

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**

**№ 4, 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>Чижов Р.В., Кожухова Н.И., Строкова В.В., Жерновский И.В.</b><br>АЛЮМОСИЛИКАТНЫЕ БЕСКЛИНКЕРНЫЕ ВЯЖУЩИЕ И ОБЛАСТИ<br>ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ                                      | 6  |
| <b>Радайкин О.В., Юзмухаметов А.М., Галимуллин И.А.</b><br>К РАЗРАБОТКЕ КОНЦЕПЦИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ Г. КАЗАНИ. ЧАСТЬ II.<br>КОНКРЕТНЫЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ                        | 11 |
| <b>Леденев А.А., Перцев В.Т., Калач А.В., Загоруйко Т.В., Донец С.А., Калач Е.В.</b><br>УПРАВЛЕНИЕ ОГНЕСТОЙКОСТЬЮ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ<br>ВАРИАТРОПНОЙ СТРУКТУРЫ       | 16 |
| <b>Рыбникова И.А., Рыбников А.М.</b><br>ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ БАРЕТТНЫХ ФУНДАМЕНТОВ                                                                                                | 23 |
| <b>Порожнюк Е.В.</b><br>ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ<br>ЖИЛОГО ДОМА С ЭЛЕМЕНТАМИ ОЦЕНКИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА                                      | 28 |
| <b>Малыхина В.С., Фролов Н.В., ФамСуан Хуан</b><br>ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА ФАНЕРНЫХ КЛЕЕННЫХ БАЛОК                                                             | 32 |
| <b>Лозовой Н.М., Лозовая С.Ю., Празина Е.А., Мартынова Н.С.</b><br>ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ КОНСТРУКЦИЙ ОПОРНЫХ ПУНКТОВ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СЕТЕЙ                                         | 38 |
| <b>Зиятдинов З.З.</b><br>ТЕРРИТОРИАЛЬНО-ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ЭКСПАНСИЯ ВТОРОГО ЖИЛИЩА                                                                                            | 42 |
| <b>Горожанкин В.К.</b><br>СЮЖЕТЫ ТЕКТОНИЧЕСКИХ СУПЕРПОЗИЦИЙ                                                                                                                  | 47 |
| <b>Даниленко Е.П., Ермилова А.А., Жильцов В.В.</b><br>К ВОПРОСУ УСТАНОВЛЕНИЯ ВИДОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ<br>ПРИ ИХ ФОРМИРОВАНИИ ИЗ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ЗЕМЕЛЬ           | 53 |
| <b>Мошняков М.Г.</b><br>РОССИЙСКИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ГЛИН И ВОЗМОЖНОСТЬ ИХ ИСПОЛЗОВАНИЯ<br>ДЛЯ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ СЫРЬЕВЫХ БАЗ В ПРОИЗВОДСТВЕ КЕРАМИЧЕСКОГО<br>ГРАНИТА             | 60 |
| <b>Обернихин Д.В., Никулин А.И.</b><br>ПРОЧНОСТЬ И ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ<br>ЭЛЕМЕНТОВ ТРАПЕЦИЕВИДНОГО ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ<br>С НИЖНЕЙ ШИРОКОЙ ГРАНЬЮ    | 66 |
| <b>Сулейманова Л.А., Погорелова И.А., Кондрашев К.Р., Сулейманов К.А., Пириев Ю.С.</b><br>ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ГАЗОБЕТОНЫ НА КОМПОЗИЦИОННЫХ ВЯЖУЩИХ                             | 73 |
| <b>Строкова В.В., Баскаков П.С., Мальцева К.П.</b><br>СТАБИЛИЗАЦИЯ НАНОРАЗМЕРНЫХ ЧАСТИЦ СЕРЕБРА ДЛЯ УСЛОВИЙ<br>РАБОТЫ В СОСТАВЕ ВОДНО-ДИСПЕРСИОННЫХ ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ | 84 |

# МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

|                                                                                                                                                              |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Чепчуров М.С., Табекина Н.А., Вороненко В.П.</b><br>КОНТРОЛЬ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ<br>НА БАЗЕ АВТОМАТОВ ПРОДОЛЬНОГО ТОЧЕНИЯ | 89  |
| <b>Лустенков М.Е.</b><br>ПРОЕКТИРОВАНИЕ МНОГОРЯДНЫХ ПЕРЕДАЧ С СОСТАВНЫМИ ПРОМЕЖУТОЧНЫМИ<br>ТЕЛАМИ КАЧЕНИЯ                                                    | 96  |
| <b>Дубинин Н.Н., Михайличенко С.А., Уральская Л.С.</b><br>ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ РОТОРНЫХ МАШИН С КАМЕРОЙ ПЕРЕМЕННОГО СЕЧЕНИЯ                                    | 102 |
| <b>Ботвин Г.В., Данзанова Е.В., Герасимов А.И.</b><br>ИССЛЕДОВАНИЕ СВАРКИ В РАСТРУБ ПОЛИПРОПИЛЕНОВЫХ ТРУБ<br>ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ                  | 105 |

|                                                                                                                                                                   |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Королев Д.С.</b><br>ОПРЕДЕЛЕНИЕ БЕЗОПАСНЫХ ОБЪЕМОВ ПОМЕЩЕНИЙ<br>С ПЫЛВЕВОЗДУШНЫМИ СМЕСЯМИ                                                                      | 111 |
| <b>Семикопенко И.А., Воронов В.П., Жуков А.А.</b><br>К ВОПРОСУ О ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СМЕСИТЕЛЬНОГО<br>АГРЕГАТА НА БАЗЕ МЕЛЬНИЦЫ ДЕЗИНТЕГРАТОРНОГО ТИПА             | 114 |
| <b>Санин С.Н., Квашенкова Г.В., Пелипенко Н.А.</b><br>РАЗРАБОТКА ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ПРЕЦИЗИОННОЙ СВАРКИ КОЛЛЕКТОРОВ<br>КОТЛОАГРЕГАТОВ                             | 117 |
| <b>Бараковских Д.С., Шишкин С.Ф., Шишкин А.С.</b><br>ДВИЖЕНИЕ ЧАСТИЦ В РАЗГОННОЙ ТРУБКЕ СТРУЙНОЙ МЕЛЬНИЦЫ ПРИ МАЛЫХ<br>КОНЦЕНТРАЦИЯХ                              | 121 |
| <b>Уральский В.И., Севостьянов В.С., Уральский А.В., Синица Е.В., Дубинин Н.Н.</b><br>ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ<br>ВИБРАЦИОННО-ЦЕНТРОБЕЖНОГО АГРЕГАТА | 129 |
| <b>Реутова Я.И.</b><br>СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ РОТОРНОЙ ДРОБИЛКИ                                                                                            | 136 |
| <b>Севостьянов М.В.</b><br>РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ<br>ПЕРЕРАБОТКИ ТЕХНОГЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ                                                  | 140 |

## ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

|                                                                                                                                                                                         |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Науменко А.А.</b><br>ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ КРАУДСОРСИНГА ДЛЯ СНИЖЕНИЯ РИСКА<br>ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ                                                                   | 146 |
| <b>Суслов Д.Ю., Темников Д.О.</b><br>КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ СУБСТРАТА В БИОГАЗОВЫХ<br>УСТАНОВКАХ                                                                      | 153 |
| <b>Редькин Г.М., Коновалов А.В.</b><br>МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗОНЫ ВЛИЯНИЯ ПРОБЫ                                                                                                  | 157 |
| <b>Рязанов Ю.Д.</b><br>УСТРАНЕНИЕ ЛЕВОЙ РЕКУРСИИ В СИНТАКСИЧЕСКИХ ДИАГРАММАХ                                                                                                            | 161 |
| <b>Гвоздевский И.Н.</b><br>ПРИМЕНЕНИЕ АГЕНТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА ДЛЯ РАСШИРЕНИЯ<br>ВОЗМОЖНОСТЕЙ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ДИСПЕТЧЕРСКОГО<br>УПРАВЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОНТОЛОГИЙ | 168 |

## ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

|                                                                                                                                                     |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Коновалов В.М., Перескок С.А., Петрова М.А., Образумов А.Н.</b><br>ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОМАССОБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ<br>В ПРОИЗВОДСТВЕ ЦЕМЕНТА | 176 |
| <b>Барбаниягрэ В.Д., Матвеев А.Ф., Смаль Д.В., Москвичев Д.С.</b><br>ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ В ТРУБНЫХ<br>МЕЛЬНИЦАХ        | 182 |

## ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

|                                                                                                                                        |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Дорошенко Ю.А., Климашевская А.А.</b><br>ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ<br>ЕГО КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ | 186 |
| <b>Абакумов Р.Г.</b><br>МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ВОСПРОИЗВОДСТВО<br>ОСНОВНЫХ СРЕДСТВ                             | 191 |



|                                                                                                                                                                                           |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Трошин А.С., Божков Ю.Н., Неджад Рами Рашид Абдуллах, Растопчина Ю.Л., Сазыкина С.А.</b><br>ПРОБЛЕМЫ КЛАССИФИКАЦИИ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РИСКОВ В РАМКАХ ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА | 199 |
| <b>Моисеев В.В.</b><br>КОМУ ВЫГОДНА ДЕВАЛЬВАЦИЯ РУБЛЯ?                                                                                                                                    | 203 |
| <b>Костромицкая О.И., Сомина И.В.</b><br>ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ УПРАВЛЕНИЯ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕМ В РОССИЙСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ                                                   | 210 |
| <b>Кузьмина О.Е.</b><br>ИННОВАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ, КАК НЕОТЪЕМЛЕМЫЙ КОМПОНЕНТ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ                                                                 | 215 |
| <b>Азаренко Н.Ю., Ковалевский В.В., Сергутина Т.Э.</b><br>КОМПЛЕКСНАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ НАСЕЛЕНИЯ РЕГИОНА (НА ПРИМЕРЕ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ)                                        | 220 |
| <b>Бендерская О.Б.</b><br>УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ: ТРАДИЦИОННОЕ И СОВРЕМЕННОЕ ЗНАЧЕНИЯ ТЕРМИНА                                                                           | 225 |
| <b>Мочалов В.Д., Мочалова Я.В.</b><br>ПРОБЛЕМЫ ФИНАНСИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ В РОССИИ                                                                             | 229 |
| <b>Чижова Е.Н.</b><br>ФИЛОСОФИЯ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ                                                                                                                                   | 232 |
| <b>Селиверстов Ю.И.</b><br>НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ И ИННОВАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ БЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ И ВОЗМОЖНОСТИ ЕГО РАЗВИТИЯ                                                              | 236 |
| <b>Щенятская М.А., Авилова И.П., Наумов А.Е.</b><br>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕГРАЛЬНОГО РИСКОВОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ПРИ АНАЛИЗЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ                        | 243 |
| <b>Аркатов А.Я.</b><br>ФОРМИРОВАНИЕ СОЦИАЛЬНОЙ СТАБИЛЬНОСТИ – ГЛАВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ В НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКЕ РОССИИ                                                                         | 250 |

# СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

*Чижов Р.В., аспирант,  
Кожухова Н.И., канд. техн. наук, ст.н.с.,  
Строкова В.В., д-р техн. наук, проф.,  
Жерновский И.В., канд. геол.-мин. наук, доц.*  
*Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*

## АЛЮМОСИЛИКАТНЫЕ БЕСКЛИНКЕРНЫЕ ВЯЖУЩИЕ И ОБЛАСТИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ\*

[kozhuhanata@yandex.ru](mailto:kozhuhanata@yandex.ru)

*В рамках статьи проведен аналитический обзор существующих видов бесцементных вяжущих преимущественно алюмосиликатного состава, применяемых в строительной отрасли на отечественных предприятиях и за рубежом. Выявлена их широкая номенклатура и высокая степень использования при производстве материалов общестроительного и специального назначения. Отмечена перспективность разработки и практического применения алюмосиликатных вяжущих негидратационного твердения, таких как НВ и геополимеры на основе альтернативных маловостребованных сырьевых материалов благодаря выгодному сочетанию простоты и экологичности производственного процесса с хорошими эксплуатационными характеристиками.*

**Ключевые слова:** минеральные вяжущие вещества, алюмосиликатные вяжущие, бесклинкерные вяжущие негидратационного типа твердения, области практического применения

**Введение.** Производство вяжущих материалов имеет важную роль в обеспечении строительной отрасли государства материально-технической базой и является индикатором его дальнейшего развития. Наиболее глубоко развитым и широко распространенным направлением промышленной отрасли строительных материалов является производство минеральных вяжущих веществ и различных композитов на их основе.

Как известно, основным и наиболее широко используемым видом минерального вяжущего в строительной отрасли является портландцемент.

Долгое время не вызывала сомнений целесообразность растущего производства данного вида вяжущего. Однако, в последние десятилетия, огромные выбросы CO<sub>2</sub>, высокая материал- и энергоемкость конечного продукта, вызвали необходимость поиска путей снижения объемов применения клинкера при производстве цементных вяжущих.

В связи с этим все больший интерес проявляется к бесклинкерным вяжущим, в большей степени, на основе сырьевых материалов алюмосиликатного состава.

**Основная часть.** Среди бесклинкерных алюмосиликатных вяжущих могут быть отмечены: шлакощелочные, известково-шлаковые, известково-пуццолановые, известково-кремнеземистые, грунтоцементы, алюмосиликатные вяжущие и др., как правило, представляющие собой тонкоизмельченные порошки,

состоящие из гидравлически активного компонента или щелочного активатора, а также доступного природного сырья или промышленных отходов и побочных природных продуктов в качестве активных минеральных добавок [1–7].

Согласно приведенной классификации (рис. 1), номенклатура бесклинкерных вяжущих довольно широка, что связано, прежде всего, с большим разнообразием применяемых сырьевых материалов (зачастую, мало востребованных) как природного, так и техногенного происхождения. На основании этого, разработка и применение алюмосиликатных бесклинкерных вяжущих позволит получать более дешёвые композиты, в сравнении с существующими аналогами и существенно снизить, а в некоторых случаях и исключить вредное воздействие производственного процесса на окружающую среду, а также, рационально распределять ограниченные природные ресурсы.

Наиболее типичным представителем алюмосиликатных бесклинкерных композиционных вяжущих является шлакощелочные вяжущие (ШЩВ).

*Шлакощелочное вяжущее* получают в результате смешения измельченных шлаков, щелочного компонента или растворов солей щелочных металлов и воды. Для инициации протекания процессов твердения ШЩВ необходимым условием является высокий показатель pH среды затворения, обеспечиваемый введением щелочного компонента. При производстве ШЩВ в

большинстве случаев используют шлаки цветной металлургии, доменные гранулированные

шлаки и др.



Рис. 1. Классификация существующих алюмосиликатных бесклнкерных вяжущих

На сегодняшний день существует широкий ряд шлакощелочных вяжущих и бетонов на их основе, применяемых в различных сферах строительной отрасли для производства изделий и конструкций общестроительного и специального назначения.

Еще одной, не менее значимой нишей ШЩБ является их применение в качестве объектов для иммобилизации тяжелых металлов, а также локализации и захоронения радиоактивных отходов.

Одним из первых представителей шлакощелочных вяжущих следует выделить грунтоцемент.

*Грунтоцемент* представляет собой смесь рыхлых грунтов и золошлаковых отходов, добавок органического и минерального происхождения, затворенную водным раствором жидкого стекла, используемого в качестве связующего компонента. При производстве бетона – грунто-силиката, в качестве мелкого заполнителя могут быть использованы природные материалы: пески, супеси, лесс и иные грунты; техногенные: золы, золы-уноса, отвалы, котельные и гранулированные доменные шлаки [8].

Грунтоцемент следует относить к гидравлическим вяжущим воздушного типа твердения. Подбирая тип и количество вводимых в состав вяжущего добавок, а также регулируя условия твердения смеси на основе грунтоцементов и грунтосиликатов, можно получать широкий ассортимент строительных материалов, обладающих заданными технико-эксплуатационными характеристиками (повышенная ранняя прочность, водостойкость, устойчивость в агрессивных средах и др.).

Учитывая высокие эксплуатационные характеристики грунтосиликатов и ШЩБ при

низких и отрицательных температурах в комплексе с сульфатной коррозией почв и одновременным воздействием механических нагрузок, эти материалы активно используются в конструкциях различного специального назначения, при возведении гидротехнических, дорожных, шахтных сооружений, конструкций сельскохозяйственного назначения, а также строительства промышленных, общественных и жилых зданий.

*Вяжущее контактного (контактно-конденсационного) твердения* представляет собой порошкообразный материал метастабильной структуры, инициирование процессов структурообразования, твердения и формирования эксплуатационных характеристик которого осуществляется в момент прессования.

Механизм контактно-конденсационного твердения этого типа вяжущих основан на способности силикатных систем проявлять вяжущие свойства за счет энергетического потенциала, который является функцией физического состояния дисперсного вещества.

Процесс контактного твердения системы осуществляется при условии, если структура вещества находится в метастабильном состоянии [9].

По механизму контактно-конденсационного твердения на основе отходов промышленности разработаны составы и предложены технологии получения мелкоштучных изделий для гражданского и дорожного строительства.

*Вяжущие полимеризационно-поликонденсационного твердения.* С 70-х гг. XX столетия проф. Ю.Е. Пивинским активно развивается направление, нацеленное на разработку бесклнкерных (керамических) композитов специального назначения на основе высококонцентрированных вяжущих суспензий (ВКВС).

**ВКВС** представляют собой минеральные водные дисперсии, получаемые преимущественно мокрым поэтапным измельчением природных «тощих» или техногенных (прошедших стадию термообработки) кремнеземистых, алюмосиликатных или других материалов, в условиях высокой концентрации твердой фазы, повышенной температуры и предельного разжижения. Данная технология производства вяжущего обеспечивает возможность получения определенной доли коллоидной составляющей (золя), а также способствует протеканию междофазных процессов в системе. Структурообразование и твердение системы ВКВС осуществляется в результате протекания в ней полимеризационно-поликонденсационных процессов.

Композиты на основе ВКВС нашли широкое применение при разработке новых видов керамических изделий с более высокими физико-механическими характеристиками, таких как техническая, безобжиговая керамика, высокоплотные литые огнеупоры, огнеупорные бетоны или керамобетоны и т.д. [10].

Усовершенствованной разновидностью вяжущего ВКВС является одна из разработок ученых Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова, так называемое *наноструктурированное вяжущее (НВ)*, которое представляет собой неорганическую полидисперсную и полиминеральную вяжущую систему, имеющую преимущественно силикатный или алюмосиликатный состав и обладает высокой концентрацией активной твердой фазы, содержащей нанодисперсный компонент в количестве 3–10 % [11, 12].

Использование технологии производства НВ позволяет расширить спектр областей применения вяжущего ВКВС и композитов на его основе. С использованием данного вяжущего могут быть получены строительные материалы различного функционального назначения: теплоизоляционные изделия, многослойные стеновые материалы, автоклавные силикатные блоки, отделочные материалы, а также кислотостойкие бетоны, огнеупоры и т.д.

*Гидроалюмосиликатное вяжущее* представляет собой вяжущее сырьевой шихты из кислых вулканических стекол (перлиты, обсиданы, липариты, литоидная пемза и т.д.), глинозема и шамота, а также NaOH в качестве затворителя. На его основе получают жаростойкий шамотный перлитобетон, отличающийся повышенной термостойкостью в сравнении с мелкоштучными керамическими изделиями, которые используют в качестве футеровки обжиговых вагонеток предприятий строительной керамики.

*Алюмосиликатное вяжущее* – огнеупорное вяжущее на основе раствора алюмината натрия, дисперсных шамота и аморфного микрокремнезема, активных по отношению к алюминату натрия. Сочетание вяжущего с огнеупорными и высокоогнеупорными наполнителями способствует получению при температурах выше 600 °С керамической кристаллической связки из огнеупорных фаз – муллита, на их основе получают огнеупорные бетоны специального назначения [13].

*Вяжущее полимеризационного типа твердения.* Первое упоминание о минеральных полимерах было сделано французским ученым Дж. Давидовичем в середине 1970-х гг. XX в.

*Геополимеры* представляют собой неорганические полимеры, получаемые в результате химической реакции между раствором щелочей щелочных и щелочноземельных металлов или их солей и алюмосиликатным компонентом [14].

При производстве геополимеров используют алюмосиликаты природного и техногенного происхождения. В качестве техногенного сырья активно используются материалы пирогенного происхождения, а именно, золы-уноса ТЭС, топливные шлаки, доменные гранулированные шлаки и т.д. [15]. На сегодняшний день к геополимерам, проявлен довольно живой интерес благодаря их эксплуатационным характеристикам, которые сравнимы с традиционными цементными вяжущими и могут применяться в широком спектре человеческой деятельности, преимущественно, строительной.

В те же время необходимо отметить следующие преимущества геополимеров в сравнении с традиционными цементными аналогами: сокращение выбросов парниковых газов в атмосферу в процессе производства вяжущего; низкая проницаемость и высокий pH-показатель поровой жидкости, что обеспечивает высокую стойкость в агрессивных средах, а также устойчивость в условиях температурных перепадов и дает возможность их использования в неблагоприятных условиях, а также в сооружениях специального назначения.

**Выводы.** На основе проведенного обзорного анализа существующих бесклнкерных вяжущих веществ преимущественно алюмосиликатного состава следует отметить их довольно большое разнообразие, а также широкий спектр их практического применения, что объясняется их высокими эксплуатационными характеристиками, зачастую, носящими уникальный характер, а также выгодными технико-экономическими показателями в сравнении с традиционными цементными аналогами. В то же время необходимо подчеркнуть перспектив-

ность разработки и практического применения алюмосиликатных вяжущих негидратационного твердения, таких как НВ и геополимерные вяжущие, отличающихся простотой, экологичностью и низкой энергоемкостью производства в сравнении с цементом, а также возможностью использования альтернативных маловостребованных и, как следствие, менее дорогостоящих сырьевых ресурсов.

*\*Работа выполнена в рамках реализации Программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. использованием оборудования на базе Центра Высоких Технологий, БГТУ им. В.Г. Шухова.*

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алфимова Н.И., Шаповалов Н.Н. Материалы автоклавного твердения с использованием техногенного алюмосиликатного сырья // *Фундаментальные исследования*. 2013. № 6. ч.3. С. 525–529.
2. Ходыкин Е.И., Фомина Е.В., Николаенко М.С., Лебедев М.С. Рациональные области использования сырья угольных разрезов // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. 2009. № 3. С. 125–128.
3. Кадышев Н.Д., Кожухова Н.И. Перспективы использования доменных гранулированных шлаков при производстве эффективных бесцементных вяжущих // *Современные строительные материалы, технологии и конструкции: сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию ФГБОУ ВПО «ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова»*. Грозный: ГГНТУ, 2015. С. 139–143.
4. Фомина Е.В., Кудярова Н.П., Тюкавкина В.В. Активация гидратации композиционного вяжущего на основе техногенного сырья // *Строительные материалы*. 2015. № 12. С. 61–64
5. Лебедев М.С., Жерновский И.В., Фомина Е.В., Фомин А.Е. Особенности использования глинистых пород при производстве строительных материалов. 2015. № 9. С. 67.
6. Лесовик В.С., Агеева М.С., Иванов А.В. Гранулированные шлаки в производстве композиционных вяжущих // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. 2011. № 3. С. 29–32.
7. Агеева М.С., Алфимова Н.И. Эффективные композиционные вяжущие на основе техногенного сырья. Saarbrücken, 2015. 84 С.
8. Глуховский В.Д. Грунтосиликаты. Киев : Госстройиздат, 1959. 125 с.
9. Шлакощелочные бетоны на мелкозернистых заполнителях: Монография под ред. проф. В.Д. Глуховского. Киев: Вища школа, Головное изд-во, 1981. 224 с.
10. Cherevatova A.V. Principles of creating nanostructured binders based on HCBs. *Refractories and Industrial Ceramics*. 2010. Vol. 51. № 2. pp. 118–120.
11. Strokova V. V., Cherevatova A. V., Pavlenko N. V., Nelubova V. V. Prospects of Application of Zero-Cement Binders of a Nonhydration Hardening Type // *World Applied Sciences Journal*. 2013. №25 (1). pp. 119–123.
12. Жерновский И.В., Осадчая М.С., Череватова А.В., Строкова В.В. Алюмосиликатное наноструктурированное вяжущее на основе гранитного сырья // *Строительные материалы*. 2014. № 1–2. С. 38–41.
13. Ефремов А.Н. Алюмосиликатное вяжущее на основе алюмината натрия. *Збірник наукових праць: УкрДАЗТ*, 2013. № 138. С. 154–163.
14. Davidivitz J. *Geopolymer. Chemistry and applications*. Saint-Quentin: Institute Geopolymer, 2008. 592 pp.
15. Kozhuhova N.I., Zhernovskiy I.V., Osadchaya M.S., Strokova V.V., Tchizhov R.V. Revisiting a selection of natural and technogenic raw materials for geopolymer binders // *International Journal of Applied Engineering Research*. 2014. Vol. 9. pp. 16945–16955.

**Chizhov R.V., Kozhukhova N.I., Strokova V.V., Zhernovsky I.V.**

## ALUMINOSILICATE FREE OF CLINKER BINDERS AND AREAS OF ITS APPLICATION

*In this paper the analytical review of available non-cement aluminosilicate binders applied in construction industry in Russia and others countries is presented. The wide assortment and high degree of their application in construction materials of general and special purposes are revealed. The prospectivity of development and practical application of aluminosilicate binders with non-hydration type of hardening such as nanostructuring binder (NB) and geopolymers on the base of alternative low-demand raw materials due to good combination of simpleness and ecological compatibility of production technology as well as high experience characteristics is noted.*

**Key words:** mineral binders, aluminosilicate binders, free of clinker binders, binders with non-hydration type of hardening, areas of practical application

**Чижов Ростислав Валерьевич**, аспирант, инженер-исследователь кафедры материаловедения и технологии материалов.

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

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

E-mail: rastis-lav@ya.ru

**Кожухова Наталья Ивановна**, кандидат технических наук, старший научный сотрудник кафедры материаловедения и технологии материалов.

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

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

E-mail: kozhuhovanata@yandex.ru

**Строкова Валерия Валерьевна**, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой материаловедения и технологии материалов.

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

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

E-mail: vvstrokova@gmail.com.

**Жерновский Игорь Владимирович**, кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры материаловедения и технологии материалов.

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

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

E-mail: zhernovsky.igor@mail.ru

Радайкин О.В., канд. техн. наук, доц.,  
Юзмухаметов А.М., ассистент,  
Галимуллин И.А., студент.

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

## К РАЗРАБОТКЕ КОНЦЕПЦИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ Г. КАЗАНИ. ЧАСТЬ II. КОНКРЕТНЫЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ

olegxxii@mail.ru

*Работа продолжает начатые в первой части исследования, связанные с разработкой концепции устойчивого развития города Казани. На основе предложенной методики по разработке концепции устойчивого развития г. Казани и анализа основных проблем мегаполисной урбанизации на примере нашего города даны конкретные предложения по переходу Казани из текущего состояния в устойчивый режим функционирования в гармонии с окружающими биоценозами. Предложения затрагивают транспортную систему Казани, систему сбора и переработки мусора, застройку и просветительно-воспитательную работу с населением для привлечения широких масс к решению проблем города. При этом предлагаемая концепция не претендует на всеобщность и может быть детализирована в любом из своих аспектов. Она – живой организм и может меняться по ходу её выполнения и выявления новых, ранее не установленных нами фактов и возможностей. Предполагаемый период воплощения программы в жизнь – 50 лет.*

**Ключевые слова:** кризис мегаполисной урбанизации, концепция устойчивого развития, градостроительство, методика, экология, транспортная система.

Продолжая начатую тему в первой части работы, в данной публикации приведены конкретные предложения по эволюционному преобразованию Казани (см. п. 5 методики из первой части). Для их разработки мы воспользовались положительным мировым опытом при решении проблем мегаполисной урбанизации на примере города Куритиба (Бразилия), который на данный момент претендует на звание самого экологичного города планеты. При этом были учтены климатические особенности Средней полосы России.

### Транспортная система.

А. На первом этапе следует запретить въезд личных автомобилей на территорию исторического центра города, ограниченную Кремлёвской набережной и улицами Карла Маркса, Вишневого, Пушкина, Габдуллы Тукая, Саид-Галеева (пример всем должны показать чиновники). Далее эта территория может расширяться до улиц Вишневого и Нурсултана Назарбаева. Для поощрения владельцев электромобилей им можно разрешить беспрепятственный доступ в эту часть города. Но в скором времени она должна стать лишь для пешеходов, велосипедистов и лыжников. При этом проезд для общественного автотранспорта, автомобилей, перевозящих грузы, транспорта экстренных служб и т.д. должен быть открыт. Подобная практика уже применяется в мире [1]. Так, в соответствии с разработанным планом создания Единой европейской транспортной зоны, количество машин с обычными двигателями внутреннего сгорания в городских центрах к 2030 году должно уменьшиться вдвое, а еще через 20 лет сократиться до

нуля. Во многих европейских городах (Амстердам, Париж) уже приняты законы о запрете въезда в центр внедорожников. В Куритибе пятьдесят кварталов в центральных районах города превращены в строго пешеходные зоны. Согласно, расчетам европейских аналитиков, подобные меры в перспективе уменьшат зависимость государств от ископаемых видов топлива и снизят через 50 лет выбросы в атмосферу углекислого газа на 60%. Следует отметить, что широкое распространение последнее десятилетие получил такой мировой феномен, как «город без машин»: Great City (Китай), Ваубен (Германия), Сан-Хуан (Пуэрто-Рико), Jätkäsaari (Финляндия) и др.

Б. Провести в Казани реформу общественного транспорта по примеру Куритибы, где автобусные маршруты были разделены на пять типов: во-первых, это экспресс-линии, проходящих по немногочисленным основным артериям города, исключительно для этих маршрутов выделены средние полосы автотрасс (двери автобусов выходят в сторону разделительной полосы, где оборудованы пересадочные станции); во-вторых, скоростные «двойные» автобусы, также курсирующие по внутренним «автобусным» полосам трасс; в-третьих, скоростные автобусы, проходящие как вдоль основных транспортных артерий, так и по крупным городским улицам; в-четвёртых, маршруты, связывающие городские районы, расположенные между основными магистралями; в-пятых, густая сеть относительно коротких маршрутов, покрывающая всю территорию города. При этом автобусы каждого типа различаются по расцветке, чтобы

пассажиры могли различать их издали, не вглядываясь в номера. Фиксированная оплата проезда также позволяет пассажирам следовать различными маршрутами: заплатив один раз, они могут пересаживаться с маршрута на маршрут (как в казанском метро). Такая система обеспечит полный охват автобусными маршрутами всей Казани – любой желающий сможет достаточно быстро (за счет различных типов маршрутов) проехать с несколькими пересадками из одного конца города в другой по цене одной поездки. В частности, предлагаем пустить экспресс-линии и скоростные линии от отдаленных от метрополитена районов города (Дербышки, Жилплощадка, Залесный) до ближайших станций метро, а также провести в этих районах сеть коротких маршрутов, ведущих к экспресс-линиям.

В. Лица, задействованные в автобусных перевозках, должны получать деньги за пробег («километраж»), а не только за количество перевезенных пассажиров. Это лишит смысла гонку за прибылью, приводящую к задержкам в пути, простоям на остановках и переполненным автобусам, а значит, пассажиры будут путешествовать с большим комфортом.

Г. Предлагаем позаимствовать у Куритибы проект остановок особого дизайна, которые представляют собой стеклянные «трубы» с турникетами на входе, пунктами продажи билетов и подъемниками для инвалидов. Высота платформы «синхронизирована» с уровнем пола автобуса, широкие двери которого точно соответствуют дверям остановок (как в метро). Пассажиры выходят из автобуса через один конец станции и совершают посадку через другой. Таким образом, автобусы будут нуждаться только в водителе и смогут перевозить пассажиров быстрее.

Д. Функционирующие сейчас в Казани типы автобусов (НефАЗ-5299, МАЗ-103, МАЗ-206, ПАЗ-3237, МАЗ-203 и др.) предлагаем постепенно заменить на «метробусы» – удлиненные «составы» с двойной или тройной «гармошкой», которые оборудованы широкими входными дверями и откидными мостиками, позволяющими без проблем попадать внутрь инвалидам, а также массой других приспособлений. Эти «минипоезда» вмещают 270-300 человек и перевозят до 18 тысяч пассажиров в час.

Е. Самой доступной и практичной в казанских реалиях альтернативой двигателям внутреннего сгорания мы считаем двигатели на «куритибском» биотопливе, производимом из отработанного растительного масла. Они не только во много раз экологичнее, но и на 30% эффективнее. Для постоянного и бесперебойного обеспечения автобусов топливом потребуется

соблюдение лишь двух условий: постройка в Казани маслоперерабатывающего завода и наличие поставок сырья – отработанного растительного масла (благо отрасль общепита в городе хорошо развита).

Ж. В случае запрета въезда в центр на личном транспорте, следует обеспечить круглосуточную возможность проезда здесь на общественном транспорте.

З. Устроить гибкую систему денежных дозаций и налоговых послаблений для работодателей, которые заботятся о том, чтобы места проживания их работников, были расположены в пешей доступности от рабочего места. Таким образом, работодатели будут стараться нанимать тех, кто живет достаточно близко, либо предоставлять им жилье на взаимовыгодных условиях. Как следствие, многие работники смогут добираться до места работы пешком, что заметно разгрузит дороги.

И. Следующее предложение уже реализовано не только в далекой Куритибе, но и в соседних Набережных Челнах. По всему городу пустить сеть велосипедных дорожек – решение экологичное, но при этом не такое дорогое, как, к примеру, велополитен. Во избежание большей части ДТП с участием велосипедистов, которые время от времени случаются, их следует огородить от остальной проезжей части невысокими заборчиками. Зимой, когда ездить на велосипедах не представляется возможным, на этих велодорожках, засыпанных снегом, смогут передвигаться лыжники.

