известно, для формирования предпринимательства, в том числе и малого, необходимы определенные условия: экономические, социальные, правовые и др. Экономические условия – это в первую очередь предложение товаров и спрос на них; виды товаров, которые могут приобрести покупатели; объемы денежных средств, которые могут быть истрачены на эти покупки; избыток или недостаточность рабочих мест, рабочей силы, влияющие на уровень заработной платы работников, т.е. на их возможность приобретать товары. На экономическую обстановку существенно влияют наличие и доступность денежных ресурсов, уровень доходов

на инвестированный капитал, а также величина заемных средств, необходимых предпринимателям для финансирования своих деловых операций, которые готовы предоставить им кредитные учреждения. Не следует забывать, что большое значение имеют социальные условия, которые тесно связаны с экономическими. Социальные условия влияют на отношение отдельного человека к работе, что в свою очередь влияет на его отношение к величине заработной платы, к условиям труда, предлагаемым бизнесом. Предприниматель должен получать удовлетворение от предпринимательской деятельности. Важное значение имеет такое направление, как подготовка и повышение квалификации предпринимателей. Одним из важнейших условий успешного функционирования малого бизнеса является создание благоприятной правовой среды. Это в первую очередь наличие законов, регулирующих предпринимательскую деятельность, создающих наиболее благоприятные условия для ее развития.

Деятельность субъектов малого предпринимательства в России можно проследить по данным статистических исследований.

Для нашего исследования будет целесообразно проследить деятельность малых промышленных предприятий, в том числе в строительстве.

Показатели деятельности малых промышленных предприятий России за 2010–2014 годы представлены в табл. 1.

Так, в числе малых промышленных предприятий наблюдается тенденция к увеличению. Наибольшее число малых промышленных предприятий достигает в 2014 году – 1286,9 тыс.ед. (рис. 1).

Таблица 1

**Показатели деятельности малых промышленных предприятий России за 2010–2014 годы  
[2, 3, 4, 5, 6]**

| Показатели                                                                  | Годы    |         |         |         |         |
|-----------------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                                                                             | 2010    | 2011    | 2012    | 2013    | 2014    |
| 1. Число малых промышленных предприятий, тыс. ед.                           | 986,0   | 1118,8  | 1229,7  | 1264,2  | 1286,9  |
| 2. Средняя численность работников малых промышленных предприятий, тыс. чел. | 6195,2  | 6696,8  | 6822,0  | 6880,2  | 6840,0  |
| 3. Оборот малых промышленных предприятий, млрд. руб.                        | 14540,5 | 18482,6 | 18914,9 | 19794,2 | 20882,4 |

тыс.единиц

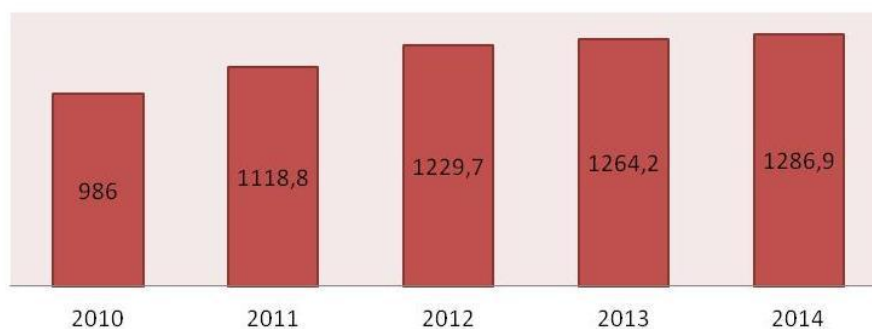


Рис. 1. Динамика общего числа малых промышленных предприятий в России за 2010–2014 годы

Средняя численность работников малых промышленных предприятий имеет тенденцию

к увеличению до 2013 года, немного снижаясь в 2014 году до уровня 6840,0 тыс. чел. (рис. 2).

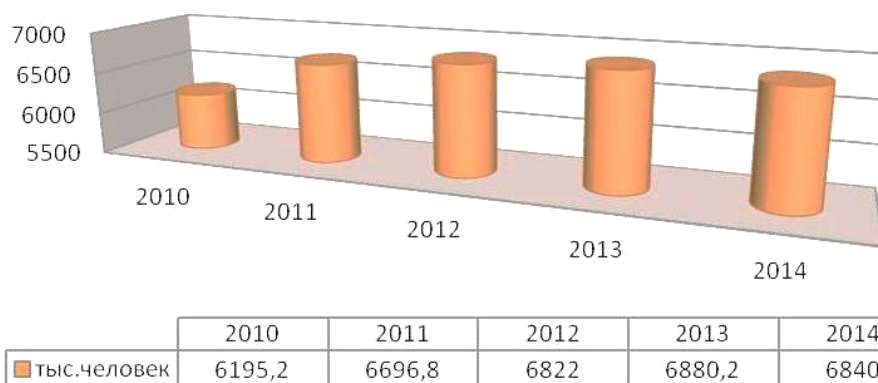


Рис. 2. Общая численность работников малых промышленных предприятий в России за 2010–2014 годы

Оборот малых промышленных предприятий имеет тенденцию к увеличению, достигая в 2014 году 20882,4 млрд.руб. (рис. 3).



Рис. 3. Оборот малых промышленных предприятий в России за 2010–2014 гг.

Анализ эффективности сектора малых промышленных предприятий может производиться:

на макроэкономическом уровне – в масштабах хозяйственной системы страны, микроэкономи-

ческом – на материалах малого предприятия, территориальном – на материалах совокупности малых предприятий муниципального образования, субъекта РФ, отраслевом – на материалах малых предприятий отрасли экономики. Оценить вклад данного сектора в экономику страны, региона можно путем сравнительного анализа показателей потребляемых ресурсов и полученных результатов в секторах крупных и средних предприятий. Экономическая эффективность – это относительный показатель, отражающий соотношение полученного эффекта с привле-

ченными ресурсами (ресурсный метод измерения) или производственными затратами (затратный метод). При ресурсном методе экономический эффект соотносится со всей стоимостью приобретенных ресурсов, а при затратном – с той частью стоимости ресурсов, которая потреблена в процессе производства [1].

Для оценки совокупной эффективности использования ресурсного потенциала предприятия (капитала, труда) воспользуемся данными табл.2 [1].

Таблица 2

### Характеристика показателей экономической эффективности предприятий

| Показатель                          | Содержание                                                                          | Формула расчета                                                                                      | Комментарий                                                                        |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Прибыльность продукции              | Показывает прибыль, приходящуюся на 1 руб. выручки                                  | Отношение суммы прибыли от продаж к выручке от продаж                                                | Характеризует эффективность продаж                                                 |
| Рентабельность продукции            | Показывает прибыль, полученную на 1 руб. затрат на производство и продажу продукции | Отношение суммы прибыли от продаж к затратам на их производство и продажу                            | Характеризует эффективность затрат на производство и продажу                       |
| Рентабельность активов              | Показывает прибыль, приходящуюся на 1 руб. активов                                  | Отношение суммы прибыли, полученной от всех видов деятельности, к среднегодовой стоимости активов    | Характеризует эффективность деятельности малого предприятия в целом                |
| Производительность труда            | Показывает объем выручки, приходящейся на 1 работника                               | Отношение выручки от продаж к среднегодовой численности работников                                   | Характеризует количественную сторону эффективности использования трудовых ресурсов |
| Эффективность труда                 | Показывает прибыль, приходящуюся на 1 руб. расходов на оплату труда                 | Отношение прибыли, полученной от всех видов деятельности, к сумме расходов на оплату труда           | Характеризует количественную сторону использования трудовых ресурсов               |
| Эффективность ресурсного потенциала | Показывает прибыль, приходящуюся на 1 руб. суммы активов и расходов на оплату труда | Отношение прибыли, полученной от всех видов деятельности, к сумме активов и расходов на оплату труда | Характеризует эффективность использования экономических ресурсов предприятия       |

Для характеристики показателей экономической эффективности были взяты два субъекта малых промышленных предприятий Губкинского городского округа: ООО «Рассвет» и ИП Щербаков С.И.

Общество с ограниченной ответственностью «Рассвет» создано на основе МУП «Губкинская швейная фабрика», основными видами деятельности которого являются производство спецодежды и швейных изделий. Численность

работников организации на 01.01.2016г. составляет 28 человек.

Индивидуальный предприниматель Щербаков С.И. занимается производством пластмассовых изделий, используемых в строительстве (пластиковые окна, двери, балконные рамы и т.д.). Численность работников на 01.01.2016г. составляет 17 человек.

Показатели деятельности ООО «Рассвет» и ИП Щербаков С.И. за 2015 год представлены в табл.3.

Таблица 3

### Показатели деятельности ООО «Рассвет» и ИП Щербаков С.И. за 2015 год

| Показатели                                    | ООО «Рассвет» | ИП Щербаков С.И. |
|-----------------------------------------------|---------------|------------------|
| 1.Выручка от продаж, руб.                     | 751425        | 4102140          |
| 2.Себестоимость продукции, руб.               | 635344        | 2970052          |
| 3.Прибыль от продаж, руб.                     | 116081        | 1132088          |
| 4.Среднегодовая стоимость активов, руб.       | 724200        | 3220350          |
| 5. Среднегодовая численность работников, чел. | 28            | 17               |
| 6.Расходы на оплату труда, руб.               | 465800        | 415200           |

Характеристику показателей экономической эффективности субъекта малых промыш-

ленных предприятий Губкинского городского округа представим в табл.4.

Таблица 4

**Характеристика показателей экономической эффективности  
ООО «Рассвет» и ИП Щербаков С.И. за 2015 год**

| Показатель                                | ООО «Рассвет» | ИП Щербаков С.И. |
|-------------------------------------------|---------------|------------------|
| Прибыльность продукции, %                 | 15,45         | 27,60            |
| Рентабельность продукции, %               | 18,27         | 38,12            |
| Рентабельность активов, %                 | 16,03         | 35,15            |
| Производительность труда, руб./чел.       | 26836,61      | 241302,35        |
| Эффективность труда, руб.                 | 0,25          | 2,73             |
| Эффективность ресурсного потенциала, руб. | 0,10          | 0,31             |

Показатели экономической эффективности ИП Щербаков С.И. превышают ООО «Рассвет»:

- эффективность продаж выше на 12,15 %;
- эффективность затрат на производство и продажу продукции выше на 19,85 %;
- эффективность деятельности в целом выше на 19,12 %;
- эффективность использования трудовых ресурсов выше на 214465,74 руб./чел.

Коэффициент эффективности ресурсного потенциала в ООО «Рассвет» в три раза ниже, чем в ИП Щербаков С.И. и не позволяет (после уплаты налогов) обеспечивать расширенное воспроизводство без привлечения заемного капитала.

На современном этапе развития рассматриваемого сектора главным направлением становятся качественные структурные изменения, повышение его устойчивости и эффективности. В результате должно возрасти число закрепившихся малых промышленных предприятий, численность занятых в них, оборот малых про-

мышленных предприятий. При этом следует иметь в виду, что конкурентная среда регионального рынка формирует и развивает процесс взаимопроникновения, в рамках которого отдельные малые промышленные предприятия переходят в группу крупных и средних.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Дадашев А., Мешкова Д. Ресурсная эффективность малых предприятий // Экономист. 2006. № 6. С. 55–61.
2. Российский статистический ежегодник. 2010: Стат. сб. / Росстат. М., 2010.
3. Российский статистический ежегодник. 2011: Стат. сб. / Росстат. М., 2011.
4. Российский статистический ежегодник. 2012: Стат. сб. / Росстат. М., 2012.
5. Российский статистический ежегодник. 2013: Стат. сб./Росстат. М., 2013.
6. Российский статистический ежегодник. 2014: Стат. сб./ Росстат. М., 2014.

**Tanicheva T.S.**

**DEVELOPMENT AND ECONOMIC EFFICIENCY OF THE SMALL INDUSTRIAL ENTERPRISES**

*Small business in many spheres of activity can provide real conditions for economic recovery and an exit of Russia from the economic crisis. It is noted that for business formation including small, certain conditions are necessary: economic, social, legal, etc. During researches activity of the small industrial enterprises of Russia, including in construction for 2010-2014 is considered. We have visually tracked the characteristic of indicators of economic efficiency on the example of two subjects of the small industrial enterprises in Gubkinsky district. At the present stage of development of the small industrial enterprises by the main direction there are high-quality structural changes, increase of his stability and efficiency.*

**Key words:** small industrial enterprises, economic efficiency, development, business formation conditions, stability.

**Таничева Татьяна Сергеевна**, кандидат экономических наук, старший преподаватель кафедры экономики и учета

Губкинский филиал Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова

Адрес: Россия, 309186, Белгородская обл., г. Губкин, ул. Дзержинского, д.15а

E-mail: tanicheva2003@list.ru

Клеймёнычева И.Д., магистр экон. наук, аспирант  
Белорусский государственный университет

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ В УСЛОВИЯХ ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА: МЕТОДЫ, ПРОЦЕДУРЫ, ПОКАЗАТЕЛИ\*

kleiminna@yandex.by

*В статье представлен анализ методик оценки эффективности инновационных проектов, реализуемых на основе принципов государственно-частного партнерства. Приведены ключевые показатели для оценки проектов на основе государственно-частного партнерства частным партнером, государством и конечным потребителем. Дана оценка принципам формирования портфеля инновационных проектов со стороны государства. Предложены рекомендации для анализа необходимости осуществления проекта на основе государственно-частного партнерства и принятия окончательного решения по проекту.*

**Ключевые слова:** ГЧП, государственно-частное партнерство, инвестиционные проекты, эффективность.

**Введение.** В последние годы правительство Республики Беларусь предпринимает важные шаги направленные на развитие законодательной и институциональной базы для реализации проектов в формате государственно-частного партнерства (далее – ГЧП), в том числе и в целях развития инновационного потенциала, поскольку партнерство государственного и частного секторов является важным направлением формирования инновационной экономики, обеспечивающим устойчивое развитие и функционирование национальной инновационной системы [1, С. 56]. Собственно термин «государственно-частное партнёрство» (от англ. – Public-Private Partnerships) появился в экономической литературе в 80-е годы XX века в связи с либерализацией предприятий естественно монопольных секторов экономики [2, С. 62]. Несмотря на то, что с тех пор данный термин стал широко использоваться экономистами и правительствами стран Европы и Америки, а на основе принципов ГЧП были воплощены сотни проектов, даже среди лидеров по внедрению механизмов ГЧП нет единой формулировки определения данного понятия и четкого понимания при каких условиях его использование дает наибольший эффект, а при каких его реализация является нецелесообразной. Это приводит к необходимости выработки комплексных методов оценки эффективности реализации проектов ГЧП, особенно для таких стран, как Республика Беларусь, в которых институты ГЧП находятся на стадии активного развития, государство целенаправленно стимулирует инвестиционную активность предпринимательского сектора и осознает необходимость предоставления государственной поддержки инвестиционным проектам, имеющим общегосударственное значение, с большими сроками окупаемости, высоки-

ми рисками и низкими нормами отдачи на вложенный капитал [3, С. 48].

**Методология.** Основу проведения данного исследования составили законодательные акты и методические рекомендации разработанные в Республике Беларусь и международных неправительственных организациях, а также фундаментальные и прикладные работы российских и белорусских ученых, изучающих проблему внедрения механизмов государственно-частного партнерства в целях стимулирования экономического роста и реализации инновационного потенциала страны. В качестве методов исследования были использованы: анализ (компаративный, институциональный), индукция и дедукция, методы группировки и классификации, теоретического обобщения.

**Основная часть.** Закон Республики Беларусь «О государственно-частном партнерстве» дает следующее определение термина ГЧП: «это юридически оформленное на определенный срок взаимовыгодное сотрудничество государственных органов (организаций) и субъектов предпринимательской деятельности с целью объединения ресурсов и распределения рисков, осуществляемое для реализации социально значимых, инвестиционных, инновационных, инфраструктурных, национальных проектов и программ, имеющих важное государственное и общественное значение» [4]. В инновационной сфере государственно-частное партнерство направлено на максимально эффективное использование ресурсов партнеров для реализации инновационных проектов. Из приведенного определения четко следует, что сторонами ГЧП являются государство и частный бизнес, которые консолидируют и объединяют активы (ресурсы и вклады) с целью оказания общественно значимых услуг либо производства общественно

значимого продукта. Каждая из сторон партнерства, а также общество в целом стремятся извлечь определенные выгоды в ходе осуществления инновационного проекта. Следовательно проект должен быть эффективным для государственного и для частного партнеров и может дополнительно быть оценен эффект проекта с позиции общества, как конечного потребителя.

Для конечного потребителя, как пассивного получателя выгод, основными критериями оценки реализованных инновационных проектов, как правило, являются появление качественно нового инновационного продукта или услуги, их стоимость и доступность, а также соотношение спроса и предложения. У двух же основных участников проекта цели различны, а значит различается инструментарий и показатели для оценки эффективности.