#### **Уборка, сортировка и переработка мусора.**

А. Важнейшим принципом любой экологической программы должно быть вовлечение в совместную деятельность горожан, создание образцов экологически совместимого поведения, заботы об окружающей человека среде. В Татарстане уже действует ряд социальных программ по борьбе с мусором, но из того, что достаточно большой процент людей продолжает мусорить, можно сделать вывод, что просветительно-воспитательные программы, к сожалению, недостаточно эффективны. Следует начать экологическое воспитание с детских садов и школ. В Куритибе было отмечено, что после того, как идея бережного отношения к чистоте улиц города внушили детям, те, в свою очередь, стали «заражать» ею взрослых.

Б. Изначальное разделение мусора по урнам просто необходимо – ведь, при совместном содержании разных видов мусора в течение хотя бы одного дня из них после сортировки на мусороперерабатывающих заводах можно добыть всего 5-10 % полезных материалов – хотя изна-



чально содержится их там, как неоднократно проверено, до 50-70 % [2]. Предлагаем расставить по всему городу разноцветные урны для пяти видов отходов: бумаги, металла, пластика, стекла и органического мусора.

В. Хранение мусора в закрытых емкостях (контейнерах) предотвратит распространение неприятного запаха, улучшит внешний вид.

Г. Так как несознательным жителям, по их мнению, невыгоден раздельный сбор мусора – он «ничего им не приносит, кроме дополнительных забот», мы предлагаем рассортированный мусор у населения выкупать. Можно сделать доступ к мусорным урнам по личным электронным карточкам. При приложении карточки урна открывается – в это время в нее можно загрузить мусор. Измеряется изменение веса, затем на карточку перечисляются деньги, пропорциональные весу сданного мусора. Пункты сбора мусора следует оборудовать камерами видеонаблюдения, а урны – специальными датчиками для распознавания типа мусора – к какой из вышеуказанных категорий он относится.

Д. Внедрить систему мусорных пневмотруб, доставляющих мусор из урн в подстанции приема, окончательной сортировки и переработки. Такие системы уже успешно работают в Финляндии, вводятся в Нью-Йорке и ряде других городов по всему миру [3]. По расчетам аналитиков, такая система требует серьезных вложений – в городе масштабов Казани около 500 миллионов рублей на каждые 10 000 квартир, но уже за 30 лет окупится, за счет экономии на обслуживании отдельных урн и своевременной переработки мусора.

#### Городская застройка.

А. Необходимо постепенно снижать плотность застройки Казани до нормативного значения 100-300 чел./км<sup>2</sup>. Конечно, это не произойдет в одночасье, а потребует не одно десятилетие, прежде чем наш город превратится в город мечты. На это нужны и политическая воля, и поддержка населения. Мы предлагаем сделать это следующим образом:

1. Запретить расширение границ города и какое-либо строительство в 5-и километровой зоне вокруг него, включая строительство дач и индивидуальных жилых домов.

2. В черте города завершить уже начатое строительство домов с оперативным изменением проектов в сторону уменьшения этажности (до 5-и этажей). Для этого изыскать средства на выплату страховки застройщикам. Дальнейшее строительство новых объектов должно быть строго запрещено, за исключением специальных нежилых зданий и сооружений, способствующих оздоровлению экологии города.

3. Снести ветхие и подлежащие капитальному ремонту здания, за исключением представляющих историческую и культурную ценность. На их месте разбить парки.

4. При выборе проектов реконструкции существующих зданий отдавать предпочтение тем, что предусматривают разбор верхних этажей и отдельных секций многоэтажных зданий (в идеале в городе не должно оставаться ни одного здания выше 5-и этажей).

Строительство новых зданий и реконструкция существующих должны осуществляться с применением только экологически чистых строительных материалов (природного происхождения) и с доведением объектов до класса энергоэффективности не ниже нулевого энергопотребления.

5. Поощрять через субсидии и налоговые послабления покупку горожанами квартир, расположенных не выше пятого этажа.

6. Потребовать от владельцев земельных участков, желающих возвести или реконструировать здание, выделять до 50 процентов площади под зеленую зону. Такое озеленение участка в интересах самих владельцев, так как жилье обретет дополнительную ценность и высокие потребительские качества.

Б. Организовать вокруг города заповедные зеленые зоны, где пребывание людей строго запрещено без особого разрешения. Размещение этих зон в непосредственной близости от Казани необходимо для того, чтобы нетронутые биосферы проникали в город. Заметим, что согласно оптимальной структуре землепользования по К.А. Доксиадису [4] под заповедные зоны должно отводиться 40 % всех земель населенного пункта. В Татарстане же, территории земельных лесных и водных фондов составляют в сумме не больше 25 % от общей территории республики. При этом обширные территории нашей страны, например, на Дальнем Востоке, остаются неосвоенными.

В. Территории промышленных и производственных зон занимают сегодня 20% от всей площади Казани. Это свыше 1700 вредных предприятий, а действующее производство эффективно функционирует лишь примерно на четверти территории промзон. Предлагаем создать на этих территориях зоны активного и пассивного отдыха, которые будут доступны всем слоям населения: пенсионерам, учащимся (школьники и студенты), людям среднего возраста, маломобильным группам населения, спортсменам, женщинам с детьми, гуляющим с домашними животными. Новые парковые зоны должны стать одним из основных ресурсов для радикального изменения качества городской

среды. Парковые зоны должны составлять не менее 42 % территории города. Также на освободившейся территории возможно строительство сельскохозяйственных вертикальных ферм по современным проектам – для круглогодичного обеспечения жителей города необходимыми овощами и фруктами (это к решению вопроса о продовольственной безопасности населения города).

Г. Казанские дворы, на наш взгляд, следует превратить в места общения и отдыха жильцов. Во дворах нужно оставить лишь места для проезда машин аварийных служб, машин инвалидов и места для загрузки-разгрузки грузов. Личный автотранспорт жильцов предлагаем парковать в гаражах или на соседних парковках. В случае, если альтернатив парковке во дворе нет, можно выделять парковочные места в почасовую аренду, а полученные деньги направлять на благоустройство двора и постройку альтернативных парковочных мест. Заметим, что одно парковочное место во дворе занимает минимум 15 м<sup>2</sup>. В конечном итоге, все жители одного дома теряют чистый, просторный и экологичный двор только для того, чтобы несколько десятков жителей/семей могли припарковать свои машины ближе к подъезду. Интересно, что в Казани первый «двор без машин» появился еще в декабре 2014 года, когда был сдан большой жилой комплекс в Советском районе. Пример первого двора без автомобилей постепенно распространяется по городу, эта идея приходится по душе жителям.

Д. В отличие от большого числа проектов, предполагающих частичное осушение реки Казанки и озера Кабан с последующей плотной застройки их берегов, предлагаем обустроить здесь прибрежную защитную полосу шириной 50-100 м, на которой установить специальный режим осуществления хозяйственной и иной деятельности в целях предотвращения загрязнения, засорения, заиления водного объекта и истощения его вод, а также сохранения среды обитания водных биологических ресурсов и других объектов животного и растительного мира. Это потребует запрета строительства новых объектов в этой зоне и сноса существующих строений (с материальной компенсацией владельцам). Также необходимо строго ограничить доступ горожан сюда с целью отдыха, купания, рыбной ловли и т.п. Для этого можно предусмотреть специальные парковые площадки и организованные пляжи. Частичное осушение акваторий допустимо только в случае невозможности обустройства защитной прибрежной полосы за счёт сноса зданий, представляющих историческую и культурную ценность. Данная полоса должна

быть густо засажена деревьями (главным образом ивой и тополем). Это создаст особый микроклимат в прибрежной зоне реки, что обеспечит самоочищение вод. При этом в процессе посадки колья тополя и ивы длиной 5-6 метров следует класть на прибрежную землю так, чтобы одни их концы были наравне с водой или сразу над уровнем воды, а другие доходили до верха берегового склона. Когда эти будущие деревья связаны между собой в определенную систему и создают что-то вроде живой подушки, берег реки станет более стойким против размыва. Развиваясь, они создают богатую корневую систему и выпускают много поросли. Перепутанные во всех направлениях корни такой посадки создают живой матрац, очень стойкий против быстрого течения.

#### **Просветительно-воспитательная работа.**

На данный момент проекты по преобразованию Казани в большинстве своем пишутся языком, понятным лишь людям со специальным высшим образованием. Поэтому необходимо размещать на доступном всем слоям населения сайте проекты, адаптированные для понимания неспециалистами. На этой интернет-площадке все желающие, предварительно указав свои личные данные в ходе регистрации, смогут проголосовать за понравившийся проект, внести свои предложения и критические замечания. В этом случае при принятии решения о поддержке того или иного проекта, появится возможность принимать во внимание мнения простых казанцев. Также следует в необходимом объёме транслировать в удобное вечернее время телевизионные просветительские программы, социальную рекламу, где обсуждались бы вопросы по преобразованию нашего города с привлечением не только специалистов, но и широких масс населения. Всё это послужит стимулом к формированию гражданского общества.

#### **Выводы:**

1. На основе предложенной в первой части работы методики по разработке концепции устойчивого развития г. Казани и анализа основных проблем мегаполисной урбанизации на примере нашего города даны конкретные предложения по переходу Казани из текущего состояния в устойчивый режим функционирования в гармонии с окружающими биоценозами. Предложения затрагивают транспортную систему Казани, систему сбора и переработки мусора, застройку и просветительно-воспитательную работу с населением для привлечения широких масс к решению проблем города.

2. При этом предлагаемая концепция не претендует на всеобщность и может быть детализована в любом из своих аспектов. Она –

живой организм и может меняться по ходу её выполнения и выявления новых, ранее не установленных нами фактов и возможностей. Предполагаемый период воплощения программы в жизнь – 50 лет.

### Заключение

Предлагаемая концепция будет реализована только при соблюдении двух главных условий:

1. Параллельно с решением проблем внутри самих мегаполисов нужны проекты поселений нового типа, в которых грань между городом и деревней была бы стёрта: в таких поселениях человек должен напрямую общаться с живой природой и обладать доступом ко всем благам городского современного образа жизни, включая образование и различные сферы трудовой занятости; то есть необходимо развитие территорий, свободных от мегаполисной урбанизации на принципах устойчивого развития, тогда у многих казанцев появится привлекательная альтернатива переехать в другие места, что существенно упростит работу по изменению города.

2. Необходимо строго выдержать следующую цепочку по изменению общественного мнения в части, касающейся расселенческой концепции: нравственный выбор и принятие ответственности на себя → разработка концепции → изменение культуры общества через систему

образования и СМИ → разработка законов и правоприменительная практика. Нарушение данной цепочки приведёт только к дискредитации благих идей.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Еврокомиссия предложила запретить въезд в центры городов автомобилям с двигателями внутреннего сгорания // Сайт [autonet.ru](http://autonet.ru). Автоновости от 29 марта 2011. [Электронный ресурс] URL: <http://www.autonet.ru/autonew/kaleidoscope/12182> (дата обращения 09.11.2015)
2. Дарулис П.В., Растимешин С.А. Решение мусорной проблемы без бюджетных дотаций // Вторичные ресурсы. Харьков. 2002. №3. С. 23-25.
3. Городской мусор предлагают убирать с помощью пневмопровода // Look at me. Новостной портал от 25 сент. 2013. [Электронный ресурс] URL: <http://www.lookatme.ru/mag/live/experience-news/196537-pneumotube> (дата обращения 09.11.2015)
4. Ефимов В. А. Россия – альтернатива Апокалипсису. М.: Изд-во АСТ, 2015. 352 с.

---

**Radaikin O.V., Yuzmuchametov A.V., Galimullin I.A.**

### TO DEVELOPMENT OF THE CONCEPT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF KAZAN. PART II. SPECIFIC SUGGESTIONS.

*The work continues research, started in Part 1, connected with the development of sustainable development of Kazan. Based on suggested technique and analysis of main problems of megalopolis urbanization on the example of our city, specific suggestion are given on transition of Kazan from its current state to sustainable mode of functioning in harmony with surrounding biocenoses. Suggestions affect transport system of Kazan, system of trash collecting and recycling, city development and educational work with population in order to attract masses to solution of city problems. Herewith suggested concept does not pretend to be universal and can be detailed in any of its aspects. It is a living thing and can change during the course of its implementation and detection of new, not established earlier, facts and opportunities. The expected period of program implementation is 50 years.*

**Key words:** megalopolis urbanization crisis, sustainable development concept, city building, technique ecology, transport system.

---

**Радайкин Олег Валерьевич**, кандидат технических наук, доцент.

Казанский государственный архитектурно-строительный университет, кафедра Железобетонные и каменные конструкции.

Адрес: Республика Татарстан, 420043, г. Казань, ул. Зеленая, 1.

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

**Юзмухаметов Айнура Мансурович**, ассистент.

Казанский государственный архитектурно-строительный университет, кафедра Железобетонные и каменные конструкции.

Адрес: Республика Татарстан, 420043, г. Казань, ул. Зеленая, 1.

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

<sup>1</sup>Леденев А.А., канд. техн. наук, доц.,<sup>2</sup>Перцев В.Т., д-р техн. наук, проф.,<sup>1</sup>Калач А.В., д-р хим. наук, проф.,<sup>1</sup>Загоруйко Т.В., канд. техн. наук, ст. преподаватель,<sup>1</sup>Донец С.А., канд. техн. наук, нач. каф.,<sup>1</sup>Калач Е.В., канд. техн. наук, доц.<sup>1</sup>Воронежский институт Государственной противопожарной службы  
МЧС России<sup>2</sup>Воронежский Государственный архитектурно-строительный университет

## УПРАВЛЕНИЕ ОГНЕСТОЙКОСТЬЮ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ВАРИАТРОПНОЙ СТРУКТУРЫ

ledenoff@mail.ru

Проблема обеспечения огнестойкости железобетонных строительных конструкций, является актуальной задачей, направленной на выполнение требований пожарной безопасности зданий и сооружений. В статье представлены результаты исследований по разработке состава бетона повышенной термостойкости и технологии его использования в огнестойких железобетонных конструкциях вариатропной структуры. В данных конструкциях слой из бетона повышенной термостойкости выполняет огнезащитную функцию, что позволяет существенно повысить пределы огнестойкости несущих конструкций зданий до требуемых нормируемых значений.

**Ключевые слова:** бетон, огнестойкость, железобетонные конструкции, прочность, термостойкость.

**Введение.** Эффективным способом повышения предела огнестойкости железобетонных конструкций, является применение огнезащиты с использованием материалов повышенной термостойкости [1–3]. В этом направлении целесообразным и перспективным представляется разработка двухслойных железобетонных конструкций вариатропной структуры [4, 5]. Особенностью таких конструкций является наличие несущего основания – ядра и слоя огнезащитного покрытия – бетона повышенной термостойкости, отличающегося высокой прочностью, стойкостью к растрескиванию, отслоению и имеющего пониженные показатели деформативности.

Целью данных исследований является разработка бетонов повышенной термостойкости для огнестойких железобетонных конструкций вариатропной структуры.

Для реализации поставленной цели был осуществлен целенаправленный выбор компонентов бетона исходя из следующих положений: предотвращение растрескивания и взрывообразного «хрупкого» разрушения защитного слоя бетона в условиях пожара, являющихся основными причинами, приводящими к преждевременному наступлению предела огнестойкости конструкции, а также обеспечение совместимости компонентов термостойкого бетона с термодинамическими позициями.

**Методология.** Для обеспечения вышеописанных характеристик бетона повышенной термостойкости использовали следующие материалы. Необходимая прочность и адгезия между

бетонами обеспечивалась применением портландцемента – ПЦ 500 Д0. Снижение усадочных деформаций при твердении и огневом воздействии предполагалось достигать за счет создания каркаса из гранулированного шлака Липецкого металлургического комбината, с модулем крупности  $M_{кр} = 2,98$ , насыпной плотностью  $500 \text{ кг/м}^3$ . Повышение прочности на растяжение и увеличение термостойкости цементного камня и бетона достигалось микроармированием хризотил-асбестовым волокном группы 6К, марки А-6К-30. Важным составляющим элементом бетона повышенной термостойкости является компонент, который обеспечивает синхронное снижение плотности и теплопроводности за счет его вспучивания при нагреве. В исследованиях в качестве такого материала был выбран шунгит Зажогинского месторождения (Медвежьегорский район Республики Карелия), модуль крупности  $M_{кр} = 1,43$  и насыпной плотностью  $500 \text{ кг/м}^3$ .

Выбор шунгита обусловлен его структурой и составом. Шунгит является многокомпонентным материалом, содержащем до 30 % шунгитового углерода, равномерно распределенного по структуре, а также 70 % силикатных материалов в виде мелкодисперсного кварца размерами 1 – 10 мкм, слюды и других составляющих [6]. При этом отличительные свойства шунгита во многом определяются его углеродной составляющей. Анализ исследований показывает, что в шунгитовых породах присутствуют фуллереноподобные молекулы и системы [6]. Наличие фуллереноподобных систем и предопределяет

особые свойства шунгитового углерода (высокая активность в окислительно-восстановительных реакциях, совместимость с водными суспензиями цементов и др.).

**Основная часть.** Исследования свойств компонентов бетона повышенной термостойкости с термодинамических позиций, проведенные методом Ван-Осс-Гуда (VOG) с применением тестовых жидкостей с известными энергетическими характеристиками [7, 8], показали правомерность предположения об эффективном совмещении выбранных материалов – шунгита, цемента, граншлака и асбеста, что обеспечивает стабильность бетона и его требуемые свойства для огнестойких железобетонных изделий. В результате исследований был подобран рациональный состав бетона повышенной термостойкости (с расходом материалов на 1 м<sup>3</sup>): портландцемент – 390 кг; молотый шунгит – 44 кг; асбест – 13 кг; гранулированный шлак – 950 кг; вода – 295 л. Результаты проведенных физико-

механических испытаний подтвердили теоретические предпосылки выбора компонентов. Установлено, что разработанный бетон имеет улучшенные показатели: прочность на сжатие 12 МПа, прочность при изгибе 2,5 МПа, средняя плотность 1480 кг/м<sup>3</sup> [9, 10].

Снизить возникающие напряжения при огневом воздействии за счет его вспучивания. Эта задача нами была решена путем оптимизации размера зерен шунгита. Установлено, что при использовании в составе бетона частиц шунгита с размером 5 мм и более при температурных воздействиях наблюдается существенное снижение прочности бетона (рис. 1), за счет появления значительных напряжений и деформаций в бетоне. Причиной такого механизма вспучивания, является то, что крупные частицы шунгита обладают более высоким коэффициентом вспучивания, чем мелкие. В дальнейших исследованиях применяли частиц шунгита размером от 2,5 до 0,16 мм и менее.

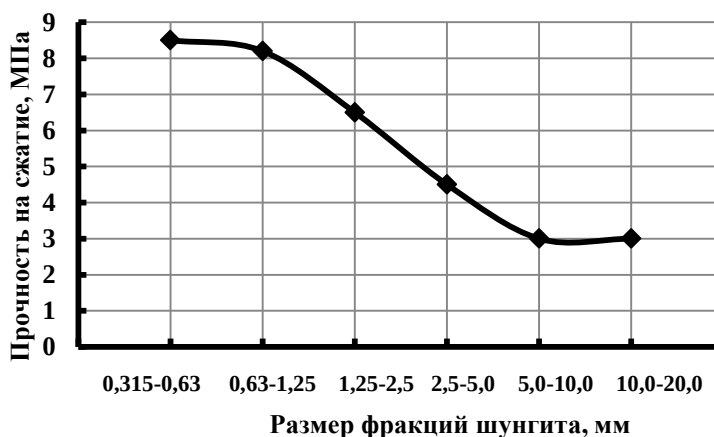


Рис. 1. Влияние дисперсности зерен шунгита на прочность бетона после одного цикла испытания на термостойкость при температуре 1000 °C

Основопологающим этапом являлись исследования влияния температурных воздействий на свойства и структуру бетона на различных масштабных уровнях. Установлено, что при повышении температуры от 900 °C до 1100 °C происходит изменение элементного состава цементного камня в зоне его контакта с частицами шунгита (табл. 1).

Из табл. 1 видно, что при повышении температуры от 900 °C до 1100 °C увеличивается процент содержания углеродосодержащих соединений в контактной зоне более чем в 15 раз, содержание кислорода и оксидов алюминия изменяется незначительно, но содержание оксидов кремния снижается в 2 раза, а оксидов кальция – в 3 раза. Одной из причин такого поведения исследуемого материала может быть изменение фазового состава вяжущего в контактной зоне. Отмеченное явление, вероятно, приводит к

изменению свойств цементного камня и в частности к повышению его стойкости к трещинообразованию.

Сравнение результатов, полученных на «срезах бетонов» методом атомно-силовой микроскопии, позволило отметить следующее (рис. 2). Сформировавшаяся наноструктура поверхности цементного камня эталонных образцов бетона (в качестве сравнения в работе использовался эталонный состав бетона, широко применяемый для изготовления бетона повышенной термостойкости, но с отсутствием шунгита в составе), подвергнутых однократному воздействию высоких температур равной 700 °C, характеризуется относительной их сглаженностью (рис. 2, а). Это является причиной относительно небольшого сцепления между слоями бетона и, соответственно, приводит к уменьшению его прочности. Наноструктура поверхности цемент-

ного камня в зоне его контакта с зернами шунгита в бетоне повышенной термостойкости отличается большей шероховатостью и, соответственно, более развитой удельной поверхностью (рис. 2, б), что, вероятно, и обеспечивает получение материала с более высокими показателями термостойкости. При температурных воздей-

ствиях от 900 °С до 1100 °С в бетоне повышенной термостойкости наблюдаются незначительные изменения структуры (рис. 2, в), что косвенно подтверждается результатами механических испытаний прочностных показателей бетона.

Таблица 1

**Элементный состав цементного камня в зоне его контакта с зернами шунгита после термических воздействий**

| Химические элементы и оксиды   | Содержание, масс. %                      |                                           |
|--------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------|
|                                | после термических воздействий при 900 °С | после термических воздействий при 1100 °С |
| C                              | 2,07                                     | 32,48                                     |
| O <sub>2</sub>                 | 47,64                                    | 45,14                                     |
| Na <sub>2</sub> O              | –                                        | 1,31                                      |
| MgO                            | 3,92                                     | 1,84                                      |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 2,09                                     | 1,39                                      |
| SiO <sub>2</sub>               | 13,92                                    | 6,72                                      |
| S                              | 0,48                                     | 0,25                                      |
| Cl                             | –                                        | 0,78                                      |
| CaO                            | 29,76                                    | 9,87                                      |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,11                                     | 0,23                                      |
| Итого                          | 100                                      | 100                                       |

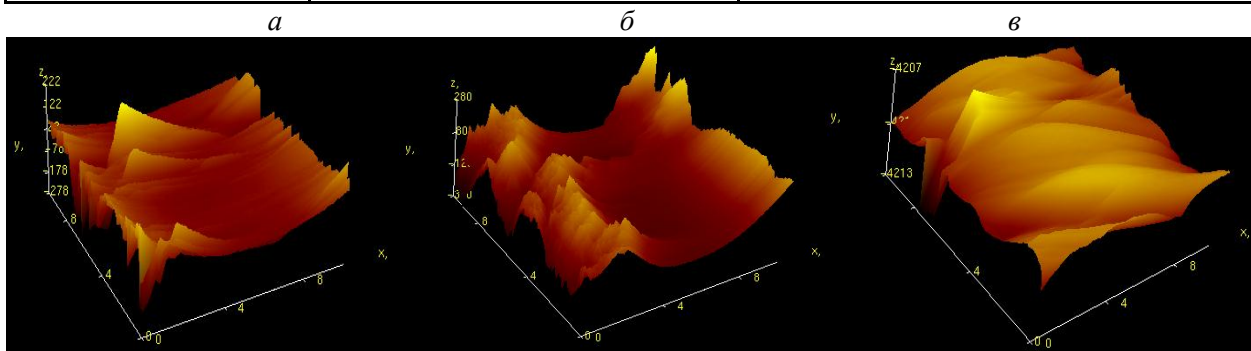


Рис. 2. Наноструктура поверхности бетона после температурного воздействия:

а – бетон эталонного состава после 700 °С; б – бетон повышенной термостойкости после 900 °С; в – бетон повышенной термостойкости после 1100 °С

Исследования микроструктуры показали, что при температуре 700 °С в бетоне эталонного состава наблюдается формирование агрегированной структуры с частичным трещинообразованием (рис. 3, а). Подобная агрегация структуры при температурном воздействии 700 °С наблюдается и в бетоне повышенной термостойкости. С увеличением температуры до 900 °С (рис. 3, б) в бетоне повышенной термостойкости степень агрегирования возрастает, что, вероятно, связано с началом вспучивания шунгита. При температурах выше 1100 °С происходит интенсивное вспучивание шунгита, структура цементного камня из гранулированной переходит в частично оплавленную с четко выраженными локальными плотными зонами (рис. 3, в).

Микроскопические исследования подтверждают результаты оптических исследований макроструктуры (рис. 4).

Установлено, что существенные изменения в структуре бетона происходят при температуре порядка 900 °С. Они связаны с появлением образований в виде агрегатов в структуре бетона (рис. 4, б). На образцах отсутствуют микроповреждения в виде трещин и каверн. При температурном воздействии 1100 °С на поверхности четко просматриваются зерна вспученного шунгита в цементном камне (рис. 4, в). Наличие трещин и локальных разрушений не наблюдается (рис. 4, в).



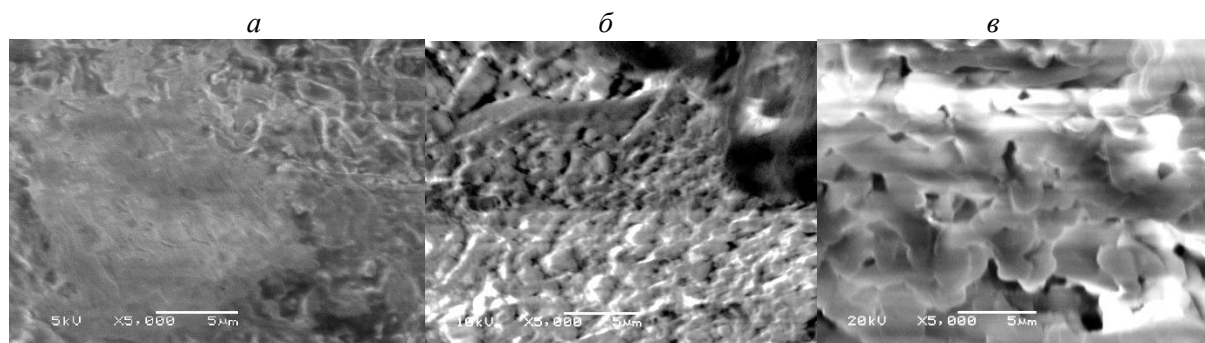


Рис. 3. Микроструктура поверхности бетона после температурного воздействия (увеличение  $\times 5000$ ):  
 а – бетон эталонного состава после 700 °С; б – бетон повышенной термостойкости после 900 °С;  
 в – бетон повышенной термостойкости после 1100 °С

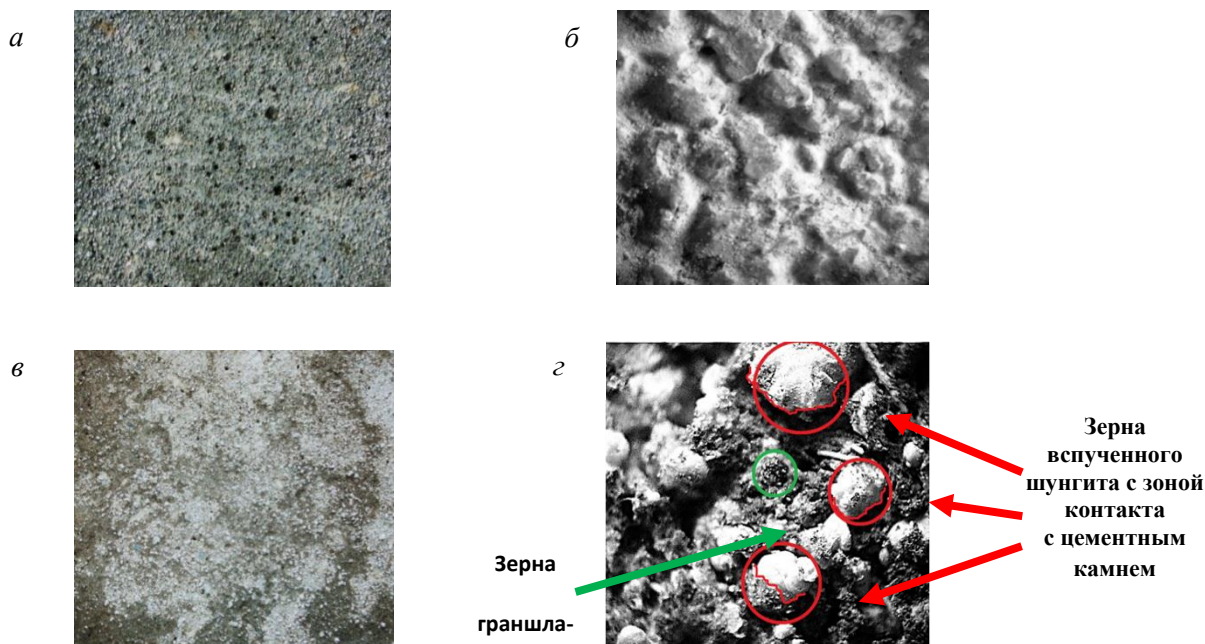


Рис. 4. Макро- и микроструктуры бетона повышенной термостойкости после температурного воздействия:  
 а, в – макроструктура бетона после температурного воздействия 900, 1100 °С; б, г – микроструктура бетона  
 после температурного воздействия 900, 1100 °С (увеличение в 54 раза)

Полученные данные подтверждаются результатами прочностных испытаний после температурного воздействия. Установлено, что в образцах бетона повышенной термостойкости с шунгитом, подвергнутых однократному воздействию высоких температур, прослеживается незначительное снижение прочности при сжатии (рис. 5). Прочность бетона повышенной термо-

стойкости при температурном воздействии 700 °С на 30 %, а при 900 °С на 50 % выше по сравнению с образцами эталонного бетона. После температурного воздействия при 1100 °С образцы бетона повышенной термостойкости сохранили 64 % от первоначальной прочности в отличие от образцов бетона эталонного состава, которые разрушились полностью.

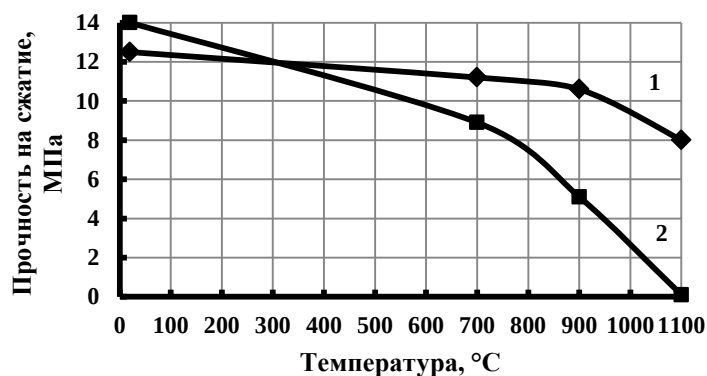


Рис. 5. Зависимость прочности бетона от температурных воздействий от 700 °С до 1100 °С:  
 1 – бетон с шунгитом, 2 – эталонный бетон

Проведенные испытания показали (рис. 6), что у разработанного бетона по сравнению с эталонным бетоном термостойкость при 700 °С повышается более чем в 5 раз, при 900 °С – в 6 раз, а при 1100 °С – в 8 раз. Это, на наш взгляд, объясняется формированием особой структуры бетона при участии шунгита. Образцы бетона повышенной термостойкости, подвергшиеся температурному воздействию 1100 °С, после 8 циклов испытания сохранили целостность.

Проведенные испытания образцов бетона на теплопроводность после одного цикла терми-

ческих воздействий показали, что при температурном воздействии от 20 °С до 1100 °С теплопроводность бетона снижается с 0,26 до 0,19 Вт/м·К. Это объясняется вспучиванием шунгита, изменением элементного состава цементного камня в зоне контакта с зернами шунгита и изменениями нано-и микроструктуры бетона. Это способствует замедлению прогрева железобетонных конструкций в условиях пожара.

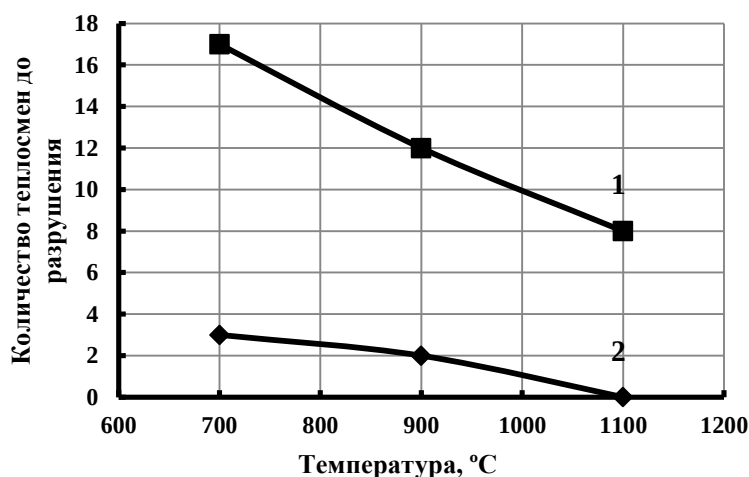


Рис. 6. Изменение термостойкости образцов в зависимости от температуры:

1 – бетон повышенной термостойкости, 2 – эталонный бетон

Одним из важнейших факторов, обуславливающих надежность работы двухслойных вариатропных конструкций, является сцепление термостойкого слоя с конструктивным высокопрочным бетоном. Установлено, что разрыв двухслойных образцов со слоем бетона повышенной термостойкости и конструктивным сло-

ем из высокопрочного бетона происходит по бетону повышенной термостойкости (рис. 7). Прочность сцепления бетона составила от 0,7 – 0,8 МПа при пределе прочности при сжатии бетона повышенной термостойкости 6,7 МПа, что обеспечивает надежность сцепления наносимого покрытия.