Основными критериями для оценки инновационного проекта ГЧП частным партнером являются инвестиционная привлекательность проекта, экономическая эффективность и распределение рисков. Оценка инвестиционной привлекательности основывается на сравнении прибыльности инвестиций в данный проект с прибылью вложений в иные проекты или помещению денежных средств под проценты, их обращение в ценные бумаги.

Оценка эффективности осуществляется с помощью расчета системы показателей или критериев эффективности инвестиционного проекта. В этих целях, как правило, применяются традиционные статические и динамические методы. Статические методы включают: расчет срока окупаемости, расчет нормы прибыли. Дисконтированные методы учитывают временную стоимость денег: чистая текущая стоимость, внутренняя норма доходности, дисконтированный срок окупаемости, индекс рентабельности. Поскольку расчет названных показателей подробно описан в литературе по оценке эффективности инвестиционных проектов, не будем останавливаться на них подробно.

К сожалению при реализации ГЧП нередко возникают конфликты между мотивацией основных участников. Частный партнер заинтересован в обеспечении прибыльности проекта, что при определенных формах сотрудничества может повлечь повышение им тарифов на предлагаемые населению услуги/продукты, в то время как основная функция государства – обеспечение интересов общества и конечного потребителя. При этом в ходе реализации инфраструктурных ГЧП проектов вклад частного партнера может быть очень ценным, поскольку именно им привносятся профессиональный опыт, эффективное управление, способность к новаторству,

однако, для него такие проекты представляют малый интерес, поскольку имеют очень низкую, если не отрицательную, рентабельность. Соответственно частный бизнес не будет заинтересован принимать участие в таких проектах на рыночных условиях, а значит для того, чтобы привлечь частного инвестора, государственный партнер должен обеспечить ему определенные льготы, а также взять на себя часть рисков проекта.

Наличие таких противоречий и большого числа задач, на решение которых направлена реализация ГЧП, значительно усложняют формулирование основных критериев отбора проектов для реализации и формирование проектного портфеля со стороны государства.

Так в Республике Беларусь Концептуальные подходы разработки Национального инфраструктурного плана предполагают в первую очередь определение приоритетных инфраструктурных проектов на основании следующих критериев:

- необходимость строительства либо реконструкции в рамках проекта объекта инфраструктуры (прочих зданий и сооружений);

- наличие в стоимостной части проекта затрат на строительство/реконструкцию объекта инфраструктуры и/или его обслуживание;

- наличие сроков строительства;

- наличие цели проекта, которая предусматривает развитие инфраструктуры сектора.

После включения проектов в данный перечень происходит оценка экологических последствий и возможного воздействия любых мер по развитию инфраструктурных объектов на окружающую среду и, самое главное, оценка затрат и выгод, распределения рисков в целях принятия эффективных решений при выборе варианта инвестиций для реализации проектов (государственные инвестиции, прямые иностранные инвестиции, привлечение частного партнера на основе государственно-частного партнерства и иные) [5]. Остальные же проектные предложения, не вошедшие в список приоритетных и инфраструктурных, как правило, чаще рассматриваются как возможные для реализации с привлечением частного партнера, а не за счет прямых государственных инвестиций.

В практическом руководстве по проведению анализа по принципу «затраты-выгоды» (от англ. - Value for Money), разработанном институтом Всемирного Банка, органам государственной власти предлагается механизм анализа, который позволит принять решение о том, необходима ли реализация проекта в форме ГЧП или стоит предпочесть иную «традиционную» форму реализации госзаказа. В целом анализ по



принципу «затраты-выгоды» сочетает в себе количественный и качественный анализ.

Качественный анализ используется на наиболее ранних стадиях разработки проекта и представляет собой анализ обоснованности применения принципов ГЧП. В разных странах используются различные критерии для оценки возможности реализации конкретного проекта с привлечением частного инвестирования. Наиболее часто критериями того, что проект подходит для реализации в такой форме, являются:

длительная, предсказуемая потребность в производимой услуге/продукте;

возможность эффективного распределения рисков среди участников;

наличие возможности у частного партнера по принятию рисков и ответственности за исполнение проекта;

наличие стабильной политической обстановки и необходимой институциональной базы; конкурентный рынок.

К критериям несоответствия проекта относят:

слишком мелкий или слишком сложно реализуемый проект;

предпочтения и потребности в данном секторе меняются очень быстро;

недостаточная готовность ответственного органа власти к реализации проекта на принципах ГЧП.

Количественный анализ включает сравнение алгебраической суммы затрат и выгод, получаемых при реализации предложенного ГЧП и при реализации проекта в традиционной для государственного сектора форме (по так называемой «базовой модели»), дисконтированных с учетом фактора времени. При этом в руководстве отмечается, что на практике возможности применения такого анализа весьма ограничены и варьируются в зависимости от вида реализуемых программ и проектов. Более того такой механизм применяет ряд допущений, которые не могут быть однозначно оценены на момент проведения анализа, что делает процедуру весьма сложной, а результаты не всегда точными [6].

В свою очередь российские исследователи Н.А. Моиссенко и О.И. Тимошина в своей статье «Ключевые вопросы при отборе проекта государственно-частного партнерства (ГЧП), формы ГЧП и предпосылки к их использованию» предлагают при принятии решения производить ранжирование проектных предложений на основе экспертных моделей принятия решения, в частности, многофакторной модели оценки проекта по балльному принципу. По их мнению, данная модель является более точной и корректной, поскольку использует определен-

ную градацию качества каждого конкретного фактора (критерия), к которым относятся:

показатели реализуемости проекта, соответствия количественным и качественным ограничениям;

показатели, характеризующие финансовую эффективность проекта;

показатели, характеризующие экономическую эффективность проекта;

показатели, характеризующие приемлемость уровня риска проекта;

качественные показатели [7, С.82].

Вопросу оценки финансовой, экономической и, что немаловажно, социальной эффективности инновационных проектов ГЧП посвящено множество исследований. И если социальный эффект может быть количественно выражен через показатели сокращения продолжительности рабочей недели, увеличение количества рабочих мест и уровня занятости, улучшения условий труда и быта, которые определяются по сравнению с затратами, направленными на достижение этих результатов, то в отношении показателей экономической, финансовой и бюджетной эффективности исследователи не придерживаются единых методик оценки.

Г.А. Маховикова в своей монографии предлагает проводить отбор проектов ГЧП в три этапа. На первом этапе она предлагает формировать информационную базу о проекте и программе его реализации, которая позволит разработать технико-экономическое обоснование проекта. На втором этапе предлагается, в зависимости от сложности проекта, использовать различные методики и инструменты от простейших расчетов, до анализа «затрат-выгод», о котором говорилось ранее, для формулирования выводов о ценности партнерских отношений, исходя из различных видов категории эффективности. На третьем этапе количественного анализа предлагается производить отбор ГЧП-проектов на основе расчета и сравнения следующих показателей:

- показатель бюджетной эффективности (БЭ), который рассчитывается путем деления суммы дисконтированных налоговых поступлений и экономии расходов государственного бюджета, обусловленных реализацией проекта, на суммарный объем средств планируемой государственной поддержки;

- показатель экономической эффективности (ЭФ) который отражает соотношение доходов, инициированных инвестиционным проектом (при этом учитываются и внешние экстерналии) к валовому внутреннему продукту или валовому региональному продукту – в зависимости от масштабы ГЧП-проекта.

По мнению Г.А. Маховиковой оценка эффективности реализации ГЧП-проекта должна проводиться на всех стадиях реализации проекта начиная от возникновения замысла и на протяжении процесса фактического осуществления проекта, что позволит отследить изменения анализируемой ситуации, а также своевременно принять управленческие решения по корректировке эффективности реализации проектов [8, С. 241-242].

В свою очередь Л.С. Шаховская в статье «Оценки эффективности института ГЧП и рисков проектов, реализуемых на основе принципов ГЧП» расширяет методику проведения анализа эффективности осуществления государственно-частного партнерства до пяти этапов, отмечая при этом, что такая оценка осуществляется на основе двух основных направлений: оценка экономической и социальной эффективности.

На первом этапе предлагается проводить анализ общих характеристик ГЧП, рыночной среды, системы управления ГЧП, анализ социально-экономических результатов ГЧП и экологических последствий и влияния осуществления ГЧП на окружающую природную среду. На втором этапе предлагается проводить анализ альтернативных вариантов достижения цели ГЧП и только после получения подтверждения того факта, что реализация проекта в форме ГЧП является оправданной – финансовый анализ ГЧП (также на основании показателей вклада проекта в ВВП или ВРП) и анализ бюджетной эффективности реализации ГЧП проекта. В ходе такого анализа принимаются в расчет поступления в бюджеты различных уровней в виде налогов, акцизов, пошлин и т.д. Анализ рисков осуществления ГЧП выделяется в отдельный третий этап. И на последних двух этапах предлагается осуществлять анализ формы осуществления ГЧП и принятие окончательного решения по проекту [9, С.448].

По мнению автора последняя методика является наиболее комплексной, поскольку учитывает влияние множества факторов, включая влияние реализации проекта на окружающую среду – аспект, которому придается большое значение в Республике Беларусь, что отражено и в концепции разработки НИР в Беларуси. Она позволяет также учитывать специфику проектов реализуемых в инновационной сфере, предлагает четкие показатели оценки эффективности ГЧП, матрицу оценки экономического эффекта с учетом рисков составляющей. При этом отмечается и необходимость анализа альтернативных вариантов достижения цели ГЧП. В данном случае представляется целесообразным использо-

вать рассмотренный ранее анализ по принципу «затрат-выгод».

**Выводы.** Изучение опыта реализации инновационных проектов ГЧП в зарубежных странах, а также рассмотрение работ российских и белорусских исследователей позволяют говорить об отсутствии единой универсальной методики оценки эффективности ГЧП. Всеми исследователями отмечается необходимость комплексного подхода с целью оценки эффективности достижения задач каждого из участников партнерства и общества в целом. Сущность и содержание экономической эффективности отображается стоимостными и относительными показателями реализации инвестиционных проектов.

Понимание того факта, что инновационные проекты – это, как правило, сложные, уникальные проекты с длительным сроком реализации, и каждый из них требует своего подхода и глубокого анализа, приводит нас к заключению о том, что выработка унифицированной методики оценки эффективности не всегда является возможной. Тем более, что в каждой из стран присутствуют свои, порой не применяемые в мировой практике формы осуществления и структуры финансирования ГЧП в инновационной сфере.

Тем не менее формирование институтами ГЧП общей концепции, включающей методики, критерии и показатели для анализа эффективности ГЧП, является необходимым для поиска и обоснования наиболее приемлемых форм сотрудничества государства и бизнеса. В каждом частном случае, при детальном рассмотрении проектных предложений, параметры для анализа могут дорабатываться в зависимости от особенностей каждого проекта. Но наличие комплексной методики позволит производить текущий анализ эффективности реализации ГЧП проекта на всех стадиях, в целях отслеживания изменений анализируемой ситуации, и своевременного принятия управленческих решений. В ходе выработки такой концепции следует также четко определить какие показатели являются индикатором необходимости финансового «закрытия» ГЧП проектов и на каком этапе реализации.

*\*Исследование выполнено в рамках Гранта «БРФФИ – РГНФ-2015 г.» № Г15Р-004 от 04.05.15.*

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дадеркина, Е.А., Ярошевич Д.В. Государственно-частное партнерство в инновационной сфере: международный опыт и возможность его использования в Республике Беларусь // Вестник БГУ. Сер.3. 2013. №1. С. 56–60.

2. Варнавский В. Г. Государственно-частное партнерство в Европе // Современная Европа. 2005. №2. С. 62–71.

3. Головчанская Е.Э., Водопьянова Н.А. Государственная инвестиционная политика в аспекте ее социально-экономической направленности: монография. М-во образования и науки, ГОУ ВПО "Волгоградский гос. пед. ун-т". Волгоград, 2010. 180 с.

4. Закон Республики Беларусь № 345-З от 30 декабря 2015 года «О государственно-частном партнерстве»

5. Концептуальные подходы разработки Национального инфраструктурного плана Республики Беларусь на 2015 – 2025 г.г. // Сайт Центра ГЧП в Беларуси [Электронный ресурс]. URL: <http://pppbelarus.by/training/methodology/> (дата обращения: 18.04.2016)

6. Value-for-Money Analysis Practices and Challenges: How Governments Choose When to Use PPP to Deliver Public Infrastructure and Ser-

vices // Report from World Bank Global Round-Table 28 May, 2013. WBI and PPIAF Washington DC, 2013. 34 p.

7. Моиссенко Н.А., Тимошина О.И. Ключевые вопросы при отборе проекта государственно-частного партнерства (ГЧП), формы ГЧП и предпосылки к их использованию // Вестник университета (Государственный университет управления) № 13, 2012. С. 80 – 86

8. Маховикова Г.А., Ефимова, Н.Ф., Государственно-частное партнерство: зарубежный опыт и российские реалии: монография. СПб.: Изд-во СПбГУЭФ, 2013. 251 с.

9. Шаховская Л.С., Попкова Е.Г., Морозова И.А., Позднякова У.А. Оценка эффективности института ГЧП и рисков проектов, реализуемых на основе принципов ГЧП // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. С. 447–454.

---

**Kleimionycheva I.D.**

**ASSESSMENT OF INNOVATION PROJECTS EFFECTIVENESS IN THE PUBLIC-PRIVATE PARTNERSHIP: METHODS, PROCEDURES, INDICES**

*The article contains analysis of estimation methods of innovation private-public partnership projects effectiveness. It suggests key indices for assessment of private-public partnership projects by the private party, government and end consumer. The author also examines the principles of construction of investment portfolio of innovation projects by the government. Suggestions for public-private partnership projects realization necessity analysis and decision-making procedures are also provided.*

**Key words:** PPP, public-private partnership, investment projects, effectiveness.

---

**Клеймёнычева Инна Дмитриевна**, магистр экономических наук, аспирант кафедры инновационного менеджмента, экономического факультета. Белорусский государственный университет.

Адрес: Беларусь, 220050, г. Минск, ул. К.Маркса, 31.

E-mail: kleiminna@yandex.by

Аридова С.В., магистрант,  
Фролов Н.В., аспирант,  
Стрекозова Л.В., доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова  
Тюремских М.А., вед. инж.  
ПАО Стойленский ГОК «Парком»

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗРАБОТКИ МЕТОДИКИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ РЕКОНСТРУКЦИИ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОГО АНАЛИЗА ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА БЕЛГОРОДА

infobelinvest2015@mail.ru

В статье рассматриваются теоретические и методические аспекты разработки методики экономического обоснования реконструкции на основе комплексного анализа городских территорий на примере города Белгорода. Изложены главные планировочные факторы, определяющие территориальное развитие и своеобразие сложившейся структуры города Белгорода. Изучена существующая планировочная структура города Белгорода и дается характеристика каждой планировочной единицы. На основании комплексного анализа городских территорий города Белгорода выделены их основные проблемы реконструкции. Предложена методика выбора оптимального варианта реконструкции городских территорий на основании расчета комплекса технико-экономических показателей.

**Ключевые слова:** реконструкция, городская территория, методика, показатели.

Градостроительное и социально-экономическое развитие города Белгорода базируется на параметрах долгосрочного развития страны в целом, Центрального Федерального округа и Белгородской области, обозначенных в концепции долгосрочного социально-экономического развития РФ до 2020 года, экономической стратегии развития Центрального федерального округа на период до 2025 года и Генерального плана развития городского округа «Город Белгород» до 2025 года.

В настоящее время все чаще возникает необходимость перепланировки и реконструкции городских территорий, в частности, выноса некоторых промышленных предприятий за черту города, расширение транспортно-дорожных сетей, формирование деловых районов и т.д. Возможные сценарии расширения и реконструкции городской среды, в свою очередь, определяются набором условий и факторов, позволяющих провести комплексный анализ наиболее вероятных перспектив потенциального развития г. Белгорода на расчетный период до 2025 года [1].

Формирование планировочной структуры города Белгорода за счет природно-ландшафтных условий и исторических факторов предопределило особенности современного состояния и направления дальнейшего развития территории. К главным планировочным факторам, определяющим территориальное развитие и своеобразие сложившейся структуры города Белгорода относятся:

1) геолого-географические, гидрогеологические и геоморфологические особенности территории (наличие водоемов, овражных образований и подтопляемых территорий);

2) лесные массивы, лесополосы, водные пространства;

3) промышленные зоны и объекты инженерно-технической инфраструктуры;

4) транспортная дорожно-уличная сеть, система железнодорожного сообщения;

5) разбивка территориальных и планировочных единиц города, размещение исторических городских районов, трассировка магистральных улиц [2].

Существующая планировочная структура города Белгорода включает в себя Западный и Восточный округа, а также несколько крупных поселков, образующих Белгородскую агломерацию, специализация и характеристика каждой планировочной единицы представлены в табл. 1.

На основании анализа основных территориальных и планировочных районов Белгорода и близлежащих территорий, можно выделить несколько основных проблем, характерных для отдельных территорий и города в целом. С помощью этих данных можно разработать перспективный план максимально эффективной реконструкции городской застройки [3].