Рис. 7. Состояние контактной зоны двухслойных образцов до (а) и после (б) испытания на отрыв

Установлено, что при температурных воздействиях от 500 °С до 1100 °С контактная зона двухслойных образцов отличалась сплошностью, отсутствием трещин, разрывов и зон разрушения (рис. 8).

Полученные расчетным методом результаты оценки предела огнестойкости вариатропной железобетонной плиты приведены в табл. 2.

Установлено, что применение бетона повышенной термостойкости позволяет существенно повысить предел огнестойкости вариатропной железобетонной плиты перекрытия.



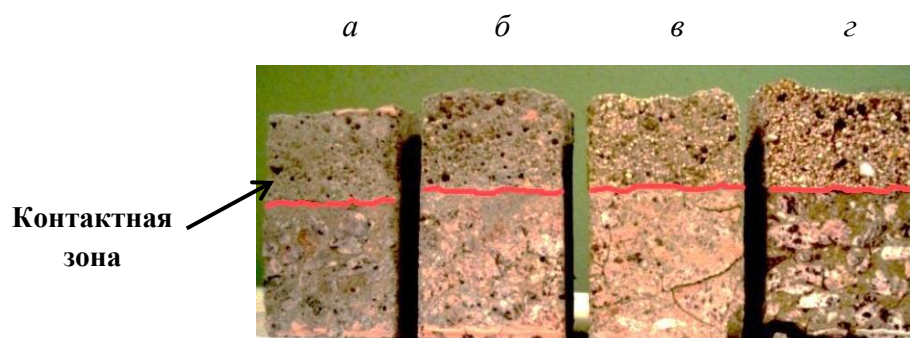


Рис. 8. Характер контактной зоны двухслойных образцов после температурных испытаний:  
а) 500 °C; б) 700 °C; в) 900 °C; г) 1100 °C

Таблица 2

**Влияние толщины слоя бетона повышенной термостойкости на предел огнестойкости  
вариатропной железобетонной плиты перекрытия**

| Вид конструкции                            | Толщина слоя бетона повышенной термостойкости, м | Предел огнестойкости плиты перекрытия по потере несущей способности (R), мин |
|--------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| Плита перекрытия<br>(6000 × 1200 × 240 мм) | –                                                | 64                                                                           |
|                                            | 0,01                                             | 145                                                                          |
|                                            | 0,015                                            | 170                                                                          |
|                                            | 0,02                                             | 194                                                                          |
|                                            | 0,04                                             | 342                                                                          |

**Выводы.** Применение разработанного состава бетона и технологии его использования в огнестойких железобетонных конструкциях вариатропной структуры, в которых слой из бетона повышенной термостойкости выполняет огнезащитную функцию, позволяет существенно повысить пределы огнестойкости несущих конструкций зданий до требуемых нормируемых значений. В случае возникновения пожара это существенно повышает безопасность эвакуации людей и работы пожарных расчетов под воздействием открытого пламени и высоких температур.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Милованов А. Ф. Огнестойкость железобетонных конструкций при пожаре. М.: Стройиздат, 1998. 152 с.
2. Романенков И.Г., Левитес Ф.А. Огнезащита строительных конструкций. М.: Стройиздат, 1991. 320 с.
3. Страхов В.Л., Крутов А.М., Давыдкин Н.Ф. Огнезащита строительных конструкций / Под ред. Ю.А. Кошмарова. М.: ТИМР, 2000. 433 с.
4. Чернов А.Н. Вариатропия как форма совершенствования конструкций и ограждающих элементов // Строительные материалы на основе промышленных отходов: Сб. статей. Челябинск: УралНИИСтромпроект, 1982. С. 199–203.
5. Чернов А.Н. Перспективы вариатропного строения элементов // Материалы и конструкции

для сборного строительства тепловых агрегатов: Сб. статей. Челябинск: УралНИИСтромпроект, 1982. С. 119–124.

6. Мосин О.В. Новый природный минеральный сорбент – шунгит // Сантехника. 2011. № 3. С. 34–36.

7. Глазков С.С. Модель термодинамической совместимости наполнителя и полимерной матрицы в композите // Журн. прикладной химии. 2007. Т. 80. Вып. 9. С.1562–1565.

8. Глазков С.С., Козлов В.А, Пожидаева А.Е., Рудаков О.Б. Поверхностные энергетические характеристики композитов на основе природных полимеров // Сорбционные и хроматографические процессы. 2009. Т.9. Вып.1. С. 58–66.

9. Загоруйко Т.В., Перцев В.Т., Власов В.В. Разработка композиционных термостойких материалов для повышения огнестойкости железобетонных конструкций // Научный вестник Воронежского ГАСУ. Строительство и архитектура. 2012. № 2. С. 62–68.

10. Леденев А.А., Загоруйко Т.В., Перцев В.Т., Бондарь А.А. Разработка составов термостойких бетонов для получения огнезащитных покрытий строительных конструкций // сборник статей по материалам всероссийской научно-практической конференции «Проблемы безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций» / ФГБОУ ВПО Воронежский институт ГПС МЧС России. Воронеж, 2012. С. 42 – 44.

---

**Ledenev A.A., Pertsev V.T., Kalach A.V., Zagoruiko T.V., Donets S.A., Kalach E.V.****MANAGEMENT OF FIRE RESISTANCE OF FERRO-CONCRETE DESIGNS VARIATIONAL OF STRUCTURE**

*The problem of maintenance of fire resistance of ferro-concrete building designs, is the actual problem directed on performance of requirements of fire safety of buildings and constructions. In article results of researches on working out of structure of concrete of the raised thermal stability and technology of its use in fire-resistant ferro-concrete designs variational structures are presented. In the given designs the layer from concrete of the raised thermal stability carries out fireproof function that allows to raise essentially limits of fire resistance of bearing designs of buildings to demanded normalised values.*

**Key words:** concrete, fire resistance, reinforced concrete structures, durability, heat resistance.

---

**Леденев Андрей Александрович**, кандидат технических наук, доцент кафедры пожарной безопасности в строительстве.

Воронежский институт Государственной противопожарной службы МЧС России.

Адрес: Россия, 394052, г. Воронеж, ул. Краснознаменная, 231.

E-mail: ledenoff@mail.ru.

**Перцев Виктор Тихонович**, доктор технических наук, профессор кафедры технологии строительных материалов, изделий и конструкций.

Воронежский ГАСУ.

Адрес: Россия, 394052, г. Воронеж, ул. Краснознаменная, 231.

E-mail: peres\_v@mail.ru.

**Калач Андрей Владимирович**, доктор химических наук, профессор, заместитель начальника института по научной работе.

Воронежский институт Государственной противопожарной службы МЧС России.

Адрес: Россия, 394052, г. Воронеж, ул. Краснознаменная, 231.

E-mail: AVKalach@gmail.com.

**Загоруйко Татьяна Викторовна**, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры прикладной математики и инженерной графики.

Воронежский институт Государственной противопожарной службы МЧС России.

Адрес: Россия, 394052, г. Воронеж, ул. Краснознаменная, 231.

E-mail: tzagoruiko@mail.ru.

**Донец Сергей Анатольевич**, кандидат технических наук, начальник кафедры прикладной математики и инженерной графики.

Воронежский институт Государственной противопожарной службы МЧС России.

Адрес: Россия, 394052, г. Воронеж, ул. Краснознаменная, 231.

**Калач Елена Владимировна**, кандидат технических наук, доцент кафедры физики.

Воронежский институт Государственной противопожарной службы МЧС России.

Адрес: Россия, 394052, г. Воронеж, ул. Краснознаменная, 231.

E-mail: EVKalach@gmail.com.

*Рыбникова И.А., ст. препод.**Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова  
(Новороссийский филиал)**Рыбников А.М., канд. техн. наук, доц., ст. научн. сотр.**Государственный морской университет им. адм. Ф. Ф. Ушакова (г. Новороссийск)*

## ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ БАРЕТТНЫХ ФУНДАМЕНТОВ

**a.ribnikov@novoroskhp.ru**

Известно применение стены в грунте в виде глубокой траншеи заполненной бетоном под тиксотропным раствором. Логичным было создание вместо цилиндрической буронабивной сваи конструкции плоской сваи, выполняемой как одна захватка (глубокого шлица) стены в грунте. При одинаковой площади сечения с круглой свайей, площадь боковой поверхности плоской сваи может быть больше в 1,2...1,5 раза и, как следствие этого, иметь повышенную несущую способность за счёт сил трения по боковой поверхности. Такую конструкцию назвали баретта, а фундамент с их использованием – бареттным фундаментом по аналогии со свайным фундаментом. Отработана технология их устройства. Методику расчёта несущей способности буронабивных свай предложено использовать применительно к расчёту бареттов как плоских свай. Рассмотрен опыт применения таких фундаментов при реконструкции плавильного цеха № 4 Ермаковского завода ферросплавов, а также офисно-жилого дома башенного типа в Киеве. В результате были уменьшены трудозатраты и снижена стоимость устройства нулевого цикла зданий. Дальнейшее использование рассматриваемых фундаментов в более широких масштабах требует проведения дополнительных исследований, включая применение тензометрического оборудования при испытаниях натурных барретов, а также усовершенствование методики их расчёта несущей способности.

**Ключевые слова:** шлиц, плоская свая, стена в грунте, боковая поверхность, баретта, бареттные фундаменты, несущая способность.

**Введение.** В нормативной литературе [1] к бареттам отнесены буровые сваи, изготавливаемые технологическим оборудованием типа плоский грейфер (рис.1) или грунтовой фрезой. В первом случае грунт в скважине (шлице) для одиночной плоской сваи разрабатывается и удаляется двухчелюстным напорным грейфером периодического действия на ширину раскрытия челюстей. Сечение получающейся сваи (баретты) в зависимости от размеров грейфера составляет порядка 2...2,5×0,4...0,8 м. В данном случае получаемую баретту в грунте по принципам конструкции и работы можно отнести к плоской свае-опоре глубокого заложения. Во втором случае скважину (глубокий шлиц) изготавливают вращающейся фрезой непрерывного действия с аналогичными геометрическими параметрами. Поэтому в одном и другом случае баретты затруднительно отнести к буровым сваям, изготовленным в грунте от слова «бурение», так как ни фреза, ни грейфер грунт разрабатывают не вертикальным бурением, а резанием. Следует отметить, что слово баретта в документе [1] пишется с двумя буквами «т».

В другом нормативном источнике [2] по определению баррета (с двумя буквами «р») – это несущий железобетонный фундамент (стержень), с рабочей боковой поверхностью, выполненный в одной захватке способом «стена в грунте» – как её единичный элемент, что больше соответствует реалиям с учётом технологии её

возведения. Как известно «стена в грунте» – подземная стена, сооружаемая в траншее (прочном грунте) «насухо» или в слабом водонасыщенном грунте под защитой тиксотропного глинистого или иного раствора (удерживающего стенки от обрушения) с последующим погружением арматурного каркаса и заполнением монолитным бетоном через бетонолитную трубу с откачиванием вытесняемого бетоном раствора. Если стена в грунте остаётся заполненной тиксотропным раствором без последующего бетонирования, то она выполняет роль глинистой противофильтрационной завесы (в отличие от стальной шпунтовой).



Рис. 1. Двухчелюстной напорный грейфер

В других источниках слово барретта (женского рода, как и свая) пишется с двумя буквами «р» и двумя буквами «т». Поэтому условно прием правильным написание наиболее часто встречающимся слово «баретта» с двумя буквами «т» и дадим ей определение – плоская свая глубокого заложения, выполненная как одна захватка (элемент) способом «стена в грунте». По конструкции бареттные фундаменты – аналог свайных фундаментов. Если конструкция фундаментов, в которую включены ростверк и сваи, называется свайным, логично назвать конструкцию фундамента с ростверком и бареттами – бареттными фундаментами.

Баретты могут воспринимать значительные вертикальные, горизонтальные и моментные нагрузки, особенно действующие вдоль их вытянутой стороны. Из геометрических построений видно, что при одинаковой площади сечения с круглой свайей, площадь боковой поверхности баретты может быть больше в 1,2...1,5 раза и, как следствие этого, иметь повышенную несущую способность за счёт сил трения по боковой поверхности у свайчей баретты.

**Методология.** Имеется достаточный опыт применения бареттных фундаментов на реальных объектах капитального строительства. Прежде чем такие фундаменты внедрялись в практику строительства отработывалась технология их устройства как единичного элемента «стены в грунте» на строительных площадках в натуральную величину. По результатам натурных испытаний буровых свай на площадках строительства применительно к бареттам разрабатывалась проектная документация по которой возводился нулевой цикл зданий и сооружений. Кроме того, методом конечных элементов моделировалась совместная работа плитного фундамента на бареттах и напряжённость деформируемого состояния грунтового массива бареттного фундамента. Для расчёта несущей способности таких конструкций использовались данные результатов испытаний натурных буронабивных цилиндрических свай, а также методика расчёта таких свай применительно к бареттам, как к плоским сваям глубокого заложения.

**Основная часть.** Авторы занимались бареттными фундаментами при разработке проектно-сметной документации и проекта производства работ для реконструкции (удлинения) плавильного цеха № 4 Ермаковского завода ферросплавов [3]. Реконструкция осуществлялась в сложных стеснённых условиях действующего цеха без остановки производства. Предстояло возвести фундаменты под стальные колонны по осям пристраиваемого пролёта на расстоянии 6,5 м от существующего здания цеха. Глубина

заложения существующих монолитных столбчатых фундаментов реконструируемого цеха № 4 составляет 5,0 м. На этой же отметке рядом с запроектированными бареттными фундаментами пристройки к цеху находятся столбчатые фундаменты газоотсасывающей станции цеха. В связи с этим площадка строительства до отметки –5,0 м сложена слежавшимися глинистыми грунтами обратной засыпки. Ниже, до глубины 20 м, залегают глины аральской свиты твёрдой и полутвёрдой консистенции. Уровень грунтовых вод при инженерно-геологических изысканиях зафиксирован на отметке – 1,5 м. Площадка строительства хорошо изучена, на ней проводилось достаточное количество натурных испытаний цилиндрических буронабивных свай разных диаметров (400...600 мм), включая с камуфлетным уширением. Данные несущей способности свай были использованы при проработке вариантов применения разных конструкции фундаментов.

Однако основная сложность при рассмотрении вариантов устройства фундаментов заключалась в том, что вдоль всего ряда и по некоторым поперечным осям проходят действующие без- и высоконапорные трубопроводы, перенос которых в стеснённых условиях строительства очень сложен, а их отключение на переврезку связано с недопустимой остановкой непрерывного производственного процесса плавильного цикла. В этих условиях и было принято рациональное решение о применении бареттных фундаментов, хотя информация о них имелась в тот период минимальная.

Бареттные фундаменты были запроектированы двух типов: одиночные (рис. 2) и спаренные (рис. 3), соответственно состоящие из одной и двух баретт, жёстко заделанных в железобетонные ростверки посредством выпусков арматуры. Непосредственно в ростверке замоноличивались анкерные болты для крепления стальных колонн. Баретта принята размерами в плане 2,5×0,63 м – на ширину полного раскрытия челюстей напорного грейфера и длиной 7,6 м: 7,5 м – в грунте для обеспечения несущей способности 2 000 кН и 0,1 м – заделка головы баретты в ростверке. Несущая способность была рассчитана как для плоской свайчей сваи. Выемка (глубокий шлиц) под баретту отрывалась экскаватором ЭО-5122 Воронежского экскаваторного завода с ёмкостью напорного ковша-грейфера 0,6 м<sup>3</sup> под защитой глинистого раствора из бентонаита. Таким образом была применена технология возведения одиночных выемок способ «стена в грунте». Расчётная вертикальная нагрузка на одну баретту составляет 1500 кН.

Армировались баретты на всю высоту каркасами из рабочей арматуры класса А-III диаметром 20 мм. Для удобства монтажа арматурным каркасам придана пространственная жёсткость. В середине арматурного пространственного каркаса на всю высоту предусматривалось окно размерами 0,5×0,3 м в которое опускалась бетонолитная труба. Для жёсткой связи с ростверком в каждой баретте оставлялись 12 выпусков арматурного каркаса длиной по 0,6 м. Ростверки также армировались жёсткими пространственными арматурными каркасами.

До начала работ по устройству бареттов в необходимых местах некоторые участки капитальной торцевой стены цеха демонтировались и ограждались временными лёгкими конструкциями чтобы не останавливать производственный процесс. Затем вдоль осей запроектированных фундаментов бульдозером планировалась полоса шириной 3 м с отсыпкой глины и уплотнения её механическими катками до планировочной отметки грунта  $\pm 0,00$  м, что ниже верхнего обреза ростверка на 20 см. Для предотвращения обрушения устья разрабатываемых шлицев до начала их отрывки по контуру длинных сторон они обкладывались плитами форшахт – по три с каждой стороны. С этой целью использовались бетонные дорожные плиты ПДК-1,0 размерами 1×1×0,4 м. Шлицы под баретты разрабатывались под глинистой суспензией плотностью 1,03–1,1 г/см<sup>3</sup>, которая доставлялась на площадку автобетоносмесителями.

После отрывки шлица до проектной отметки – 9,1 м его дно очищалось от шлама (разрыхлённый в забое и осыпавшийся грунт) в него опускался и фиксировался на отрезках двутавра № 12, опиравшихся на плиты форшахты, арматурный каркас. Жёсткая фиксация армокаркаса в проектном положении осуществлялась его подвеской путём приварки выпусков арматуры к металлическим уголкам, связывавших двутавры в плоскую раму, а также полосьями на каркасе для образования защитного слоя бетона в шлице. Арматурный каркас устанавливался не более чем за 8 часов до начала укладки бетонной смеси в шлиц.

На следующем этапе в окно армокаркаса заводилась бетонолитная труба диаметром 20 см, состоящая из звеньев длиной 1 м и приёмной воронки. Бетонная смесь подавалась из автобетоновозов непрерывно до полного изготовления баретты до отметки – 1,5 м. При этом низ бетонолитной трубы в начале бетонирования находился на уровне дна шлица, а затем ниже уровня изменяющейся поверхности бетонной смеси – не менее 1 м.

В процессе укладки бетонной смеси периодически из шлица грязевым насосом 9-МГР откачивался в отдельную ёмкость глинистый раствор. Однако верхний уровень раствора постоянно находился не ниже чем на 0,25 м от устья шлица. Требуемые параметры вытесненного глинистого раствора для повторного использования восстанавливались его очисткой или добавкой свежей глины. С учётом сложности условий строительства следующий шлиц разрабатывался только по окончании бетонирования предыдущего.

После изготовления бареттов и набора бетоном прочности не менее 50 % выполнялся ростверк. Для этого под каждый фундамент отрывался котлован до отметки – 1,7 м и устраивалась бетонная подготовка высотой 10 см до отметки – 1,6 м. На неё монтировалась унифицированная разборно-переставная опалубка, в которую устанавливался арматурный каркас ростверка. Бетонная смесь подавалась в опалубку также из автобетоновоза и уплотнялась глубинным вибратором. Для облегчения снятия опалубки она смазывалась следующим составом: масло (нигрол) – 10–15 %, мыло хозяйственное – 1 %, вода – 84–85 %.

Применение бареттных фундаментов при реконструкции плавильного цеха ЕЗФ позволило избежать больших затрат трудовых ресурсов и остановки производства. Цех на указанных фундаментах эксплуатируется до настоящего времени нормально.

Серьёзные, сложные и масштабные работы проведены в Киеве, где баретты применены в комбинированной конструкции плитного фундамента при строительстве 46-этажной офисно-жилой башни высотой 192 м [4]. Здание расположено у подножия 30-ти метрового склона, для удержания которого устраивалась подпорная стена из буронабивных свай диаметром 0,82 м вразрядку, закреплённых несколькими рядами анкеров в грунте. На разведанной глубине площадки строительства до 70 м встречены отложения четвертичной, неогеновой и палеогеновой систем: супеси лессовидные, мергельная глина, суглинки и мелкие пески. На площадке строительства было произведено четыре испытания таких свай: два статической вдавливающей нагрузкой до 8800 кН и два статической выдёргивающей нагрузкой, результаты которых использованы для проектирования и применения бареттных фундаментов.

Суммарные нагрузки на фундамент башни составляют 2200 МН при площади круглой фундаментной плиты около 2000 м<sup>2</sup>. Плита принята опирающейся на 64 баретты размером в плане 2,8×0,8 м, возводимых по технологии одной за-





жение в грунте под подошвой. Кроме того, измерения проводятся для самой нагруженной внешней баретты и слабонагруженной баретты внутри ядра с помощью датчиков давления (мессдоз) на уровне сопряжения головы баретты и фундаментной плитой. Эти баретты также оснащены тензодинамометрами по длине на трёх измерительных уровнях.

**Выводы.** Использование бареттных фундаментов позволяет в ряде случаев выходить из сложных технических ситуаций при реконструкции и новом строительстве зданий и сооружений при сокращении трудозатрат и уменьшении расхода материалов. Это выявлено при строительстве конкретных жилых и промышленных объектов. При расчёте несущей способности бареттов реально применять результаты испытаний натурных буронабивных свай. Полученные данные по результатам моделирования результатов испытаний несущей способности буронабивных свай, подтверждают возможность восприятия более высоких нагрузок бареттными фундаментами, чем это принято по СНиП 2.02.03-85 [1]. Анализ результатов тензометрических измерений и мониторинг работы фундаментной плиты башни будут являться основополагающим фактором для усовершенствования

знаний для строительства зданий и сооружений на бареттных фундаментах.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Свод правил СП 24.13330.2011. Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85.
2. Свод правил СП 45.13330.2012. Земляные сооружения, основания и фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 3.02.01-87.
3. Рыбников А.М., Першин В.Г. Возведение фундаментов-бареттов в сложных условиях реконструкции плавильного цеха Ермаковского завода ферросплавов // Экспресс-информация. Серия: Промышленное строительство/ Алма-Ата: Изд-во КазЦНТИС. 1991. № 1. 5 с.
4. Адикаев В.А., Катценбах Р., Галинский О.М., Дунаевский Р.А. Комбинированный свайно-плитный фундамент с применением баретт // Жилищное строительство. 2009. № 7. С 24-27.
5. Katzenbah R., Hoffmann H., Vogler M., Moormann Ch. Costoptimized foundation systems of high-rise structures, based on the results of actual geotechnical research // Proc. International Conference «Trends in Tall Building – Tendenzen im Hochhausbau», September 5-7. 2001. Frankfurt am Main. P.421–443.

---

**Rybnikova I.A, Rybnikov A.M**

## EMPLOYMENT OF BARETTE FOUNDATIONS

*One of the well-known technique is employment of the wall in the ground in the form of a deep trench filled with a thixotropic stabilizing fluid. It would be logical to employ a flat pile construction performed in one step of a diaphragm wall instead of a cylindrical bored pile construction. With the same cross-sectional area of a round pile the lateral surface area of the flat pile can be greater in 1,2 ... 1,5 times and consequently can have an increased bearing capacity due to the frictional forces along the side surface. This construction was named barette and foundations with employment of barettes were named barrette foundation by analogy with the pile foundation. The calculation of bearing capacity of bored piles is proposed to use in relation to the calculation of flat piles. The barrette foundations were employed in the reconstruction of the smelter shop № 4 of Ermakovskiy Ferroalloy Plant as well as of the high-rise building in Kiev. As a result labor costs was reduced as well as the cost of zero stage of the building. Further employment of barette foundations on a wider scale requires more research including the use of the strain-measuring equipment (a strain gauge) during the tests of barettes as well as the improvement of the methods of calculation of their bearing capacity.*

**Key words :** flat pile , diaphragm wall , the side surface , barette , barrette foundations, bearing capacity .

---

**Рыбникова Ирина Александровна**, старший преподаватель.

Новороссийский филиал Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова, кафедра гуманитарных и естественнонаучных дисциплин.

Адрес: Россия, 353915, Краснодарский край, г. Новороссийск, ул. Мысхакское шоссе, д. 75

**Рыбников Александр Михайлович**, кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник.

Государственный морской университет имени адмирала Ф.Ф. Ушакова, кафедра «Подъёмно-транспортные машины и комплексы».

Адрес: Россия, 353918, Краснодарский край, г. Новороссийск, пр. Ленина, д. 93

E-mail: a.ribnikov@novoroskhp.ru

*Порожнюк Е.В., аспирант,  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*

## ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ ЖИЛОГО ДОМА С ЭЛЕМЕНТАМИ ОЦЕНКИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

eporozhnyuk@bk.ru

*В статье проводится сравнение альтернативных проектов реконструкции жилых зданий первой массовой серии строительства согласно методике оценки стоимости затрат жизненного цикла. Реконструкция предполагает увеличение жилой площади квартир за счет надстройки одной и двухэтажных мансард, а также за счет модернизации квартир верхнего этажа в двухуровневые. Реконструкция не предусматривает отселение жильцов, что снимает остроту социальных проблем. В отделке фасадов и внутренних помещений возможно применение новых экологических строительных материалов. С точки зрения видеоэкологии предполагаемая реконструкция жилого здания снизит агрессивность и гомогенность среды, улучшит визуальное восприятие жилого дома. Осуществление проекта предполагает привлечение инвестиций и средств в рамках государственной программы «Жилище», а также денежных средств, предназначенных на капитальный ремонт*

**Ключевые слова:** *жилые здания первой массовой серии строительства, стоимость затрат жизненного цикла, реконструкция, социальная значимость, рентабельность, инвестиции, экономические показатели.*

Стоимость затрат жизненного цикла (СЗЖЦ) представляет собой метод оценки общей стоимости владения жилым домом и предполагает учет затрат на проектирование, строительство, владение и утилизацию элементов здания или здания целиком. Метод СЗЖЦ применим для сравнения альтернативных проектов, в которых реализованы одинаковые требования к характеристикам здания, но они отличаются по отношению к начальным и эксплуатационным затратам. При реализации проекта необходимо стремиться к минимизации совокупной стоимости владения, так как она вносит существенный вклад в совокупные расходы собственников жилья.

Целью данного исследования являлась технико-экономическое обоснование при оценке стадий жизненного цикла домов первых массовых серий строительства без отселения жильцов, с учетом интересов государства, инвесторов, частных компаний и непосредственно собственников жилья.

В 60-х гг. XX в. данные дома успешно решали острейшую жилищную проблему того времени. Однако недостаток финансирования, отсутствие современных технологий и некачественные строительные материалы привели к экономии на системах теплоизоляции, звукоизоляции, гидроизоляции. Низким уровнем отличалось качество строительно-отделочных работ, присутствовала неудобная планировка, внешний облик здания характеризовался безликостью, отсутствовало обустройство придомовой территории и др. [1, 2].

На примере жилого здания, расположенного

по адресу: улица Победа, д. 18 в городе Белгороде, были рассчитаны основные показатели стоимости реализации проекта комплексной реконструкции с одновременной надстройкой двухуровневой мансарды, а также рассчитаны показатели рентабельности и экономической эффективности проекта.

Жилое здание расположено в центре города и имеет развитую инфраструктуру, включающую в себя школу, детский сад, пункт общественного питания, продуктовые магазины и т.д.

Объект исследования принадлежит к типовой серии крупнопанельных жилых домов с мелким шагом поперечных несущих стен П-32. Серию можно отличить от других пятиэтажек наличием подпорок, поддерживающих балконы. Наружные фасадные стены изготовлены в форме панелей (виброкирпичная и керамзитобетонная прослойка), торцевые наружные стены изготовлены из железобетона, а внутренние виброкирпичные, перекрытия железобетонные.

Характеристиками исследуемого объекта являются: квартиры 1,2,3-х комнатные с совмещенные санузлами, высота потолков 2,6 м, лифт и мусоропровод отсутствует, квартир на этаже – 3, тип кухонной плиты – газовая, вентиляция представлена естественной вытяжкой и блоками в сантехкабинах (санузлах). Стены домов типовой серии П-32 представлены наружными стенами из виброкирпичных панелей (изготавливались путем вибрационного спрессовывания кирпичей и раствора) толщиной 32 см с утеплением из пеностекла или керамзитобетона (предусматривались также вари-



анты наружных стен целиком из керамзитобетона). Внутренние несущие стены выполнены из виброкирпичных панелей в один кирпич или ЖБИ толщиной 23-30 см. Перекрытия – двухслойные из вибропрокатных панелей («скорлуп»), несущие стены все поперечные (в т.ч. торцевые). Тип секций (подъездов) рядные (ря-

довые), торцевые. Набор квартир на этаже: 1-2-3, 2-2-2.

Ширина шага (расстояние между двумя соседними несущими стенами, ширина пролета перекрытия): 320 см. Ширина корпуса: 10 м, кровля – плоская. Типовая планировка представлена на рис. 1.



Рис. 1. Типовая планировка жилого дома серии П-32

Жилой дом имеет непрезентабельный, неэстетичный и несовременный внешний вид, что обусловлено визуальной гомогенностью фасада, механическим и моральным износом. Внешняя отделка здания покрыта трещинами, первичный осмотр показал физический износ крылец подъездов и козырьков, техническое состояние лестничных клеток не соответствует предъявляемым требованиям.

Альтернативами реконструкции жилого здания, относящегося к серии П-32, могут служить перепланировка квартир с изменением жилой площади и капитальным ремонтом, или надстройка одной или двухэтажной мансарды. Принятие решения о надстройке здания на один или два этажа зависит от состояния несущих конструкций и грунтов основания. Этот способ вызывает необходимость реконструировать смещенную крышу, производить расчетное усиление отдельных элементов здания, полностью обновлять инженерные системы. Вследствие планировочных и конструктивных особенностей эта серия малопригодна для проведения реконструкции, связанной с существенной перепланировкой. Малый шаг несущих поперечных стен, конструкция самих стен в виде стенобалки или стено-скорлупы, в которых невозможны проемы без риска снижения их прочности затрудняют какую-либо перепланировку. Преобразование жилых помещений можно свести только к передвижке редких продольных перегородок и пристройке наружных эркеров или пролетов [3].

Альтернативный вариант при устройстве в здании мансардного этажа квартиры пятого этажа предполагает модернизацию квартир в двухуровневые. Вход в такую квартиру остается на пятом этаже, а в мансардную часть по внут-

риквартирной лестнице. Поэтому технически и экономически более целесообразно проводить реконструкцию здания, связанную с надстройкой двухуровневой мансарды с комплексным утеплением жилого дома [4].

Таким образом предлагается внедрить проект по надстройке двухэтажной мансарды с применением металлоконструкций, а также с комплексной реконструкцией жилого здания общей площадью 2028 м<sup>2</sup> [5].

Основные показатели проекта: семь этажей, девять квартир, общая площадь квартир – 812 м<sup>2</sup>.

Для определения стоимости надстройки двухуровневой мансарды была составлена сводная смета проекта (табл. 1.)

Проведем анализ табл. 1. Себестоимость данного проекта составляет 29129367 рублей. В главе 1 – основные объекты строительства – представлены стоимости работ по отдельным объектам строительства и реконструкции жилого дома. Стоимость строительных работ для возведения двухуровневой мансарды составляет 4833874 руб., стоимость монтажных работ составит 2924969 руб. В стоимость строительных работ входят стоимость строительных материалов, затраты на аренду оборудования и пр.

Стоимость строительных работ по реконструкции фасада здания с комплексным утеплением составляет 2561863 руб., стоимость монтажных работ составляет 1607268 руб. В стоимость строительных работ входят затраты на материалы для утепления и реконструкции фасадов здания, замены инженерных коммуникаций в квартирах собственников и т.д.

При определении стоимости проектных работ весь комплекс проектирования был оценен в 35873 руб/м<sup>2</sup> при общей продолжительности

данного вида работ в 6 месяцев. При определении объема работ высчитывалось стоимость возведения одного м<sup>2</sup> двухуровневой мансарды с учетом комплексной реконструкции жилого до-

ма. Таким образом, в расчетах для определения стоимости проектных работ площадь объекта составляла 812 м<sup>2</sup>.

Таблица 1

## Сводный сметный расчет стоимости проекта

| Наименование глав, объектов, работ и затрат                    | Сметная стоимость, руб. |                 |            |             | Средства на оплату труда, руб. | Итого    |
|----------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------|------------|-------------|--------------------------------|----------|
|                                                                | Строительных работ      | Монтажных работ | Всего      | Всего с НДС |                                |          |
| Глава 1. Основные объекты строительства                        |                         |                 |            |             |                                |          |
| Стоимость возведения двух-уровневой мансарды                   | 4833874                 | 2924969         | 7758844    | 9155436     | 2822201                        | 11977637 |
| Стоимость реконструкции фасада здания с комплексным утеплением | 2561863                 | 1607268         | 4169132    | 4919575     | 1346953                        | 6266529  |
| Отопление и вентиляция                                         | 1129797                 | 5000,00         | 1134797    | 1339060     | 59904                          | 1398965  |
| Водопровод и канализация                                       | 1047057                 | 16822           | 1063879    | 1255378     | 208983                         | 1464361  |
| Силовое электрооборудование                                    | 0,00                    | 1804896         | 1804896,45 | 2129777     | 453284                         | 2583062  |
| Электроосвещение.                                              | 434061                  | 2424761         | 2858823,19 | 3373411     | 566041                         | 3939452  |
| Итого по Главе                                                 | 10006653                | 8783719         | 18790373   | 22172640    | 5457368                        | 27630008 |
| Глава 2. Объекты энергетического хозяйства                     |                         |                 |            |             |                                |          |
| Внешнее электро-снабжение                                      | 237260                  | 93890           | 331150     | 390757      | 38185                          | 428942   |
| Глава 3. Водопровод и канализация                              |                         |                 |            |             |                                |          |
| Наружные сети канализации                                      | 64085                   | 0,00            | 64085      | 75621       | 30808                          | 106429   |
| Наружный водопровод                                            | 125020                  | 0,00            | 125020     | 147523,78   | 42868                          | 190391   |
| Итого по Главе 6                                               | 189105                  | 0,00            | 189105     | 223144,81   | 73676                          | 296821   |
| Глава 4. Благоустройство и озеленение территории               |                         |                 |            |             |                                |          |
| Благоустройство                                                | 613678                  | 0,00            | 613678     | 724140      | 49455                          | 773595   |
| Всего по сводному расчету                                      | 11046697                | 8877609         | 19924307   | 23510682    | 5618684                        | 29129367 |

В состав проектных работ были включены:

- разработка эскизного проекта – 2 % от общей суммы расходов на проектирование;
- выпуск проектной документации – 31 % от общей суммы расходов на проектирование;
- выпуск рабочей документации и экспертиза проекта – 67 % от общей суммы расходов на проектирование.

Таким образом, общая стоимость расходов на проектирование составит 1,2 млн. руб. Для реализации проекта необходимо привлечь инвестиции, а также использовать собственные средства организации от продаж квартир в двухуровневых мансардах, выручка от которых частично заложена в первой год осуществления

проекта. Рекомендуется использовать деньги, собранные на капитальный ремонт жильцами данного жилого дома. Частично средства могут быть получено в рамках реализации государственной программы «Жилище» в виде субсидирования. Одним из способов привлечения инвестиций может служить также государственно-частное партнерство предприятия с местными органами власти.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бендерская О.Б. Анализ и диагностика финансово-хозяйственной деятельности на предприятии промышленности строительных

материалов: учебное пособие. Белгород: Изд-во БГТУ, 2011. 452 с.

2. Булгаков С.Н. Реконструкция жилых домов первых массовых серий и малоэтажной жилой застройки: учебник для вузов. М.: ООО «Глобус», 2011. 248 с.

3. Капремонт должен продлить жизнь Белгородским хрущевкам / Белпресса. URL: [www.belpressa.ru/news/type/novosti/news/kapremont-dolzhen-prodlit-zhizn-belgorodskim-hrushyovkam](http://www.belpressa.ru/news/type/novosti/news/kapremont-dolzhen-prodlit-zhizn-belgorodskim-hrushyovkam) (Дата обращения: 15.03.2015).

4. Круглова В.М., Стриженова Ж.В. Особенности постановки задачи определения стоимо-

мости объектов недвижимости, являющихся памятниками истории и архитектуры // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. №4. С. 36-39.

5. Порожнюк Е.В., Порожнюк Л.А. Проблемы комплексной реконструкции домов первой серии массового строительства. КАЗАН-ТИП-ЭКО-2014. Инновационные пути решения актуальных проблем базовых отраслей, экологии, энерго- и ресурсосбережения: сборник трудов XXII Международной научно-практической конференции. Х.: НТМТ, 2014. – 311с.

---

**Porozhnyuk E.V.**

**FEASABILITY STUDY OF COMPLEX RECONSTRUCTION OF DWELLING-HOUSE WITH ELEMENTS OF ESTIMATION OF LIFE CYCLE**

*In the article a comparison of alternative projects of reconstruction of dwellings building of the first assseries of building is made according to methodology of estimation of cost of expenses of life cycle. A reconstruction supposes the increase of dwelling-place of apartments dueto one building on and two-storeyed mansards, and alsodue to modernization of apartments of overhead floor in two-tier. A reconstruction does not envisage settling out of lodgers, that takes off the sharpness of social problems. Application of new eco-friendly building materials is possible in finishing of facades and internal apartments. From the point of view of videoecology the supposed reconstruction of dwelling building will bring down an aggressiveness and homogeneity of environment, will improve visual perception of dwelling-house. Realization of project supposes bringing in of investments and facilities within the framework of the government program "Dwelling", and also monetary resources intended on major repairs.*

**Key words:** *cost of expenses of life cycle, dwellings buildingof the first mass series of building, reconstruction, social meaningfulness, profitability, investments, economic indicators.*

---

**Порожнюк Егор Владимирович**, аспирант кафедры промышленной экологии.

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

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

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

Малыхина В.С., канд. техн. наук, доц.,  
Фролов Н.В., аспирант,  
Фам Суан Хуан, магистрант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА ФАНЕРНЫХ КЛЕЕНЫХ БАЛОК

malihina@yandex.ru

*В статье на основании накопившегося опыта проектирования несущих деревянных конструкций приведены некоторые особенности конструирования и расчета фанерных клееных балок. Было проведено испытание образца фанерной клееной балки на статический изгиб. Также был выполнен теоретический расчет этого образца. На основании прямого сопоставления результатов теоретического расчета и экспериментального исследования сделано заключение, что принятые расчетные предпосылки достаточно хорошо отражают характер деформирования рассматриваемого образца фанерной клееной балки вплоть до разрушения.*

**Ключевые слова:** несущая деревянная конструкция, фанерная клееная балка, стенка, пояс, ребро жесткости.

**Введение.** Древесина издревле являлась одним из ведущих строительных материалов. В настоящее время несущие деревянные конструкции применяются в основном при возведении элементов различных малоэтажных зданий и реже инженерно-технических сооружений [1]. По мнению авторов, такое ограниченное использование строительных конструкций на основе древесины далеко не отражает того потенциала, который заложен природными ресурсами нашей страны и планеты в целом.

Более интенсивное внедрение в практику современного строительства несущих деревянных конструкций связано с совершенствованием их эксплуатационных характеристик. Так, применение древесины высоких сортов, ее пропитка специальными составами, уход от цельной древесины к клееной [2], различное армирование древесины [3], а также совместное использование древесины с другими конструкционными материалами (металлом и др.) позволяют существенно повысить деформативно-прочностные показатели несущих деревянных конструкций.

Особый научный интерес представляют конструкции из клееных досок и фанеры. Обладая относительно малым собственным весом, такие конструкции способны воспринимать значительные нагрузки. В частности в данной статье речь пойдет о некоторых особенностях конструирования и расчета фанерных клееных балок.

**Методология.** Основные особенности конструирования и расчета фанерных клееных балок представлены на основании анализа накопившегося опыта проектирования несущих деревянных конструкций.

Экспериментальное исследование образца фанерной клееной балки на изгиб производи-

лось при помощи универсальной электромеханической разрывной машины Р-5.

**Основная часть.** В зависимости от решения профиля здания фанерные клееные балки могут быть: двускатные – с прямолинейным, криволинейным или ломаным верхним поясом; односкатные – с параллельными поясами или с ломаным нижним поясом. Балки имеют двутавровое или коробчатое поперечное сечение с поясами из пакета клееных досок и стенкой соответственно из одного или двух листов водостойкой фанеры. Пояса в балках удалены от нейтральной оси, что придает этим конструкциям большую изгибную жесткость. Сплошная стенка из водостойкой фанеры обеспечивает непрерывную связь между сжатым и растянутым поясами. Основное назначение фанерной стенки – восприятие сдвигающих усилий. Фанера располагается волокнами рубашек либо перпендикулярно поясам, либо параллельно. В первом случае работа фанеры лучше используется на скалывание между шпонами и на срез, но её вертикальные стыки здесь могут устраиваться только с помощью фанерных накладок. Во втором случае фанера лучше работает на сжатие и растяжение при изгибе балки, а стыки легко выполняются путем склеивания листов «на ус». Для уменьшения напряжений в клеевых швах, вследствие возможной усушки древесины, высоту поясов рекомендуется принимать не более 100 мм. При большой высоте пояса разбиваются на две части с помощью зазора в 5–10 мм в местах стыкования досок со стенкой.

Поперечная устойчивость плоской фанерной стенки обеспечивается дощатыми ребрами жесткости, устанавливаемыми по длине балки на расстоянии друг от друга не более чем  $(1/9)l$

(где  $l$  – расчетный пролет балки). Балки обычно выполняют пролетом не более 12 м.

Ребра должны совпадать со стыками фанерной стенки. Опорные ребра, воспринимающие опорные реакции, выполняются обычно вдвое шире, чем промежуточные.

Малый вес  $K_{с.м.} = (3-4)$  и высокие эксплуатационные качества являются преимуществами фанерных клееных балок. Высоту сечения балки в середине пролета  $h$  назначают из условия  $h/l = (1/8-1/12)$ . Высоту сечения на опоре определяют расчетом, но она должна быть не меньше  $0,4h$ . Для стенок балки необходимо принимать фанеру ФСФ по ГОСТ 3916 толщиной  $\delta_\phi$  не менее 10 мм.

Пояса и поперечные ребра балок выполняют из остроганных по четырем сторонам досок с влажностью не более 12 %.

На основании [4, 5] расчет балок начинают с определения приведенных к материалу поясов геометрических характеристик поперечного сечения:

$$\begin{aligned} J_{np} &= J_o + J_\phi \frac{E_\phi}{E}; \\ S_{np} &= S_o + S_\phi \frac{E_\phi}{E}; \\ W_{np} &= \frac{2J_{np}}{h}, \end{aligned} \quad (1)$$

где:  $J_o$ ,  $S_o$ ,  $E$  – соответственно момент инерции, статический момент и модуль упругости древесины поясов;  $J_\phi$ ,  $S_\phi$ ,  $E_\phi$  – тоже стенки из фанеры;  $h$  – расстояние в расчетном сечении между осями поясов.

Первоначальными размерами поясов либо задаются из опыта проектирования, либо они определяются согласно положениям, приведенным ниже.

Вначале определяют требуемый момент сопротивления поперечного сечения согласно выражению:

$$W^{mp} = \frac{M}{R_p}, \quad (2)$$

где:  $M$  – расчетный изгибающий момент в середине пролета;  $R_p$  – расчетное сопротивление древесины поясов на растяжение.

Затем вычисляют требуемый момент инерции поперечного сечения по формуле:

$$J^{mp} = W^{mp} \cdot \frac{h}{2} \quad (3)$$

Площадь сечения одного пояса балки вычисляют по формуле:

$$F_n = \frac{J^{mp}}{2 \left( \frac{h'}{2} \right)^2} \quad (4)$$

Отсюда определяют размеры высоты  $h_n$  и ширины  $b_n$  пояса. При этом высоту пояса принимают в пределах  $(1/6-1/10)h$ .

Принятые размеры поясов и фанерных стенок подставляют в формулу (1) и определяют геометрические характеристики поперечного сечения, приведенного к деревянным поясам. Далее выполняют ряд обязательных проверок.

Прочность принятого поперечного сечения балки проверяют по формуле:

$$\sigma = \frac{M}{W_{np}} \leq R_p \quad (5)$$

Прочность клевого шва между шпонами фанеры (в пределах высоты пояса балки) на скалывание проверяют по формуле:

$$\tau_{ш} = \frac{Q_{\max} S_n^{on}}{J_{np}^{on} \sum h_n} \leq R_{\phi.ск}, \quad (6)$$

где:  $Q_{\max}$  – максимальное поперечное усилие в сечении;  $S_n^{on}$  – статический момент опорного сечения поясов относительно центра тяжести балки;  $J_{np}^{on}$  – приведенный момент инерции опорного сечения балки;  $\sum h_n$  – суммарная длина клеевых швов между рубашками и серединками фанеры в пределах высоты одного пояса;  $R_{\phi.ск}$  – расчетное сопротивление скалыванию клеевых швов между шпонами фанеры.

Прочность фанерной стенки на срез проверяют по формуле:

$$\tau = \frac{Q_{\max} S_{np}^{on}}{J_{np}^{on} \sum \delta_\phi} \leq R_{\phi.ср}, \quad (7)$$

где  $S_{np}^{on}$  – приведенный статический момент опорного сечения балки;  $\sum \delta_\phi$  – суммарная толщина стенок балки;  $R_{\phi.ср}$  – расчетное сопротивление фанеры на срез.

Фанерную стенку также проверяют на устойчивость в плоскости сечения по середине между опорным и вторым от опоры ребрами жесткости по формуле:

$$\tau = \frac{Q_{\max}}{\delta_\phi h_{ср} \varphi_\phi} \leq R_{\phi.ср}, \quad (8)$$

где:  $h_{cm}$  – высота стенки между внутренними гранями верхнего и нижнего пояса в рассматриваемом сечении.

Данную проверку выполняют в случае, если  $\left(\frac{h_{cm}}{\delta_\phi}\right) \geq 50$ . Тогда коэффициент  $\varphi_\phi$  определяется согласно выражению:

$$\varphi_\phi = \frac{1250}{(h_{cm} / \delta_\phi)^2} \quad (9)$$

Фанерную стенку также проверяют на устойчивость из плоскости сечения при продольном по отношению к оси балки расположении волокон наружных слоев фанеры (рубашек) по нормальным и касательным напряжениям:

$$\frac{\sigma_{cm}}{K_u \left(\frac{100\delta_\phi}{h_{cm}}\right)^2} + \frac{\tau_{cm}}{K_\tau \left(\frac{100\delta_\phi}{h_{расч}}\right)^2} \leq 1 \quad (10)$$

где  $K_u$  и  $K_\tau$  – коэффициенты, определяемые по графикам прилож. Ж СП 64.13330;  $h_{расч}$  – меньший размер проверяемой панели – он может быть равен высоте стенки в свету

между поясами  $h_{cm}$ , либо расстоянию в свету между ребрами.

Проверку по прогибам балки с постоянной высотой сечения выполняют по формуле:

$$f = \frac{5}{384} \frac{q'' l^4}{EJ_{np}} \leq [f], \quad (11)$$

где:  $f$  – прогиб балки от распределенной по ее длине нормативной нагрузки  $q''$ ;  $[f]$  – предельно допустимый прогиб.

На основании формул (1) и (5)...(11) был произведен количественный расчет экспериментального образца клееной фанерной балки коробчатого сечения, показанной на рис. 1. Расчет выполнен на непродолжительное действие нагрузки с учетом использования расчетных прочностных характеристик материалов балки. В ходе расчета были определены теоретические значения нагрузок, при которых должно произойти исчерпание несущей способности образца (табл. 1), при его дальнейшем испытании на статический изгиб в соответствии с расчетной схемой, показанной на рис. 2.

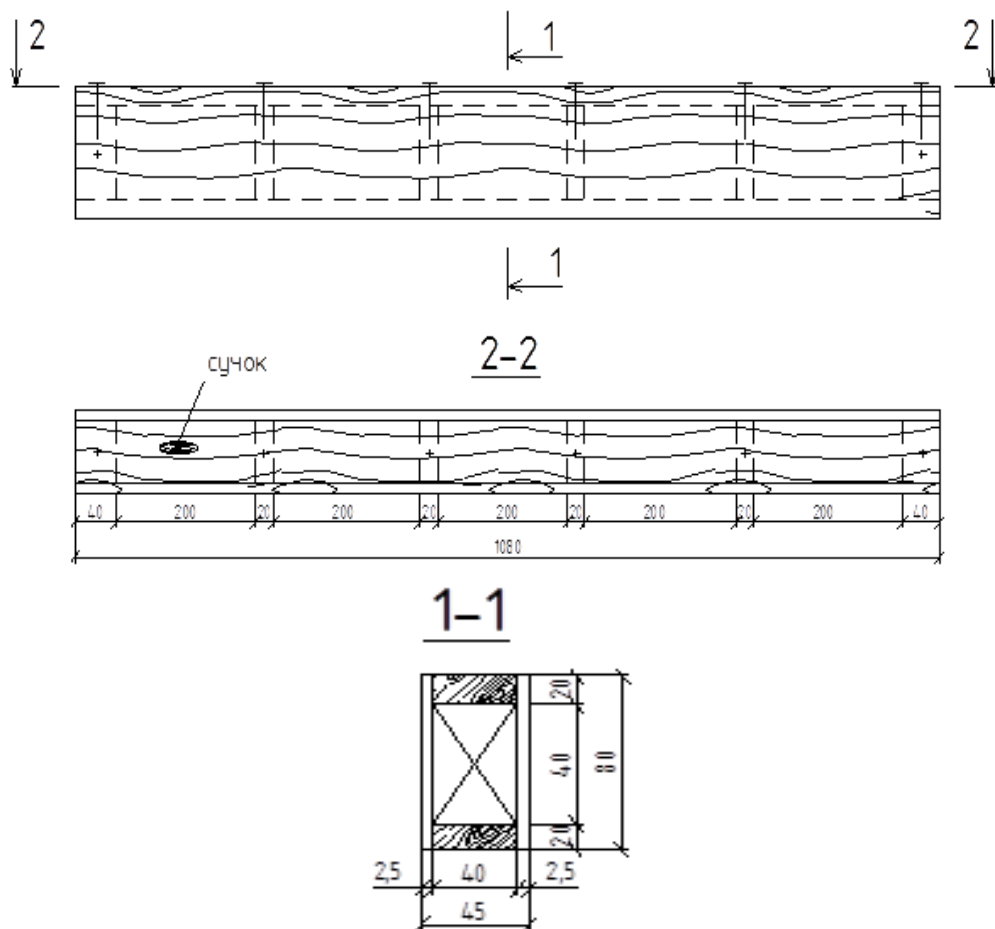


Рис. 1. Клееная фанерная балка коробчатого сечения

У рассматриваемой балки две фанерные стенки прикреплены водостойким клеем к деревянным поясам и поперечным ребрам жесткости, расположенным внутри балки на расстоянии  $a = (1/5)l$ . Ширина поперечных ребер на опорах увеличена. Верхний пояс дополнительно прибит гвоздями к поперечным ребрам

(см. рис. 1). Для стенок использована водостойкая фанера марки ФСФ (ГОСТ 3916.1). Волокна наружных шпонов стенок расположены вдоль оси балки. Пояса и поперечные ребра жесткости выполнены из древесины сосны второго сорта (ГОСТ 8486-86).

Таблица 1

## Значения теоретической нагрузки при исчерпании несущей способности балки

| Расчетный критерий                                                                                      | Базовая формула | Значение теоретической нагрузки при исчерпании несущей способности по расчетному критерию, кН | Примечание              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Из условия разрушения нижнего растянутого пояса при изгибе                                              | (5)             | $P_{изг} = 5,49$                                                                              |                         |
| Из условия разрушения клеевого шва между шпонами фанеры в местах приклейки досок пояса к стенкам фанеры | (6)             | $Q_{ск} = 0,46$                                                                               |                         |
| Из условия среза фанерной стенки в опорном сечении                                                      | (7)             | $Q_{ср} = 1,99$                                                                               |                         |
| Из условия устойчивости фанерной стенки в плоскости сечения                                             | (8)             | -                                                                                             | Устойчивость обеспечена |
| Из условия устойчивости фанерной стенки из плоскости сечения                                            | (10)            | -                                                                                             | Устойчивость обеспечена |
| Из условия достижения предельно допустимого прогиба                                                     | (11)            | $P_{np} = 1,13$                                                                               |                         |

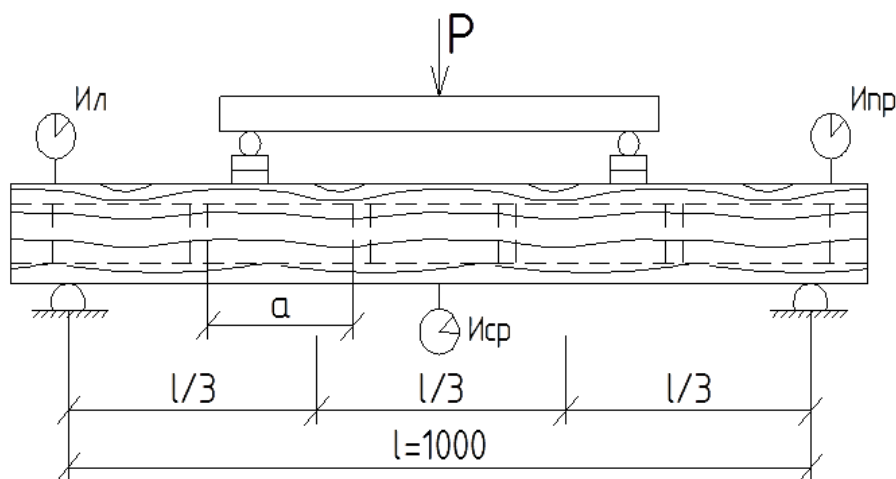


Рис. 2. Схема испытания образца клееной фанерной балки на статический изгиб

Для оценки достоверности количественных результатов, полученных в рамках расчета, было проведено экспериментальное исследование образца фанерной клееной балки. Для измерения прогиба нижней кромки в середине пролета был закреплен индикатор часового типа с ценой де-

ления 0,01 мм. Также аналогичные индикаторы установлены на опорах (см. рис. 2).

Вначале образец балки 4 раза ступенями загружали до допустимого прогиба и разгружали. Зависимости прогибов балки от нагрузки представлены на рис. 3.

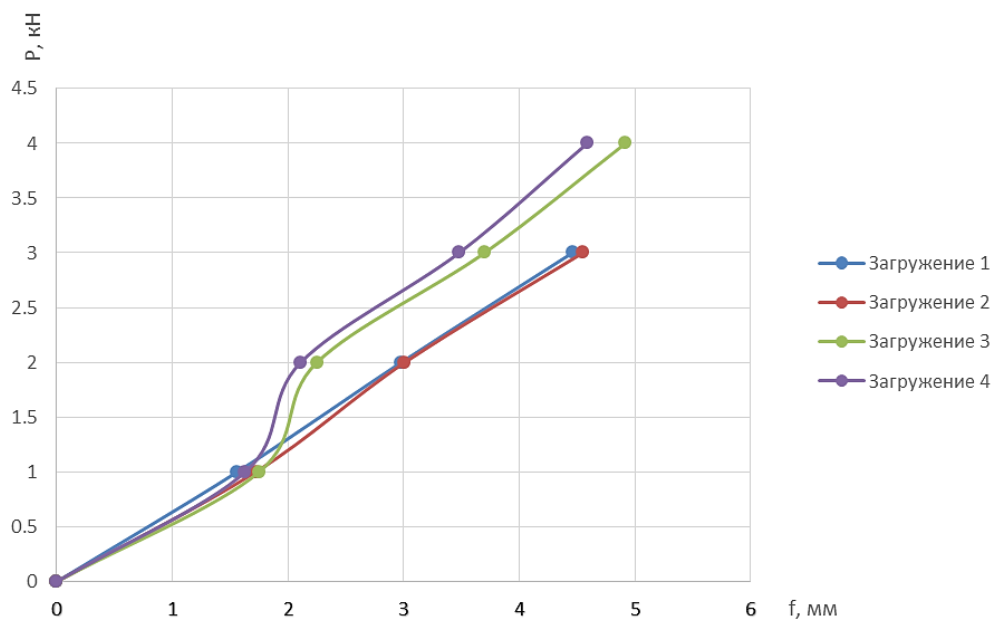


Рис. 3. График зависимости прогибов балки от нагрузки

Из рис. 3 видно, что при нагрузке до 1–1,5 кН прогиб не зависит от порядка загрузки и при всех четырех загрузках примерно одинаков. В третьем и четвертом загрузках прогиб увеличивается за счет усталости материала и возникших остаточных деформаций. Нагрузка при предельно допустимом прогибе равном 4 мм во всех случаях превышает расчетную теоретическую равную 1,13 кН.

Далее образец фанерной клееной балки был загружен до разрушения. Нагрузка при этом составила  $P_{разр} = 9,4 \text{ кН}$ , что составляет 1,71 от ожидаемой теоретической  $P_{изг} = 5,49 \text{ кН}$ .

Характер разрушения образца балки показан на рис. 4.



Рис. 4. Характер разрушения образца фанерной клееной балки

Видно, что разрушение балки произошло в средней зоне полки в середине сечения, при этом фанерная стенка расслоилась по слоям шпона в месте сучка.

**Выводы.** На основании прямого сопоставления результатов теоретического расчета и натурного испытания образца фанерной клееной балки можно сделать заключение, что принятые



расчетные предпосылки достаточно хорошо отражают характер деформирования рассматриваемой балки вплоть до разрушения. Несоответствие теоретической и фактической разрушающей нагрузки идет в запас, что может быть связано с использованием расчетных прочностных характеристик материалов и малым количеством (одним) испытаний.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Воронцова Н.А., Филатов Н.В., Шестопалов Е.Г. Использование клефанерных элементов с перфорированными стенками в конструкциях малоэтажных деревянных зданий // Вологодские чтения. 2012. № 80. С. 74–76.
2. Антюшеня О.А., Есипов С.М., Малихина В.С. Оценка эффективности работы узлов лин-

зообразных клеедеревянных ферм // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 2. С. 66–71.

3. Фролов Н.В., Никулин А.И., Обернихин Д.В., Лапшин Р.Ю. Исследование свойств композитной арматуры на основе стеклянных и базальтовых волокон // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 3. С. 18–21.

4. Житушкин В.Г. Клефанерные конструкции. М.: Изд-во АСВ, 2011. 200 с.

5. Серов Е.Н. Рекомендации к совершенствованию норм проектирования деревянных конструкций // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2003. № 4. С. 9–16.

---

**Malykhina V.S., Frolov N.V., Huan F.S.**

### THE PERCULIARITIES OF DESIGN AND CALCULATION OF LIAMINATED VENEER LUMBER

*Some peculiarities of design and calculation of laminated veneer lumber, which were gotten through design experience of loadbearing wood structures, are given in the article. Bending test of the beam of laminated veneer lumber was carried out. Calculation of the beam was carried out. On the basis of comparison of theoretical and experimental results a conclusion was made, that calculation method describes character of the given sample's deformations well until the collapse.*

**Key words:** loadbearing wood structure, laminated veneer lumber, web, band, stiffening rib.

---

**Малихина Валентина Степановна**, канд. техн. 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

**Фролов Николай Викторович**, аспирант кафедры строительства и городского хозяйства. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.  
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.  
E-mail: frolov\_pgs@mail.ru

**Фам Суан Хуан**, магистрант кафедры строительства и городского хозяйства. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.  
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.  
E-mail: pxhuan@gmail.com

Лозовой Н.М., канд. техн. наук, доц.,  
Лозовая С.Ю., д-р техн. наук, проф.,  
Празина Е.А., студент,  
Мартынова Н.С., студент

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ КОНСТРУКЦИЙ ОПОРНЫХ ПУНКТОВ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

eprazina@mail.ru

*В настоящее время вопросы реконструкции и построения опорных пунктов государственной геодезической сети требуют особого внимания. Для обеспечения их эксплуатационных характеристик необходимо модернизировать не только конструкции опорных пунктов, но и их составляющие – центр и сигнал. По конструктивным и экономическим соображениям предлагается использовать сборно – разборную переносную конструкцию сигнала. Для обеспечения устойчивости центра в грунте предлагается замена бетонных монолитов и металлических труб материалами, обладающими большей прочностью и удобством закладки. Эти вопросы требуют внимательного изучения для разработки конструкций опорных пунктов наиболее рационально отвечающих эксплуатационным и климатическим требованиям, соответствующим для разных районов Российской Федерации.*

**Ключевые слова:** геодезическая сеть, опорный пункт, центр геодезического пункта, сигнал геодезического пункта, тур, простой сигнал, пирамида.

**Введение.** Геодезическое и топографическое обеспечение территории в принятых государством масштабах и системах координат является одной из основных задач его экономического развития.

Совокупность закрепленных на местности или зданиях пунктов, положение которых определено в единой системе координат, называют геодезическими сетями. По назначению сети подразделяются на плановые и высотные. По точности измерения, площади размещения и плотности пунктов геодезические сети подразделяются на государственные, местные – сети сгущения и съемочные. Общим принципом построения геодезических сетей является принцип «от общего к частному» и включает в себя геодезические построения различных классов точности: фундаментальную астрономо-геодезическую сеть, высокоточную геодезическую сеть, спутниковую геодезическую сеть 1 класса. В указанную систему построений вписываются также существующие сети триангуляции и полигонометрии 1...4 классов. [1]

Согласно этому принципу сначала на всей территории страны создается редкая сеть пунктов высшего класса – фундаментальная астрономо-геодезическая сеть. Она состоит из постоянно действующих и периодически определяемых пунктов Роскартографии, формирующих единую сеть на территории Российской Федерации, и служит исходной геодезической основой для дальнейшего повышения точности пунктов государственной геодезической сети. Затем сеть сгущают пунктами меньшей точности, используя пункты высшего класса как исходные. Процесс сгущения геодезических сетей продолжает-

ся до тех пор, пока на данном участке будет создана сеть с нужной плотностью пунктов.

Используя координаты или отметки пунктов геодезических сетей, можно решать как вопросы общегосударственного значения, такие, как освоение малоизученных, труднодоступных регионов, наблюдение за глобальными тектоническими процессами, так и конкретные задачи инженерной практики, такие как съемка небольших участков в крупных масштабах, прокладка трасс инженерных коммуникаций и т.п. [2]

Государственная геодезическая сеть России обеспечивает распространение координат и высот на территории государства и является исходной для построения других геодезических сетей. Она является главной геодезической основой топографических съемок всех масштабов и должна удовлетворять требованиям народного хозяйства и обороны страны при решении соответствующих научных и инженерных задач. Она должна покрывать всю территорию страны сплошь с необходимой густотой и точностью определения положения пунктов. [3] Поэтому вопрос по созданию и восстановлению пунктов государственной геодезической сети актуален. В 90-е годы большое количество пунктов со временем было утеряно, некоторые разрушены из-за погодных условий, а также действий людей и др. В настоящее время необходимо проводить работы по наблюдению и восстановлению утраченных пунктов геодезической сети, разрабатывать новые технологии производства конструкции опорных пунктов.

Независимо от класса сети для обеспечения прочности, долговременной сохранности и

неизменности положения пунктов их требуется строить из высокопрочных строительных материалов, при этом не забывая об экономической стороне вопроса.

**Конструкции опорных пунктов и способы их улучшения.** Геодезическая сеть закрепляется опорными геодезическими пунктами, которые имеют две составляющие, это заложенный в землю центр, являющийся носителем координат и призванный долговременно сохранять неизменным положение своей основной детали – марки центра, к которой относятся координаты пункта и возведенное над ним сооружение – сигнал, обозначающий положение центра на местности и обеспечивающий взаимную видимость смежных пунктов сети.

Сигнал геодезического пункта возводится на определенной высоте, характерной и рассчи-

танной при рекогносцировке конкретной местности. Он предназначен для установки на нем инструмента, визирной цели, отражателя или ретранслятора, чтобы обеспечить между пунктами прямую видимость и прохождение лучей света (электромагнитных колебаний) на необходимой высоте над поверхностью земли или препятствием. Применяют сигналы следующих типов: туры, простая пирамида, простой и сложный сигналы. Туры (рис. 1, а) и пирамиды (рис. 1, б) сооружают в пунктах, с которых видимость на соседние пункты открывается с земли. Простые сигналы (рис. 1, в) строят в тех случаях, когда для наблюдений необходим подъем прибора над землей на 10 м, а сложные (рис. 1, г) – более 10 м. Пирамиды и сигналы могут быть четырехгранными и трехгранными. [3]

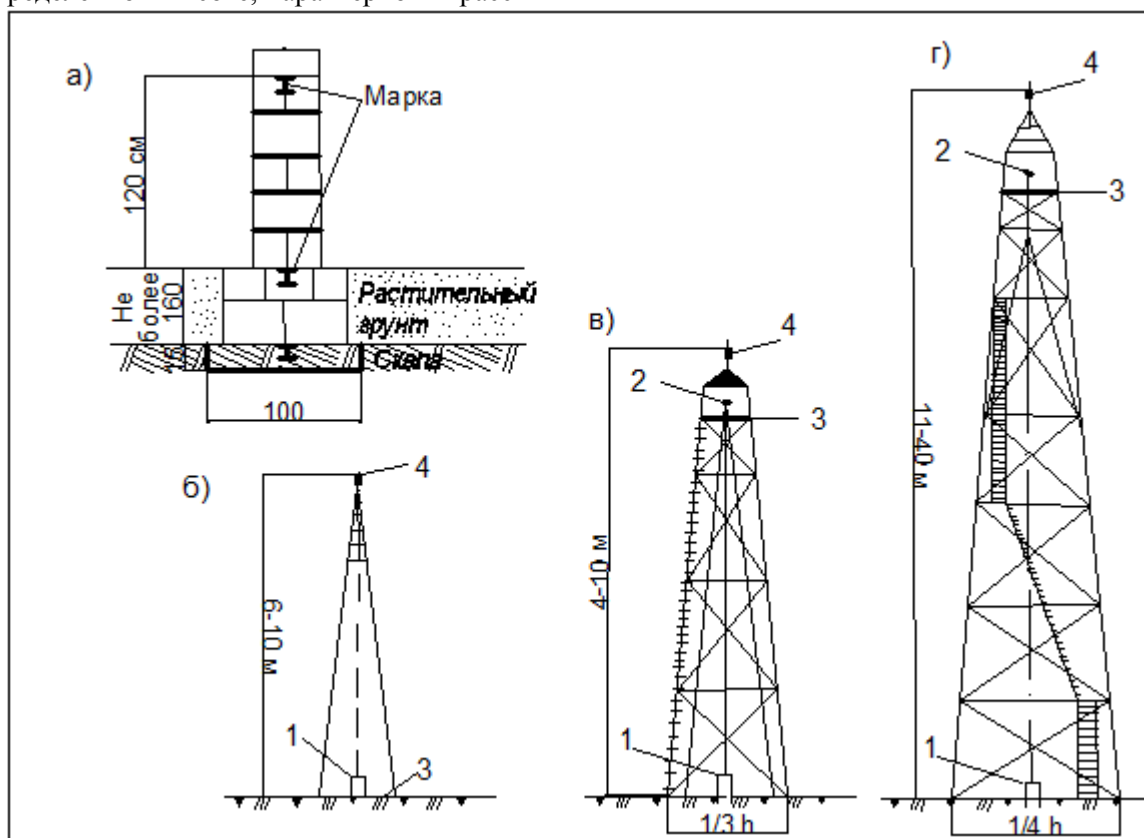


Рис. 1. Геодезические знаки:

а – тура; б – простая пирамида; в – простой сигнал; г – сложный сигнал;  
1 – центр; 2 – столик для установки теодолита; 3 – площадка для наблюдателя;  
4 – визирный цилиндр для наблюдения со смежного пункта

Если сигнал рассматривать как пространственную стержневую систему, то его конструкцию необходимо разработать так, чтобы она обладала достаточной жесткостью и была способной сопротивляться упругим деформациям, имея при этом минимальный вес. И азимутальные сдвиги не должны вызывать ошибок, превышающих  $\pm 0,3-0,4''$ .