1. Нарушение санитарно-защитные зоны промышленных предприятий, новое строительство вокруг старых промышленных предприятий и районов, недостаточное озеленение прилегающих территорий промзон – все это ведет к

ухудшению экологической обстановки и отрицательно влияет на здоровье жителей. В частности, это касается Центрального района, Крейды, Северной части и Старого города. С одной стороны, некоторые предприятия нужно вынести за пределы жилых районов, как, например, консервный комбинат «Конпрот» и две режимных территорий СИЗО и ГУП «Учреждение ЮС

321/5», с другой стороны, это не всегда экономически целесообразно, как в случае с комбинатом строительных материалов. В последнем требуется реконструкция прилегающей территории, увеличение санитарной зоны для минимизации вредных воздействий на экологическую ситуацию и здоровье местных жителей.

Таблица 1

### Планировочная структура города Белгорода

| № п/п                    | Наименование района | Описание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|--------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1. Западный округ</b> |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 1.1                      | Север               | <p>Северная часть Белгорода, которую начали застраивать в послевоенное время. К данному району относятся микрорайоны Черемушки, Гриневка, Сокол, Оскочное. В северной части района (северо-западнее психиатрической больницы) ведётся коттеджное строительство, но с нарушением охранной зоны газопровода высокого давления, проходящего в этом районе.</p> <p>В западной части района (севернее ул. Сумской) строятся коттеджи по улицам Черникова, Автодорожная и Декабристов.</p> <p>Вблизи жилой застройки располагается аэропорт (с шумовой зоной 2 км) с аэровокзалом и южнее - автовокзал на ул. Б. Хмельницкого. Шумовая зона аэропорта охватывает значительную часть индивидуальной жилой застройки, психиатрическую больницу, часть капитальной застройки и часть территории специального назначения.</p> <p>Основные промышленные предприятия в Западной промышленной зоне - завод "Энергомаш", цементный завод, асбестоцементный, ЖБИ-4, "Цитробел", "Сокол", "Ритм", деревообрабатывающий и др.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 1.2                      | Центр               | <p>Историческая часть города, где сосредоточены основные культурные и административные объекты. В центральной части города сохранено деление на прямоугольные кварталы, застроенные двух-, трех-, и четырёх-, пятиэтажными жилыми и общественными зданиями, а также многоэтажные жилые (9 — 18 этажей), офисные и общественные коммерческие и муниципальные здания, контрастирующие с историческими объектами и памятниками архитектуры. Общественный центр города размещается, в основном, в исторической части Центрального планировочного района и развивается в южном и северном направлениях. Главная площадь города - Соборная площадь, главная улица - Гражданский проспект, главное пешеходное направление - Народный бульвар. В северном направлении общественный центр города развивается в кварталах параллельно проспекту Богдана Хмельницкого. В южном направлении городской общественный центр постепенно спускается к долине реки Везелки и далее через пешеходный мост общественный центр поднимается на Харьковскую гору, а дальше к общественному центру южной части города. В центральной части города на реке Везелка закончено обустройство набережной.</p> <p>В центральной части района непосредственно рядом с жилой застройкой находится консервный комбинат "Конпрот". В пойме реки Везёлки размещаются склады комбината и кварталы усадебной застройки.</p> <p>На Белгородском проспекте (севернее рынка) размещается СИЗО, новая площадка которого строится в Восточной промзоне.</p> |
| 1.3                      | Харьковская гора    | <p>Застраиваться она начала чуть более сорока лет назад и изначально проектировалась как спальный район города.</p> <p>В 1970—1980 годы основное жилищное строительство в городе осуществлялось в южной части — на Харьковской горе. Здесь строились микрорайоны 5-9 этажных зданий, также был построен общественный центр. Планировочное решение свободное, очертания микрорайонов напрямую зависят от характера рельефа. С конца XX века в южном планировочном районе ведётся основное многоэтажное жилищное строительство: построены микрорайоны «Луч», «Предзаводской», «Молодежный», «11», «Новый-2», «Тальвег», квартал по улице Шаландина.</p> <p>Расположенные в районе промышленные площадки (завод "Луч" и государственное учреждение поддержки предпринимателей) не нарушают экологию</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

|                                    |              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|------------------------------------|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                    |              | района.<br>В восточной части района находится лесопарковая зона, "Архиерейская роща", парк и бульвары.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 1.4                                | Спутник      | Район под названием Спутник расположен в юго-западной части города, вдоль трассы на Харьков. Несколько лет назад на месте рынка построили несколько торговых комплексов, сохранивших прежнее название. Сейчас это Спутник-Дом, Спутник-Стиль, Спутник-Интерьер и Спутник-Урожай. Также к Спутнику некоторые причисляют новый жилой микрорайон, расположенный по улице Молодежная.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 1.5                                | Юго-Западный | Представляет собой несколько жилых массивов, отданных под коттеджную застройку. Властями города был заявлен проект строительства в этом районе города инновационного квартала Аврора-Парк, однако из всего проекта было возведено лишь два жилых дома, на чем история белгородской Авроры пока заканчивается.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>2. Восточный округ</b>          |              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 2.1                                | Старый город | Планировка восточной части территории Белгорода, «Старого города», расположенного на левом берегу Северского Донца, представляет собой небольшие прямоугольные кварталы капитальной малоэтажной и усадебной застройки. Значительная часть района занята лесопарком «Сосновка» и учреждениями отдыха. На территории лесопарка планируется создание Мультипарка — всесезонной рекреационной зоны регионального значения. Площадь территории Мультипарка составляет 1 230,5 га. Площадь земельных участков, планируемых для развития составляет 308, 4 га. В рамках разработки проекта планировки на территорию Мультипарка было выделено 23 земельных участка для развития площадью от 0,5 до 75 га                                                                                              |
| 2.2                                | Крейда       | Промышленная зона города. Еще с досоветского времени здесь начали размещать различные производственные предприятия, одним из которых являлся железнодорожный пункт погрузки белгородского мела. Собственно, от имени мела получила своё название и станция, и весь район позже. Kreide - немецкое название мела. К слову сказать, в последние годы на Крейде активно ведется жилищное строительство, но у местных белгородцев прочны ассоциации с этим районом как с промзоной, непригодной для комфортной жизни.<br>В восточной промзоне - завод металлоконструкций, фрез, абразивный, мясокомбинат, "Новатор", пивоваренный завод "Очаково", ЖБИ-1 и др.[1]                                                                                                                                  |
| 2.3                                | Сосновка     | Свое название он получил от сосновых лесов, растущих на берегу Белгородского водохранилища по реке Северский Донец. В этом районе города сосредоточены отели, рестораны и базы отдыха. В южной части лесопарка расположены учреждения отдыха (детского), а также туберкулезный санаторий (в бывшем пансионате витаминного комбината), кроме того, в Дальних Песках построена гостиница.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>3. Белгородская агломерация</b> |              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 3.1                                | Разумное     | Поселок городского типа, расположенный в 2 км от окраины Белгорода. Имеет довольно развитую инфраструктуру, включая коммерческую и логистическую недвижимость, несколько торговых и культурно-спортивных центров. Преобладает ИЖС и малоэтажная жилая застройка.<br>Развита химическая промышленность: меловой завод «Разуинное-Траст Россия», пищевая промышленность – хлебозаводы, а также промышленное строительство.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 3.2                                | Майский      | Административный центр Белгородского района и Майского сельского поселения. Расположен юго-западнее Белгорода, в 24 км от границы с Украиной, по левую сторону международной магистрали Москва-Симферополь. Это наиболее удаленная часть Белгорода, где расположено несколько крупных промышленных предприятий: ООО «Белгранкорм-холдинг», производство «Племптицерепродуктор Майский», ООО «Белые горы», Белгородская районная газовая эксплуатационная служба пос.Майский, ООО «Спец-строй-7» и другие. Хорошо развита инфраструктура. Помимо школ, культурных и спортивных центров, в поселке расположен студгородок аграрного университета им. В.Я. Горина. Все действующие объекты сохраняются, ведется строительство новых. В поселке преобладает ИЖС и малоэтажное жилое строительство. |
| 3.3                                | Дубовое      | Входящий в агломерацию Белгорода поселок, расположенный в Белгородском районе. Это административный центр Дубовского сельского поселения, численностью порядка 9000 человек. На территории поселка расположены: сель-                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

|     |               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     |               | скохозяйственные предприятия — ЗАО «Агро-фирма Дубовое» и ООО «Дубрава»; ООО «Компания по управлению жилищным фондом» и другие. Преобладает ИЖС. В настоящее время активно строятся коттеджи и таунхаусы.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 3.4 | Таврово       | На территории поселения располагаются два населенных пункта: с.Таврово с микрорайонами Таврово-1, Таврово- 2, Таврово-3, Таврово-4, Таврово-5 и, начиная с 2006 года с. Соломино. Административный центр - село Таврово. Поселок Село Таврово находится в живописном месте, в 8 километрах от города Белгород. С восточной стороны, в 5-ти километрах от с.Таврово, находится Белгородское водохранилище. Тавровское сельское поселение граничит с Никольским, Майским, Головинским, Дубовским, Крутологским сельскими поселениями, городским поселением «Поселок Разумное», а также с городом Белгород.<br>Тавровское сельское поселение расположено на площади 2269 га. Общая численность населения составляет 3404 человека. На его территории действует ряд предприятий: ОАО «Таоспектр» (ремонтно-механический завод), ООО «Грасса», строительная компания ООО «Ямал» предприятия малого и среднего бизнеса: кондитерский цех, пекарня, предприятия бытового обслуживания населения. Сфера услуг: гостиничный комплекс «Домик лесника», рестораны «Хейро», «Баловень», «Астра», 8 магазинов, торгующих промышленными и продуктовыми товарами, три магазина стройматериалов. |
| 3.5 | Стрелецкое    | Сельское поселение в западной части Белгородского района, расположенное в 10 км от центра города. Через село проходит железнодорожная линия Белгород—Готня (Белгородское отделение Юго-Восточной железной дороги), автомобильная дорога Белгород—Ахтырка и автомобильная дорога Москва—Симферополь. В поселении преобладает малоэтажная частная застройка. В 2001 году в селе построен завод по переработке твёрдых бытовых отходов.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 3.6 | Пос. Северный | Северный — также входящий в Белгородскую агломерацию посёлок городского типа. Население составляет порядка 9500 человек. Поселок располагается в 2 км севернее Белгорода по обеим сторонам автомагистрали М2 Москва—Симферополь..<br>Градообразующими предприятиями являются ОПХ «Белгородское» и ЗАО Птицефабрика «Северная». ОПХ «Белгородское» входит в тройку лучших хозяйств района, занимающихся растениеводством и животноводством. Предприятия, расположенные на территории поселка: ООО «Управляющая компания жилищным фондом поселка Северный», 69 предприятий торговли, 3 аптеки, 4 предприятия общественного питания и 10 - бытового обслуживания, которые оказывают услуги жителям поселка. В 2007 году введена в эксплуатацию подстанция «Северная», по уровню оснащённости одна из самых современных в ОАО «Белгородэнерго». В поселке преобладает много- и малоэтажная жилая застройка и ИЖС.                                                                                                                                                                                                                                                                    |

2. Необходимо развитие рекреационных зон в каждом районе города, строительство бассейнов, т.к. отдых граждан на городских пляжах невозможен, а купание в реках периодически запрещается, а также вынос и устройство некоторых социальных объектов г. Белгорода. Например, вынос за пределы города противотуберкулезного санатория и устройство нового кладбища.

3. Транспортная сеть между планировочными районами и промышленными зонами также нуждается в реконструкции. Проектирование новых транспортных развязок, маршрутов и объездных дорог для эффективного сообщения в том числе между спальными и деловыми районами, снижение транспортного потока в часы пик на главных магистралях.

Выбор оптимального варианта реконструкции городских территорий происходит на основании расчета технико-экономических показате-

лей, с помощью которого выявляется наиболее эффективное и целесообразное планировочное решение. Кроме того, комплексная оценка эффективности проектов реконструкции должна включать в себя:

- 1) принципы построения системы показателей — трехуровневая система показателей, а именно интегральный, общие и частные показатели реконструкции;
- 2) состав факторов и структуру реконструкции;
- 3) состав и структура комплексной оценки;
- 4) модель выбора наиболее эффективного проекта реконструкции [4].

Интегральный показатель определяется на основе весомости общих показателей, а величина каждого общего — на основе частных. Система показателей комплексной оценки эффективности реконструкции городских территорий приведена в табл. 2.

Таблица 2

**Система показателей комплексной оценки эффективности реконструкции городских территорий**

| Показатель                                                              |       | Коэффициент                                      |                         |
|-------------------------------------------------------------------------|-------|--------------------------------------------------|-------------------------|
| Показатели эффективности решений генерального плана застройки,          | Эг.п. | Коэффициент использования территории             | Ки.т., %                |
|                                                                         |       | Коэффициент плотности населения                  | Кп.н., чел/га           |
|                                                                         |       | Коэффициент благоустройства территории           | Кб.т.                   |
| Показатели эффективности объемно-планировочных и конструктивных решений | Эп.р. | Объемный коэффициент                             | К0                      |
|                                                                         |       | Планировочный коэффициент                        | Кп                      |
|                                                                         |       | Коэффициент компактности застройки               | Кк                      |
|                                                                         |       | Коэффициент реконструкции                        | Кр                      |
| Показатели эффективности организационно-технологических решений         | Эо.р. | Коэффициент эффективности использования ресурсов | Крес.                   |
|                                                                         |       | Коэффициент совмещения разнотипных работ         | Кс.р.                   |
|                                                                         |       | Коэффициент критичности                          | Ккр                     |
|                                                                         |       | Коэффициент качества реконструкции               | Ккач.                   |
| Показатели экономической эффективности                                  | Ээ    | Стоимость реконструкции                          | Ср, руб./м <sup>2</sup> |
|                                                                         |       | Стоимость после реконструкции                    | Сзд руб./м <sup>2</sup> |
|                                                                         |       | Годовые эксплуатационные расходы на содержание   | Сэ, руб./м <sup>2</sup> |

Интегральный показатель комплексной оценки эффективности *i*-того проекта реконструкции территорий является функцией общих показателей эффективности:

$$F_{li} = f(\mathcal{E}_{г.п.i}, \mathcal{E}_{п.р.i}, \mathcal{E}_{о.р.i}, \mathcal{E}_{э.i}). \quad (1)$$

Общие показатели эффективности *i*-того проекта реконструкции городских территорий, в свою очередь, являются функциями частных показателей:

$$\mathcal{E}_{г.п.i} = f(K_{и.т.i}, K_{п.н.i}, K_{б.т.i}); \quad (2)$$

$$\mathcal{E}_{п.р.i} = f(K_{о.и}, K_{п.и}, K_{к.и}, K_{р.и}); \quad (3)$$

$$\mathcal{E}_{о.р.i} = f(K_{рес.i}, K_{с.р.i}, K_{кр.i}, K_{кач.i}); \quad (4)$$

$$\mathcal{E}_{э.i} = f(K_{р.и}, K_{зд.i}, K_{э.i}). \quad (5)$$

Количество учитываемых в интегральном показателе общих и частных показателей может варьироваться в зависимости от типа застройки, а также может распространяться как на планировочный район в целом, так и на отдельное здание вне зависимости от его назначения и типа.

Эффективность решения генерального плана застройки характеризуется коэффициентами использования территории (отношение площади застройки к общей площади), плотности населения (отношение количества жителей к общей площади) и благоустройства территории (определяется суммой коэффициентов озеленения, инженерной, бытовой, транспортной обеспеченности).

$$K_{б.т.} = K_{оз} + K_{ин.} + K_{б.о.} + K_{т.о.} \quad (6)$$

Эффективность объемно-планировочных и конструктивных решений характеризуется такими показателями, как компактность плана здания, объемный и планировочный коэффициенты, а также коэффициент реконструкции.

Объемный коэффициент – это отношение строительного объема зданий к их общей площади; планировочный коэффициент – отношение полезной площади к общей. Коэффициент компактности – отношение периметра наружных стен к общей площади, где меньшее значение свидетельствует о меньших затратах на реконструкцию и эксплуатацию. Коэффициент реконструкции – отношение площади здания до и после реконструкции.

Эффективность организационно-технологических решений характеризуется эффективностью использования ресурсов, совмещения разнотипных работ, критичностью и качеством реконструкции.

Коэффициент эффективности ресурсов во времени ( $K_{рес}$ ) оценивает продолжительность работ с учетом их трудоемкости:

$$K_{рес} = \sum_{i=1}^K \left( \frac{t_i}{T} \right) \left( \frac{Q_t}{Q} \right), \quad (7)$$

где  $t_i$  – время выполнения *i*-той работы, дн.;  $T$  – общее время выполнения комплекса работ, дн.;  $Q_i$  – трудоемкость *i*-той работы, чел.-дни;  $Q$  – трудоемкость комплекса работ, чел.-дн.;  $k$  – общее число работ.

Коэффициент совмещения разнотипных видов работ ( $K_c$ ) учитывает как степень совмещения, так и число совмещаемых работ:

$$K_c = 1 - \frac{T}{\sum_{i=1}^k t_i}. \quad (8)$$



Критичность работ ( $K_{кр}$ ) показывает наличие или отсутствие времени:

$$K_{кр} = \sum_{i=1}^K \frac{Q_{кр i}}{Q_i}, \quad (9)$$

где  $Q_{кр i}$  – трудоемкость  $i$ -той работы, лежащей на критическом пути;  $Q_i$  – трудоемкость  $i$ -той работы.

Коэффициент качества реконструкции ( $K_{кач}$ ) определяется:

$$K_{кач} = \frac{[0,3 k_n + 0,5 k_p + 0,2 (k_c + k_n)]}{1,7}, \quad (10)$$

где  $K_p$  – коэффициент, оценивающий систему качества проектирования при реконструкции;  $K_p$  – коэффициент, оценивающий систему качества выполнения СМР при реконструкции;  $K_c$  и  $K_n$  – коэффициенты снижения несущей способности и конструктивной надежности здания при его эксплуатации.

При  $K_{кач}$  менее 0,78 – низкий уровень качества, 0,91 – высокий уровень качества.

Экономическая оценка эффективности реконструкции должна учитывать существующее экономическое положение на рынке недвижимости. Стоимость реконструкции определяется отношением:

$$C_p = C_{обс} + C_{тэо} + C_p + C_t + C_{смр} + C_{об}, \quad (11)$$

где  $C_{обс}$  – стоимость предпроектного обследования объекта реконструкции;  $C_{тэо}$  – стоимость технико-экономического обследования целесообразности реконструкции;  $C_p$  – стоимость создания проекта реконструкции;  $C_t$  – стоимость выполнения СМР по реконструкции;  $C_{смр}$  – стоимость выполнения СМР по реконструкции;  $C_{об}$  – стоимость демонтажа и монтажа оборудования и инженерных сетей. [4]

Основная стратегия развития Белгорода базируется на дальнейшем территориальном развитии жилой и промышленной застройки, соответствующей современным требованиям градостроительной документации, а также реконструкции существующих районов, нуждающихся в озеленении или перепланировке. Особое внимание уделяется ИЖС и развитию сельского хозяйства и промышленности, не только для обеспечения собственных нужд, но и для экспорта в другие области и страны. Выбор наиболее оптимального и рационального проекта реконструкции городской застройки необходимо учесть ряд показателей, провести комплексную оценку каждого предлагаемого проекта для достижения максимальной экономической и социальной эффективности.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Решение о генеральном плане развития городского округа «Город Белгород» до 2025 года от 26 сентября 2006 г.
2. Абакумов Р.Г., Толстолуцкая А.А. Оценка градостроительного потенциала промышленных территорий с учетом конъюнктуры рынка недвижимости в г. Белгород // Инновационная наука. 2016. № 2-1 (14). С. 11–13.
3. Абакумов Р.Г., Гасанова А.Ш.К. Инвестиционная политика Белгородской области // Молодежь и XXI век - 2015. Материалы V Международной молодежной научной конференции в 3-х томах. Ответственный редактор: Горохов А.А.. 2015. С. 12–15.
4. Рахматуллин А.Р., Абакумов Р.Г. Аспекты объемно-планировочных и конструктивных решений производственных зданий, определяющие эффективность их реконструкции и перепрофилирования // Научно-технический прогресс: актуальные и перспективные направления будущего. Сборник материалов Международной научно-практической конференции. Западно-Сибирский научный центр; Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева. 2015. С. 13-16.
5. Соколова Н.Ю., Абакумов Р.Г. Вопросы модернизации многоэтажных 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.. 2015. С. 185–188.
6. Маликова Е.В., Абакумов Р.Г. Технология реконструкции типовых многоэтажек // Молодой инженер - основа научно-технического прогресса Сборник научных трудов Международной научно-технической конференции. Ответственный редактор Губанов В.С.. 2015. С. 216–221.
7. Медведева Ю.А., Абакумов Р.Г. Особенности и тенденции развития регионального рынка малоэтажного домостроения // Актуальные проблемы развития хозяйствующих субъектов, территорий и систем регионального и муниципального управления материалы X международной научно-практической конференции. под ред. Ю.В. Вертаковой. 2015. С. 241–245.
8. 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. 2015. С. 24–26.

9. Белик А.И., Абакумов Р.Г. Реконструкция объектов жилой недвижимости // Актуальные вопросы развития современного общества. Сборник научных статей 5-ой Международной научно-практической конференции. 2015. С. 26—28.

10. Катен М.А., Абакумов Р.Г. Градостроительные аспекты повышения энергоэффективности // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2015. № 1 (6). С. 81—85.

11. Абакумов Р.Г., Скогорева О.С. Технология реконструкции зданий и сооружений при управлении их воспроизводством // Молодые ученые - основа будущего машиностроения и строительства. Сборник научных трудов Международной научно-технической конференции. Ответственный редактор: Гречухин А.Н.. 2014. С. 10—14.

12. Абакумов Р.Г., Просяник О.С. Инновационные основы управления оптимальным вариантом воспроизводства городской территории // Поколение будущего: Взгляд молодых ученых - 2014. Сборник научных статей 3-й Международной молодежной научной конференции: в 2-х томах. Ответственный редактор Горохов А.А.. 2014. С. 122—125.

13. Коваленко Л.С., Абакумов Р.Г. Инновационные аспекты экономики при строительстве малоэтажного жилья в Белгородской области // Инновации в строительстве глазами молодых специалистов. Сборник научных трудов Международной научно-технической конференции. Ответственный редактор: Гладышкин А.О.. 2014. С. 149—153.

14. Абакумов Р.Г., Аридова С.В. Экономико-математическая модель оценки социально-экономического эффекта воспроизводства зданий // Поколение будущего: Взгляд молодых ученых - 2014. Сборник научных статей 3-й Международной молодежной научной конференции: в 2-х томах. Ответственный редактор Горохов А.А.. 2014. С. 17—19.

15. Аридова С.В., Абакумов Р.Г. Использование методов теории графов и комбинаторного анализа при определении оптимального порядка реконструкции группы зданий // Юность и знания - гарантия успеха. Сборник научных трудов Международной научно-технической конференции. Ответственный редактор Разумов М.С.. 2014. С. 25—28.

16. Аридова С.В., Абакумов Р.Г. Математическая модель определения оптимального времени начала реконструкции и перепрофилирования объекта коммерческой недвижимости // Инновации в строительстве глазами молодых специалистов. Сборник научных трудов Между-

народной научно-технической конференции. Ответственный редактор: Гладышкин А.О.. 2014. С. 27—31.

17. Скогорева О.С., Абакумов Р.Г. Энергосбережение при строительстве, реконструкции эксплуатации многоквартирных домов // Юность и знания - гарантия успеха. Сборник научных трудов Международной научно-технической конференции. Ответственный редактор Разумов М.С.. 2014. С. 395—398.

18. Абакумов Р.Г. Методика расчета реинвестиций, обеспечивающих воспроизводство основных средств организации // Образование, наука и современное общество: актуальные вопросы экономики и кооперации. Материалы международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава и аспирантов: в 5 частях. 2013. С. 18—23.

19. Абакумов Р.Г. Инновационные инструменты управления воспроизводством основных средств организаций Белгородской области // Фундаментальные исследования в естественно-научной сфере и социально-экономическое развитие Белгородской области. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2013. С. 3—8.

20. Абакумов Р.Г. Методические аспекты экономического обоснования выбора источников финансирования воспроизводства основного капитала // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2011. № 1. С. 110—112.

21. Абакумов Р.Г. Совершенствование принципов управления воспроизводством основного капитала // Наука и бизнес: пути развития. 2010. № 1. С. 18—19.

22. Абакумов Р.Г. Концепция совершенствования управления воспроизводством основного капитала // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2010. № 3. С. 127—133.

23. Абакумов Р.Г. Методические аспекты выбора методов воспроизводства основного капитала // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2010. № 1. С. 140—146.

24. Абакумов Р.Г. Концептуальные аспекты управления воспроизводством основного капитала в рамках зарубежного опыта // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2010. № 2. С. 172—176.

25. Абакумов Р.Г. Управление воспроизводством основного капитала как условие инновационного пути развития экономики // Креативная экономика. 2009. № 11. С. 3—9.

26. Коваленко Т.Л., Абакумов Р.Г. Проявление инноваций в инвестиционно-

строительной деятельности // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2016. № 1 (11). С. 126–130.

27. 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.

28. 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.

29. Шелайкина А.Н., Абакумов Р.Г. Управление инвестиционными рисками в строительстве // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2016. № 1 (11). С. 314–318.

30. Абакумов Р.Г., Подоскина Е.Ю. Методы оценки эффективности инновационных проектов // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2016. № 1 (11). С. 9–13.

31. 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.

32. Абакумов Р.Г., Грищенко Е.Н. Экономико-математическое моделирование проектирования состава основных средств и технологий их использования в организации // Современные тенденции развития науки и производства. Сборник материалов II Международной научно-практической конференции. Западно-Сибирский научный центр. 2015. С. 116–119.

33. Назина К.С., Абакумов Р.Г. Исследовательские основы анализа рынка недвижимости /// Молодежь и XXI век - 2015 материалы. V

Международной молодежной научной конференции в 3-х томах. Ответственный редактор: Горохов А.А.. 2015. С. 171–174.

34. 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.

35. Абакумов Р.Г., Скрыпник О.Г. Строительство как основополагающая отрасль развития экономики страны // Научное мышление молодых ученых: настоящее и будущее. 2015. С. 184–188.

36. 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.. 2015. С. 27–32.

37. 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. 2015. С. 275–278.

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.

---

**Aralova S.V., Frolov N.V., Strekozova V.L., Tureski M.A.**

**THEORETICAL AND METHODOLOGICAL ASPECTS OF DEVELOPMENT OF METHODOLOGY OF ECONOMIC SUBSTANTIATION OF RECONSTRUCTION ON THE BASIS OF INTEGRATED ANALYSIS OF URBAN AREAS ON THE EXAMPLE OF THE CITY OF BELGOROD**

*The article considers theoretical and methodical aspects of development of methodology of economic substantiation of reconstruction on the basis of integrated analysis of urban areas on the example of the city of Belgorod. Set out the main planning factors that determine territorial development and the uniqueness of the existing structure of the city of Belgorod. Studied the existing planning structure of the city of Belgorod and the characteristic of each planning unit. On the basis of integrated analysis of urban areas of the city of Belgorod identifies the main problems of reconstruction. The technique of a choice of an optimum variant of reconstruction of urban areas based on the calculation of the complex technical and economic indicators.*

**Key words:** reconstruction, urban area, method, indicators.

---

**Аридова Светлана Владимировна**, магистрант кафедры экспертизы и управления недвижимостью.  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.  
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.  
E-mail: infobelinvest2015@mail.ru

**Фролов Николай Викторович**, аспирант кафедры строительства и городского хозяйства,  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.  
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.  
E-mail: frolovpgs@mail.ru

**Стрекозова Людмила Васильевна**, доцент кафедры экспертизы и управления недвижимостью.  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.  
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.  
E-mail: infobelinvest2015@mail.ru

**Тюремских Михаил Андреевич**, ведущий инженер.  
ПАО Стойленский ГОК «Парком».  
Адрес: Россия, 309500, г. Ст. Оскол, юго-западный промрайон, площадка фабричная, проезд-4.  
E-mail: infobelinvest2015@mail.ru

Калугин В.А., д-р экон. наук, доц.,  
Королькова Д.И., аспирант,  
Шкуркин А.А., аспирант

Белгородский государственный национальный исследовательский университет

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕНЕЖНЫХ ПОТОКОВ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ В УСЛОВИЯХ ВЕРОЯТНОСТНОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

kalugin@bsu.edu.ru

Важнейшим фактором успешности технологически-ориентированной стратегии модернизации российской экономики является реализация эффективных инвестиционных проектов (ИП). Вместе с тем в условиях экономической турбулентности, когда неопределенность исходных предположений, на основе которых строится прогноз денежных потоков ИП, еще более усиливается, традиционные классические показатели оценки эффективности ИП в лучшем случае представляют лишь наметки будущих результатов деятельности по осуществлению ИП.

При этом, поскольку с 2000 г. не обновлялись Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов, многие коммерческие банки, институты развития, промышленные предприятия, пытаясь учесть реалии настоящего времени, пользуются собственными корпоративными методиками оценки и анализа ИП, содержащими ошибочные термины, расчетные формулы и допущения, а главное – приводящими к принятию ошибочных, неэффективных инвестиционных решений.

Таким образом, в настоящее время остро встает вопрос развития теоретико-методического обеспечения инвестиционного процесса в условиях нестабильности внешней среды, в том числе в условиях вероятностной неопределенности.

**Ключевые слова:** вероятностная неопределенность, оценка эффективности инвестиционных проектов, принцип моделирования денежных потоков, операционный денежный поток, методология анализа иерархических структур, имитационное моделирование, закон распределения случайной величины.

**Введение.** Одним из основных принципов, положенных в основы оценки эффективности ИП, является принцип моделирования денежных потоков, включающих все связанные с осуществлением проекта денежные поступления и расходы за расчетный период. Этот принцип применим к любым типам ИП независимо от их технических, технологических, финансовых, отраслевых или региональных особенностей [1, 2].

Методы моделирования денежных потоков ИП существенно различаются от условий, в которых протекает инвестиционный процесс, порождаемый определенным проектом. Традиционно принято различать следующие условия [3, 4, 5]:

- определенности, если каждому инвестиционному проекту ИП ставится в соответствие одна и только одна оценка денежного потока на каждом шаге расчетного периода ( $CF_t^1$ );

- вероятностной неопределенности (риска), если каждому ИП ставится в соответствие на каждом шаге расчетного периода множество оценок, каждая из которых имеет определенную вероятность осуществления, по существу задается дискретное распределение вероятностей случайной величины  $C^t$  (денежный поток на  $t$ -

ом шаге расчетного периода):  $\{(CF_1^t, P_1^t), \dots, (CF_{n_t}^t, P_{n_t}^t)\}$ ;

- неопределенности, если каждому ИП ставится в соответствие на каждом шаге расчетного периода множество оценок и при этом ничего неизвестно относительно вероятности осуществления каждой:  $\{(CF_1^t, \dots, CF_{n_t}^t)\}$ .

Классические традиционные показатели оценки эффективности ИП (NPV, PI, IRR) независимо от условий требуют для своего расчета одной оценки денежного потока на каждом шаге расчетного периода [6, 7, 8]. Например, в условиях вероятностной неопределенности в качестве оценки ожидаемого денежного потока на  $t$ -ом шаге расчетного периода принимается математическое ожидание случайной величины  $C^t$ , которое не рассчитывается на основе закона распределения, а просто прогнозируется, что требуют от экономистов и финансовых аналитиков сверхъестественных способностей предвидеть изменения в экономике страны или в отдельной отрасли, на конкретном предприятии, организации или для отдельного продукта.

**Методология.** В настоящей статье предлагается метод моделирования денежных потоков ИП на каждом шаге расчетного периода в условиях вероятностной неопределенности, опирающийся на имитационное моделирование мето-

дом Монте-Карло [9]. Проведение имитационного моделирования основано на том, что при известных законах распределения экзогенных переменных можно получить не единственное значение, а распределение результирующего показателя.

Предлагаемый метод может быть использован как в системе традиционной методологии оценки эффективности ИП, так и в рамках, развиваемой одним из авторов, методологии многокритериальной оценки ИП [10].

**Основная часть.** Предположим для простоты изложения, что ИП характеризуется вполне определенными инвестиционными затратами (оттоки денежных средств), осуществляемыми на начальном (нулевом шаге расчетного периода), и поступлениями денежных средств (притоки денежных средств) на каждом следующем шаге расчетного периода, характеризующиеся вероятностной неопределенностью.

В качестве притока денежных средств на каждом шаге расчетного периода будем рассматривать чистый операционный денежный поток ИП (табл. 1).

Таблица 1

**Чистый операционный денежный поток ИП**

| Показатели                                 | № расчетного периода |     |        |
|--------------------------------------------|----------------------|-----|--------|
|                                            | 1                    | ... | N      |
| 1. Объем реализации                        | $V^1$                | ... | $V^N$  |
| 2. Цена реализации                         | $C^1$                | ... | $C^N$  |
| 3. Выручка от реализации                   | $S^1$                | ... | $S^N$  |
| 4. Операционные расходы (без амортизации): |                      |     |        |
| 4.1. Переменные                            | $op^1$               |     | $op^N$ |
| 4.2. Постоянные (без амортизации)          | $oc^1$               |     | $oc^1$ |
| 5. Амортизация                             | $a^1$                | ... | $a^N$  |
| 6. Операционный доход                      | $r^1$                | ... | $r^N$  |
| 7. Налоги                                  | $d^1$                | ... | $d^N$  |
| 8. Чистый операционный доход               | $nr^1$               | ... | $nr^N$ |
| 9. Амортизация                             | $a^1$                | ... | $a^N$  |
| 10. Чистый операционный денежный поток     | $CF^1$               | ... | $CF^N$ |

Метод моделирования денежных потоков в условиях вероятностной неопределенностью характеризуется следующими шагами.