Такого рода требование возможно обеспечить только после надлежаще поставленных исследований металлических сигналов различной высоты и конструкций и отбора тех из них, которые будут удовлетворять поставленному условию при употреблении их в определенных температурных и ветровых режимах. Требование жесткости является настолько доминирующим, что одновременно обеспечивает достаточ-

ную прочность конструкции [2]. Но с экономической точки зрения, утяжеленная конструкция сигнала постоянного закрепления, вызванная обеспечением стабильности и жесткости в процессе эксплуатации, является его недостатком, так как большие затраты на металл.

В некоторых равнинных заселенных и застроенных районах, за исключением горных, по конструктивным и экономическим соображениям выгодно применять переносные металлические сигналы. Например, конструкция сборно-разборного металлического сигнала состоит из внутренней и внешней усеченных пирамид равной высоты, не соприкасающихся между собой, собираемых из рамных секций на месте расположения пункта опорной или разбивочной гео-

дезической сети (рис. 2). При этом на внутренней пирамиде расположена плита для установки штатива с прибором или визирной целью, а на внешней - помост для наблюдателя. Такая конструкция геодезического знака позволяет выполнять измерения с применением электронных тахеометров и светодальномеров и таким образом расширяет диапазон использования знаков. [4]. Использование таких сборно-разборных сигналов помогает значительно экономить средства в работах при построении триангуляционной или полигонометрической сетей, а также снизить трудоемкость строительных работ, облегчить труд строительных бригад, что упрощает организацию геодезических работ.

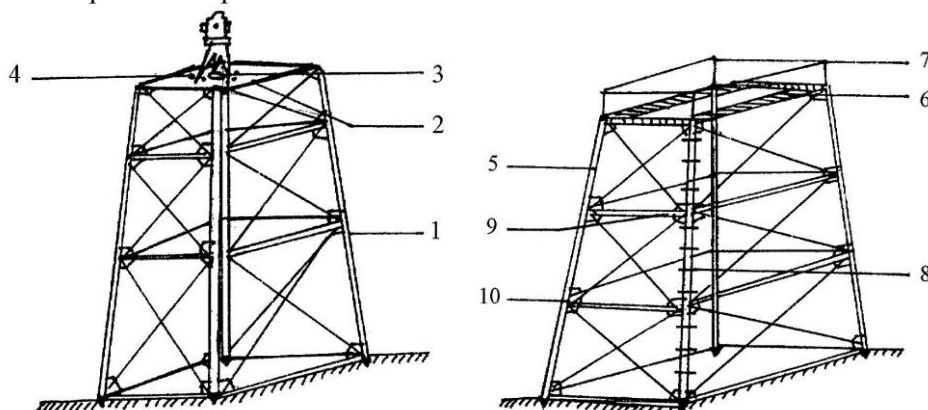


Рис. 2. Сборно-разборный металлический сигнал:

а – внешняя часть; б – внутренняя часть:

1 – внутренняя пирамида; 2 – плита; 3 – круговое отверстие в плите; 4 – углубление для установки ножек штатива над центром; 5 – внешняя пирамида; 6 – ленточный помост для перемещения наблюдателя; 7 – перила безопасности; 8 – перекладки для подъема наблюдателя; 9 – металлические секции; 10 – стыковые соединения

Заложенные в землю центры, являющиеся носителями координат и высот пунктов, должны быть надежно закреплены на местности. Устойчивость центра в грунте зависит от многих факторов: от состава и свойств грунта (скала, суглинков, меловые отложения и т. п.), глубины промерзания и оттаивания грунта, изменения влажности грунта, изменения уровня грунтовых вод и др. [5] Важнейшим требованием, предъявляемым к центрам геодезических пунктов государственной геодезической сети, является сохранность центра и неизменность его положения в грунте в плане и по высоте в течение длительного времени, причем независимо от класса сети. Для выполнения этого требования центры делают из высокопрочных строительных материалов: железобетонных пилонов и свай, асбоцементных и металлических труб, покрываемых антикоррозийными средствами. Основание центра закрепляют якорным устройством и закладывают ниже границы промерзания грунтов (в средней полосе страны) или ниже границы оттаивания грунтов (в зоне многолетней мерзлоты).

[6] Особое внимание должно уделяться устройству якорей и защите центра от коррозии, а также предохранению от скопления воды у верхней части центра.

Модернизация центров в ближайшем будущем должна пойти в направлении замены бетонных и металлических труб трубами из полимерных материалов, как более стойких против их разрушения процессами, происходящими в окружающей среде. Бетонные монолиты можно заменить асбоцементными трубами подходящего размера, заполненными раствором цемента. Во всяком случае такие трубы будут более дешевы и удобны для закладки и транспортировки, чем бетонные монолиты и железные трубы. Бетонные центры при всех их достоинствах имеют значительную массу, требуют соблюдения определенного режима в закладке и высококачественных материалов для их изготовления, что в экспедиционных условиях не всегда доступно.

**Выводы.** Территория Российской Федерации очень разнообразна по физико-

географическим и климатическим условиям. Поэтому вопросам надежного закрепления и сохранности центров геодезических пунктов необходимо уделять большое внимание. В этой области геодезистами ведутся специальные исследования по разработке центров, имеющих оптимальные конструкции для разных районов страны, включая районы сезонного промерзания грунтов, многолетней мерзлоты, сыпучих песков и горной местности.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГКИНП(ГНТА)-01-006-03. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.nchkz.ru/lib/50/50343/index.htm> (дата обращения: 18.11. 2015);
2. Судаков С. Г. Основные геодезические сети - М.: Недра, 1975. 368 с.;
3. Ермаков В.С., Михаленко Е.Б., Загрядская Н.Н., Беляев Н.Д., Духовской Ф.Н. Инже-

нерная геодезия. Геодезические сети. Учеб. пособие. СПб.: Изд. СПбГПУ, 2003. 40 с.;

4. Пат. 2172933 Российская Федерация, МПК G 01 С 15/00. Топографические приборы и принадлежности, не отнесенные к группам 1/00 / Никитин А.В.; заявитель и патентообладатель Хабаровский государственный технический университет. заявл. 04.08.1999 ; опубл. 27.08.2001.

5. Правила закладки центров и реперов на пунктах геодезической и нивелирной сетей. - М.: Карт- геоцентр - Геодезиздат, 1993, 104с.;

6. Геодезия для студентов, аспирантов и преподавателей. Центры геодезических пунктов. [Электронный ресурс]. URL: <http://geodetics.ru/center.html> (дата обращения: 18.11. 2015)

---

**Lozovaya N. M. Lozovaja C. Y., Prazina E. A., Martynova N. S.**

### PROBLEMS IN THE DEVELOPMENT OF DESIGNS REFERENCE POINTS OF GEODETIC NETWORKS

*Currently, the reconstruction and construction of strong points of the state geodetic network require special attention. To ensure their operating characteristics it is necessary to modernize not only the construction of the supporting paragraphs, but also of their components - the center and the signal. For constructional and economic reasons, it is proposed to use collapsible portable structure of the signal. To ensure the sustainability of the centre in the proposed soil replacement with concrete monoliths and metallic pipe materials with greater strength and ease of laying. These issues require careful consideration for the construction of strong points the most efficiently meet operational and climate requirements for different regions of the Russian Federation.*

**Key words:** *geodetic network, the reference point, the center of geodetic points, geodetic signal points, round, simple alarm, pyramid.*

---

**Лозовой Николай Михайлович**, канд. техн. наук, доцент, научный сотрудник кафедры городского кадастра и инженерных изысканий.

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

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

E-mail: lozwa88@mail.ru

**Лозовая Светлана Юрьевна**, доктор техн. наук, профессор, научный сотрудник кафедры городского кадастра и инженерных изысканий.

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

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

E-mail: lozwa@mail.ru

**Празина Екатерина Алексеевна**, студентка кафедры городского кадастра и инженерных изысканий.

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

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

E-mail: eprazina@mail.ru

**Мартынова Наталья Сергеевна**, студентка кафедры городского кадастра и инженерных изысканий.

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

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

E-mail: nataychik9@gmail.com

Зиятдинов З.З., канд. арх., доц.  
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

## ТЕРРИТОРИАЛЬНО-ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ЭКСПАНСИЯ ВТОРОГО ЖИЛИЩА

z.uf@yandex.ru

*Отмечено, что массовое строительство второго жилища приводит к обострению градостроительных проблем развития населенных мест и систем расселения разных территориальных уровней. Показана история расширения ареалов распространения второго жилища с 18 века по настоящее время. Выявлены тенденции и этапы территориальной экспансии сезонных загородных домов: постоянное расширение ареалов строительства вторых жилищ, соединение и наложение зон их строительства для разных городов, регионов и государств; зависимость между радиусом границы ареалов и скоростными характеристиками транспорта для передвижений во вторые жилища; эквивалентность размеров поселений площадям ареалов распространения вторых жилищ; наибольшая концентрация домов для временного пребывания в зонах с благоприятным для жизнедеятельности природно-климатическими условиями и высокой степенью аттрактивности ландшафтов. Выделены периоды начала интенсивного распространения второго жилища в поселениях разной величины. Отмечены современные тренды расширения ареалов распространения второго жилища. Представлен ряд градостроительных последствий экспансии второго жилища в пространственно-временном континууме для формирования архитектурно-планировочных структур градостроительных систем.*

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

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

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

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

В связи с этим возникает необходимость изучения ретроспективы развития ареалов рас-

пространения второго жилища, что в публикациях отечественных и зарубежных авторов до настоящего времени не рассматривалось.

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

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

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

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

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

**Основная часть.** В качестве первого этапа развития второго жилища примем начало XVIII века, когда оно становится относительно массовым явлением.

**В XVIII веке** загородные дома для отдыха и занятий садоводством и огородничеством появляются в пригородах столиц европейских государств: Парижа, Москвы, Берлина, Рима, Барселоны, Лондона и т.д. В Германии самый первый поселок вторых жилищ в виде Kleingartenanlage

появился в 1814 году в пригороде города Karpeln an der Schlei. В поселке было всего 24 участка площадью по 600 кв. м каждый [4, с. 14]. Затем Kleingarten появились в пригородах городов Hessen, Schleswig, Holstein, Armengarten, Dresden, Leipzig, Frankfurt-am-Main [4].

**В начале и середине XIX века** второе жилище продолжает развиваться в пригородных зонах столичных городов и появляется в окружении городов-центров регионов: губерний (Россия), земель (ФРГ), кантонов (Швейцария), штатов (США) и т.д. В России вырастают дачные поселки вокруг Киева, Нижнего Новгорода, Самары, Казани, Астрахани; дальнейшее развитие получают места для летнего проживания под Санкт-Петербургом и под Москвой (в Кунцево, Сокольниках, Останкино, Перово, в Царском Селе, Павловске, Петергофе, Стрельне и др.). Вторые жилища располагаются, в большинстве случаев, в существующих сельских поселениях, реже – на свободных территориях вне поселений. Число участков и вторых домов на одной площадке, как правило, составляло от 1 до 20 единиц. Второе жилище приобретается в основном зажиточными слоями общества: купцы, дворяне, чиновники, владельцы крупных земельных угодий [5].

**До середины XIX века** поселения не имели автомобильного и железнодорожного сообщения, радиус границы территорий распространения второго жилища равнялся 90-минутной пешеходной или «конно-гузевой» доступности, т.е. составлял не более 10 – 15 км, что справедливо для 90 % городов [5].

**В середине XIX века** в развитых государствах начинается интенсивное строительство железных дорог, что привело к увеличению скорости передвижений и расширению ареалов размещения второго жилища. В России в 1837 году состоялось официальное открытие первой в стране Царскосельской железной дороги. Вдоль железнодорожных линий, на территориях в окружении железнодорожных станций, возникают новые поселки вторых жилищ. Расширяются существующие поселки в пределах часовой пешеходной доступности города и появляются новые – на более отдаленных (соответствующих скорости передвижений на железнодорожном транспорте) расстояниях от городов – 20 – 50 км. В России в подмосковье вторые жилища появились в Химках, Ховрине, Тарасовке, Пушкино, Малаховке, Томилино. В Украине дачные поселки под Киевом возникли при станциях железных дорог в Боярке, Ворзеле, Немешаево, Тетерева, Караваевых Дачах, Дарнице [6].

Таблица 1

Периоды начала интенсивного развития второго жилища для поселений разной величины

| Численность Жителей поселения, тыс. жителей | Годы |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                             | 1860 | 1880 | 1900 | 1920 | 1940 | 1960 | 1970 | 1975 | 1980 | 1985 | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2015 | 2020 |
| Менее 10                                    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 10 – 20                                     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 20 – 50                                     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 50 – 100                                    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 100 – 250                                   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 250 – 500                                   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 500 – 1000                                  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 1000 – 3000                                 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Более 3000                                  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

Примечания к таблице 1: В таблице указана численность населения для настоящего времени

**Во второй половине XIX века** распространение второго жилища в экономически развитых странах интенсифицируется. Это связано с промышленной революцией, индустриализацией экономики, возведением новых мануфактур, фабрик, заводов, расширением строительства железных дорог и массовым переселением крестьян в города для работы на промышленных объектах. В России массовое переселение крестьян началось после отмены в 1861 году крепостного права. В Европе второе жилище появляется как необходимость продовольственного самообеспечения и как реакция на плохие жизненно-бытовые условия в новых рабочих поселках и городках, которые располагались в непо-

средственной близости от промышленных объектов, без соблюдения санитарно-защитных зон. Многие рабочие проживали в условиях большой скученности в бараках, самодельных постройках, землянках, в арендованных помещениях. Еще одной причиной стремления бывших крестьян иметь дом с приусадебным участком исследователи называют привычку к прививаемому с детства сельскохозяйственному труду и генетическую память о земледелии.

В России вторые жилища приобретаются не только богатыми, но и менее зажиточными людьми: лавочники, писари, приказчики, ремесленники, высокооплачиваемые рабочие, представители класса интеллигенции. Землевладель-

цы и местные власти стали сдавать земли в аренду для постройки летних домов. «...Строительство дач в окрестностях Петербурга принимает небывалый размах. Набеги горожан на свежий воздух приобретают тотальный характер... Возникает новое понятие «дачная местность»...Складывается новый вид поселений – дачные поселки» [5]. «...В 1888 году ...вокруг Москвы насчитывалось более 6 тысяч дач, которые располагались в 178 поселках и деревнях. В то время дача чаще всего представляла собой обычную деревенскую избу, без каких бы то ни было бытовых удобств. Практически все первые дачи не принадлежали горожанам, а брались в аренду – за 20–25 рублей в месяц. Только наиболее зажиточные городские жители могли себе позволить строительство собственного особняка, причем земля чаще всего арендовалась на срок до 50 лет» [7]. Вторые жилища все больше начинают группироваться в отдельные поселки и строиться вне городских и сельских поселений.

**В конце XIX – начале XX веков** увеличивается количество вторых жилищ в пригородах столичных городов, особенно вдоль железных дорог, и появляются новые поселки вторых жилищ в пригородных зонах региональных (областных) центров и вблизи крупных городов, в окружении промышленных центров, поселений при узловых станциях железных дорог, в курортно-туристических районах, в районах с высокой степенью аттрактивности ландшафтов [6]. При этом подавляющее большинство вторых жилищ распространяется в двух частях света: в Европе и Северной Америке, – там, где в начале XX века имелись наиболее развитые экономики. В Азии, Африке, Австралии и Латинской Америке второе жилище развивается в несущественных объемах [8]. По состоянию на 1888 год в пригородной зоне Москвы насчитывалось более 6000 дач, расположенных в 180 поселках, куда в летнее время переселялось до 40000 жителей столицы. «...Дача сама по себе становится просто модной, а времяпрепровождение здесь – популярным, многим доступным» [5].

**В первой половине XX века** в ряде государств начинается развитие автомобильного транспорта: появляются автозаводы и начинается производство новых автомобилей, появляются внутригородские и межселенные автобусы, растет уровень автомобилизации населения, реконструируются существующие и строятся новые автомагистрали. Ареалы размещения второго жилища начинают терять «прикрепленность» к железнодорожным линиям и распространяются на территориях вдоль автомагистралей. «Звездообразная» форма ареалов приобретает новые лучи – автодороги. Второе жилище развивается преимущественно в урбанизированных районах, его приобретают жители многоэтажной

застройки без приусадебных участков больших, крупных и крупнейших городов.

**Во второй половине XX века**, особенно после 60-х годов, второе жилище начинает активно распространяться по всей территории ряда развитых стран, среди всех социальных слоев и групп населения. Так, в Австрии в довоенное время ареалы размещения второго жилища ограничивались в основном пригородной зоной Вены, а в послевоенное время они начинают охватывать все кантоны (административно-территориальная единица Австрии) страны [3]. Аналогичная ситуация прослеживается в Англии, Германии, Дании, Канаде, Польше, Словакии, СССР, США, Швейцарии, Швеции, Франции, Чехии и многих других государствах [5, 23].

**В последней четверти XX века** владение вторым жилищем проявляется как закономерное явление не только для жителей крупных городов, но и для жителей более мелких по численности населения поселений, включая поселки городского типа и сельские поселения [1]. Уровень автомобилизации населения во многих развитых странах достигает величины 300 – 400 и более автомобилей на 1000 жителей, что означает в среднем наличие автомобиля у каждой семьи. Ареалы второго жилища, продолжая активное распространение на внегородских землях, начинают активно захватывать города. Многие граждане приобретают вторые жилища за рубежом и тем самым расширяют ареалы расположения вторых жилищ за пределы границ государств и континентов. Второе жилище охватывает страны Северной и Центральной Америки, Карибского бассейна, Западной и Восточной Европы, Австралию, начинает свою экспансию в ряде государств Азии, Латинской Америки, северной и южной Африки.

**В XXI веке** ареалы второго жилища активно вторгаются в Китай, ЮАР, Южную Корею, Индонезию, Бразилию, Новую Зеландию. В некоторых странах территория, охваченная ареалами второго жилища, становится обширнее, чем территория вне ареалов второго жилища: Австрия, Швейцария, Испания, Швеция, Финляндия, Россия, Норвегия, Португалия, Мексика. Многие первые жилища становятся вторыми: когда семья, переезжая на новое место жительства, оставляет бывшее первое жилище в качестве второго; когда иностранцы покупают жилые помещения и используют их временно. И наоборот, многие вторые жилища превращаются в первые – за счет того, что во втором жилище начинают пребывать дольше, чем в первом жилище. Ареалы второго жилища переплетаются с ареалами первого жилища. В городах, пригородных зонах, в сельских поселениях и в поселках вторых жилищ возникают зоны смешанной по функциональному типу застройки. Пустую



щие большую часть времени года вторые жилища образуют «мертвые» зоны, которые чередуются с зонами активной жизнедеятельности в первых жилищах [9–15].

ются с зонами активной жизнедеятельности в первых жилищах [9–15].

Таблица 2

### Современные тренды расширения ареалов второго жилища в России

| Тенденции развития второго жилища                                  |                                | Годы |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                                                    |                                | 1970 | 1975 | 1980 | 1985 | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2015 | 2020 | 2025 | 2030 |
| Приобретение ВЖ жителями                                           | многоквартирных домов в селах  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                                                                    | односемейных домов с участками |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Приобретение под вторые жилища                                     | горожанами домов в селах       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                                                                    | селянами квартир в городах     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Приобретение вторых жилищ в России вне региона проживания          |                                |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Приобретение вторых жилищ за рубежом                               |                                |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Рост числа вторых жилищ в виде квартир в столичных городах         |                                |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Рост числа вторых жилищ в виде квартир в крупных городах           |                                |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Приобретение горожанами квартир в малых городах                    |                                |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Рост числа и доли семей, имеющих несколько вторых жилищ            |                                |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Распространение второго жилища типа «экодом» в экодеревах          |                                |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Распространение второго жилища в необычных средах (см. примечание) |                                |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Распространение второго жилища типа «плавающий дом»                |                                |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Распространение мобильных видов второго жилища (караванинги)       |                                |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

Примечания к таблице 2: 1. ВЖ – второе жилище; 2. Распространение второго жилища в необычных средах: имеется в виду на деревьях, подземные, подводные; 3. Данные на период после 2015 года – прогнозные

#### Выводы.

1. Ареалы распространения второго жилища перманентно расширяются в пространственно-временном континууме.

2. В XX и XXI веках происходит соединение и наложение зон строительства загородных сезонных домов для разных городов, регионов и государств.

3. Имеется тесная положительная корреляционная зависимость между величиной радиуса (и площадями) ареалов распространения второго жилища и:

- скоростными характеристиками транспорта для передвижений во вторые жилища и уровнем развития транспортной инфраструктуры;

- размерами городских поселений основного проживания владельцев вторых жилищ.

4. Наибольшая концентрация домов для временного пребывания наблюдается в зонах с благоприятным для жизнедеятельности природно-климатическими условиями и высокой степенью выразительности ландшафтов.

5. Расширение ареалов распространения второго жилища имеет ряд градостроительных последствий для формирования архитектурно-планировочных структур градостроительных систем:

- возрастание доли земель под вторыми жилищами в балансе землепользования на уровне муниципалитетов, регионов и государств (за счет роста средней площади наделов, занимаемых вторыми жилищами одной семьи, и роста совокупной площади земель под всеми вторыми жилищами);

- увеличение объемов инвестиций в строительство вторых жилищ в связи с ростом их количества и увеличением протяженности инженерно-транспортных коммуникаций для обеспечения дачных участков на удаленных ареалах;

- изменение таких параметров транспортной маятниковой миграционной подвижности населения, как средняя дальность поездки и средняя трудность сообщений во вторые жилища.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Conference of European Statisticians. Ownership of second homes in a globalized world. The World Tourism Organization. UN Economic and Social Council. Distr.: General. February 17, 2010.
2. Зиятдинов, З.З. Инновации в изучении второго жилища // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. №4. С. 11–15.
3. Зиятдинов, З.З. Градостроительные проблемы развития второго жилища // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2014. № 1. С. 25 – 27.
4. Achim F. Die soziale Funktionen des Kleingartenwesens // Stadt + Grün. 2008. № 7. P. 14 – 18.
5. Поморов С.Б. Второе жилище горожан или дом на природе. Урбоэкологические аспекты городского жилища: научная монография. – Новосибирск: изд-во НГАХА, 2004, 472 с.
6. Ясиевич В. Архитектура Украины на рубеже XIX – XX веков. Промышленные, сельскохозяйственные и дачные поселки [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <http://alyoshim.ru/Files/publika> (дата обращения 26.11.2014).
7. Во сколько москвичу обойдется желание стать дачником [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <http://www.s-t-s.ru/118-vo-skolko-moskvichu-oboydetsya-zhelanie-stat-dachnikom.html> (дата обращения 15.05.2015).
8. Wang X. The Second Home Phenomenon in Haikou, China / Waterloo, Ontario, Canada. 2006. 150 Pp.
9. Нефедова Т.Г., Пэллот Д. Неизвестное сельское хозяйство, или Зачем нужна корова? / Институт географии Российской академии наук, Оксфордский университет. Новое издательство. 2006. 320 с.
10. Marcouiller D. W., Gartner W. F., Chraca A. Recreational Homes and Planning in Gateway Communities: University of Wisconsin – Madison. Department of Urban and Regional Planning // Working Paper 13-2. March 8, 2013. 40 Pp.
11. Hiltunen M.J., Rehunen A. Second home mobility in Finland: Patterns, practices and relations of leisure oriented mobile lifestyle / Helsinki, 2012. Fennia 192: 1, Pp.1-22.
12. Зиятдинов З.З. Второе жилище в структуре города [Электронный ресурс] / З.З. Зиятдинов // Архитектон: известия вузов. – 2013. – №3(43). – Режим доступа: [http://archvuz.ru/2013\\_3/20](http://archvuz.ru/2013_3/20).
13. Lemmen A. Second Home Development in South Africa / University Utrecht. March, 2011. 100 P.
14. Pekka K. Resorts, Second Home Owners and Distance: a Case Study in Northern Finland / Fennia 188:2. Helsinki, 2010. Pp. 163-178.
15. Lanki T., Huhtala A. Valuation of trips to second homes in the country: Do environmental attributes matter? / Paper prepared for presentation at the EAEE 2011 Congress. Change and Uncertainty. Challenges for Agriculture, Food and Natural Resources // ETH Zurich, Zurich, 2011. P. 13.

---

**Ziyatdinov Z. Z.****SPATIAL EXPANSION OF SECOND HOMES**

*It is noted that the mass construction of second homes exacerbated the urban problems of the development of settlements and settlement systems in different territorial levels. Shows the history of the expansion of the areas of the second dwelling from the 18th century to the present. The trends and stages of territorial expansion, seasonal country houses: the constant expansion of the areas of construction of second dwellings, the connection and overlapping zones of their construction for different cities, regions and States; the relationship between the radius of the border areas and high-speed characteristics of the transport for movement within the second housing; the equivalence of the sizes of settlements the areas of distribution of the second housing; the largest concentration of houses for temporary stay in areas with favorable for activity of natural-climatic conditions and a high degree of attractiveness of landscapes. Dedicated periods of intensive distribution of second homes in the settlements of different size. Marked modern trends in expansion of distribution ranges of second homes. Presents a range of urban impacts of second home expansion in the space-time continuum to form architectural structures of urban systems.*

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

---

**Зиятдинов Зуфар Закисевич**, кандидат архитектуры, доцент кафедры основ архитектурного проектирования. Пензенский государственный университет архитектуры и строительства.  
Адрес: Россия, 440028, Пенза, ул. Германа Титова, 28  
E-mail: [z.uf@yandex.ru](mailto:z.uf@yandex.ru)

Горюжанкин В.К., доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## СЮЖЕТЫ ТЕКТОНИЧЕСКИХ СУПЕРПОЗИЦИЙ

vk.goro@yandex.ru

Прикрепление профессиональных навыков зодчего к организационным формам проектирования изменило онтологию архитектуры. Определение Л.Б. Альберти «вся архитектура заключена в постройках и очертаниях» открывает эпоху «композиционной формы», основу которой составляет изображение, «склеенное» с формами постройки. Одной из таких склеек оказалась тектоника, которая соединила изображение напряжений в конструкции с другими семиотическими элементами фасадной морфологии. Семиозис визуальных знаков обнаруживает смещение исходных тектонических значений в новые сюжеты.

**Ключевые слова:** композиционная форма, тектонический изоморфизм, суперпозиция.

1. *Композиционная форма.* В 1457 году Л.Б. Альберти изобрёл прибор для построения перспективы «с натуры», который представляет полупрозрачный экран в виде редкой сетки, расположенный между глазом и видимым предметом. Это устройство было описано в сочинении «три книги о живописи», там же им, впервые, использован термин «композиция». Л.Б. Альберти и математик П. Тосканелли, сформулировали идею сечения зрительного конуса, которую Гаспар Монж основательно развил в разделе «перспектива», в созданной им во второй половине XVIII века теории начертательной геометрии [1]. Составляющие идеи механического изображения, извлечённого

из визуального контакта наблюдателя с объектом, и существующего с изменяемой дистанцией вне объекта наблюдения, могли способствовать формированию идеи композиции. Во всяком случае, идея композиционной формы была осознанно использована в виде сценической декорации при оформлении театра Олимпико в Виченце, Винченцо Скамоцци (рис. 1). В течении XIX века область моделей композиционной формы была расширена: в неё входили не только ортогональные склейки, но и аксонометрические, и перспективные конгломераты геометрической модели и формы постройки (рис.2) [2].



Рис.1. А. Палладио, В. Скамоцци. Композиционная форма сцены театра Олимпико в Виченце, 1595



Рис.2. А.Горохов. Композиционная форма особняка А. Юзефовича в Харькове, 1913

2. *Принцип семиозиса.* Архитектурный смысл несут значения, закреплённые за материалом и пластикой построек, графическими формами и словами. Связываясь с семиотической формой, «зачёрпнутый» смысл становится передаваемым и в силу этого значимым. Формы «сами по себе» не обладают архитектурной (или любой другой) семантикой, но вне коммуникации, абстрактные формы могут комбинироваться и сочетаться, образуя

«пустые» знаковые формы, которым ещё предстоит зачерпнуть некий смысл, приобрести новые предметные значения. Иллюстрацией такого семиозиса могут служить операции с множествами («булевы операции» - отрицание, конъюнкция, дизъюнкция), открытые в середине XIX века, затем к концу XX века были освоены как операции объединения, пересечения и дополнения, которые стали основой для языков

формообразования в компьютерном моделировании [3].

3. *Принцип суперпозиции.* Архитекторы издавна используют математический принцип суперпозиции – подстановки функции в функцию при ярусном монтаже ордерных систем. Монтаж ордеров можно обнаружить в Колизее, где они вырезаны из мягкого туфа и выполняют декоративную роль, так как основным конструктивным материалом при его строительстве в древнем Риме был монолитный бетон в опалубке из плинта. Поэтому, потомки строителей Колизея воспринимали ярусную композицию ордеров как архитектурную иллюстрацию античных мифов. В Новое время принцип подстановки мифологического смысла в иконе-образе в функции значения прочностных свойств постройки – был назван «ордерная суперпозиция». Её правила основаны на интерпретации антропоморфизма ордеров в виде шкалы отношений, абстрагированных в категориях «тяжести/легкости». Последние уточнения в формулировании правил ордерной суперпозиции сделал в сочинении 1615 года В.Скамоцци. Он писал: «тяжёлые ордера», такие как тосканский и дорический, «усиленные» рустикой, должны размещаться в цоколе здания, или в нижнем ярусе мостов. Над ними следует располагать более лёгкий – ионический ордер, пропорции и пластика которого соответствуют образу зрелой женщины; выше следует размещать колоннаду «пышного» композитного ордера; а верхний ярус предназначен для самого легкого «девичьего» строя, поэтому он отдан коринфскому ордеру. В ярусном порядке расположения допускались пропуски, но не перестановки.

4. *Семнозис суперпозиции.* В конце XX века использование принципа суперпозиции сместилось в область слоев графической морфологии: в парке Ла-Виллет группа Бернара Чуми использовала наложение слоев точек, линий и поверхностей для получения «комбайна» павильонов, путей и ландшафта, при этом, каждый из слоёв содержит (хранит) свойственное, присущее только ему, композиционное единство (рис.3). В ходе международного конкурса на «проект парка XXI века», лауреаты которого (Б. Чуми и Р. Коолхас) интерпретировали принцип суперпозиции, и деструкция графических слоев с последующей сборкой «комбайна» (многослойно – составной композитной формы) явился отличительным принципом метода деконструктивизма.

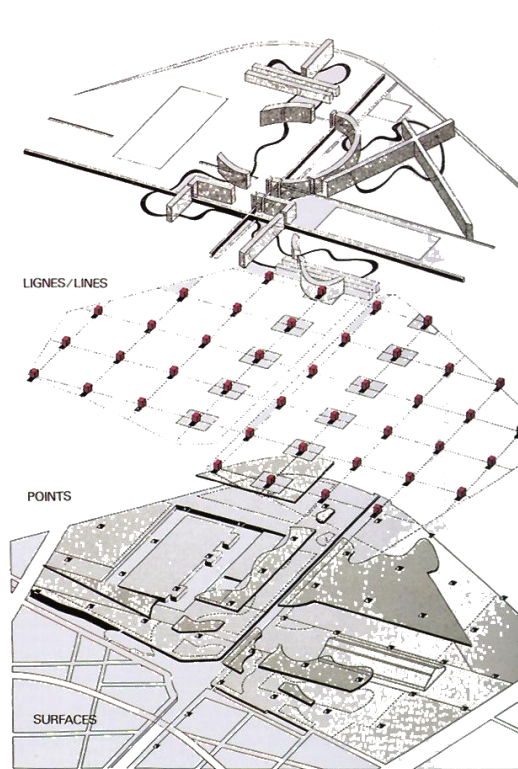


Рис. 3. Суперпозиция в конкурсном проекте парка Ла-Виллет группы Б. Чуми, 1983

5. *Составная композитная форма.* Парк Ла-Виллет, площадью 55 га, характеризует полифункциональное пространство, построенное по принципу коллажа ранее существовавших на участке исторических построек и новых сооружений, дополняющих ландшафт (рис. 4). Современные парковые павильоны продолжают перечень рекреационной деятельности: клубные помещения, студии, кафе, кинотеатры, детские игровые и торговые павильоны, астрономические обсерватории и декоративные павильоны без назначения. Расположенные по модульной сетке с ячейкой 120×120 метров, они komponуются на основании из монолитного бетона в габаритном кубе с ребром 10,8 метров. Их легкая конструкция позволяет демонтаж и замену, а также, комбинацию новых форм из демонтированных конструктивных элементов. Павильоны выполнены в конструктивистском стиле, обшиты металлом, окрашены в ярко красный цвет, контрастирующий с фоном окружения. Дополнительным параметром единства слоя (кроме геометрии расположения, стиля формообразования и цвета конструкции) выступила словесная форма – все они названы «фоли» (folie), что в переводе с английского означает «безумие», а французы так называют небольшие беседки и павильоны. Но, в сознательном смещении масштабного ряда



англо-говорящий и англо-мыслящий Б. Чуми не являлся французом!



Рис. 4. Б. Чуми. Составная композитная форма парка Ла-Виллет

#### 6. Тектонический изоморфизм.

Символические формы архитектурных знаков проявляются в том, что форма выражает нечто другое, чем она является зрению в действительности: три ордерных строя представляют мужской, женский и девичий характер. Антропоморфный сюжет мог возникнуть в архаическом сознании, одним из мифов которого является человекоподобие мира или мира, представленного телом бога [4]. Позднее, в античной мифологии, боги и герои представлялись некими комбайнами человеко-зверей. Такое миропредставление свидетельствовало о развитии мышления, достигшего уровня выделения человеческой активности из пассивной природной субстанции, но ещё далеком от мировоззрения властителя, творящего «вторую», им ассимилированную природу. Архитектурными смыслами наделялись строительные детали в период, когда вторая природа еще не существовала в оппозиции к

первой, душа не могла расстаться с телом и боги были не столь душевны, сколь телесны. Их могущество над природой не могло вмещаться в человеческое тело, подобное телу зверей, поэтому священное физически объединяет разные части природного материала в комбайны типа кентавра и минотавра (зооморфный сюжет). Подобно этому, коринфская капитель, соединяет формы естественного происхождения и искусственного толка в нерасторжимое единство. Миф гласит, что Аполлон догнал Дафну, но обнял лавровый куст, в который она превратилась, и был увенчан лавровым венком. Г.С. Лебедева приводит снимок храма Аполлона [3], который мы дополнили коллажем, интерпретирующим биоморфный сюжет античного мифа (рис. 5).



Рис 5. Коринф, храм Аполлона: совмещение искусственной и естественной компонент

Используя сюжет биологической морфологии, Б. Чуми разработал фасадный декор (изобразив бетонные деревья) для культурного центра ANIMA в Гроттаммаре (центральная Италия), намеченного к строительству в 2016 году: (рис.6).

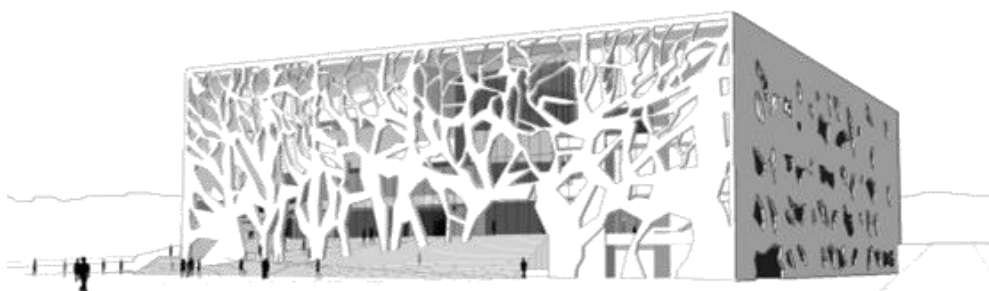


Рис. 6. Бернар Чуми. Культурный центр ANIMA в Гроттаммаре (Италия), 2016

7 Сюжет «произрастания». Говоря о тектонических впечатлениях, которые производит Баптистерий в Пизе, Р. Арнхейм сравнивает его с побегом спаржи, проросшей из грядки. Арнхейм замечает, слабую детализовку его подножия, фиксирующего разделительную линию между массивом здания и поверхностью земли. Это проемы четырех относительно маленьких дверей и базы пилястров, поддерживающих аркатурный пояс. Первый от земли пояс здания

выглядит как цилиндр, который не обнаруживает стремления «остановиться» на уровне земли. Противоположно этому, твердо стоит на земле, построенный Браманте, храм Темплетто в Монторио. Достаточно одного взгляда, чтобы немедленно увидеть различие принципа: здесь пояс балюстрады четко фиксирует середину, а купол интенсивно уравновешен высоким перистилем, покоящимся на четком основании стереобата (рис.7).

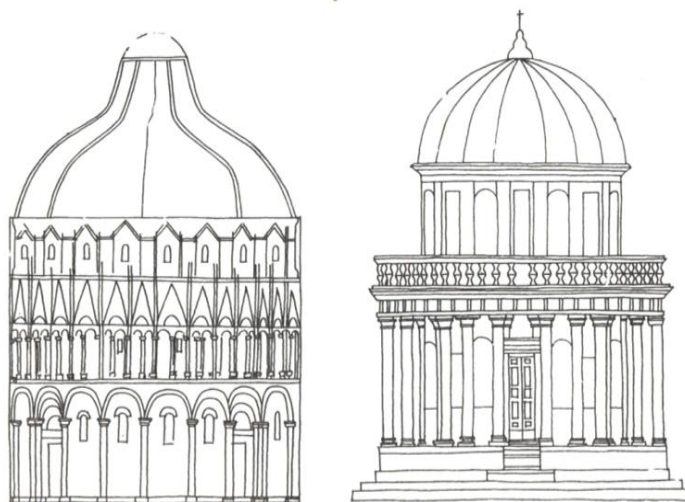


Рис. 7. Сюжет произрастания – сравнительный анализ фасадов Баптистерия в Пизе и Темплетто в Монторио (по Арнхейму)

7 *Архитектоническое кодирование.* Мифологическому сознанию архитектура явилась как часть мифа о создании вселенной. Всякое строительство было возвращением к божественному прецеденту: каждый построенный дом был вновь созданным миром, и имитировал акт сотворения мира. Симметрия и членения фасада воспроизводят модель сакрального пространства, каким оно, например, представляется в конструкциях алтарей и иконостасов (рис. 8). Образное толкование такой модели, названной В. Топоровым «мировое древо», изображается на картинах и излагается в мифах. Подземное, дольнее (земное) и нагорное (небесное) царства в сакральных текстах символизируют равновесие добра и зла. В теории ордера давно обратили внимание трёх частность членения формы: опорная, несущая и накрывающая части (в антаблемента – риз, фриз, карниз, в колонне – пьедестал, ствол, капитель и так далее). Но, если разделение конструкции на части может толковаться прагматически - выделение цоколя, стены и карниза защищают постройку от влаги, то членения ордерных форм горизонтальные слои представляют код действия, организующего художественную форму – относятся к уровню композиционного

*моделирования.* Формы построек должны были быть одновременно природными - колонна изображает ствол дерева, но дерево является нам символом единства мира – колонна это «мировое древо», подпирающее небесный покров (свод и покрытие), уходящее корнями в подземное царство мертвых и т.п. [7]. Архитектурные символы могли выступать единицами естественного языка мифологического миропонимания, то есть изобразительными знаками типа иероглифов или пиктограмм в «дзвукословном письме» и ей соответствующей ритуальной культуре. Пропорция обретала архитектурное содержание только в связи с архитектурой космоса. «Музыка небесных сфер» не только застыла в архитектуре, но и вызвала в ней резонанс космического звучания.

8 *Семантика текстов тектонического кодирования.* Архитектурные формы были одновременно символами, служащими лучшему запоминанию устных преданий, и аллегориями, - ссылкой на контекст высказывания в напоминание о его сюжете. Такая «устная» архитектура не могла воспроизводиться в подлинном контексте спустя время, - искусство «каменной летописи» взяло на себя обязанность хранить избыточное содержание, возможно, без мысли о его последующем востребовании.

Гипотеза О. Шуази о происхождении мраморных форм ордера, копирующих детали деревянного каркаса, отражает ситуацию «таинства» архитектурной формы. Копируя форму, зодчие обозначили емкость, вмещающую всевозможные догадки о полноте смысла. Также, сегодня не удастся восстановить истинный путь антропоморфной легенды в архитектуру, служащей на протяжении тысячелетий ядром содержания её ордерных композиций. С большой убежденностью можно развивать гипотезу о скульптурном первородстве этой идеи. Каноны Поликлета и Лиссипа, как известно, разные модели пропорций человеческого тела, вполне могли быть взяты как аналогии для архитектуры, с вытекающими отсюда последствиями.

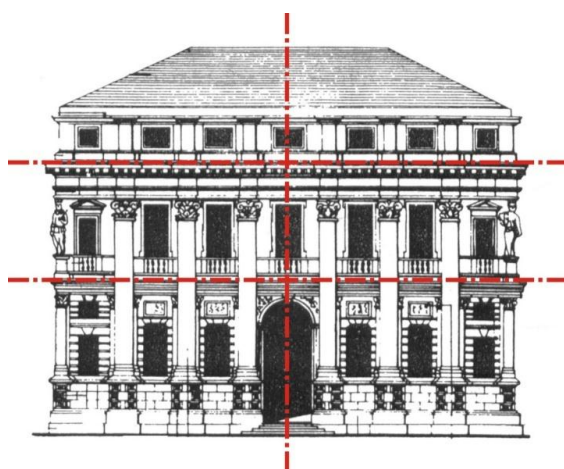


Рис. 8. Мировое древо: фасад изображает структуру мироздания



Рис. 9. Жан-Жак Лекё. Ориентированный на юг коровник на свежем лугу

**9 Бутафория в архитектуре.** Роберт Вентури и Дениз Скотт Брун обнаружили проявления композитной формы в архитектуре в «декорированных сараях» и «утках» [8]. Они определили различия с функциональных позиций, не заостряя внимания на традиционном формообразовании. Для контекста формообразования важно, что «утка» от Вентури, как и «корова» от Ж.- Ж. Лекё, разрывают связи архитектурной формы со строительством, то есть перестают изображать составление отдельных строительных деталей в единую конструкцию, порывая с тектоникой (рис. 9). Примеры архитектурной формы, придуманной поэтами «бутафории», можно обнаружить в биографии Гавроша (из романа В. Гюго «Отверженные»), убежищем которого был обитаемый макет скульптуры «слона» на площади Бастилии в Париже 1832 года. Более современные примеры «бутафорской формы» в архитектуре можно обнаружить, например, в «доме-облаке» на ЭКСПО-2002, построенного на берегу швейцарского озера Нефшатель. В его основе заключена конструкция из стержней, в которой удерживается густое облако тумана длиной около 90 м, шириной 61 м и высотой около 20 м. Облако создается искусственно, для чего из озера Нефшатель выкачивается и фильтруется вода, которая затем под высоким давлением, мельчайшими частицами распыляется в воздух. Таким образом, конструкция скрывается в тумане, архитектурная форма «размывается», аннигилируется тектоника сооружения.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тадеев В.А. От живописи к проективной геометрии. К.: Выща школа, 1988. 232 с.

2. Горожанкин В. Архитектуроведение и драматургический подход. Сообщение 1: графический язык архитектуры. / Традиции и новации в высшем архитектурно-



художественном образовании. Харьков: ХДАДМ, 2001-2002. С. 215-217.

3. Кондаков Н.И. Логический словарь-справочник. М.: Наука, 1975. 720 с.

4. Стеблин-Каминский М.И. Миф. Л.: Наука, 1976. 104 с.

5. Азизян И.А., Добрицына И.А., Лебедева Г.С. Теория композиции как поэтика

архитектуры. М.: Прогресс. Традиция, 2002. 568 с.

6. Арнхейм Р. Динамика архитектурных форм. М.: Стройиздат, 1984. 193 с.

7. Топоров В.Н. Пространство и текст. /Текст: семантика и структура. М.: Наука, 1983. 302с.

8. Папертный В. Fuck context? Екатеринбург, Tatlin, 2011. 120 с.

---

**Gorozhankin V.K**

**STORIES TECTONIC SUPERPOSITIONS**

*Attaching the professional skills of the architect to design organizational forms changed ontology architecture. Determination of LB Alberti «the whole architecture is enclosed in buildings and outlines» opens an era of «composite form», which is based on image, "glued" to the forms of construction. One of these was the gluing tectonics, which connected the image of the stresses in the structure with other elements semiotic front morphology. Semiosis detect visual signs of tectonic displacement of the original values in the new plots.*

**Key words:** composite form, tectonic isomorphism, superposition.

---

**Горожанкин Валентин Константинович**, доцент кафедры архитектуры и градостроительства/  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

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

E-mail: vk.goro@yandex.ru



*Даниленко Е.П., доц.  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова  
Ермилова А.А., студент,  
Жильцов В.В., студент  
Белгородский государственный национальный исследовательский университет*

## К ВОПРОСУ УСТАНОВЛЕНИЯ ВИДОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ ПРИ ИХ ФОРМИРОВАНИИ ИЗ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ЗЕМЕЛЬ

danilenko\_ep@mail.ru

*В статье проведен анализ соответствия групп видов разрешенного использования земельных участков, установленных приказом Министерством экономического развития РФ от 01.09.2014 №540 «Об утверждении классификатора видов разрешенного использования земельных участков» видам использования земель, установленных Земельным кодексом РФ для земель различных категорий. Особое внимание уделено разрешённым видам использования земельных участков населённых пунктов и их соответствию Градостроительному Кодексу РФ.*

**Ключевые слова:** *земельный участок, земельное законодательство, использование земель, вид разрешенного использования, градостроительное зонирование.*

**Введение.** Ежегодно всеми муниципальными образованиями Российской Федерации из муниципальных земель формируются земельные участки для дальнейшего их предоставления различным юридическим и физическим лицам. При этом в документах о предоставлении земельного участка муниципалитетами, в соответствии с Земельным Кодексом Российской Федерации, указывается цель предоставления, то есть использование земельного участка для тех или иных видов хозяйственной деятельности.

Цель предоставления земельного участка в Российском законодательстве определяется как «Вид разрешённого использования». Вид разрешённого использования является неотъемлемой характеристикой земельных участков и в обязательном порядке указывается в документах Государственного кадастра недвижимости и документах, удостоверяющих право граждан и юридических лиц на земельные участки.

Виды разрешенного использования земель всех категорий регулируются Земельным Кодексом Российской Федерации [1] (далее - ЗК РФ). Однако 1 сентября 2014 года Министерством экономического развития Российской Федерации был издан приказ №540 «Об утверждении классификатора видов разрешенного использования земельных участков» [2] (далее - Приказ). Определено, что виды разрешенного использования земельных участков, устанавливаемые Классификатором видов разрешенного использования земельных участков (далее - Классификатор ВРИЗУ), вступают в силу по истечении 90 дней после дня его официального опубликования. Приказ (в редакции с изменениями от 30.09.2015) вступил в силу 03.11.2015 года.

В Классификаторе ВРИЗУ указаны наименование, описание и код вида разрешенного использования. Виды разрешенного использования в классификаторе разделены на 12 условных групп, которые обозначены соответствующими кодами (числовыми обозначениями).

**Основная часть.** Нами проведены исследования соответствия групп видов разрешенного использования Классификатора ВРИЗУ видам использования земель, установленных ЗК РФ для земель различных категорий.

В результате исследования установлено, Классификатор ВРИЗУ частично противоречит ЗК РФ, а для земель населённых пунктов - и Градостроительному Кодексу РФ [3].

Приведём результаты нашего исследования.

1. Земли сельскохозяйственного назначения.

ЗК РФ гласит, что земли сельскохозяйственного назначения могут использоваться для ведения сельскохозяйственной деятельности, научно-исследовательских, учебных и иных связанных с сельскохозяйственным производством целей. В табл. 1 приведены соотношения видов использования данных категорий земель согласно земельному кодексу и Классификатору ВРИЗУ.

Таким образом, в Классификаторе ВРИЗУ для земель сельскохозяйственного назначения, предназначенных для создания защитных лесных насаждений нет аналогичного установленного вида использования.

2. Земли населенных пунктов.

Виды разрешённого использования земельных участков установлены и Земельным, и Градостроительным Кодексами РФ. При этом градостроительное зонирование территории насе-

лённых пунктов на функциональные зоны прослеживается в Кодексах достаточно детально.

Согласно ст. 85 Земельного Кодекса РФ, в состав земель населенных пунктов могут входить земельные участки, отнесенные в соответствии с градостроительными регламентами к следующим территориальным зонам:

- 1) жилым;
- 2) общественно-деловым;

- 3) производственным;
- 4) инженерных и транспортных инфраструктур;
- 5) рекреационным;
- 6) сельскохозяйственного использования;
- 7) специального назначения;
- 8) военных объектов;
- 9) иным территориальным зонам.

Таблица 1

### Земли сельскохозяйственного назначения

| Категория земель и виды использования по Земельному Кодексу РФ | Вид использования, код по Классификатору ВРИЗУ                                                                                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Земли сельскохозяйственного назначения                         | 1.0 сельскохозяйственное использование (1.01-118)                                                                                                                                               |
| - для ведения сельского хозяйства;                             | 1.1 растениеводство (1,1-1,6)<br>1.7 животноводство (1.7-1.11)<br>1.12 пчеловодство<br>1.15 хранение и переработка с/х продукции<br>1.16 ведение личного подсобного хозяйства<br>1.17 питомники |
| - создание защитных лесных насаждений;                         | нет установленного вида использования                                                                                                                                                           |
| - научно-исследовательских, учебных и иных целей;              | 1.14 научное обеспечение сельского хозяйства                                                                                                                                                    |
| -для аквакультуры (рыбоводства);                               | 1.13 рыбоводство                                                                                                                                                                                |
| -иные связанные с сельскохозяйственным производством цели;     | 13.1 для ведения огородничества<br>13.2 для ведения садоводства<br>13.3 ведение дачного хозяйства                                                                                               |

В полном соответствии с Земельным Кодексом РФ, статьёй 35 Градостроительного Кодекса РФ установлено, что в результате градостроительного зонирования могут определяться жилые, общественно-деловые, производственные зоны, зоны инженерной и транспортной инфраструктур, зоны сельскохозяйственного использования, зоны рекреационного назначения, зоны особо охраняемых территорий, зоны специального назначения, зоны размещения во-

енных объектов и иные виды территориальных зон.

Для каждой функциональной зоны Кодексами устанавливаются виды использования земель.

В табл. 2 приведены соотношения видов использования данной категории земель согласно Земельному и Градостроительному кодексам и классификатору ВРИЗУ.

Таблица 2

### Виды использования земельных участков на землях населенных пунктов

| № п/п | Земельный кодекс РФ                        | Градостроительный кодекс РФ                    | Классификатор ВРИЗУ (код и вид использования земельных участков)                                                                                                                                                                                                                                    |
|-------|--------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.    | Жилая зона, в том числе:                   | Жилая зона, в том числе:                       | 2.0 Жилая застройка (2.1-2.7.1), в том числе:                                                                                                                                                                                                                                                       |
|       | - индивидуальная жилая застройка           | - зоны застройки индивидуальными жилыми домами | 2.1. Для индивидуального жилищного строительства<br>2.2. Для ведения личного подсобного хозяйства (размещение жилого дома, не предназначенного для раздела на квартиры - дома, пригодные для постоянного проживания и высотой не выше трех надземных этажей);<br>2.3. Блокированная жилая застройка |
|       | - малоэтажная смешанная жилая застройка    | - зоны застройки малоэтажными жилыми домами    | 2.1.1. Малоэтажная многоквартирная жилая застройка                                                                                                                                                                                                                                                  |
|       | - среднеэтажная смешанная жилая застройка, | - зоны застройки среднеэтажными жилыми домами  | 2.5. Среднеэтажная жилая застройка                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|       | - многоэтажная жилая застройка             | - зоны застройки многоэтажными жилыми домами   | 2.6. Многоэтажная жилая застройка (высотная застройка)                                                                                                                                                                                                                                              |

|    |                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | - иные виды застройки согласно градостроительным регламентам                  | - зоны жилой застройки иных видов                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 2.4. Передвижное жилье (размещение сооружений, пригодных к использованию в качестве жилья (палаточные городки, кемпинги, жилые вагончики, жилые прицепы) с возможностью подключения названных сооружений к инженерным сетям, находящимся на земельном участке или на земельных участках, имеющих инженерные сооружения, предназначенных для общего пользования) |
|    | - культурно-бытового и общественного назначения                               | - размещение отдельно стоящих, встроенных или пристроенных объектов социального и коммунально-бытового назначения, объектов здравоохранения, объектов дошкольного, начального общего и среднего общего образования, культовых зданий, стоянок автомобильного транспорта, гаражей, объектов, связанных с проживанием граждан | 2.7. Обслуживание жилой застройки<br>2.7.1. Объекты гаражного назначения<br>3.1. Коммунальное обслуживание<br>3.3. Бытовое обслуживание<br>3.6. Культурное развитие<br>3.7. Религиозное использование                                                                                                                                                           |
| 2. | - общественно-деловая зона, в том числе:                                      | - общественно-деловая зона, в том числе:                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 3.0. Общественное использование объектов капитального строительства (3.1-3.10.2), в том числе:                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|    | - застройка административными зданиями                                        | - зоны делового, общественного и коммерческого назначения                                                                                                                                                                                                                                                                   | 4.0 предпринимательство (4.1-4.10)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|    |                                                                               | - зоны обслуживания объектов, необходимых для осуществления производственной и предпринимательской деятельности                                                                                                                                                                                                             | 4.0 предпринимательство (4.1-4.10)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|    | - объектами образовательного, культурно-бытового, социального назначения      | - зоны размещения объектов социального и коммунально-бытового назначения                                                                                                                                                                                                                                                    | 3.3. Бытовое обслуживание<br>3.6. Культурное развитие                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|    | - застройка иными пред-назначенными для общественного использования объектами | - общественно-деловые зоны иных видов                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 3.7. Религиозное использование                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 3. | - производственная зона, в том числе:                                         | - производственная зона, в том числе:                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 6.0 производственная деятельность (6.1-6.10), в том числе:                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|    | - застройка промышленными объектами                                           | - производственные зоны                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 6.0 производственная деятельность (6.1-6.10)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|    | - коммунально-складские объекты                                               | - коммунальные зоны                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 3.2 социальное обслуживание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|    | - зона инженерной и транспортной инфраструктуры:                              | - иные виды производственной, инженерной и транспортной инфраструктур                                                                                                                                                                                                                                                       | 7.0 транспорт                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|    | - железнодорожные объекты                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 7.1 железнодорожный транспорт                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|    | - автомобильные                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 7.2 автомобильный транспорт                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|    | - речные объекты                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 7.3 водный транспорт                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|    | - морские                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 7.4 воздушный транспорт                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|    | - воздушные                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 7.5 трубопроводный транспорт                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|    | - трубопроводный транспорт                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 6.8 связь                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|    | - связи                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | нет установленного вида использования                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|    | - инженерная инфраструктура;                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 4. | рекреационная зона, в том числе:                                              | рекреационная зона, в том числе:                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 9.1 Охрана природных территорий, в том числе:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

|    |                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                 |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
|    | - городские леса                                                                                                                            | - городские леса                                                                                                                                                                                                                  |                                                                 |
|    | - скверы                                                                                                                                    | - скверы                                                                                                                                                                                                                          |                                                                 |
|    | - парки                                                                                                                                     | - парки                                                                                                                                                                                                                           |                                                                 |
|    | - озера                                                                                                                                     | - озера                                                                                                                                                                                                                           |                                                                 |
|    | - водохранилища                                                                                                                             | - водохранилища                                                                                                                                                                                                                   | 11.0 водные объекты                                             |
|    | - отдых                                                                                                                                     | -отдых                                                                                                                                                                                                                            | 11.3 гидротехнические сооружения                                |
|    | - туризм                                                                                                                                    | -туризм                                                                                                                                                                                                                           | 5.0 отдых (рекреация)                                           |
| 5. | - зона специального назначения, в том числе:                                                                                                | - зона специального назначения, в том числе:                                                                                                                                                                                      | 5.1 природно-познавательный туризм                              |
|    | - земельные участки, занятые кладбищами, кре-маториями, ското-могиль-никами, объек-тами разме-щения от-ходов потреб-ления и иными объектами | - земельные участки, занятые кладбищами, крематориями, скотомогильниками, объектами размещения отходов употребле-ния и иными объектами                                                                                            | 12.2 специальная деятельность, в том чис-ле:                    |
|    |                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                   | 12.2 специальная деятельность                                   |
| 6. | - зона сельскохозяйст-венного использования, в том числе:                                                                                   | - зона сельскохозяйственного использования, в том числе:                                                                                                                                                                          | 12.1 ритуальная деятельность                                    |
|    | - земельные участки, занятые пашнями                                                                                                        | - зоны сельскохозяйственных угодий                                                                                                                                                                                                | 1.0 Сельскохозяйственное использование (1.0-1.18), в том числе: |
|    | - земельные участки, занятые многолетними насаждениями                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                   | 1.0 Сельскохозяйственное использование (1.0-1.18), в том числе: |
|    | - здания и сооружения сельскохозяйственного назначения                                                                                      | - зоны, занятые объектами сель-скохозяйственного назначения и предназначенные для ведения сельского хозяйства, дачного хозяйства, садоводства, личного подсобного хозяйства, развития объектов сельскохо-зяйственного назначения. | 1.1 растениеводство (1.2-1.6)                                   |
|    |                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                   | 1.8 скотоводство                                                |
| 7. | -земельные участки в составе зон инженер-ной и транспортной инфра-структур, в том числе:                                                    | -производственные зоны, зоны инженерной и транспортной инфраструктур, в том числе:                                                                                                                                                | 1.12 пчеловодство                                               |
|    | - земельные участки, предназначены для за-стройки объектами же-лезнодорожного транс-порта                                                   | - зоны предназначены для раз-мещения железнодорожного транспорта                                                                                                                                                                  | 1.0 сельскохозяйственное использование (1.0-1.18), в том числе: |
|    | - земельные участки, предназначены для за-стройки объектами ав-томобильного транс-порта                                                     | - зоны предназначены для раз-мещения автомобильного транспорта                                                                                                                                                                    | 13.1 ведение огородничества                                     |
|    | - земельные участки, предназначены для за-стройки объектами речного транспорта                                                              | - зоны предназначены для раз-мещения речного транспорта                                                                                                                                                                           | 13.2 ведение садоводства                                        |
|    | - земельные участки, предназначены для за-стройки объектами морского транспорта                                                             | - зоны предназначены для раз-мещения речного транспорта                                                                                                                                                                           | 13.3 ведение дачного хозяйства                                  |
|    | - земельные участки, предназначены для за-стройки объектами воздушного и трубо-проводного транспорта                                        | - зоны предназначены для размещения воздушного и тру-бопроводного транспорта                                                                                                                                                      | 7.0 транспорт (7.1-7.5), в том числе:                           |
|    |                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                   | 7.1 железнодорожный транспорт                                   |
|    |                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                   | 7.2 автомобильный транспорт                                     |
|    |                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                   | 7.3 Водный транспорт                                            |
|    |                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                   | 7.4 воздушный транспорт                                         |
|    |                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                   | 7.5 трубопроводный транспорт                                    |

|   |                                                                                      |                                                               |                                                                           |
|---|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
|   | - земельные участки, предназначены для застройки объектами связи                     | - зоны предназначены для размещения связи транспорта          | 6.8 связь                                                                 |
|   | - земельные участки, предназначены для застройки объектами инженерной инфраструктуры | - зоны предназначены для размещения инженерной инфраструктуры | -                                                                         |
|   | - земельные участки, предназначены для застройки объектами иного назначения          | - зоны предназначены для установления санитарно-защитных зон  | -                                                                         |
| 8 | - зоны военных объектов:                                                             | - зоны размещения военных объектов                            | 8.0 обеспечение обороны и безопасности<br>8.1 обеспечение вооруженных сил |
| 9 | - иные территориальные зоны                                                          | - иные виды территориальных зон                               | 12.3 запас                                                                |

Вывод: для вида разрешенного использования «инженерная инфраструктура» в Классификаторе ВРИЗУ не установлен вид разрешенного использования.

3. Земли промышленности, энергетики, транспорта, связи, радиовещания, телевидения, информатики, земли для обеспечения космической деятельности, земли обороны, безопасности и земли иного специального назначения со-

гласно земельному кодексу делятся на земли промышленности, земли промышленности, земли энергетики, земли транспорта, земли связи, радиовещания, телевидения, информатики, земли для обеспечения космической деятельности, земли обороны и безопасности. В табл. 3 приведены соотношения видов использования данных категорий земель согласно земельному кодексу и классификатору ВРИЗУ.

Таблица 3

### Земли промышленности, энергетики, транспорта, и иного специального назначения

| Категория земель и виды использования по Земельному Кодексу РФ | Вид использования, код по Классификатору ВРИЗУ                                                                                                                 |
|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| - земли промышленности                                         | 6.2 тяжелая промышленность<br>6.3 легкая промышленность<br>6.4 пищевая промышленность<br>6.5 нефтехимическая промышленность<br>6.6 строительная промышленность |
| - земли энергетики                                             | 6.7 энергетика                                                                                                                                                 |
| - земли транспорта                                             | 7.0 транспорт (7.1-7.5)                                                                                                                                        |
| - земли связи, радиовещания, телевидения, информатики          | 6.8 связь                                                                                                                                                      |
| - земли для обеспечения космической деятельности               | 6.10 обеспечение космической деятельности                                                                                                                      |
| - земли обороны и безопасности                                 | 8.0 обеспечение обороны и безопасности<br>8.1 обеспечение вооруженных сил<br>8.2 Охрана Государственной границы РФ<br>8.3 Обеспечение внутреннего правопорядка |
| - земли иного специального назначения                          | 8.4 Обеспечение деятельности по исполнению наказаний                                                                                                           |

Исходя из таблицы видно, что по данной категории земель не возникает вопросов касательно того, какой вид разрешенного использования согласно классификатору ВРИЗУ выбрать.

4. Земельный кодекс РФ разделяет земли особо охраняемых территорий и объектов на

особо охраняемые природные территории, земли природоохранного назначения, рекреационного назначения, историко-культурного назначения, а также особо ценные земли. В табл. 4 приведены соотношения видов использования данных категорий земель согласно земельному кодексу и классификатору ВРИЗУ.

Таблица 4

**Земли особо охраняемых территорий и объектов**

| Категория земель и виды использования по Земельному Кодексу РФ | Вид использования, код по Классификатору ВРИЗУ       |
|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| - особо охраняемые природные территории                        | 10.4 Резервные леса                                  |
| - природоохранного назначения                                  | 9.1 охрана природных территорий                      |
| - рекреационного назначения                                    | 9.2 курортная деятельность                           |
| - историко-культурного назначения                              | 9.3 историко-культурная деятельность                 |
| - особо ценные земли                                           | 9.0 Деятельность по особой охране и изучение природы |

По данной категории земель не возникает вопросов касательно того, какой вид разрешенного использования согласно классификатору ВРИЗУ выбрать.

5. Земли лесного фонда, согласно Земельному кодексу РФ подразделяют на земли, по-

крытые лесной растительностью и не покрытые ею и земли, предназначенные для ведения лесного хозяйства и нелесные земли. В табл. 5 приведены соотношения видов использования данных категорий земель согласно Земельному кодексу РФ и классификатору ВРИЗУ.

Таблица 5

**Земли лесного фонда**

| Категория земель и виды использования по Земельному Кодексу РФ        | Вид использования, код по Классификатору ВРИЗУ                                      |
|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| - земли, покрытые лесной растительностью и не покрытые ею             | 10.4 резервные леса                                                                 |
| - земли, предназначенные для ведения лесного хозяйства нелесные земли | 10.1 заготовка древесины<br>10.2 лесные плантации<br>10.3 заготовка лесных ресурсов |

По данной категории земель не возникает вопросов касательно того, какой вид разрешенного использования согласно классификатору ВРИЗУ выбрать.

6. К землям водного фонда, согласно Земельному кодексу относятся земли, покрытые поверхностными водами, сосредоточенными в

водных объектах и земли, занятые гидротехническими и иными сооружениями, расположенными на водных объектах. В табл. 6 приведены соотношения видов использования данных категорий земель согласно земельному кодексу и классификатору ВРИЗУ.

Таблица 6

**Земли водного фонда**

| Категория земель и виды использования по Земельному Кодексу РФ                      | Вид использования, код по Классификатору ВРИЗУ |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| - покрытые поверхностными водами, сосредоточенными в водных объектах;               | 11.0 водные объекты                            |
| - занятые гидротехническими и иными сооружениями, расположенными на водных объектах | 11.3 гидротехнические сооружения               |

По данной категории земель не возникает вопросов о выборе вида разрешенного использования по Классификатору ВРИЗУ.

7. Земли запаса. К землям запаса относятся земли, находящиеся в государственной или муниципальной собственности и не предоставлен-

ные гражданам или юридическим лицам, за исключением земель фонда перераспределения земель. В табл. 7 приведены соотношения видов использования данных категорий земель согласно Земельному кодексу РФ и классификатору ВРИЗУ.

Таблица 7

**Земли запаса**

| Категория земель и виды использования по Земельному Кодексу РФ | Вид использования, код по Классификатору ВРИЗУ |
|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Земли запаса                                                   | 12.3 Запас                                     |

По категории земель «Земли запаса» в Классификаторе ВРИЗУ четко определен соответствующий вид использования.

**Выводы.** Исходя из проделанного анализа следует, что Классификатором ВРИЗУ учтены не все виды использования земельных участков,

предусмотренные Земельным Кодексом РФ, а на землях населённых пунктов - не все виды использования земельных участков, предусмотренные и Градостроительным Кодексом РФ.

Полагаем, что органы местного самоуправления правомочны предоставлять земельные участки с видами использования: для земель сельского хозяйства, предназначенных для создания защитных лесных насаждений; для вида разрешенного использования «инженерная инфраструктура», а так же для всей зоны сельскохозяйственного использования, отсутствующие в Классификаторе ВРИЗУ, при этом следует руководствоваться положениями Земельного Кодекса РФ, поскольку он обладает высшей юридической силой по отношению к Классификатору видов разрешенного использования земельных участков.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Земельный кодекс Российской Федерации: федеральный закон от 25.10.2001 № 136-ФЗ [Электронный ресурс] : Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс» (дата обращения: 22.01.2016).