**Первый шаг.** Анализ структуры чистого операционного денежного потока ИП показывает, что каждую его составляющую можно отнести к трем категориям: расчетным, случайным, заданным. Поэтому на каждом шаге расчетного периода проводится отделение случайных составляющих чистого операционного денежного потока от неслучайных.

**Расчетные составляющие.** Имеют место следующие очевидные соотношения: 1)  $S^t = V^t \cdot$

$C^t$ , 2)  $op^t = op^t \cdot V^t$  ( $op^t$  – переменные затраты на единицу продукции), 3)  $r^t = S^t - op^t - oc^t - a^t$ , 4)  $nr^t = r^t - d^t$ , 5)  $CF^t = nr^t + a^t$ .

Кроме того, предположив, что инвестиционные затраты целиком относятся к амортизируемому имуществу, и, имея в виду линейный метод амортизации имущества, получим годовую сумму амортизационных отчислений:  $a^t = I \cdot 1/N$  (считаем, шаг расчетного периода соответствует году).

Отметим, что представленные соотношения требуют для своего расчета определения величины постоянных расходов (без амортизации) и переменных затрат на единицу продукции.

Постоянные расходы (без амортизации) не сложно спрогнозировать, поскольку они являются отличительными характеристиками ИП: например один из проектов предполагает использование в гораздо большей степени автоматическое оборудование и в меньшей степени рабочей силы (оператора), что приводит к высоким эксплуатационным расходам, второй – в меньшей степени автоматическое оборудование и в большей степени рабочей силы. Кроме того, отраслевые особенности определяют уровень постоянных расходов: электроэнергетические, авиакомпаний, сталелитейные заводы и тому подобные компании просто должны делать крупные инвестиции в основные средства, а это приводит к высоким постоянным расходам. Это все говорит о том, они при отлаженном производстве легко прогнозируются.

В то же время переменные затраты на единицу продукции существенно зависят от цен на ресурсы и их следует отнести к случайным составляющим.

**Заданные составляющие.** К ним относятся те, которые устанавливаются законодательно. В данном случае это налог на прибыль организаций.

**Случайные составляющие.** Кроме отмеченных выше переменных затрат на единицу продукции, к случайным составляющим чистого операционного денежного потока ИП, очевидно, следует отнести объем реализации и цену реализации.

**Второй шаг.** Необходимо сделать предположение относительно законов распределения случайных величин: переменных затрат на единицу продукции, объема реализации и цены реализации. В общем случае на каждом шаге расчетного периода случайные величины могут характеризоваться различными законами распределения или различаться параметрами одного и того же распределения.

**Третий шаг.** При известном законе распределения каждой из случайных величин, исполь-

зуя генератор случайных чисел, необходимо получить конкретное значение для каждой из них.

**Четвертый шаг.** Значения случайных составляющих, вместе с другими составляющими, используются для определения чистого операционного денежного потока ИП на  $t$ -ом шаге расчетного периода.

**Пятый шаг.** Третий и четвертый шаги многократно ( $N$  – раз) повторяются, что даст  $N$  значений денежного потока ИП на  $t$ -ом шаге расчетного периода ( $CF^t(\text{ИП})$ ), которые составят распределение вероятностей случайной величины  $CF^t$ .

На основании распределение вероятностей случайной величины  $CF^t$  теперь можно получить искомое ожидаемое значение  $CF^t$  и среднее квадратическое отклонение.

**Выводы.** В результате анализа структуры чистого операционного денежного потока ИП проведено разделение его составляющих на три категории. Показано, каким образом необходимо работать со случайными составляющими, чтобы получить распределение вероятностей денежного потока ИП на рассматриваемом шаге расчетного периода, на основании которого можно получить искомое ожидаемое значение.

Предлагаемый метод может быть использован как в системе традиционной методологии оценки эффективности ИП, так и в рамках методологии многокритериальной оценки ИП.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Никонова И.А. Проектный анализ и проектное финансирование. М.: Альпина Паблишер, 2012. 154 С. ISBN 978-5-9614-1771-5
2. Методические рекомендации по оценке

эффективности инвестиционных проектов, № ВК477 от 21.06.1999 г., утверждено Министерством экономики РФ, Министерством финансов РФ, Государственным комитетом РФ по строительной, архитектурной и жилищной политике.

3. Трухаев Р.И. Модели принятия решений в условиях неопределенности. М.: Наука, 1981. 257 С. ISBN 978-5-91460-003-4.

4. Виленский П.Л., Лившиц В.Н., Смоляк С.А. Оценка эффективности инвестиционных проектов. М.: Дело, 2002. 888 С. ISBN 5-7749-00286-2.

5. Петровский А.Б. Теория принятия решений Университетский учебник. — М.: Академия, 2009. 400 с. ISBN: 978-5-7695-5093-5.

6. Теория принятия решений. В 2 т. Т. 1: учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / под ред. В. Г. Халина. М.: Издательство Юрайт, 2016. 250 с. Серия: Бакалавр и магистр. Академический курс. ISBN 978-5-9916-6964-1 (т. 1) ISBN 978-5-9916-6077-8

7. Ковалев В.В. Методы оценки инвестиционных проектов. М.: Финансы и статистика, 1998. 141 С. ISBN 5-279-01871-6.

8. Быстров О.Ф., Поздняков В.Я., Прудников В.М., Перцев В.В. Управление инвестиционной деятельностью в регионах РФ. М.: «Инфа-М», 2008. 358 С. ISBN 978-5-1-003075-3.

9. Бриггем Ю., Гапенски Л. Финансовый менеджмент. СПб.: Экономическая школа, 1997. Т.1. 497 С. ISBN 5-900228-30-3.

10. Калугин В.А. Многокритериальные методы принятия инвестиционных решений. СПб.: Химиздат, 2004. 211 С. ISBN 5-03808-035-07.

---

**Kalugin V.A., Korolkova D.I., Shkurkin A.A.**

## CASH FLOW MODELLING OF INVESTMENT PROJECTS UNDER PROBABILISTIC UNCERTAINTY

*The most important factor in the success of technology-oriented strategy of modernization of the Russian economy is the implementation of effective investment projects (IP). However, in times of economic turbulence, when uncertainty assumptions on which the forecast cash flows is based IP, is further enhanced by the traditional classical IP performance measurement indicators are at best only represent the outline of future results for the implementation of IP activities.*

*In this case, since the year 2000 have not been updated Guidelines on the assessment of the effectiveness of investment projects, many commercial banks, development institutions, industrial companies, trying to take into account the realities of the present time, use their own methods of corporate IP evaluation and analysis, containing erroneous terms, formulas and assumptions, and most importantly - leading to the adoption of incorrect, inefficient investment decisions.*

*Thus, currently the acute question of theoretical and methodological support of the investment process in the conditions of instability of the environment, including those under probabilistic uncertainty.*

**Key words:** probabilistic uncertainty, performance evaluation of investment projects, the principle of modeling cash flow, operating cash flow analysis methodology of hierarchical structures, simulation, distribution law of a random variable.

---

**Калугин Владимир Анатольевич**, доктор экономических наук, профессор кафедры экономики.  
Белгородский государственный национальный исследовательский университет.  
Адрес: Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, д.85.  
E-mail: Kalugin@bsu.edu.ru

**Королькова Дарья Игоревна**, аспирант кафедры «менеджмент организации»  
Белгородский государственный национальный исследовательский университет.  
Адрес: Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, д.85.  
E-mail: Korolkova\_d@bsu.edu.ru

**Шкуркин Алексей Анатольевич**, аспирант кафедры «экономика»  
Белгородский государственный национальный исследовательский университет.  
Адрес: Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, д.85.  
E-mail: Ghost2508@rambler.ru



*Романович Л.Г., канд. экон. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова  
Рошковану Еуджен, магистр экономики  
Председатель Ассоциации Малого Бизнеса Молдовы (Республика Молдова)  
Романович М.А., канд. экон. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ МАЛОГО ИННОВАЦИОННОГО БИЗНЕСА В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛИЗАЦИИ\*

roma-kons@yandex.ru

*Современный мир находится на качественно новом этапе развития. Процесс глобализации формирует новое качество мирохозяйственных связей и способствует созданию нового мирового экономического пространства. В работе авторами уделяется особое внимание рассмотрению вопросов развития малого инновационного бизнеса в России и странах ближнего зарубежья - стратегических партнеров в ответ на вызовы мирового процесса глобализации и проблем, препятствующих его развитию. В ходе исследования рассмотрены и выделены основные причины, сдерживающие развитие малого инновационного бизнеса в условиях глобализации, проанализирован положительный международный опыт поддержки и стимулирования инновационной деятельности малых предприятий. Авторами сформулированы рекомендации, направленные на совершенствование механизма стимулирования инновационной деятельности малых предприятий, которые носят универсальный характер и могут быть использованы, в частности, в сфере строительства.*

**Ключевые слова:** *малые инновационные предприятия, глобализация, технологии, инновационная деятельность.*

**Введение.** Глобализация, впервые получившая определение как «слияние рынков отдельных продуктов, произведенных многонациональными компаниями» и охватившая в последние годы инновационную, торговую, финансовую, производственную сферы, превратилась, по мнению многих исследователей [1, 2], в процесс, который формирует новое качество мирохозяйственных связей и способствует созданию нового мирового экономического пространства.

Малые и средние предприятия в странах ВТО в среднем составляют более 95 % фирм, обеспечивают 60–70 % занятости и постоянно создают новые рабочие места. Мировой опыт показал, что научно-технический прогресс в экономически развитых государствах обеспечен во многом благодаря активному развитию малого бизнеса сферы инноваций [2].

Малые предприятия имеют как сильные, так и слабые стороны, требующие принятия специальных государственных мер. Под воздействием процессов глобализации и внедрения новых технологий все меньшую роль в производстве товаров, работ, услуг играет экономия от масштаба. Вместе с этим все более возрастает значение малого бизнеса и его вклад в макроэкономическое развитие. Однако следует принимать во внимание, что многие из традиционных проблем малых предприятий, такие как недостаток финансирования на фоне монополизации рынков (финансовых ресурсов) крупными компани-

ями, административные барьеры, трудности в эксплуатации высокотехнологичного оборудования, недостаток управленческих навыков – существенно обостряются в условиях глобализации мировой экономики. Такое положение в целом формирует ещё более острую проблему дальнейшего выживания и развития малого бизнеса.

*Анализ последних исследований и публикаций.* В научных трудах проблемы развития малого бизнеса в условиях глобализации затронуты в ряде публикаций А.В. Иванова, Д.В. Полывяна, Ю.В. Макогона, А.С. Гальчинского, Е. Абрамяна и других ученых, экономистов. Однако, мало уделяется внимания развитию малого инновационного бизнеса, а также вопросам повышения его жизнеспособности в ответ на вызовы мирового процесса глобализации. Поэтому вопросы поиска механизмов развития малого бизнеса сферы инноваций в современных условиях являются актуальными.

*Целью статьи* является выявление основных причин, сдерживающих процесс развития малого инновационного бизнеса России и стран ближнего зарубежья - стратегических партнеров в условиях глобализации и предложение рекомендаций в этой сфере.

**Основная часть.** Современный мир находится на качественно новом этапе развития, который характеризуется новыми процессами во всех сферах жизни общества. Производственным ресурсом становятся знания и информация.

На смену концентрации производства приходит концепция производства рассредоточенного, интеллектуалоемкого, предполагающего высокий уровень образованности и информационно-технологической вооруженности человека. Эффективность такого труда несоизмерима с эффективностью производства в рамках старой модели производственного процесса. Сегодня эти аспекты формирования постиндустриального общества и смены технологических укладов для многих выглядят проблематичными, но, как свидетельствуют результаты исследования опыта промышленно развитых стран, дело обстоит именно таким образом [3].

Встречаются также теории, которые утверждают, что при развитии глобализации «государство постепенно утрачивает возможность быть полным хозяином на собственном экономическом пространстве», происходит «размывание государственного суверенитета» и «снижение эффективности выполнения государством своих традиционных функций». Глобализация создает условия, когда национальные экономики стран становятся взаимозависимыми. В результате национальные экономики в большей степени зависят от влияния внешних факторов. Причинами такой зависимости являются нарастающее несоответствие между возможностями национальных органов управления регулировать глобальный рынок и необходимостью такого регулирования [4].

Говоря о преимуществах крупных компаний, следует отметить, что крупные предприятия имеют материальную и финансовую возможность для освоения инноваций. Используя эффект масштаба и располагая большим капиталом, крупное корпоративное предпринимательство способно осваивать стратегические технологии, имеющие приоритетное значение для достижения национальной экономики научно-технического прогресса [5].

Малые же предприятия, напротив, как правило, не имеют собственного материального и финансового обеспечения для осуществления инновационной деятельности, рынок их деятельности и возможности продвижения продукта в этой связи ограничены. Если для крупных компаний высокие риски, связанные с инновационными процессами не играют решающей роли, то малые предприятия в значительной степени зависят от них. В этой связи можно выделить:

- неопределенности путей достижения цели и риск не достижения цели;
- невозможность ориентации на прогнозные оценки и детального планирования;

- необходимость преодоления инноваторами сопротивления, как интересов участников инновационного процесса, так и в сфере сложившихся экономических отношений, что в целом усугубляет проблему организации и развития инновационных компаний.

Рынок новшеств образуется в условиях неопределенностей, которые вытекают из характера инновационных процессов, и в специфической среде взаимоотношений участников рынка [6]. Первопричиной неопределенности, подрывающей в экономической трактовке противоречивость и альтернативность любого процесса в экономике (связанного с ее развитием), выступает воздействие нестабильности внешней среды (рынок, государство) и внутренней среды (движение оборотных средств, физический и моральный износ основных фондов, субъективные решения менеджеров) на любой вид предпринимательской деятельности. Неопределенность основных переменных предпринимательской деятельности негативно влияют как на величину конечного спроса на производственные ресурсы, так и на способность фирм реагировать на его изменение. Высокий уровень неопределенности в экономике не позволяет выровнить положительную тенденцию финансовых результатов деятельности инноваторов. В условиях высокой степени неопределенности предпринимательская деятельность в сфере инноваций становится экономически неэффективной [7].

На наш взгляд, в условиях глобализации можно выделить три принципиально важных явления, которые оказывают ключевое воздействие на долгосрочные перспективы инновационного развития – и, соответственно, на формирование инновационных стратегий.

Во-первых, это глобальная конкуренция, спрессовывающая время выхода на рынки, вынуждающая и компании и страны ускорять инновационные действия, все быстрее производить жизнеспособные товары и услуги. Все более активное влияние на инновационные процессы оказывает появление в мировом научно-технологическом пространстве новых глобальных игроков. Усиливается роль международного обмена технологиями, транснациональных корпораций, мобильности кадров. Одновременно все более инновационными становятся предлагаемые решения глобальных проблем (борьба с болезнями, энергетика, изменение климата, вода, безопасность и противостояние терроризму) [3].

Во-вторых, глобализация производства и рынков задает и диктует все более высокие требования к качеству товаров и услуг, введением единых международных стандартов качества,

зачастую невыполнимыми предприятиями малых форм. При этом субъекты малого предпринимательства в массе своей не в состоянии реализовывать всю полноту управленческих функций. Это касается ресурсного обеспечения на старте бизнеса и минимизации затрат на сервисные, управленческие функции, сертификацию продукции по международным стандартам и их соблюдение, исследование рынка, поиск партнеров и заказов, информационное и правовое обеспечение и т.п. Поэтому малые предприятия нуждаются в системной поддержке со стороны государственных и общественных структур [8].

В-третьих, это усложнение инноваций – междисциплинарный, межотраслевой характер которых делает соответствующие инвестиции все дороже и рискованней. Большинство фирм уже не могут заниматься инновациями в одиночку, поддерживать все необходимые исследования, получать информацию о рынках. Проблема заключается в том, как объединять усилия, привлекать знания со стороны, не теряя самостоятельности и не нанося ущерба собственным интересам [2].

Указанным воздействиям подвергаются компании всех размеров, однако малые инновационные предприятия имеют ряд особенностей, связанных в первую очередь с размером бизнеса, которые могут препятствовать выявлять и адекватно реагировать на изменения. По сравнению с большими фирмами, малые предприятия, как правило, не имеют возможностей влиять на внешнеэкономические отношения с поставщиками продукции или средств производства. В результате, их способность выживать и расти зависит от гибкости и возможности объединения с другими фирмами или отраслевыми ассоциациями. Учитывая более ограниченную внутреннюю ресурсную базу по сравнению с большими фирмами (особенно это касается управленческих и финансовых ресурсов), сотрудничество с другими фирмами или ассоциациями представляет собой потенциально важный стратегический ответ на вызов глобальной конкуренции. Например, те малые предприятия, которые испытывают желание выйти на внешние рынки, могут устанавливать официальные отношения с зарубежными партнерами через *их отраслевые ассоциации*, которые имеют международные связи, понимание о местных и зарубежных рынках и потенциальных каналах сбыта, а также опыт решения задач развития бизнеса [2].