2. Об утверждении классификатора видов разрешенного использования земельных участков: приказ Минэкономразвития России от 01.09.2014 № 540 [Электронный ресурс] : Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс» (дата обращения: 22.01.2016).

3. Градостроительный кодекс Российской Федерации: федеральный закон от 29.12.2004 № 190-ФЗ [Электронный ресурс] : Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс» (дата обращения: 22.01.2016).

4. Затолокина Н.М., Ширина Н.В. Организация инвестиционных проектов на городской территории путём вовлечения в оборот депрессивных площадок // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. №3. С. 67–70.

---

**Danilenko E.P., Ermilova A.A., Zhilcov V.V.**

*The article analyzes the matching groups of species permitted use of land, established by order of the Ministry of Economic Development of the Russian Federation of 01.09.2014 №540 «On approval of the Classifier of permitted use of land» types of land use, established by the Land Code of the Russian Federation for the different categories of land. Particular attention is paid to an allowed uses of land settlements and their relevance to the Town Planning Code of the Russian Federation.*

**Key words:** land plot, land legislation, land use, type of permitted use, town-planning zoning.

---

**Даниленко Елена Петровна**, доцент кафедры городского кадастра и инженерных изысканий.

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

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

E-mail: danilenko\_ep@mail.ru

**Ермилова Александра Андреевна**, студент кафедры природопользования и земельного кадастра.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Победы, д. 85.

E-mail: sasha.ermi@gmail.com

**Жильцов Василий Викторович**, студент кафедры природопользования и земельного кадастра.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Победы, д. 85.

E-mail: vasily.zhiltsoff@yandex.ru



Мошняков М.Г., аспирант  
Самарский государственный технический университет

## РОССИЙСКИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ГЛИН И ВОЗМОЖНОСТЬ ИХ ИСПОЛЗОВАНИЯ ДЛЯ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ СЫРЬЕВЫХ БАЗ В ПРОИЗВОДСТВЕ КЕРАМИЧЕСКОГО ГРАНИТА

mihdeath@mail.ru

Статья посвящена исследованию возможности использования отечественной сырьевой базы в производстве керамического гранита. Приводятся некоторые обязательные критерии, предъявляемые к поставщикам сырья. Указываются рецептуры масс для приготовления керамического гранита с заменой импортного сырья на отечественное. Включен краткий обзор сырьевых баз, материалы которых использованы в рецептурах. В статье показаны рецептуры пробных масс, химический состав шихты и обожженного продукта. Указаны наиболее важные физико-механические параметры образцов экспериментальных масс – усадка, водопоглощение, коэффициент термического линейного расширения, прочность на изгиб, стойкость к истиранию лицевой поверхности. Сделано заключение о возможности использования представленных рецептур.

**Ключевые слова:** сырье, глины, керамический гранит, импортозамещение, водопоглощение, потери при прокаливании.

**Введение.** В мировом масштабе, керамика имеет важное экономическое значение, касаясь практически каждого аспекта нашей повседневной жизни, от лекарств до косметики, от бумаги на чашки и блюда. Очень трудно переоценить значение керамики. [1]

Для производства керамических изделий применяют пластичные и отошающие материалы. Пластичные материалы – это огнеупорные, тугоплавкие глины и каолины. Отошающие – кварцевый песок, полевои шпат, пегматит, доломит и др. [2]

Под глиной обозначают дисперсную осадочную породу, состоящую из пластинчатых материалов, по химическому составу обычно являющихся гидроалюмосиликатами, в большей части своей в виде пелитовой фракции (от 1,0 до 0,01 мм) и сопутствующих примесей минералов. По классической формулировки глины образовались в результате разложения и выветривания полевошпатовых и иных горных пород, которые при затворении водой образуют пластичное тесто, поддающееся формовке и приобретающее определенную прочность после сушки и обжига. [3] Для изделий из тонкой керамики по классификации А.И. Августиника глинозема должно быть не менее 35 %, а сумма красящих оксидов ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$ ) не более 1,0–2,5 %. Керамический гранит по классификации относится к изделиям из тонкой строительной керамики. [4] Как раз поэтому одним из важнейших этапов производства качественного керамического гранита является использование высококачественного сырья. Большинство российских предприятий ориентированы на производство керамогранита из сырья, поставляемого из-за рубежа, главным образом из глин, добываемых на терри-

тории Украины в Дружковском рудоуправлении. Это глины ДН-2 (Новорайское месторождение) и Веско-гранитик (Андреевское месторождение). Данные месторождения уникальны тем, что есть ряд уникальных товарных позиций, которые производятся исключительно на их территории. [5] При разработке рецепта с замещением импортного сырья на отечественное необходимо учитывать, что потери при прокаливании у большинства российских глин выше из-за большего содержания примесей.

В настоящее время разработки рецептов альтернативной массы для производства керамогранита активно ведутся исследователями РФ. В частности, в 2015 году, Верченко Александром Викторовичем была успешно проведена защита диссертации на звание кандидата технических наук на тему «Ресурсо- и энергосберегающая технология керамического гранита с использованием цеолитового туфа и габбро-диабазы». Разработанная Верченко технология позволяет производить керамический гранит с использованием отечественного глинистого сырья, цеолитового туфа и габбро-диабазы. [6]

Глины содержат в себе различные минеральные примеси. В виде кварца, карбонатов кальция и магния, пиритов, сульфатов, хлоридов и др.

Железистые соединения встречаются в глинах в виде гематита, лимонита, сульфида, пирита. Чем больше соединений железа в сырье, тем ниже температура его плавления. Оксид железа придает обожженному черепку окраску от светло-розовой до красной. В сильно окислительной среде обжига получается синевато-зеленый цвет. При увеличении содержания железа в

глине в результате обжига изделия приобретают окраску темную, вплоть до черной.

Особенно большой вред приносят карбонаты, сульфаты и хлориды. Они препятствуют снижению вязкости, способствуют загустеванию шликера, образуют выгорки при обжиге изделия. В глинах частично можно удалить водорастворимые соли кальция, магния, а так же хлориды путем вылеживания, выветривания, нагревания.

Органические примеси содержатся в глине в виде растворимых остатков или углистых и битуминозных примесей. В процессе обжига они выгорают. В производстве керамического гранита крайне неблагоприятные воздействия оказывают остатки органики в глинах, так же сказывающейся на таком показателе, как потеря при прокаливании глин. В глинистых породах различают три вида связанной воды. Химически связанная вода, которая входит в состав кристаллической решетки глинистого материала, удаляется при высоких температурах. Физико-химически связанная вода, или адсорбционная, обволакивающая частички глины тонким слоем, находится под влиянием сильного электрического заряда глинистой частицы. Свободная, или механически связанная вода, заполняет пространство между частицами, поры, капилляры. [7]

Потерей при прокаливании (П.П.П.) называют убыль в весе при нагревании/обжиге изде-

лия/образца в связи потерями воды,  $\text{CO}_2$ , карбонатов, адсорбированных газов, хлоридов и др. Величину П.П.П. используют для вычисления содержания химически связанной воды и для пересчета содержания элементов минеральной части на прокаленную навеску. Является важным показателем для плотностепеченных изделий из керамики с низкой пористостью, в т.ч. – в производстве керамического гранита. [8]

*Глина Новорайского месторождения (Глины ДН-2 и ДН-3):* Месторождение находится в Донецкой области. Запасы сырья этого месторождения составляют 55 тыс. т. Месторождение новорайской глины приурочено к полтавскому ярусу палеогена и представлено четырьмя различными по цвету слоями: светло-серый, пестро-цветной песчанистый, серый пластичный, серый сильно песчанистый. По минералогическому составу глина является каолинито-гидрослюдистой, встречается в ней кварц, полевой шпат, рутил. Количество частиц размером менее 0,001 мм составляет от 27,6 до 66 %, огнеупорность колеблется от 1470 до 1750 °С. Содержание глинозема в отборной глине до 35 %,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  от 1,3 до 3,0 % [8]. Добыча в настоящее время производится согласно ТУ 08.1-00191796-001:2014

Таблица 1

Химический состав глин ДН-2 и ДН-3

| Наименование | $\text{Al}_2\text{O}_3$ не менее, % | $\text{Fe}_2\text{O}_3$ не более, % | $\text{MgO}$ не более, % | $\text{CaO}$ не более, % | $\text{K}_2\text{O}$ не менее, % | $\text{Na}_2\text{O}$ не более, % | $\text{SiO}_2$ не норм., % | $\text{TiO}_2$ не более., % |
|--------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| ДН-2         | 29                                  | 1,2                                 | 0,68                     | 0,59                     | 2,03                             | 0,63                              | 55,84                      | 1,18                        |
| ДН-3         | 29                                  | 1,6                                 | 0,66                     | 0,57                     | 1,98                             | 0,62                              | 57                         | 1,2                         |

\*- не нормируется

Таблица 2

Минералогический состав глин ДН

| Наименование | Свободный кремнезем | Мусковит | Насрит | Рутил   | Сидерит |
|--------------|---------------------|----------|--------|---------|---------|
| ДН-2         | 20-28               | 35-45    | 30-40  | 0,6-0,7 | -       |
| ДН-3         | 35-38               | 38-42    | 24-29  | 0,7-0,8 | 0,02    |

*Глина Андреевского месторождения (Веско-гранитик):* глина Андреевского месторождения Донецкой области фирмы «Веско» добываются под названиями «Прима-Веско», «Керамик-Веско», «Гранитик Веско». Глины пригодны для производства керамических изделий, в том числе изделий из тонкой керамики. Глины Андреевского месторождения «Веско» являются осадочными породами третичного периода мощностью пластов от 2 до 4 метров, с глубиной вскрыши до 40 метров. [9] Из данного сырья разработаны шихты, подразделяющиеся в зави-

симости от химического состава на 8 марок. Особенностью приготовления шихт является добыча глин селективным способом. Обработка сырья производится пятью карьерами с применением высокопроизводительного горного оборудования. На базе добывающего предприятия существует стакерный комплекс, где производится измельчение поступающей глины в специально оборудованных бункерах. Что позволяет шихтовать и усреднять глину с различными показателями для формирования сорта по заказу потребителя.

Таблица 3

## Химический состав глин ДН-2 и ДН-3

| Наименование     | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> не менее, % | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +TiO <sub>2</sub> не более, % | MgO не более, % | CaO не более, % | K <sub>2</sub> O не менее, % | Na <sub>2</sub> O не более, % | SiO <sub>2</sub> не норм., % | П.П.П., % |
|------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-----------|
| Гранитик «Веско» | 28                                         | 2,35                                                         | 0,60            | 0,50            | 2,10                         | 0,40                          | 63                           | 8,5       |
| Керамик «Веско»  | 23                                         | 2,5                                                          | 0,40            | 0,50            | 1,70                         | 0,20                          | 70                           | 7,2       |

Таблица 4

## Минералогический состав глин Веско

| Наименование   | Свободный кремнезем | Мусковит | Насрит | Рутил   | Сидерит |
|----------------|---------------------|----------|--------|---------|---------|
| Веско Гранитик | 32-39               | 38-44    | 20-25  | 0,6-0,7 | 0,2     |
| Веско Керамик  | 50                  | 29-37    | 14-18  | 0,7-0,8 | 0,14    |

Глина Латненского месторождения (ЛТ-1, ЛТ-2): Месторождение глин в Воронежской области, вблизи города Воронеж и является уникальным объектом в центральном Черноземье [10]. Разрабатывается предприятием ОАО «Воронежское рудоуправление» открытым способом, объём среднегодовой добычи составляет 0,4 млн. т., общие запасы глин – 50,8 млн. т. По качеству глины неоднородны: имеются тонкодисперсные, песчанистые, углистые. Главный минерал – каолинит; второстепенные – гидрослюда и монтмориллонит, присутствует не-

значительное количество полевого шпата, рутила, пирита; тонкодисперсны (0,001мм 50-70%), цвет светло- и темно- серый до черного (углистого). Основные глины подразделяются на марки: ЛТ0 – ЛТ3; полукислые на марки: ЛТ1ПК, ЛТ2ПК и ЛТ3ПК. Углистые глины имеют одну марку ЛТУ. Содержание Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> колеблется от 30 до 41 %, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, не более 2,5 % [11]. Химический состав глин ЛТ-1 и ЛТ-2 согласно ТУ 1512-047-73399783-2008 и ТУ 1512-004-10612023-15 (в замен 14-8-152-75) представлен в таблицах 5 и 6. [12].

Таблица 5

## Химический состав и П.П.П. глин Латненского месторождения по ТУ 1512-047-73399783-2008 (взамен 14-8-152-75)

| Наименование | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> не менее, % | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> не более, % | П.П.П., % |
|--------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------|
| ЛТ-1         | 37                                         | 1,5                                        | 18        |
| ЛТ-2         | 33                                         | 2,0                                        | 20        |

Таблица 6

## Химический состав и П.П.П. глин Латненского месторождения по ТУ 1512-004-10612023-15

| Наименование | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> не менее, % | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> не более, % | TiO <sub>2</sub> не более, % | П.П.П., % |
|--------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------|-----------|
| ЛТ-1         | 35-37                                      | 1-1,5                                      | 2,3                          | 12-15     |
| ЛТ-2         | 33-36                                      | 1-1,5                                      | 2,3                          | 10-13     |

Как видно из таблиц изменение ТУ Латненских глин, произошедшее в 2015 году, снизило максимально допустимое значение содержания оксидов железа и ввели нормирование содержания оксида титана. Согласно новому ТУ были понижены нормы П.П.П., что говорит о качественном изменении в области способа добычи глины и ее шихтования. Ранее добыча производилась с использованием грубой техники, не позволяющей вести добычу глины в пределах одного слоя залегания, что не позволяло добывать глину без присутствия в ней значительного количества примесей, вносимых из межпластового пространства. В настоящее же время на предприятии добыча ведется менее габаритной техникой, позволяющей вести добычу в пределах одного пласта глины, размеры которого ва-

рьируются от 0,5 м до 3,5 м. Это может позволить добиться стабильных по показателям качества поставок сырья на производство. Это является одним из основных аспектов при рассмотрении импортозамещения сырья для производства керамического гранита.

Повышение стабильности поставок глин Латненского месторождения сделало данное месторождение наиболее приоритетным для использования его в качестве сырьевой базы на замену импортным.

Глины Нижне-Увельского месторождения (НУ-2, НУК, НУПК): Челябинское рудоуправление – единственное предприятие в Уральском регионе, ведущее добычу светлых сортов глин, которые очень широко используются в керамической промышленности, в частности, для изго-

товления керамогранита. Каолинитовые глины, добываемые Челябинским рудоуправлением, отличается средняя пластичность при относительно высокой огнеупорности.

Согласно геолого-минералогических характеристик составлены таблицы 7 и 8, в которых представлены химический анализ на прокаленное вещество и минералогический состав:

Таблица 7

#### Химический состав и ППП глин Нижне-Увельского месторождения

| Наименование | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , % | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , % | MgO, %               | CaO, %              | K <sub>2</sub> O + Na <sub>2</sub> O, % | SiO <sub>2</sub> , % | TiO <sub>2</sub> , % | П.П.П., %      |
|--------------|------------------------------------|------------------------------------|----------------------|---------------------|-----------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| НУПК         | 23-28                              | 3,5-5,0                            | 0,8-1,26<br>ср.0,66  | 0,1-1,6<br>ср. 0,27 | 0,6-1,2<br>ср.0,89                      | 55-60                | 0,8-2,1<br>ср. 1,2   | 8,5-9,5        |
| НУК          | 16-23                              | 3,5-5,0                            | 0,8-1,26<br>ср.0,66  | 0,1-3,6<br>ср. 0,27 | 0,6-1,2<br>ср.0,89                      | 60-65                | 0,8-2,1<br>ср. 1,2   | 7,8-8,5        |
| НУ-2         | 28-32                              | Не более<br>4,5                    | 0,8-1,26<br>ср. 0,66 | 0,1-1,6<br>ср. 0,27 | 0,6-1,2<br>ср.0,89                      | 55-60                | 0,8-2,1<br>ср. 1,2   | Не более<br>14 |

Таблица 8

#### Минералогический состав глин Нижне-Увельского месторождения

| Наименование | Каолинит | Монтмориллонит | Гидрослюда | Свободный кремнезем | Прочие |
|--------------|----------|----------------|------------|---------------------|--------|
| НУПК         | 5–60     | 8–10           | До 5       | 25–30               | До 5   |
| НУК          | 55–60    | 5–8            | 1–2        | 30–40               | До 5   |
| НУ-2         | 55–65    | 8–10           | До 5       | 10–15               | До 5   |

*Экспериментальная часть.* Нами были разработаны пробные рецепты массы для производства керамического гранита с использованием российских глин. Рецепты экспериментальных масс представлены в таблице 9.

Состав экспериментальных масс рассчитывался таким образом, чтобы разрабатываемые массы были схожи по химическому составу в действующим рецептурой. Химический состав шихт рассчитывался как произведение содержания каждого вещества в каждом из компонентов массы и приводится в таблице 10.

Как видно из таблицы 10, П.П.П. для каждого рецепта экспериментальных масс превышает П.П.П. производственного рецепта массы, созданного на основе украинских глин. Содержание красящих оксидов железа и титана во

всех разработанных массах выше, в следствие из повышенного содержания в используемом сырье.

Расчетные значения химического состава обожженных изделий из экспериментальных масс представлены в таблице 11.

Для каждой из разработанных масс в лабораторных условиях был произведен экспериментальный пресс-порошок и отпрессованы образцы. В последующем образцы обожгли в производственной туннельной роликовой печи в режиме обжига керамического гранита.

В таблице 12 приводятся некоторые, наиболее значимые показатели, полученные при различных исследованиях экспериментальных масс.

Таблица 9

#### Экспериментальные рецепты масс

| Наименование   | Масса №1 | Масса №2 | Масса №3 | Масса №4 | Масса №5 | Масса №6 | Масса №7 | Масса №8 | Масса №9 |
|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| ППМ            |          |          |          |          |          |          |          |          | 54       |
| ППФ 030-21     | 58       | 48       | 46       | 46       | 46       | 47       | 47       | 48       |          |
| ККС Премикс    |          | 6        | 8        | 8        | 6        | 6        | 6        | 6        | 3        |
| Песок ВС 050-1 | 8        | 7        | 7        | 7        | 8        | 10       | 9        | 7        | 5        |
| Глина ЛТ-2     | 26       | 31       | 31       | 31       | 32       | 37       | 35       | 31       |          |
| Глина ЛТ-1     |          |          |          |          |          |          |          |          | 19       |
| Глина НУ-2     | 16       | 8        |          | 8        | 8        |          | 3        | 8        |          |
| Глина НУК      |          |          | 8        |          |          |          |          |          |          |
| Глина ДН-2     |          |          |          |          |          |          |          |          | 4        |
| Глина ДН-3     |          |          |          |          |          |          |          |          | 15       |

Таблица 10

**Химический состав шихты экспериментальных масс**

| Наименование                   | Масса №1 | Масса №2 | Масса №3 | Масса №4 | Масса №5 | Масса №6 | Масса №7 | Масса №8 | Масса №9 | Производственная масса |
|--------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------------------|
| П.П.П.                         | 5,38     | 5,76     | 5,9      | 5,9      | 5,83     | 5,86     | 5,85     | 5,76     | 4,72     | 4,04                   |
| SiO <sub>2</sub>               | 61,27    | 60,59    | 60,74    | 60,74    | 60,87    | 60,92    | 60,82    | 60,59    | 64,87    | 66,72                  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 22,85    | 23,59    | 23,58    | 23,58    | 23,46    | 23,6     | 23,59    | 23,59    | 22,34    | 21,85                  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1,42     | 1,15     | 1,15     | 1,15     | 1,16     | 0,87     | 0,98     | 1,15     | 0,75     | 0,51                   |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,63     | 0,6      | 0,6      | 0,6      | 0,61     | 0,57     | 0,58     | 0,6      | 0,47     | 0,21                   |
| CaO                            | 0,37     | 0,39     | 0,39     | 0,39     | 0,4      | 0,42     | 0,41     | 0,39     | 0,44     | 0,32                   |
| Na <sub>2</sub> O              | 3,93     | 3,79     | 3,63     | 3,63     | 3,63     | 3,71     | 3,71     | 3,79     | 3,43     | 3,38                   |
| K <sub>2</sub> O               | 3,99     | 3,89     | 3,79     | 3,79     | 3,74     | 3,83     | 3,83     | 3,89     | 2,7      | 2,87                   |
| MgO                            | 0,14     | 0,15     | 0,15     | 0,15     | 0,15     | 0,16     | 0,16     | 0,15     | 0,32     | 0,26                   |

Таблица 11

**Химический состав готовых изделий из экспериментальных масс**

| Наименование                   | Масса №1 | Масса №2 | Масса №3 | Масса №4 | Масса №5 | Масса №6 | Масса №7 | Масса №8 | Масса №9 | Производственная масса |
|--------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------------------|
| SiO <sub>2</sub>               | 64,75    | 64,29    | 64,55    | 64,55    | 64,64    | 64,71    | 64,6     | 64,75    | 68,09    | 69,53                  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 24,15    | 25,03    | 25,06    | 25,06    | 24,91    | 25,07    | 25,06    | 24,15    | 23,44    | 22,77                  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1,5      | 1,22     | 1,22     | 1,22     | 1,23     | 0,92     | 1,04     | 1,5      | 0,79     | 0,53                   |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,67     | 0,64     | 0,64     | 0,64     | 0,65     | 0,61     | 0,62     | 0,67     | 0,49     | 0,22                   |
| CaO                            | 0,39     | 0,41     | 0,41     | 0,41     | 0,42     | 0,45     | 0,44     | 0,39     | 0,46     | 0,33                   |
| Na <sub>2</sub> O              | 4,15     | 4,02     | 3,86     | 3,86     | 3,85     | 3,94     | 3,94     | 4,15     | 3,6      | 3,52                   |
| K <sub>2</sub> O               | 4,22     | 4,13     | 4,03     | 4,03     | 3,97     | 4,07     | 4,07     | 4,22     | 2,84     | 2,99                   |
| MgO                            | 0,15     | 0,16     | 0,16     | 0,16     | 0,16     | 0,17     | 0,17     | 0,15     | 0,33     | 0,27                   |

Таблица 12

**Полученные результаты**

| Наименование                                     | Масса №1 | Масса №2 | Масса №3 | Масса №4 | Масса №5 | Масса №6 | Масса №7 | Масса №8 | Масса №9 | Производственная масса |
|--------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------------------|
| Усадка, %                                        | 8,6      | 8,1      | 8        | 8,4      | 7,4      | 8,4      | 7,6      | 8,1      | 7,4      | 7,5                    |
| Предел прочности при изгибе, МПа                 | ≥45      | ≥45      | ≥45      | ≥45      | ≥45      | ≥45      | ≥45      | ≥45      | 51       | ≥45                    |
| Стойкость к глубокому истиранию, мм <sup>3</sup> | <145     | <145     | <145     | <145     | <145     | <145     | <145     | <145     | 115      | <145                   |
| КТЛР по Винкельману-Шотту                        | 8,43     | 8,49     | 8,41     | 8,41     | 8,39     | 8,47     | 8,46     | 8,49     | 7,84     | 7,76                   |
| Тон                                              | 49,5     | 46       | 48       | 45       | 45-46    | 46       | 47       | 46       | 49       | 50                     |

Проанализировав полученные результаты следующие рецепты массы были признаны непригодными и не рентабельными:

1) массы №2,4,5,6,7 не подходят для производства керамического гранита вследствие превышения допустимого норматива по водопоглощению.

2) массы № 1,2,3,4,6,8 не подходят для производства керамического гранита по значению усадки. Без изменения прессового оборудования использование данных масс не представляется возможным.

Пригодной для производства керамогранита является только экспериментальная масса №9, по характеристикам она практически не отличается от производственной массы.

На основе экспериментального рецепта массы №9 была произведена пробная партия плиток керамического гранита.

При обжиге пробной партии плиты имел место дефект «черная сердцевина». Причиной дефекта вероятнее всего является неполное окисление сердцевины черепка при обжиге. Наличие этого дефекта коррелирует с показателем П.П.П., который для российских глин выше.

Помимо этого в состав массы №9, в замен иллитовой глины, была введена Латненская глина содержащая около 62% каолинита (по данным рентгенофазового анализа). Иллитосодержащие глины обладают большим количеством внутрикристаллической воды, проявляющей каталитические свойства в процессе обжига. [13]

**Выводы.** Представленная рецептура может быть использована для производства керамического гранита. Однако для производства глазурованных изделий с использованием массы разработанной рецептуры требуется:

1)доработка технологического процесса обжига включающее увеличение длины ,

2)корректировка рецептуры массы с заменой глины на содержащие меньше примесей, а значит с более низкими потерями при прокаливании.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Reeves G.M., Cripps I., Sims, J.C. Clay materials used in constructions. London: The Geological Society, 2006.-525p.
2. Барабанщиков Ю.Г. Строительные материалы и изделия. М.: издательский центр "Академия", 2008. С. 368.
3. Ермаков М.П. Технология декоративно-прикладного искусства. Основы дизайна. Художественное литье. Учебное пособие, 2012. С. 1310.
4. Августиник А.И. Керамика. Издание 2-е, перераб. и доп. Л.: Стройиздат (Ленингр. отделение), 1975. С. 592.
5. сайт United Mineral Group [http://www.ru.umgukraine.com/gliny\\_produkcia](http://www.ru.umgukraine.com/gliny_produkcia)
6. Верченко А.В. на тему "Ресурсо- и энергосберегающая технология керамического гранита с использованием цеолитового туфа и габбро-диабазы", Ростов-на-Дону-2015г.
7. Швайка Д.И. Справочник мастера по производству стеновой керамики. Киев: Будивельник, 1990. С. 184.
8. Толковый словарь по почвоведению. Под ред. Роде А.А., М.: Наука, 1975. С. 287.
9. Кривоносова Н.Т., Чеберко А.И. Совершенствование производства санитарно-строительных изделий: издание второе, переработанное и дополненное. Запорожье: Дикое Поле, 2008. С. 347.
10. Бартенев В.К., Зинюков Ю.М., Горюшкин В.В. Латненское месторождение огнеупорных глиен - уникальный природно-техногенный объект в центральном Черноземье: геология и полезные ископаемые, мониторинг, геотуризм. Воронежское отделение РосГео, Воронежский госуниверситет, ОАО «Воронежское рудоуправление», URL: <http://www.geomem.ru/>
11. Мороз И. И. Технология фарфора – фарфоровых изделий. М., «Стройиздат», 1984. С. 334.
12. Горюшкин В.В., Михин В.П. О перспективах создания на базе латненского месторождения огнеупорных глиен сырьевой базы для цементного производства. Вестник ВГУ. Серия: Геология. 2007. № 1. С. 120–128.
13. Мошняков М.Г. Исследование рецепта массы для производства керамического гранита с заменой 50 % импортного сырья на отечественное. Сборник докладов, часть 1. Юбилейная Международная научно-практическая конференция, посвященная 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова Научные технологии и инновации (XXI научные чтения). Белгород, 9-10 октября 2014. С. 320.

**Moshnyakov M.G.**

### RUSSIAN CLAY DEPOSITS AND THEIR POTENTIAL FOR IMPORT SUBSTITUTION OF CONSUMPTION OF RAW MATERIAL BASES IN THE PRODUCTION OF PORCELAIN TILES

*The article investigates the possibility of using domestic raw material base in the manufacture of ceramic granite. Some criteria to be met by suppliers of raw materials. Include the recipe for making mass porcelain stoneware with the replacement of imported raw materials to domestic. Including a brief overview of the sources of raw materials, materials that are used in the formulations. The article shows the formulation of the test masses, the chemical composition of the charge and fired product. The shown are the most important physical and mechanical properties of the samples of experimental mass - shrinkage, water absorption, thermal coefficient of linear expansion, flexural strength, abrasion resistance face. The conclusion about the possibility of using the formulations are presented.*

**Key words:** raw materials, clay, porcelain, import substitution, water absorption, loss on firing.

**Мошняков Михаил Георгиевич**, аспирант кафедры материаловедение, порошковая металлургия и наноматериалы.

Самарский государственный технический университет.

Адрес: Россия, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, Главный корпус

E-mail: Mihdeath@mail.ru

**Обернихин Д.В., аспирант,  
Никулин А.И., канд. техн. наук, доц.**  
**Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова**

## ПРОЧНОСТЬ И ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТРАПЕЦИЕВИДНОГО ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ С НИЖНЕЙ ШИРОКОЙ ГРАНЬЮ

**obernikhindmitriy@gmail.com**

*На основе модифицированного варианта нелинейной деформационной модели силового сопротивления железобетона разработана методика для определения прочности и трещиностойкости изгибаемых элементов трапециевидного сечения с нижней широкой гранью. Приведены аналитические зависимости, используемые для описания нелинейных диаграмм состояния бетона и арматуры. Для удобства практического применения предлагаемой методики расчета приведены алгебраические выражения, обеспечивающие определение интегральных геометрических характеристик эпюр напряжений в сжатой и растянутой зонах бетона рассматриваемого трапециевидного сечения. Учитывая, что частным случаем трапециевидного сечения является прямоугольник, то методика расчета может использоваться для теоретического определения прочности и трещиностойкости сечений изгибаемых железобетонных элементов как прямоугольной, так и трапециевидной формы. Для сопоставления расчётных величин изгибающих моментов, соответствующих стадиям трещинообразования и исчерпания прочности железобетонных элементов по нормальному сечению, составлен алгоритм, реализованный в программе расчёта для персонального компьютера. С её помощью были выполнены численные исследования, некоторые результаты которых представлены в статье.*

**Ключевые слова:** прочность, трещиностойкость, деформационная расчетная модель, диаграммы состояния бетона, диаграммы растяжения арматуры, изгибаемый элемент, трапециевидное сечение.

Ранее проведенные авторами исследования [3, 5] показали, что форма поперечного сечения изгибаемого железобетонного элемента существенно влияет на его прочность и трещиностойкость. В частности, на основе деформационной расчетной модели были разработаны соответствующие методики и алгоритмы расчета указанных параметров применительно к балочным конструкциям трапециевидного сечения с *верхней* широкой гранью. Проведенные численные эксперименты [5] позволили выявить отличительные особенности деформирования исследуемых трапециевидных сечений по отношению к традиционным элементам прямоугольной формы. При этом ни авторами, ни другими исследователями не анализировались пока балочные конструкции трапециевидного сечения с *нижней* широкой гранью.

Чтобы восполнить этот пробел, в данной работе приведены особенности построения методик расчета прочности и трещиностойкости изгибаемых железобетонных элементов указанного вида.

Общими элементами для обеих методик являются нелинейные диаграммы деформирования бетона и арматуры [1, 2, 4].

Диаграммы состояния бетона при сжатии и растяжении принимаются без ниспадающих участков [1, 4] и характеризуются следующими

параметрами: начальным модулем упругости  $E_{b2}$ , предельными сопротивлениями сжатию  $R_b$  и растяжению  $R_{bt}$ , а также соответствующими предельными относительными деформациями  $\varepsilon_{bu}$  и  $\varepsilon_{btu}$  (рис. 1, а).

Для аналитического описания диаграмм сжатия и растяжения бетона используем дробно-рациональную функцию следующего вида:

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

где  $E_{b2}$  – начальный модуль упругости бетона, общий для неоднородного сжатия (см. кривую 1 на рис. 1, а) и растяжения (см. кривую 2 на рис. 1, а);  $D_j$ ,  $C_j$  – параметры нелинейности деформирования бетона при неоднородном сжатии и растяжении, получаемые путем трансформирования исходных (эталонных) диаграмм на основе использования соответствующих энергетических критериев разрушения бетона ( $j=b2$  – для диаграмм неоднородного сжатия,  $j=bt2$  – то же, растяжения);  $\sigma_i$ ,  $\varepsilon_i$  – текущие значения напряжений и деформаций сжатия ( $i=b$ ) и растяжения ( $i=bt$ ).

Подробная методика определения неизвестных величин ( $E_{b2}$ ,  $D_{b2}$ ,  $C_{b2}$ ,  $D_{bt2}$ ,  $C_{bt2}$ ,  $\varepsilon_{bu}$ ,  $\varepsilon_{btu}$ ) представлена в работе [4].



Диаграмма растяжения арматуры принята с физической площадкой текучести (рис. 1, б). Для её описания применяется кусочная функция, состоящая из одного линейного и двух нелинейных уравнений:

при

$$0 < \varepsilon_s \leq \varepsilon_{el} \quad \sigma_s = E_s \varepsilon_s, \quad (2)$$

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

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

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

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

где  $E_{sn}$  – начальный модуль упругости арматуры;  $\sigma_{el}$ ,  $\varepsilon_{el}$  – предел упругости и соответствующая относительная деформация арматуры (см. т. 1 на рис. 1, б);  $\sigma_y$ ,  $\varepsilon_{yf}$  – предел текучести и относительная деформация в конце площадки текучести арматуры (см. т. 2 на рис. 1, б);  $\sigma_u$ ,  $\varepsilon_u$  – временное сопротивление и предельная относительная деформация при разрыве арматуры (см. т. 3 на рис. 1, б);  $C_{s1}$ ,  $D_{s1}$ ,  $C_{s2}$ ,  $D_{s2}$  – параметры нелинейности кусочной функции, описывающей второй и третий участки диаграммы;  $E_{s2}$  – модуль упругости арматуры в начальной точке третьего участка.