Таким образом, специфика инновационной деятельности – неопределенность и отложенность результата; несовпадение общественного и индивидуального эффектов; асимметричность

информации, доступной исследователям, новаторам, потенциальным инвесторам, потребителям; высокие инвестиционные риски; особые требования к квалификации кадров и качеству менеджмента – все это усиливает важность и роль государственной поддержки «инновационной составляющей» в деятельности малого бизнеса.

Опыт, например, Китая свидетельствует о том, что лучшие результаты по реформированию управления малым бизнесом в условиях глобализации достигнуты там, где чиновниками в правительстве, отвечающими за реформы в малом бизнесе, являются люди, которые раньше были собственниками (руководителями) малых предприятий или руководителями отраслевых ассоциаций малых предприятий. Это дало положительные результаты. По данным организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) доля малого бизнеса в китайском экспорте достигла 50 %, и это, безусловно, способствовало тому, что Китай стал главным торговым партнером ЕС, а его ВВП в 2014 г. превысил такой же показатель, полученный в США [9].

Следует отметить, что в своей политике инновационной экономики ЕС ориентируется на своих партнеров – США и Японию и, в этой связи, старается «догнать» эти страны по показателям размера и доли финансирования инновационных проектов. Это, главным образом, стимулировало страны ЕС в разработке и внедрении «рамочных программ» (framework programmes), которые представлены в таблице 1:

Таблица 1

**Рамочные программы Европейского Союза по развитию научных исследований и технологий [10]**

| Рамочная программа | Даты      |
|--------------------|-----------|
| Первая             | 1984–1987 |
| Вторая             | 1987–1991 |
| Третья             | 1991–1994 |
| Четвертая          | 1994–1998 |
| Пятая              | 1998–2002 |
| Шестая             | 2002–2006 |
| Седьмая            | 2007–2013 |
| Восьмая            | 2014–2020 |

В соответствии с последней разработанной стратегией развития Европейского Союза «Горизонт 2020» (Horizon 2020) определены приоритетные задачи:

1. Занятость населения;
2. Внедрение инновационных проектов;
3. Повышение качества образования;
4. Улучшение социальной интеграции;
5. Решение задач, связанных с изменением климата;

6. Решение проблем, связанных с недостатком энергетических и других ресурсов.

Около 86 млрд. евро будет предоставлено фондам европейской программы, а в общем бюджете ЕС доля расходов на исследования и инновации возрастет до 8,5% в 2020 году. При этом значительная часть ресурсов предназначена для поддержки «отстающих» экономик и регионов Европы.

Сегодня в Западной Европе учеными и экономистами все более активно обсуждается тема конкуренции на фоне недостаточной мотивации и стимулов для развития предпринимательства, проблем существования множества противоречивых инновационных программ и разного уровня инновационного развития стран членов Евросоюза. При этом новые члены ЕС констатируют о региональных проблемах и негативных тенденциях инновационного развития. Тем не менее, трудно отрицать сдвиги и успехи в реализации стратегии инновационного развития таких стран, как Германия и Франция. Ряд стран увеличили расходы и отказались от их сокращения, внедряют новые инструменты, используют новые механизмы стимулирования инновационной деятельности и поддержки частной предпринимательской инициативы.

Стремление к прогрессу в инновационном развитии легли в основу предложений Еврокомиссии по инновационной политике, которые нашли отражение в документе «Инновационная политика: современные подходы в контексте Лиссабонской стратегии». В нем акцентировано внимание на:

- усилении инновационной составляющей всех национальных политик и их интеграции;
- развитии рыночного спроса на инновации и стимулировании сфер и областей, поддерживающих нововведения;
- преодолении бюрократических барьеров;
- развитии инновационной политики.

Так, в 2016–2017 годы Еврокомиссия планирует выделить инвестиций в научные исследования и инновации 16 млрд. евро. Финансирование будет осуществляться по программе "Горизонт 2020" с целью повышения конкурентоспособности ЕС.

Следует отметить, что реализация стратегии осуществляется согласно Стратегическому форуму по международному научно-технологическому сотрудничеству (SFIC), консультативного органа Совета Европейского Союза и Европейской Комиссии. На протяжении всего периода действия новой программы "Горизонт 2020" ЕС будет определять соответствующие многолетние дорожные карты для последующих рабочих программ.

Программа "Горизонт 2020" последовательно придерживается принципа всеобщей открытости, при этом приветствуется взаимная открытость доступа к программам других стран.

"Горизонт 2020" - не единственный источник финансирования ЕС в сфере научных исследований и инноваций. ЕС также выделил 6,3 млрд. евро на создание и развитие европейской навигационной спутниковой системы "Галилео" (Galileo); 2,7 млрд. евро - на экспериментальный термоядерный реактор ИТЭР (ITER) и 3,8 млрд. евро - на программу по созданию системы спутников дистанционного зондирования Земли "Коперник" (Copernicus). Таким образом, ЕС реализует политику инновационного развития как основного курса, направленного на преобразование экономик стран.

Также важно, что национальные и транснациональные корпорации ЕС проводят активную кадровую политику по поддержке человеческих ресурсов из пространства Европы и Азии, ориентируясь на молодое поколение. Таким образом, создавая базис для многолетнего инновационного развития и эффективного использования выделенных ресурсов [11].

Однако такой опыт в комплексе пока не нашел должного применения в России и странах – стратегических партнеров ближнего зарубежья.

**Выводы.** Таким образом, анализируя проблематику современного развития малого инновационного бизнеса в условиях глобализации, считаем целесообразным, обратить внимание на следующие положения:

1) современная глобализация характеризуется системным сдвигом в динамике мировой экономической системы. Если раньше успех предпринимательства зависел больше от классической комбинации факторов производства, то сегодня этот успех в значительной степени определяется сложной (нелинейной) комбинацией элементов знаний, интеграцией этих факторов и технологий, объединением капитала, информационных и интеллектуальных ресурсов;

2) традиционная парадигма экстенсивного использования ресурсов, природных богатств, человеческого капитала, финансовых активов и знаний сменяется на инновационную парадигму. В соответствии с инновационной парадигмой количественные и качественные характеристики мировой экономики все в большей мере определяются технологическими сдвигами на основе инноваций, причем основной эффект достигается не столько за счет их непосредственного (первоначального) внедрения, сколько благода-

ря широкому распространению и применению инновационных продуктов и услуг [12];

3) современная экономическая ситуация в краткосрочной перспективе не говорит о необходимости пересмотра целей долгосрочного развития, скорее - о необходимости «повышения планки» для темпов социально-экономического развития и *принятия незамедлительных кардинальных и эффективных мер развития малого бизнеса и особенно в сфере инноваций*;

4) большую заинтересованность в развитии инноваций проявляет малый бизнес и есть объективная необходимость в его поддержке. Пока же основное направление внедрения инноваций в бизнесе – экстенсивное: технологические инновации (в первую очередь, приобретение готовых машин и оборудования за границей), тогда как организационные и маркетинговые имеют незначительное развитие [13].

5) как показывает положительный опыт экономически развитых стран – в инновационной экономике именно государство принимает на себя роль лидера, способного накапливать и распространять знания, активно участвует в программах финансирования малого бизнеса [14], формировании и продвижении инновационных преимуществ территории;

6) мировая практика сочетания мер и форм стимулирования инновационной деятельности малых предприятий разнообразна и обширна. В тоже время развитие инновационных процессов в России и стран ближнего зарубежья – стратегических партнеров происходит недостаточно динамично, не всегда осуществляется правильный выбор приоритетов и инструментов стимулирования инновационной деятельности, что содействует кризису в научно-технической сфере, приводит к нерациональному использованию значительных объемов финансовых ресурсов [15];

7) эффективная государственная поддержка и стимулирование развития малого бизнеса станут реальностью только тогда, когда будут приняты организационные и административные меры, существенно повышающие степень участия малого бизнеса в реформировании законодательной системы;

8) Строить инновационную экономику можно и нужно, опираясь на международный опыт с международными партнерами, используя подходы, которые есть в наиболее передовых странах в отношении тех или иных технологических и институциональных решений.

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

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рамазанова Н.В. Роль малого предпринимательства в условиях глобализации экономики // Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. 2008. №1. С. 428–431.
2. Романович Л.Г., Рошковану Е., Винокурова М. Международный опыт стимулирования инновационной деятельности в системе малого предпринимательства: монография, - Белгород: Издательство: БГТУ им. В. Г. Шухова, 2010.
3. Белоусов В.И., Белоусов А.В., Иванов С.В. Инновационное предпринимательство (бизнес): теория и практика. Воронеж: Изд. Истоки, 2011. 320 с.
4. К вопросу о влиянии глобализации на институты малого бизнеса [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL [www.rusnauka.com/20\\_DNI\\_2013/Economics/14\\_142642.doc.html](http://www.rusnauka.com/20_DNI_2013/Economics/14_142642.doc.html) (дата обращения: 29.04.2016)
5. Шабуришвили М.В. Содержание и формы инновационного предпринимательства // Корпоративный менеджмент. 2003.
6. Дорошенко Ю.А., Сомина И.В. Моделирование результативности инновационной деятельности // Социально-гуманитарные знания. 2012. №8. С. 172–177.
7. Иода Е.В. Управление рисками инновационной деятельности в регионе. М.: Изд. ТГТУ им. Г. Р. Державина, 2007. 291 с.
8. Голикова О.А. Инновационное предпринимательство в эпоху глобализации // Социально-экономические явления и процессы. 2011. №7. С. 26–30.
9. Малый бизнес в условиях глобализации (отчет) [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: [rudocs.exdat.com/docs/index-240911.html?page=3](http://rudocs.exdat.com/docs/index-240911.html?page=3) (дата обращения: 29.04.2016).
10. Борисов В.В., Соколов Д.В. Инновационная политика: европейский опыт. М.: Изд. Языки славянской культуры, 2012. 128 с.
11. Романович А.А. Ориентируясь на будущее // Строительные материалы. 2002. № 5. С. 6.
12. Афанасьева Е.А., Вышкина А.Р., Глебов В.В., Исаакян О.В., Перминова О.М., Харитонов Н.Н., Романович Л.Г., Оспищев П.И., Романович М.А.. Миссия, стратегические приоритеты, цели и задачи развития системы образования: монография // Научно-инновационный центр. Красноярск. 2012. 184 с.
13. Романович Л.Г. Совершенствование организационно-экономического механизма стимулирования инновационной деятельности в системе малого предпринимательства: дис.... канд. экон. наук. Белгород, 2006.

14. Веретенникова И.И., Ефимова И.Н., Ковалева Т.Н. Денежные потоки в основе анализа финансовых вложений организации // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2014. № 1 (1). С. 27–35.

15. Rudychev A.A., Romanovich L.G., Romanovich M.A. Incentives for innovative activity of

young scientists on the basis of higher educational institutions in Russia / Experience of Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov//World applied sciences journal. 2013. (25) № 12. P. 1754–1757.

---

**Romanovich L.G., Roshkovanu Eudzhien, Romanovich M.A.**

**THE ACTUAL PROBLEMS OF SMALL INNOVATIVE BUSINESS IN THE CONDITIONS OF GLOBALIZATION**

*The modern world is a qualitatively new stage of development. The process of globalization generates new quality of economic relationships and contributes to the creation of a new global economic space. In the work the authors paid special attention to consideration of questions of development of small innovative business in Russia and Commonwealth of Independent States countries - strategic partners in response to the challenges of the world globalization and the obstacles to its development. As part of the study reviewed and identified the main reasons hindering the process of development of small innovative business in the conditions of globalization, analyzed the positive international experience of support and stimulation of innovative activity of small enterprises. The authors have formulated recommendations aimed at improving the mechanism of stimulation of innovative activity of small enterprises, which are universal and can be used in particular in the construction sector.*

**Key words:** small innovative enterprises, globalization, technology, innovation activity.

---

**Романович Людмила Геннадьевна**, кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и организации производства, директор Инновационно-технологического центра.

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

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

E-mail: roma-kons@yandex.ru

**Рошкovanу Еуджен**, магистр экономики, Председатель.

Ассоциация Малого Бизнеса Республики Молдова

Кишинэу, Молдова MD 2012, Б-р Штефан чел Маре, 148, оф.9

E-mail: ambsuper@yahoo.com

**Романович Марина Алексеевна**, кандидат экономических наук, научный сотрудник Инновационно-технологического центра.

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

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

E-mail: maleti13@yandex.ru

Дорошенко Ю.А., д-р экон. наук, проф.,  
Малыхина И.О., канд. экон. наук, ст. преп.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## СОЗДАНИЕ ИННОВАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЦЕНТРОВ В ВУЗАХ КАК МЕРА СТИМУЛИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИОННО-ИНВЕСТИЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА РЕГИОНА\*

ROGOVA@intbel.ru

*Активно протекающие процессы интеграции и глобализации в мировом экономическом пространстве задают темпы развития всего мирового сообщества, в том числе и России, которая сегодня ориентирована на построение новой экономической системы, основанной на использовании новейших знаний и технологий. Успех инновационного развития страны заключается в активизации инновационной и инвестиционной деятельности ее регионов. В данной статье выявлена взаимосвязь функционирования инновационно-технологических центров, созданных на базе вузов, и развития инновационно-инвестиционного потенциала региона.*

**Ключевые слова:** инновационно-технологический центр, инновационно-инвестиционный потенциал, регион, развитие.

**Введение.** Экономическое, инновационное, инвестиционное, технологическое и иное развитие региона находится под постоянным воздействием внешних факторов и внутренних особенностей. Инвестиционную привлекательность региона определяет эффективность проводимой в нем инновационной политики, которая является индикатором развития инновационного потенциала региона [1].

Отметим также, что уровень инновационно-инвестиционного развития регионов зависит также от качества и специфики формирования их кадрового, образовательного, научного, инвестиционного и инновационного потенциалов, определяемых качеством трудовых, финансовых, информационных, материально-технических ресурсов, а также наличием интеллектуального капитала [2]. Иными словами, регион должно обладать эффективной инфраструктурой, элементы которой, в процессе функционирования, будут развивать различные составляющие инновационно-инвестиционного потенциала региона. Важную роль в формировании такой региональной инфраструктуры играет инновационная инфраструктура вуза и ее структурно-функциональные элементы, одним из которых является инновационно-технологический центр.

Однако, в условиях интеграции экономических систем различных государств, в том числе и России в мировое экономическое пространство, мы обязаны находить эффективные средства минимизации негативных последствий, возникающих в результате зависимости отечественной экономики и ее инновационного потенциала от таких сложно управляемых внешних факторов, как курс валют, цены на углево-

дородное сырье, политические события в мире и др.

Нестабильность биржевых котировок предопределяет зависимость отечественных промышленных предприятий от импортного оборудования и иностранных инвестиций. Вследствие резкого роста курса валют, предприятия не могут обеспечить себя новым техническим парком, что негативно влияет на их экономическое положение и инновационную активность. Решение данной проблемы заключается в необходимости развития приоритетных отраслей народного хозяйства в целях повышения инновационного потенциала и инвестиционной привлекательности как отдельного региона, так и страны в целом. Сегодня этому способствует высокая активность и результативность проведения НИОКР, государственная поддержка научных исследований, прежде всего, направленных на развитие промышленности и сельского хозяйства, что позволит стимулировать инновационные процессы в экономике и повысить конкурентные преимущества региона [3].

**Методология.** Методологические подходы к развитию инновационного потенциала экономики региона активно развивали отечественные ученые, а именно: Л. И. Абалкин, А. Г. Гранберг, С.Ю. Глазьев, Ю.А.Дорошенко, А. П. Егоршин, Д. С. Львов и др.

Формированием принципов построения инновационной экономики занимались такие ученые, как Й. Шумпетер, П. Друкер, Я.Д. Вишняков, В.Н. Гунин, Н.Д. Кондратьев, Л.Г. Матвеева, О.П. Молчанова, А.В. Сурин, И.Л. Туккель и др.

Проблемы инновационных преобразований в сфере высшего образования и вклад высшей школы в укрепление инновационной системы

страны исследовали Ф. Сантос, П. Скотт, Е.В. Шукшунов, М.В. Владыка, Ю.А. Дорошенко, Г.В. Майер, А.М. Моисеев, Х.Г. Хофман, М. Хейтор и др.

**Основная часть.** Необходимо учитывать опыт развитых стран, имеющих высокие показатели экономического развития во многом благодаря активизации инновационных процессов, продуцируемых, прежде всего, элементами инновационной инфраструктуры региона.

Одним из инновационных инфраструктурных объектов является инновационно-технологический центр (ИТЦ), создаваемый на базе высшей школы, которая, в свою очередь, вносит весомый вклад и задает вектор развития инновационного развития региона. Главным предназначением ИТЦ является поддержание на высоком результативном уровне процессов реализации результатов инновационной деятельности вуза. Современная наука предлагает два диаметрально противоположных подхода к пониманию сущности ИТЦ. Так, одни ученые определяют ИТЦ как одну из разновидностей технополиса [4]. При этом другие ученые рассматривают ИТЦ как самостоятельную систему поддержки и развития малого и среднего инновационного предпринимательства [5].

Стоит отметить высокую активность изучения проблем формирования и функционирования ИТЦ не только зарубежными исследователями, но и отечественными. Одним из российских ученых-экономистов, изучающим принципы развития ИТЦ и факторы его определяющие, является А.В. Грибовский. Автор определяет ИТЦ как юридическое лицо, которое в целях обеспечения инновационной и хозяйственной деятельности, коммерциализации результатов научно-технической деятельности малых и средних предприятий предоставляет свой имущественный комплекс им в аренду, а также оказывает технологические, информационные, консультационные и иные услуги [4].

Проанализировав мнения многих ученых-исследователей относительно формулировки сущности ИТЦ, определим его как структурно-функциональный элемент вуза, имеющий, как правило, статус юридического лица, созданный для оказания необходимых услуг субъектам малого и среднего предпринимательства, имеющий стратегической целью содействие процессам интеграции образования, науки и реального сектора экономики [6]. Данное определение отражает принадлежность ИТЦ к инновационной инфраструктуре вуза, что, на наш взгляд, является важным аспектом, поскольку именно вуз и его структурно-функциональные элементы инновационной деятельности являются производи-

телями не только квалифицированных кадров, новых знаний, но и новых технологий, инновационных разработок, которые впоследствии приобретут материальную форму и станут инновационным продуктом.

В российской научной литературе встречаются следующие принципиальные особенности ИТЦ [7, 4, 8]:

- оказание необходимых услуг сектору предпринимательства, прежде всего, инновационному;
- предоставление льготных условий на данные услуги;
- реализация принципа самокупаемости;
- мобильность, гибкость;
- профессиональное определение потребностей рынка;
- наличие корпоративности в организации;
- наличие собственных научных разработок.

На наш взгляд, наличие в регионе ИТЦ не просто отражает эффективность инновационной системы региона, но и стимулирует его к дальнейшему развитию, создавая благоприятные условия участникам инновационных процессов в рамках своих компетенций. Функционирование ИТЦ предоставляет новые возможности бизнес-структурам, наиболее значимой из которых является доступ к производственным мощностям и исследовательским площадкам. При этом ИТЦ является самокупаемой структурой, таким образом, государственная финансовая поддержка для него не является определяющим фактором успеха [5].

В качестве небольшой исторической справки отметим, что изначально ИТЦ формировали исключительно на основе предприятий промышленности с целью освоения невостребованных научных разработок, созданных для реализации в промышленности [9]. Эффективность функционирования ИТЦ предопределила их востребованность, и сегодня более половины ИТЦ создаются как элемент инновационной инфраструктуры вузов.

И.Г. Дежиной и Б.Г. Салтыковым, по нашему мнению, наиболее содержательно определен перечень услуг, которые ИТЦ предоставляют [10]:

- предоставление производственных и офисных помещений в аренду по льготным тарифам;
- информационные и консультационные услуги сектору малого предпринимательства;
- содействие в выполнении НИОКР;
- помощь в реализации инновационных разработок;



- подготовка и переподготовка кадров;
- организация семинаров, выставок, симпозиумов, конференций и др.;
- оценка и правовая защита объектов интеллектуальной собственности;
- разработка и реализация программ стратегического развития регионов;
- содействие в поиске источников инвестиций;
- содействие в установлении международных связей;
- предоставление стипендий студентам, работающим в малых предприятиях;
- создание центров коллективного пользования дорогостоящим оборудованием;
- создание новых разнопрофильных малых предприятий.

Инновационная составляющая развития региона определяет его конкурентное положение [11]. По мнению многих ученых, конкурентоспособность региона характеризуется определенными взаимоотношениями субъектов социальной и экономической деятельности с другими региональными субъектами, результатом которых являются новейшие комбинации продуктов и услуг, сфер социально-экономической деятельности и отраслей. Важность создания подобных комбинаций обусловлена инновационным аспектом укрепления не только экономического потенциала региона, но и инновационно-инвестиционного. В результате происходит производство продукции с существенной инновационной составляющей либо полностью инновационной, а также зарождаются принципиально новые виды региональной деятельности, призванные укрепить конкурентные преимущества региона и усилить его инновационную активность [12].

Отметим, что инновационная активность региона — «это способность к самостоятельному обновлению, адаптивным изменениям, созиданию и генерированию научно-технического прогресса и его продуктов» [12]. Опыт развитых стран подтверждает, что укрепление конкурентных позиций и высокие показатели производственного развития в большей степени зависят от инновационной активности, от результативности ведения инновационной деятельности. Только лишь наличие обильных природных ресурсов смогут укрепить лидерство страны только в рейтинге стран-экспортеров. Для развития важнейших отраслей экономики необходимо их постоянное обновление, технологическое оснащение посредством внедрения новшеств.

Инновационный и инвестиционный потенциалы как самостоятельные экономические категории начали активно использоваться и изу-

чаться учеными-экономистами к концу XX века [13]. В экономической практике их также принято использовать и как единое понятие. Инновационно-инвестиционный потенциал региона объединяет в себе аспекты его инновационного развития и принципы формирования инвестиционной привлекательности.

Сегодня в условиях непростой экономической ситуации происходит сокращение расходов во многих отраслях народного хозяйства. Недофинансирование научного сектора приводит к сокращению финансовой поддержки научно-исследовательских и инновационных разработок, что приводит к замедлению инновационной активности участников инновационной деятельности не только вуза, но и, как следствие, региона. При этом происходит сокращение количества вновь создаваемых ИТЦ и ухудшение результатов деятельности уже функционирующих, которые реализуют функцию координатора интересов реального сектора экономики в отношении действующей системы подготовки квалифицированных кадров. Сегодня существует острая необходимость привлечения крупных предприятий промышленности, добывающей и перерабатывающей отраслей, которые, выступая частными инвесторами проведения НИОКР и осуществляя заказы на инновационные разработки для внедрения их в собственное производство, могут существенно укрепить собственный инновационно-инвестиционный потенциал, а также региона и страны.

Если провести параллель между принципами формирования инновационного потенциала предприятия и региона, можно справедливо применить влияние следующих факторов на его формирование [3]:

- экономические: на успех ведения инновационной деятельности, а также формирование и дальнейшее укрепление инновационного потенциала, прежде всего, влияние оказывает общая экономическая ситуация в стране;
- технологические, а именно, уровень развития научно-технического прогресса и скорость научно-технического прогресса: научно-технический процесс, как двигатель мирового сообщества, влияет и на производственную деятельность, и на инновационную деятельность;
- социо-культурные: принципы развития социума, правила поведения, этические и религиозные нормы; демографические проблемы и др. оказывают сильное влияние на качество и прогрессивность инновационной культуры общества;
- природно-экологические, а именно: наличие и возможность использования природных ресурсов; показатели экологической обста-

новки, эффективность системы государственного вмешательства в проблемы охраны окружающей среды; данные вопросы сегодня очень актуальны и существенно влияют на прогрессивность промышленного производства;

- политико-правовые: определяют эффективность правовой среды и осуществляемой государством политики в сфере инновационного развития;

- фактор цикличности: влияет на эффективность внедрения предприятиями инновационных разработок, а также на их окупаемость. Смена фаз экономического цикла определяется скоростью и структурой накопления капитала, а также величиной средней нормы прибыли.

Кризисные явления экономического генеза проявляются во всех сферах жизни общества и влекут рост безработицы, сокращение реальных доходов населения, ухудшение качества жизни, кризис сектора производства и др. В таких экономических условиях остро необходимо внедрение радикальных инноваций [14, 15]. Данная мера будет способствовать развитию инновационного потенциала и деловой активности региона, что благоприятно отразится на его инвестиционной привлекательности.

**Выводы.** В последние годы укреплению инновационно-инвестиционного потенциала региона государством уделяется повышенное внимание. Определенный не так давно высшим руководством страны курс на построение инновационной экономики, основанной на новейших знаниях, определил необходимость создания и развития инновационной инфраструктуры, использование ее потенциальных возможностей для усиления инновационной активности. Инновационная инфраструктура высшей школы, являясь частью инновационной инфраструктуры региона, привносит существенный вклад в инновационное развитие региона. А, соответственно, инфраструктурные элементы вуза, в частности, ИТЦ, является важным инструментом создания благоприятного инновационного и инвестиционного климата в регионе.

Создаваемые на базе вузов ИТЦ вносят существенный вклад в вовлечение в хозяйственный оборот результатов научно-исследовательской, технической и инновационной деятельности вузов, укреплению региональных и международных позиций на рынке высокотехнологичной и наукоемкой продукции. Инкорпорированность инновационной деятельности высшей школы в инновационный потенциал региона, а также его государственные, рыночные и общественные институты обеспечит прогрессивность создания и эффективность исполь-

зования результатов инновационной деятельности вуза и региона.

Мы убеждены, что уже в среднесрочной перспективе превалирующую роль в решении проблем инвестирования в целях обеспечения стабильности протекания инновационных процессов будет нести не государство, а бизнес-сообщества, промышленные предприятия. Но сегодня определяющей является роль государства в стратегическом инновационном планировании и определении приоритетов инновационного развития. Использование инновационных структурно функциональных элементов вуза, в частности ИТЦ, применение инновационных подходов в решении производственных проблем, совершенствование правовой базы регулирования инновационной сферы экономических отношений, политическая стабильность совместно с принятием мер по снижению коррупционного уровня повлияет на развитие предпринимательства в регионе, интенсификацию инновационной активности и укрепление инновационно-инвестиционного потенциала региона.

*\*Публикация подготовлена в рамках подержанного РГНФ научного проекта №16-12-31004.*

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Климова Н.И. Инвестиционный потенциал региона. РАН, 2009. 231 с.
2. Суходоев Д.В., Стожарова Т.В., Суходоева Л.Ф. Инновационные подходы к стратегическому управлению потенциалом региона. // Экономика и управление: научно - практический журнал. 2015. № 1 (123). С. 35–38.
3. Павлова Е.А., Смирнова Л.А. Влияние факторов внешней среды на формирование инновационного потенциала предприятия // Economic sciences: Fundamental research. 2015. № 5. С. 640–644.
4. Грибовский А.В. Инновационно-технологические центры как субъекты инновационной инфраструктуры Российской Федерации // Инновационная политика. 2012. №4. С. 156–170.
5. Дорошенко Ю.А., Малыхина И.О. Повышение эффективности функционирования центров интеллектуальной собственности вуза как необходимое условие развития его инновационной инфраструктуры // Белгородский экономический вестник. Научно-информационный журнал. 2014. № 3 (75). С. 3–8.
6. Дорошенко Ю.А., Малыхина И.О. Развитие теоретических концепций исследования инновационной инфраструктуры

вуза // Белгородский экономический вестник. Научно-информационный журнал. 2013. № 3 (71). С. 3–10.

7. Мальцева А.А., Чевычелов В.А. Мировые тенденции развития технопарковых структур // Проблемный анализ и государственно-управленческое проектирование. 2012. № 2. С. 29–45.

8. Клёпов А.П. Развитие инновационно-технологических центров России // Вестник Саратовского государственного университета им. Н.И. Вавилова. 2005. №6. С. 75–78.

9. Дорошенко Ю.А., Сомина И.В. Моделирование результативности инновационной деятельности // Социально-гуманитарные знания. 2012. № 8. С. 172–177.

10. Дежина И.Г., Салтыков Б.Г. Механизмы стимулирования коммерциализации исследований и разработок. М.: ИЭПП, 2004. 152 с.

11. Подмолодина И.М. Инвестиционная политика в целях экономического роста. – Воронеж: ВГУ, 2006. 54 с.

12. Формирование инновационного потенциала региона/2012 [Электронный ресурс]. Режим Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <http://www.vevivi.ru/best/Formirovanie-innovatsionnogo-potentsiala-08592.html>. (дата обращения: 19.04.2015).

13. Стратегия развития ОАО «Корпорация «Развитие» на 2014 г. и до 2020 г. [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: [www.belgorodinvest.com](http://www.belgorodinvest.com). (дата обращения: 19.04.2015).

14. Жиц Г. И. Возможности и способности: рассуждения о некоторых аспектах методов оценки воздействия инновационного потенциала на развитие социально-экономических систем различного уровня сложности //Инновации. 2008. № 11. С. 29–33.

15. Атоян В. Р., Жиц Г. И. Инновационный комплекс региона: проблемы становления и развития. Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2006. 195 с.

---

**Doroshenko Y.A., Malykhina I.O.**

**CREATION OF INNOVATIVE-TECHNOLOGICAL CENTERS IN UNIVERSITIES  
AS A MEASURE TO STIMULATE THE DEVELOPMENT OF INNOVATIVE-INVESTMENT  
POTENTIAL OF THE REGION**

*Active processes of integration and globalization in the global economic space set achieved development of the world community, including Russia, which today is focused on the construction of a new economic system based on the latest knowledge and technology. The success of innovative development of the country lies in the promotion of innovation and investment activity of its regions. In this article the interrelation of functioning of innovative-technological centres, based at universities, and development of innovative-investment potential of the region.*

**Key words:** *innovative technology center, innovative-investment potential, region, development.*

---

**Дорошенко Юрий Анатольевич**, доктор экономических наук, Директор Института экономики и менеджмента, заведующий кафедрой Стратегического управления.

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

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

E-mail: [ROGOVA@intbel.ru](mailto:ROGOVA@intbel.ru)

**Малыхина Ирина Олеговна**, кандидат экономических наук, старший преподаватель кафедры Стратегического управления.

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

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

E-mail: [imalykhina@inbox.ru](mailto:imalykhina@inbox.ru)

Божков Ю.Н., доц.,  
Ковалева Т.Н., канд. экон. наук, доц.,  
Носов С.М., студент

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## СПЕЦИФИКА ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В РОССИЙСКОЙ ЭКОНОМИКЕ

bun\_belgo@mail.ru

В статье представлен ретроспективный анализ структурных сдвигов, тенденций и источников инвестиций в основной капитал. Особое внимание уделено проблеме эффективности расширения потоков инвестиций в различные секторы российской экономики. В статье подчеркивается, что происходит усиление процесса опережения выбытия жизненно важных элементов основных фондов по отношению к вводу новых, что стало одной из многочисленных причин разразившегося кризиса. Отмечается, что абсолютная сумма прямых отечественных инвестиций в основной капитал резко отставала от потребности в них. Рассмотрен потенциал целенаправленной активизации инвестиционного процесса в отечественной экономике. Авторами акцентируется внимание на том, что немаловажное значение в развитии инвестиционного потенциала нашей страны имеет человеческий капитал. Его значимость возросла в условиях сокращения экономически активного населения России и поэтапного достижения инновационного развития национальной экономики.

**Ключевые слова:** инвестиции, экономический кризис, инвестиционная политика, экономический рост, инвестиционные процессы.

Экономический кризис 2012–2014 гг. является одной из важнейших причин замедления темпов экономического роста в России и в то же время оттоком инвестиций в национальную экономику. Экономическая динамика имеет циклический характер, как правило, «стадия роста» сопровождается «стадией падения» и наоборот. При анализе экономической динамики следует использовать ретроспективный анализ, изучив опыт докризисного и послекризисного периодов развития прошлых лет.

Начало XXI века, по мнению большинства экономистов, рассматривается как наиболее благоприятный период развития национальной экономики России. Так, среднегодовые темпы эко-

номического роста в России за период 2000–2008 гг. составили около 7 %, в то время как, среднемировые темпы чуть больше 4 %. До разгара ипотечного кризиса в США рост ВВП России в 2008 г. составил 158 % по отношению к 2001 г. Данный экономический рост можно наблюдать на графиках индексов ММВБ и РТС, являющихся бенчмарком российской экономики (рис. 1). Показатели экономического роста в России значительно опережали темпы большинства развитых стран Европы. К примеру, ВВП Франции на 2008 г. составил 112 % по отношению к 2001 г., а Германии – 109 %. Таким образом, Россия оказалась в группе лидеров по темпам экономического развития [1].



Рис. 1 Динамика развития фондового индекса ММВБ за период 2000–2009 гг.

Однако после роста последовало не менее стремительное падение. И так, на период 2009–2013 гг. показатели экономического роста в России снизились до 1 %, в то время как среднемировые темпы снизились всего на 1 %, достигнув

среднего значения в 3 %. Тем не менее посткризисное восстановление произошло довольно таки быстро. Уже в 2011 г. общий ВВП составил 1,9048 трлн. долл., что значительно превысило показатель 2008 г. – 1,6608 трлн. долл. (рис.2).

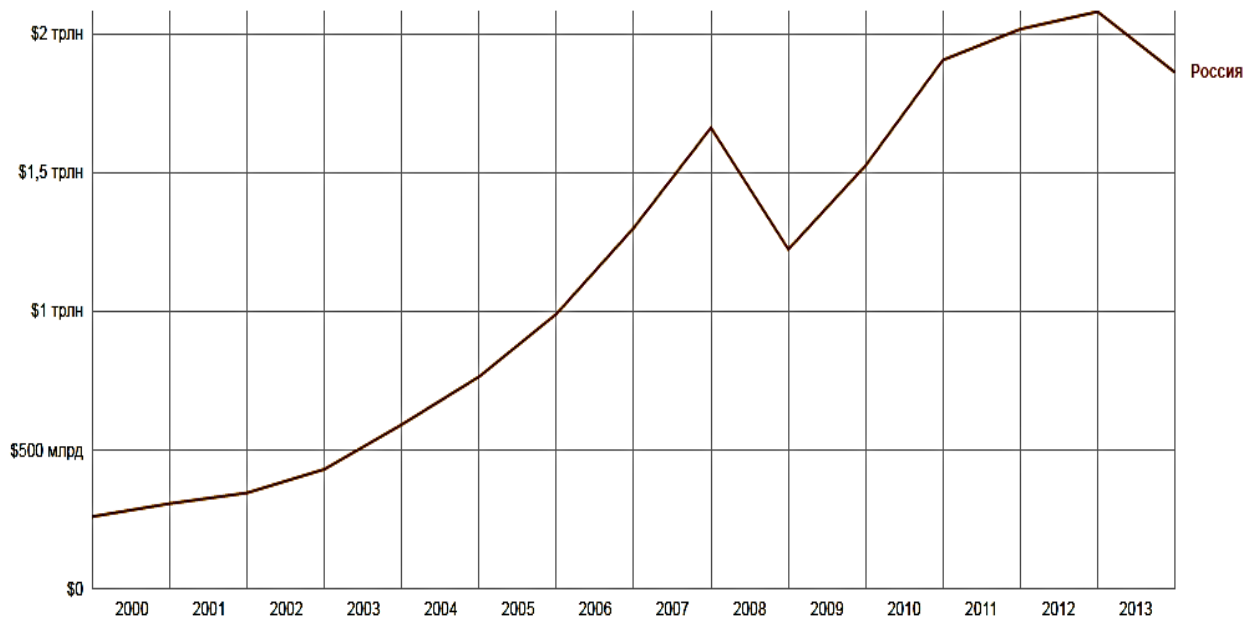


Рис. 2 Динамика ВВП России за период 2000–2014 гг.

С начала 2012 г. началось формирование негативной тенденции снижения темпов роста инвестиций, которое было обусловлено неэффективным использованием экономических ресурсов, полученных в период 2000–2008 гг. [2]. С учетом высокого уровня износа в России основных фондов, значительного отставания в жилищно-коммунальной сфере, необходимым являлось осуществление реинвестирования в производственные фонды и развитие высокоразвитой инфраструктуры. Одним из ключевых факторов, определяющих экономическую динамику, выступает уровень инвестиционной активности, который, в свою очередь, определяется показателем валового (нормы) накопления. Норма накопления, обеспечивающая ежегодное экономическое развитие в 2–3 %, должна составлять порядка 20 %. В России за 2000–2008 гг. норма накопления и составляла, в среднем, 20 % ВВП [3].

Следует выделять три вида валового накопления в основной капитал: минимальное, оптимальное и сверхоптимальное. При минимальной норме сохраняется достигнутый уровень фондовооруженности. При оптимальной норме средние показатели должны равняться 30 %. При сверхоптимальной норме правительство страны может воздействовать на национальную экономику в целях ускорения индустриализации и инновационного развития [4, 5].

Мировой опыт показывает, что в периоды оживления и подъема национальной экономики

норма накопления в основной капитал достигает 30–40 % [1].

Таким образом, на основании использования данного метода можно сделать вывод о том, что норма накопления в России за период 2000–2008 гг. находилась на минимальном уровне, что способствовало сохранению текущего уровня фондовооруженности. Результатом происходящего послужило отсутствие должных инвестиций в основные фонды российской экономики на период явного подъема [6]. Это поспособствовало формированию негативной тенденции оттока инвестиций с 2012 года (рис. 3).

По причине высокого уровня износа основных фондов норма накопления в РФ должна быть значительно выше, согласно Указу Президента Российской Федерации от 07.05.2012 № 596 «О долгосрочной государственной экономической политике». В данном Указе определены цели увеличения инвестиций в основной капитал к 2015 г. не менее 25 % ВВП, а к 2018 году – 27 % [7]. К сожалению, в настоящее время экономическая динамика не позволяет достичь желаемого уровня нормы накопления.

Как правило, инвестиции в основной капитал осуществляются по таким видам экономической деятельности как добыча полезных ископаемых; производство и распределение электроэнергии, газа и воды; транспорт и связь; финансовая деятельность; сельскохозяйственная деятельность; строительство, операции связанные с недвижимостью.

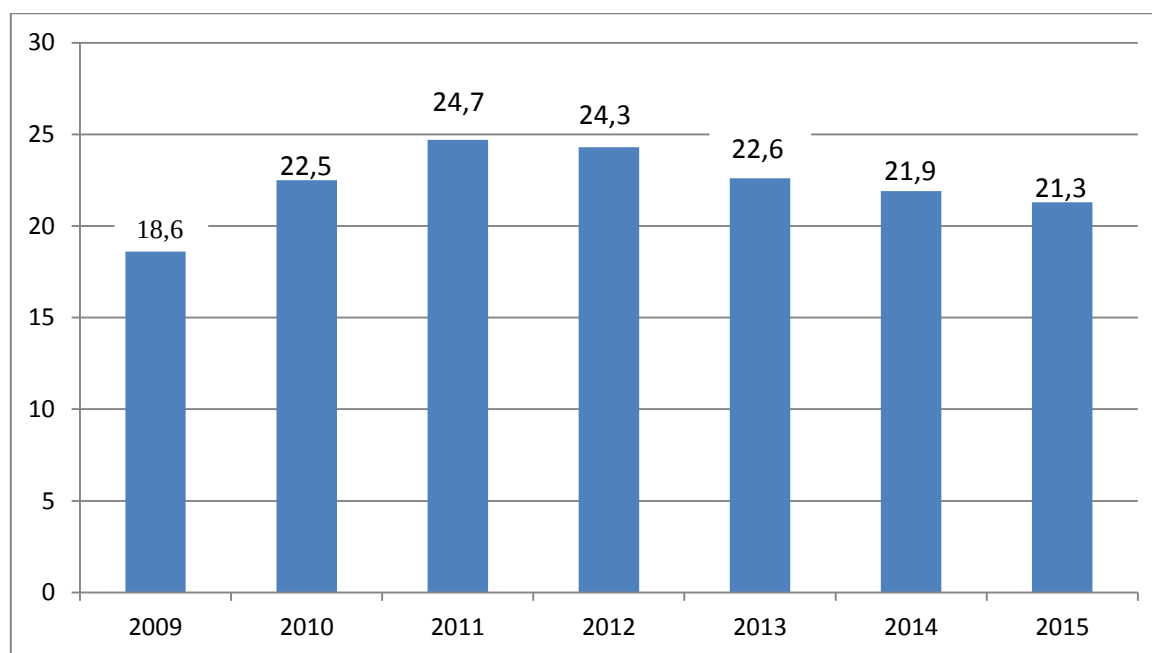


Рис. 3. Доля валового накопления России в основной капитал за 2009–2015 гг., % от ВВП

Немаловажное значение в развитии инвестиционного потенциала имеет человеческий капитал. Его значимость возросла наряду с сокращением экономически активного населения РФ и поэтапного достижения инновационного развития экономики [8].

Развитие человеческого капитала тесно связано с развитием таких экономических направлений, как: строительство, образование, здравоохранение. С началом оттока инвестиций в 2012 г. в посткризисный 2013 г. можно было наблюдать следующие инвестиционные показатели (рис. 4).

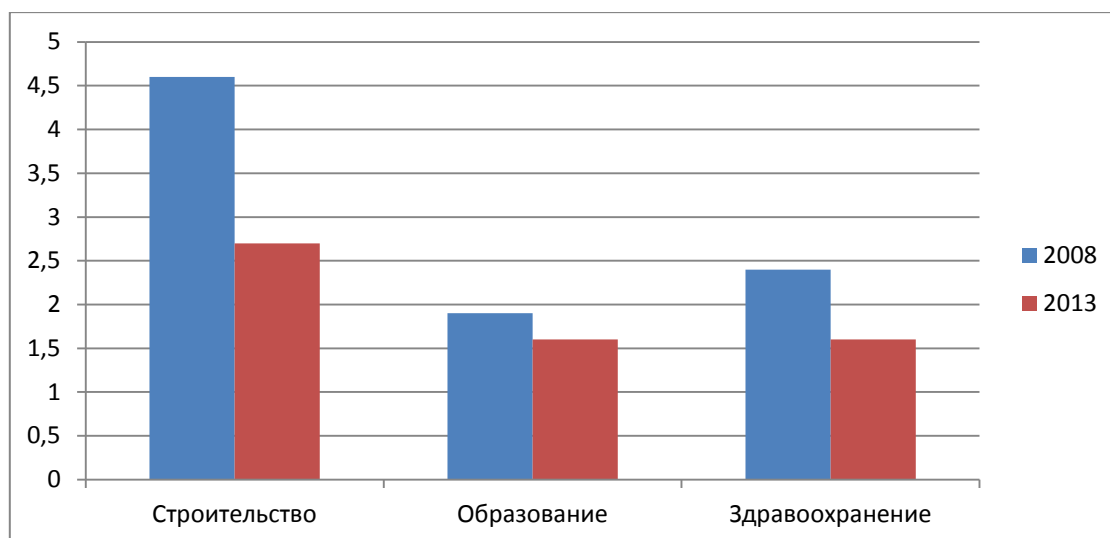


Рис. 4. Динамика удельного веса инвестиций в основной капитал по некоторым видам экономической деятельности, % за 2008 и 2013 гг.

Проанализировав динамику удельного веса инвестиций в основной капитал по таким видам экономической деятельности, как: строительство, образование и здравоохранение (рис. 4), можно сделать вывод о неуклонном снижении инвестиций. Так, доля инвестиций в образование снизилась с 1,9 до 1,6 %, а строительство с

4,6 до 2,7 %. Это означает, что в период восстановления экономики, социальная сфера не получила должных инвестиций.

О недостаточном финансировании социальной сферы в РФ свидетельствуют также международные сопоставления (рис. 5) [11].

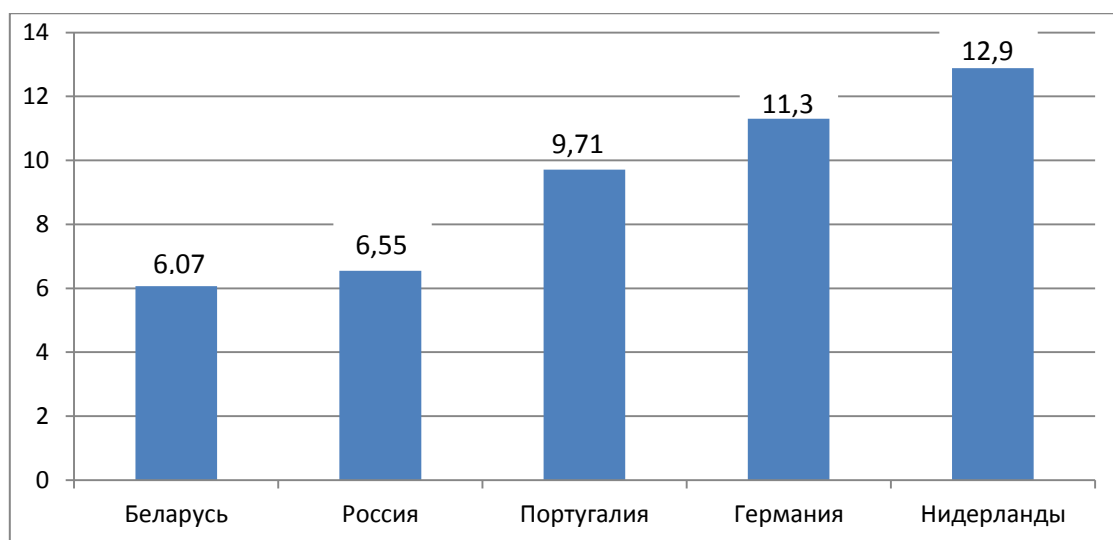


Рис. 5. Удельный вес инвестиций в здравоохранение, % ВВП за 2013 г.

По итогам проведенного анализа можно сформулировать следующие проблемы инвестиционных процессов в России:

- недостаточно высокий уровень валового накопления;
- снижение инвестиционной активности;
- снижение удельного веса инвестиций в отраслях, обеспечивающих развитие человеческого капитала.

Решением данной проблемы является развитие региональной инвестиционной политики за счет взаимодействия субъектов Федерации с институтами развития, которые осуществляют финансирование проектов на основе механизма государственно-частного партнерства. Данный механизм привлекателен тем, что позволяет снизить риски частных инвесторов и способствует повышению инвестиционной привлекательности, которое так необходимо российской экономике в условиях инновационного развития.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Николаев М.А., Махотаева М.Ю. Анализ инвестиционных процессов в российской экономике в посткризисный период: проблемы и пути их решения // Финансы и кредит. 2015. № 42. С. 2–18.
2. Глаголев С.Н., Слабинская И.А., Веретенникова И.И., Ковалева Т.Н., Атабиева Е.Л. Направления совершенствования форм и методов государственного регулирования и экономического стимулирования инвестиционной деятельности. Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. 143 с.
3. Аганбегян А.Г. Финансы для модернизации // Деньги и кредит. 2010. №3. С. 3–11.

4. Veretennikova I.I., Kovalyova T.N., Schechovzov V.V. Improvement of capital investments structure as direction to increase fixed assets efficiency // World Applied Sciences Journal. 2013. Т. 25. № 2. С. 222–226.

5. Veretennikova I.I., Kovalyova T.N., Laboda E.N. State regulation of investment processes of simple and expanded reproduction of fixed capital // World Applied Sciences Journal. 2013. Т. 24. № 12. С. 1681–1685.

6. Веретенникова И.И., Ковалева Т.Н. Сущность инвестиционной деятельности и показатели, ее характеризующие // Вестник БУПК. 2008. № 1. С. 81–85.

7. Глаголев С.Н., Дорошенко Ю.А., Моисев В.В. Актуальные проблемы инвестиций и инноваций в современной России. Белгород: Изд-во БГТУ, 2013. 294 с.

8. Божков Ю.Н. Концептуальные основы формирования инновационной системы управления человеческим капиталом // Социально-гуманитарные знания. 2015. № 8. С. 251–256.

9. Наседкина Т.И., Приходько Н.В. Перспективы развития инвестиционной активности АПК Белгородской области // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2015. №4 (8). С. 43–49.

10. Трошин А.С. Методические основы оценки инвестиционного потенциала // Социально-гуманитарные знания. 2012. № 8. С. 318–324.

11. Расходы на здравоохранение – процент от ВВП, 2013 [Электронный ресурс]. URL: [http://ru.theglobaleconomy.com/rankings/Health\\_spending\\_as\\_percent\\_of\\_GDP](http://ru.theglobaleconomy.com/rankings/Health_spending_as_percent_of_GDP) (дата обращения: 12.05.2016).

---

**Bozhkov Y.N., Kovaleva T.N., Nosov S.M.****SPECIFIC CHARACTER OF INVESTMENT PROCESSES IN THE RUSSIAN ECONOMY**

*The article presents a retrospective analysis of the structural changes, the trends and sources of investments in fixed assets. Particular attention is paid to the effectiveness of increasing investment flows in the various sectors of the Russian economy. The article emphasizes that there is a strengthening of the process of disposal of an advancing vital element of fixed assets in relation to the introduction of new, which became one of the many reasons for the crisis broke out. It is noted that the absolute amount of direct national investment in fixed assets lagged far behind the need for them. The potential of a targeted activation of the investment process in the domestic economy. The author focuses on the fact that considerable importance in the development of the investment potential of our country is human capital. Its importance has increased with reductions in the economically active population of Russia and the gradual achievement of innovative development of national economy.*

**Key words:** investment, economic crisis, investment policy, economic growth, investment processes.

---

**Божков Юрий Николаевич**, доцент кафедры менеджмента и внешнеэкономической деятельности.

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

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

E-mail: bun\_belgo@mail.ru

**Ковалева Татьяна Назировна**, кандидат экономических наук, доцент кафедры бухгалтерского учета и аудита.

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

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

E-mail: kovaleva.t.n@yandex.ru

**Носов Сергей Максимович**, студент института экономики и менеджмента.

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

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

E-mail: sergey\_nosov94@mail.ru



Научное издание

**«Вестник БГТУ имени В.Г. Шухова»  
№ 8, 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 01.06.16. Подписано в печать 28.07.16. Формат 60×84/8

Усл. печ. л. 29,18. Уч.-изд. л. 31,38

Тираж 1000 экз. Заказ 246. 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