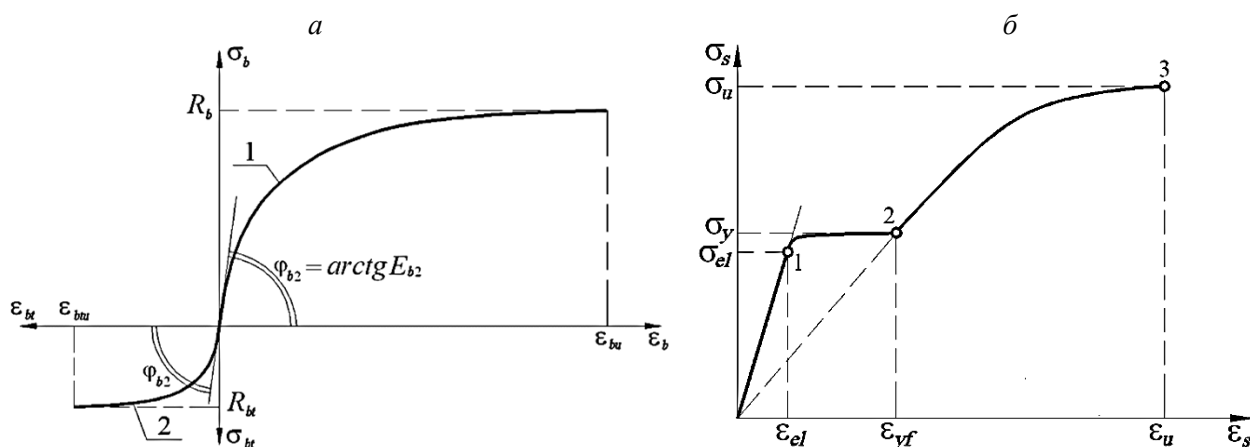


Рис. 1. Диаграммы деформирования бетона (а) и арматуры (б)

Зависимости для определения неизвестных параметров кусочной функции ( $C_{s1}$ ,  $D_{s1}$ ,  $C_{s2}$ ,  $D_{s2}$ ,  $E_{s2}$ ) представлены в работе [2].

При разработке методик расчета прочности и трещиностойкости сечений изгибаемых железобетонных элементов трапецевидной формы с нижней широкой гранью используем: уравнения равновесия, условия линейного распределения

относительных деформаций по сечению, а также нелинейные диаграммы деформирования бетона и арматуры.

Расчетная схема изгибаемого железобетонного элемента рассматриваемого вида на стадии трещинообразования представлена на рис. 2.

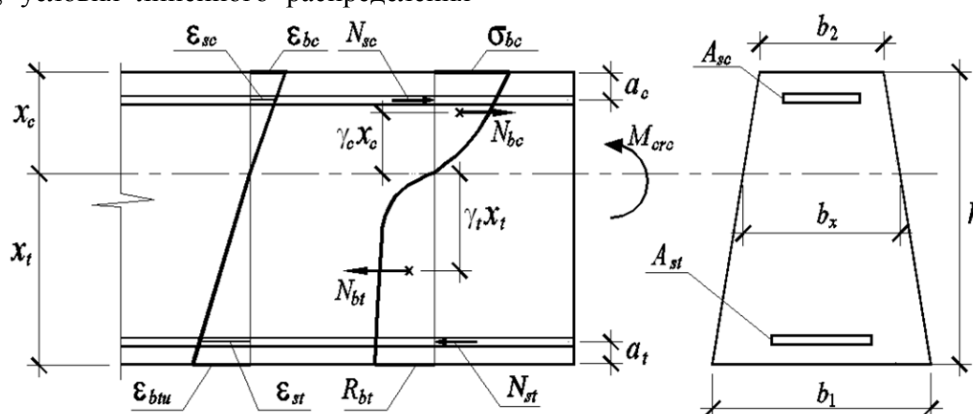


Рис. 2. Схема распределения относительных деформаций, напряжений и усилий в нормальном сечении изгибаемого железобетонного элемента трапецевидной формы на стадии трещинообразования

Уравнения равновесия в традиционной форме их записи имеют вид:

$$0,5(b_2 + b_x) \omega_c \sigma_{bc} + \sigma_{sc} A_{sc} - 0,5(b_1 + b_x) \omega_t R_{bt} - \sigma_{st} A_{st} = 0, \quad (5)$$

$$M_{crc} = 0,5(b_2 + b_x) \omega_c^2 \gamma_c \sigma_{bc} + \sigma_{sc} A_{sc} (x_c - a_c) + 0,5(b_1 + b_x) \omega_t^2 \gamma_t R_{bt} + \sigma_{st} A_{st} (h - x_c - a_t), \quad (6)$$

где  $M_{crc}$  – искомый изгибающий момент, соответствующий началу этапа трещинообразования сечения железобетонного элемента;  $\sigma_{bc}$  – величина фибрового напряжения бетона в сжатой зоне сечения;  $\omega_c$ ,  $\omega_b$ ,  $\gamma_c$ ,  $\gamma_t$  – интегральные геометрические характеристики эпюр напряжений в сжатой и растянутой зонах бетона;  $x_c$ ,  $x_t$  – высоты сжатой и растянутой зон бетона;  $\sigma_{sc}$ ,  $\sigma_{st}$  – напряжения в сжатой и растянутой арматуре;  $b_1$ ,  $b_2$  – ширина, соответственно, нижней и верхней грани трапециевидного сечения элемента;  $h$  – высота сечения элемента;  $A_{sc}$ ,  $A_{st}$  – площади сжатой и растянутой арматуры;  $a_c$ ,  $a_t$  – расстояния от верхней и нижней граней сечения до центров тяжести сжатой и растянутой арматуры;  $b_x$  – ширина сечения на уровне нейтральной оси.

Для определения ширины ( $b_x$ ) трапециевидного сечения элемента на уровне его нейтральной оси используется выражение:

$$b_x = b_2 + (b_1 - b_2) \cdot \frac{x_c}{h}. \quad (7)$$

Коэффициенты полноты эпюр напряжений в сжатой и растянутой зонах бетона ( $\omega_c$ ,  $\omega_t$ ) и относительные расстояния от нейтральной оси до центров тяжести соответствующих эпюр ( $\gamma_c$ ,  $\gamma_t$ ) находятся с помощью следующих зависимостей, полученных авторами применительно к трапециевидному поперечному сечению изгибаемого железобетонного элемента с нижней широкой гранью:

$$\omega_c = \frac{E_{b2}}{\sigma_{bc} C_{b2} \left( \frac{b_2 h}{x_c} + \frac{b_1 - b_2}{2} \right)} \left\{ \frac{D_{b2} \varepsilon_{bc}}{2} \left( \frac{b_2 h}{x_c} + \frac{b_1 - b_2}{3} \right) + \left( 1 - \frac{D_{b2}}{C_{b2}} \right) \times \right. \\ \left. \times \left[ \left( 1 - \frac{\ln(1 + C_{b2} \varepsilon_{bc})}{C_{b2} \varepsilon_{bc}} \right) \times \left( \frac{b_2 h}{x_c} + (b_1 - b_2) \cdot \left( 1 + \frac{1}{C_{b2} \varepsilon_{bc}} \right) \right) - \frac{b_1 - b_2}{2} \right] \right\}, \quad (8)$$

$$\gamma_c = \left\{ \frac{D_{b2} \varepsilon_{bc}}{3} \left( \frac{b_2 h}{x_c} + \frac{b_1 - b_2}{4} \right) + \left( 1 - \frac{D_{b2}}{C_{b2}} \right) \times \left[ \left( \frac{b_2 h}{x_c} + (b_1 - b_2) \cdot \left( 1 + \frac{1}{C_{b2} \varepsilon_{bc}} \right) \right) \right] \times \right. \\ \left. \times \left( \frac{1}{2} - \frac{1}{C_{b2} \varepsilon_{bc}} \left( 1 - \frac{\ln(1 + C_{b2} \varepsilon_{bc})}{C_{b2} \varepsilon_{bc}} \right) \right) - \frac{b_1 - b_2}{3} \right] \right\} / \left\{ \frac{D_{b2} \varepsilon_{bc}}{2} \left( \frac{b_2 h}{x_c} + \frac{b_1 - b_2}{3} \right) + \right. \\ \left. + \left( 1 - \frac{D_{b2}}{C_{b2}} \right) \times \left[ \left( 1 - \frac{\ln(1 + C_{b2} \varepsilon_{bc})}{C_{b2} \varepsilon_{bc}} \right) \times \left( \frac{b_2 h}{x_c} + (b_1 - b_2) \cdot \left( 1 + \frac{1}{C_{b2} \varepsilon_{bc}} \right) \right) \right] \right\}, \quad (9)$$

$$\omega_t = \frac{E_{b2}}{R_{bt} C_{bt2} \left( \frac{b_1 h}{x_t} - \frac{b_1 - b_2}{2} \right)} \left\{ \frac{D_{bt2} \varepsilon_{btu}}{2} \left( \frac{b_1 h}{x_t} - \frac{b_1 - b_2}{3} \right) + \left( 1 - \frac{D_{bt2}}{C_{bt2}} \right) \times \right. \\ \left. \times \left[ \left( 1 - \frac{\ln(1 + C_{bt2} \varepsilon_{btu})}{C_{bt2} \varepsilon_{btu}} \right) \times \left( \frac{b_1 h}{x_t} - (b_1 - b_2) \cdot \left( 1 + \frac{1}{C_{bt2} \varepsilon_{btu}} \right) \right) + \frac{b_1 - b_2}{2} \right] \right\}, \quad (10)$$

$$\gamma_t = \left\{ \frac{D_{bt2} \varepsilon_{btu}}{3} \left( \frac{b_1 h}{x_t} - \frac{b_1 - b_2}{4} \right) + \left( 1 - \frac{D_{bt2}}{C_{bt2}} \right) \times \left[ \frac{b_1 h}{2x_t} - \frac{b_1 - b_2}{2} \left( \frac{1}{3} + \frac{1}{C_{bt2} \varepsilon_{btu}} \right) - \frac{1}{C_{bt2} \varepsilon_{btu}} \times \right. \right. \\ \left. \times \left( 1 - \frac{\ln(1 + C_{bt2} \varepsilon_{btu})}{C_{bt2} \varepsilon_{btu}} \right) \times \left( \frac{b_1 h}{x_t} - (b_1 - b_2) \cdot \left( 1 + \frac{1}{C_{bt2} \varepsilon_{btu}} \right) \right) \right] \right\} / \left\{ \frac{D_{bt2} \varepsilon_{btu}}{2} \left( \frac{b_1 h}{x_t} - \frac{b_1 - b_2}{3} \right) + \right. \\ \left. + \left( 1 - \frac{D_{bt2}}{C_{bt2}} \right) \times \left[ \frac{b_1 - b_2}{2} + \left( 1 - \frac{\ln(1 + C_{bt2} \varepsilon_{btu})}{C_{bt2} \varepsilon_{btu}} \right) \times \left( \frac{b_1 h}{x_t} - (b_1 - b_2) \cdot \left( 1 + \frac{1}{C_{bt2} \varepsilon_{btu}} \right) \right) \right] \right\}, \quad (11)$$

где  $\varepsilon_{bc}$ ,  $\varepsilon_{btu}$  – относительные фибровые деформации, соответственно, в сжатой и растянутой зонах сечения изгибаемого железобетонного элемента.

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

$$\frac{\varepsilon_{btu}}{x_t} = \frac{\varepsilon_{bc}}{x_c}, \quad (12)$$

$$x_t = h - x_c, \quad (13)$$

$$\frac{\varepsilon_{sc}}{\varepsilon_{bc}} = 1 - \frac{a_c}{x_c}, \quad (14)$$

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

где  $\varepsilon_{sc}$ ,  $\varepsilon_{st}$  – относительные деформации сжатой и растянутой арматуры.

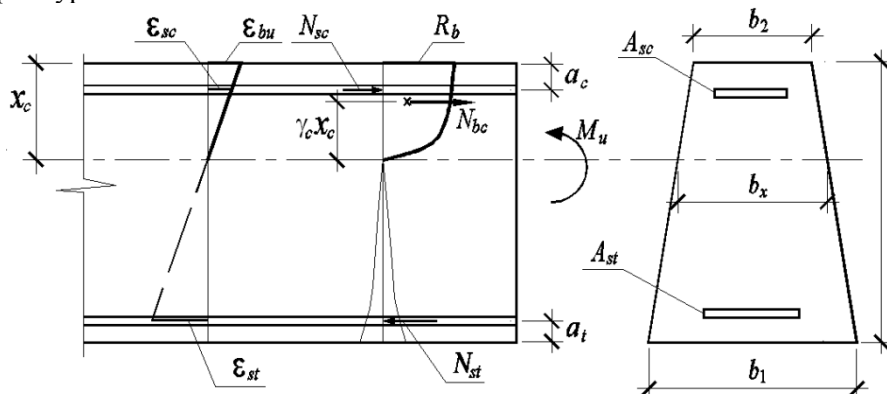


Рис. 3. Схема распределения относительных деформаций, напряжений и усилий в нормальном сечении изгибаемого железобетонного элемента трапециевидной формы на стадии исчерпания его прочности

Ввиду малости своих значений из уравнений равновесия исключаются компоненты, учитывающие растянутую зону бетона, а вместо

Величину фибрового напряжения бетона  $\sigma_{bc}$  получаем с использованием зависимости (1), описывающей диаграмму деформирования бетона при неоднородном сжатии, а неизвестные напряжения в сжатой и растянутой арматуре  $\sigma_{sc}$ ,  $\sigma_{st}$  находятся с помощью универсальной кусочной функции (2)...(4), принятой для описания диаграмм деформирования арматурных сталей с физической площадкой текучести.

Таким образом, получена замкнутая система разрешающих уравнений для определения НДС изгибаемого железобетонного элемента трапециевидного сечения с нижней широкой гранью на стадии его трещинообразования.

Теперь рассмотрим представленную на рис. 3 расчетную схему исследуемого элемента на стадии исчерпания его прочности.

величины фибрового напряжения сжатого бетона  $\sigma_{bc}$  принимается его призматическая прочность  $R_b$ :

$$0,5(b_2 + b_x)x_c\omega_c R_b + \sigma_{sc}A_{sc} - \sigma_{st}A_{st} = 0, \quad (16)$$

$$M_u = 0,5(b_2 + b_x)x_c^2\omega_c\gamma_c R_b + \sigma_{sc}A_{sc}(x_c - a_c) + \sigma_{st}A_{st}(h - x_c - a_t), \quad (17)$$

где  $M_u$  – искомый изгибающий момент, соответствующий исчерпанию прочности элемента по нормальному сечению; описание остальных параметров совпадает с приведенным ранее для уравнений (5), (6).

Расчетные зависимости для определения интегральных геометрических характеристик эпюры напряжений в сжатой зоне бетона ( $\omega_c$ ,  $\gamma_c$ ) находятся с помощью формул (8) и (9), в которые вместо фибрового напряжения ( $\sigma_{bc}$ ) и относительной деформации ( $\varepsilon_{bc}$ ) подставлены предельные значения этих величин:  $R_b$  и  $\varepsilon_{btu}$ . Выражение (7) для вычисления ширины сечения элемента на уровне его нейтральной оси ( $b_x$ ) используется без изменений. В качестве условий

линейного распределения относительных деформаций по сечению принимаются зависимости (14) и (15) с учётом подстановки параметра  $\varepsilon_{btu}$  вместо  $\varepsilon_{bc}$ . Осталось только найти неизвестные напряжения в сжатой и растянутой арматуре  $\sigma_{sc}$  и  $\sigma_{st}$ , для вычисления которых используется универсальная кусочная функция, включающая уравнения (2)...(4).

В результате численного решения полученной системы уравнений с использованием одного из итерационных методов определяется искомый изгибающий момент  $M_u$ , соответствующий исчерпанию прочности по нормальному сечению изгибаемого железобетонного элемента

трапециевидной формы с нижней широкой гранью.

Для проведения качественной и количественной оценки результатов, получаемых в рамках предлагаемых методик расчета прочности и трещиностойкости рассматриваемых элементов, были составлены соответствующие алгоритмы и разработаны программы «Izgib\_1T» и «Izgib\_2T» для персонального компьютера, с помощью которых проведены численные исследования. Первая из программ предназначена для расчета изгибаемых железобетонных элементов трапециевидной формы с верхней широкой гранью, а вторая – для трапециевидных сечений с нижней широкой гранью.

Принимаем во внимание, что частным случаем трапециевидного сечения является прямоугольник. Поэтому методики, алгоритмы и программы расчета «Izgib\_1T» и «Izgib\_2T» могут использоваться для теоретического определения прочности и трещиностойкости сечений изгибаемых железобетонных элементов как прямоугольной, так и трапециевидной формы при любой прочности бетона и различном содержании сжатой и растянутой арматуры.

В качестве исследуемого эталонного образца был принят изгибаемый железобетонный элемент с размерами поперечного сечения прямоугольной формы  $b \times h = 300 \times 450$  мм. Сравни-

ваемые железобетонные элементы трапециевидного сечения имеют такую же высоту ( $h = 450$  мм), но различные размеры нижней ( $b_1$ ) и верхней ( $b_2$ ) граней. Для образцов с верхней более широкой гранью (тип 1) её размер принят совпадающим с шириной сечения прямоугольной формы  $b_2 = 300$  мм, а нижняя грань – в половину меньше  $b_1 = 150$  мм. Альтернативные образцы трапециевидного сечения (см. рис. 2) имеют более широкую нижнюю грань ( $b_1 = 300$  мм) и, соответственно, уменьшенную верхнюю грань  $b_2 = 150$  мм (тип 2). В обоих случаях экономия бетона по сравнению с эталонным прямоугольным элементом достигает 25 %.

В ходе численного эксперимента варьировали следующими исходными данными: классами бетона (B15, B30, B50, B70); процентным содержанием растянутой арматуры класса A400 (0,5 %, 1,0 %, 3,0 %, 5,0 %). В сжатой зоне для всех образцов принята арматура класса A240 с постоянной площадью (0,5 %). В расчетах использовались нормативные характеристики бетона и арматуры с учетом кратковременного нагружения железобетонных элементов статической нагрузкой. В итоге общий объем рассчитываемых образцов составил 48. Основные результаты численных исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1

**Расчетные значения прочности и трещиностойкости сечений изгибаемых железобетонных элементов прямоугольной и трапециевидной формы, кН·м**

| Класс бетона | Процент армирования, % | Прямоугольное сечение ( $M_{crc,1} / M_{u,1}$ ) | Трапециевидное сечение                                         |                                                                | $\frac{M_{crc,2}}{M_{crc,1}} / \frac{M_{u,2}}{M_{u,1}}$ , % | $\frac{M_{crc,3}}{M_{crc,1}} / \frac{M_{u,3}}{M_{u,1}}$ , % |
|--------------|------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
|              |                        |                                                 | $b_1 = 150$ мм;<br>$b_2 = 300$ мм<br>( $M_{crc,2} / M_{u,2}$ ) | $b_1 = 300$ мм;<br>$b_2 = 150$ мм<br>( $M_{crc,3} / M_{u,3}$ ) |                                                             |                                                             |
| B15          | 0,5                    | 29,25 / 127,25                                  | 19,00 / 126,58                                                 | 21,21 / 110,74                                                 | 65,0 / 99,5                                                 | 72,5 / 87,0                                                 |
|              | 1,0                    | 35,09 / 196,33                                  | 25,35 / 195,28                                                 | 25,76 / 171,86                                                 | 72,2 / 99,5                                                 | 73,4 / 87,5                                                 |
|              | 3,0                    | 57,15 / 306,80                                  | 48,97 / 278,86                                                 | 41,96 / 197,60                                                 | 85,7 / 90,9                                                 | 73,4 / 64,4                                                 |
|              | 5,0                    | 77,35 / 319,30                                  | 70,20 / 286,70                                                 | 55,68 / 198,82                                                 | 90,8 / 89,8                                                 | 72,0 / 62,3                                                 |
| B30          | 0,5                    | 43,34 / 140,26                                  | 26,79 / 139,99                                                 | 30,01 / 130,04                                                 | 61,8 / 99,8                                                 | 69,2 / 92,7                                                 |
|              | 1,0                    | 49,86 / 235,28                                  | 33,91 / 232,76                                                 | 34,95 / 194,80                                                 | 68,0 / 98,9                                                 | 70,1 / 82,8                                                 |
|              | 3,0                    | 74,96 / 499,28                                  | 60,91 / 470,03                                                 | 53,09 / 320,41                                                 | 81,2 / 94,1                                                 | 70,8 / 64,2                                                 |
|              | 5,0                    | 98,64 / 547,97                                  | 85,99 / 493,29                                                 | 69,14 / 327,91                                                 | 87,2 / 90,0                                                 | 70,1 / 59,8                                                 |
| B50          | 0,5                    | 58,14 / 148,74                                  | 34,96 / 148,53                                                 | 38,77 / 140,04                                                 | 60,1 / 99,8                                                 | 66,7 / 94,2                                                 |
|              | 1,0                    | 65,44 / 268,97                                  | 42,94 / 267,44                                                 | 44,14 / 227,37                                                 | 65,6 / 99,4                                                 | 67,4 / 84,5                                                 |
|              | 3,0                    | 93,75 / 565,12                                  | 73,52 / 559,33                                                 | 64,10 / 446,66                                                 | 78,4 / 99,0                                                 | 68,4 / 79,0                                                 |
|              | 5,0                    | 120,80 / 801,32                                 | 102,31 / 736,35                                                | 82,09 / 479,77                                                 | 84,7 / 91,9                                                 | 68,0 / 59,9                                                 |
| B70          | 0,5                    | 69,44 / 154,18                                  | 41,11 / 153,99                                                 | 44,90 / 145,31                                                 | 59,2 / 99,9                                                 | 64,7 / 94,2                                                 |
|              | 1,0                    | 77,32 / 286,54                                  | 49,74 / 285,84                                                 | 50,54 / 250,54                                                 | 64,3 / 99,8                                                 | 65,4 / 87,4                                                 |
|              | 3,0                    | 108,00 / 605,66                                 | 82,98 / 592,36                                                 | 71,60 / 504,05                                                 | 76,8 / 97,8                                                 | 66,3 / 83,2                                                 |
|              | 5,0                    | 137,49 / 891,87                                 | 114,45 / 875,11                                                | 90,71 / 619,56                                                 | 83,2 / 98,1                                                 | 66,0 / 69,5                                                 |

Анализ полученных результатов, позволил выявить следующие закономерности:

– для небольших процентов армирования (0,5 %; 1,0 %) изгибающая прочность трапециевид-

ных сечений изгибаемых железобетонных элементов с верхней широкой гранью практически совпадает с соответствующими величинами  $M_u$  для прямоугольных сечений (отклонения от 0,3

% до 1,5 %). При повышенном проценте армирования таких сечений (3,0 %) предельные изгибающие моменты также достаточно близки по величине. При этом для образцов из бетонов В15...В30 отклонения существенно больше (12,3...9,0 %), чем для бетонов повышенной прочности (1,4...2,7 %). Для перearмированных сечений (5,0 %) сохраняется такая же тенденция – с ростом прочности бетона значения отклонений уменьшаются. Наибольшие отклонения (13,7...11,4 %) выявлены для образцов из бетонов В15...В50, а для бетона класса В70 отклонение составило всего 2,7 %;

– для трапециевидных образцов с широкой нижней гранью наблюдается снижение изгибной прочности в диапазоне от 5,8 до 40,2 % по отношению к эталонным образцам прямоугольного сечения. При этом более близкие к минимальному значению диапазона показали малоармированные образцы (0,5 %) для всех классов бетонов, а наибольшие отклонения выявлены для перearмированных образцов (5,0 %). Для наиболее распространённого процента армирования (1,0 %) снижение изгибной прочности сечения укладывается в относительно небольшой диапазон отклонений от 12,5 до 17,2 %. Образцы с повышенным процентом армирования (3,0 %) показали разные по величине диапазоны снижения их изгибной прочности в зависимости от классов бетона. Так, предельные изгибающие моменты  $M_u$  для рассматриваемых трапециевидных элементов из бетонов В15...В30 уменьшилась практически на одинаковую величину 35,6...35,8 %, а для бетонов повышенной прочности В50...В70 снижение оказалось существенно меньше – на 16,8...21,0 %;

– для всех 3-х типов образцов прослеживается устойчивая тенденция повышения изгибной прочности элементов с увеличением процента армирования при одном и том же классе бетона. Максимальный рост значений изгибающих моментов (в 5,78 раза) выявлен у эталонных образцов из высокопрочного бетона В70. У элементов трапециевидного сечения первого типа рост искомых величин  $M_u$  от рассматриваемого фактора происходит в меньшей степени – в 5,68 раза, а для элементов второго типа рост предельных изгибающих моментов  $M_u$  не превышает 4,26 раза;

– с повышением прочности бетона при одном и том же проценте армирования у всех образцов наблюдается рост предельных изгибающих моментов, который для высокопрочного бетона В70 и наибольшего процента армирования (5,0 %) достигает значений 2,79...3,12 раза. Для наиболее распространённого процента армирования (1,0 %) получен одинаковый рост (в

1,46 раза) искомых величин  $M_u$  для всех 3-х исследуемых типов сечений элементов;

– для всех рассмотренных классов бетона и при любом армировании растянутой зоны трещиностойкость элементов трапециевидного сечения обоих типов оказалась на 9,2...40,8 % ниже, чем у эталонных образцов. При этом диапазон отклонений величин  $M_{cr}$  у трапециевидных сечений второго типа оказался несколько меньше и составил от 26,6 до 35,3 %;

– увеличение в заданных пределах процента армирования трапециевидных сечений при неизменной прочности бетона приводит к существенному повышению их трещиностойкости. При этом наибольший рост значений наблюдается у низкопрочного бетона (В15) – в 3,69 раза для образцов первого типа и в 2,63 раза для образцов второго типа. Для высокопрочного бетона (В70) этот рост несколько меньше – в 2,78 раза для элементов первого типа и в 2,02 раза для элементов второго типа. Для прямоугольных сечений указанные соотношения искомых величин несколько ниже и составляют для низкопрочного и высокопрочного бетонов, соответственно, 2,64 и 1,98 раза;

– увеличение прочности бетона для всех рассмотренных элементов приводит к повышению трещиностойкости их сечений в 1,63... 2,37 раза. При этом для малоармированных (0,5 %) образцов параметры роста относительных величин моментов трещинообразования ближе к максимальному значению их общего диапазона – 2,12...2,37 раза, а для перearмированных (5,0 %) сечений аналогичные величины ближе к минимальному значению их общего диапазона – 1,63...1,78 раза.

В заключение следует отметить, что в настоящее время авторы выполняют экспериментальные исследования для оценки влияния формы поперечного сечения на прочность, трещиностойкость и деформативность изгибаемых железобетонных элементов, результаты которых планируется представить в последующих публикациях.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Немировский Ю.В., Болтаев А.И. Диаграммы деформирования бетонов и железобетонов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 6. С. 125-129.
2. Никулин А.И. Универсальная зависимость для аналитического описания диаграмм растяжения арматурной стали // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2015. № 3. С. 157-162.
3. Никулин А.И., Обернихин Д.В., Рубанов В.Г., Свентиков А.А. Трещиностойкость изгиба-

емых железобетонных элементов трапециевидного сечения на основе применения нелинейной деформационной модели // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 2. С. 58-63.

4. Никулин А.И., Фролов Н.В., Никулина Ю.А. Трещиностойкость изгибаемых железобетонных элементов с учетом использования в растянутой зоне различных сочетаний стальной и стеклопластиковой арматуры // Бетон и желе-

зобетон. 2015. № 3. С. 18-22.

5. Обернихин Д.В., Никулина Ю.А. Численные исследования прочности изгибаемых железобетонных элементов трапециевидного и прямоугольного сечений // Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения: материалы международных академических чтений. – Курск: Изд-во Курск. гос. ун-та, 2015. – С. 175-183.

---

**Nikulin A.I., Obernih D.V.**

**THE STRENGTH AND THE CRACK RESISTANCE OF THE BENT REINFORCED CONCRETE TRAPEZOIDAL CROSS-SECTION ELEMENTS WITH THE WIDE LOWER BOUND**

*Based on a modified version of the nonlinear deformation model of the reinforced concrete power of resistance a method, that is needed to determine the strength, crack resistance of the bent reinforced concrete trapezoidal cross-section elements with the wide lower bound, was developed. Analytical dependences, used to describe nonlinear diagrams of the concrete and reinforcement state, are shown. For the convenience of the proposed calculation method practical application algebraic expressions, ensuring the definition of integrated geometric characteristics diagrams of stresses in the compressed and stretched zones considered concrete of the trapezoidal cross-section elements, are given. Considered that the special case of the trapezoidal cross-section element is a rectangle, the calculation method may be used to determine the theoretical strength and the crack resistance sections of bent concrete rectangular and trapezoidal elements. For comparison of the calculated values of the bending moments, the relevant stages of the cracking and of the reinforced concrete elements strength exhaustion for normal section, the algorithm realized in the calculation program for PC, was composed. With its help numerical researches, some results of which are presented in the article, were performed.*

**Key words:** strength, crack resistance, deformation calculation model, concrete state diagram, tension reinforcement diagram, bent element, a trapezoidal cross-section.

---

**Обернихин Дмитрий Вячеславович**, аспирант кафедры строительства и городского хозяйства.

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

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

E-mail: obernihindmitriy@gmail.com

**Никулин Александр Иванович**, канд. техн. наук, доцент кафедры строительства и городского хозяйства.

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

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

E-mail: nikulin137@yandex.ru

Сулейманова Л.А., д-р техн. наук, проф.,  
Погорелова И.А., канд. техн. наук, доц.,  
Кондрашев К.Р., аспирант,  
Сулейманов К.А., студент,  
Пириев Ю.С., доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ГАЗОБЕТОНЫ НА КОМПОЗИЦИОННЫХ ВЯЖУЩИХ

[ludmilasuleimanova@yandex.ru](mailto:ludmilasuleimanova@yandex.ru)

*Разработаны принципы управления процессами изготовления неавтоклавного газобетона на композиционном вяжущем, что позволило получать энергосберегающие конструкционно-теплоизоляционные изделия с повышенной прочностью и долговечностью.*

**Ключевые слова:** ячеистый бетон, энергосберегающий газобетон, композиционное вяжущее

Ячеистые бетоны нашли широкое применение в различных областях современного строительства, что обеспечено специфическими особенностями пористой структуры и соответственно многообразием функциональных назначений. В частности, несущая способность ячеистых бетонов при характерной для них низкой плотности достаточна для изготовления ограждающих конструкций стен и покрытий элементов, перекрытий и несущих элементов малоэтажного строительства.

Высокие теплозащитные характеристики, огнестойкость, теплоемкость и влагоемкость обуславливают уникальное сочетание в одном материале всех тех положительных качеств, которые в отдельности присущи традиционным строительным материалам.

Но, несмотря на это, доля ячеистобетонных изделий в общем объеме стеновых материалов составляет всего 6...8 %, в то время как в большинстве европейских стран превышает 30 % и их качество желает много лучшего.

Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года предусматривает повышение доступности энергоэффективного жилья гражданам РФ. Реализация государственной жилищной политики предполагает развитие строительного комплекса и производства строительных материалов, изделий и конструкций с применением инновационных, в том числе энергосберегающих технологий.

Для решения строительных проблем России, в первую очередь резко обострившейся проблемы дешевого и высококачественного жилья, необходимо всемерно наращивать производство ячеистых бетонов в нашей стране, которое позволит резко снизить ресурсоемкость строительства и эксплуатации.

Авторами предложены принципы проектирования неавтоклавного газобетона для

производства энергосберегающих ограждающих конструкций с учетом использования композиционных вяжущих (КВ), заключающиеся в оптимизации процесса структурообразования матрицы композита за счет интенсификации процессов гидратации клинкерных минералов, что позволяет получать композиционное вяжущее с прочностью на сжатие не менее 90 МПа и неавтоклавный ячеистый бетон на его основе с улучшенными характеристиками [1–10].

Для получения энергоэффективных ячеистых бетонов и повышения эффективности использования цемента применяли композиционные вяжущие на основе клинкера (с добавлением 5 % гипса) и портландцемента ЦЕМ I 42,5 Н по ГОСТ 31108–2003 производства ЗАО «Белгородский цемент».

При изготовлении композиционных вяжущих процесс помола является основным по объему капиталовложений в оборудование. В ходе помола происходит физико-химическая активация компонентов, в дальнейшем определяющая свойства полученного вяжущего. Повышение эффективности данного процесса достигается совершенствованием помольных агрегатов, применением различных добавок-интенсификаторов, рациональным подбором составов КВ [11–16].

Дозировка суперпластификатора Полипласт СП-1 (производства ООО «Полипласт Новомосковск»), определенная с использованием метода мини-конуса, составляла 1 % от массы вяжущего. Установлена целесообразность замены клинкера в композиционном вяжущем до 30 % наполнителем (отсевы дробления перлита, трепела и опоки), что позволяет осуществить экономию клинкерной составляющей без значительного изменения активности вяжущего.

Анализ кинетических констант помола КВ (рис. 1, табл. 1), измельченных в центробежном



агрегате с параллельными помольными блоками, позволил определить оптимальное время помола каждого вида композиционного вяжущего для достижения рациональной удельной поверхности – 500...550 м<sup>2</sup>/кг. Выявлено, что наилучшей размолоспособностью обладает вяжущее на основе клинкера с добавлением перлита, имеющего наименьший коэффициент торможения  $k_t = 0,0008$  кг/м<sup>2</sup> [3].

При помоле высокопористых материалов (трепела и опоки), содержащих много открытых пор, происходит поглощение молекул суперпластификатора, и процесс увеличения удельной поверхности не только не ускоряется, а в отдельные сроки даже замедляется из-за вторичной агрегации и налипания на мелющие тела и корпус мельницы.

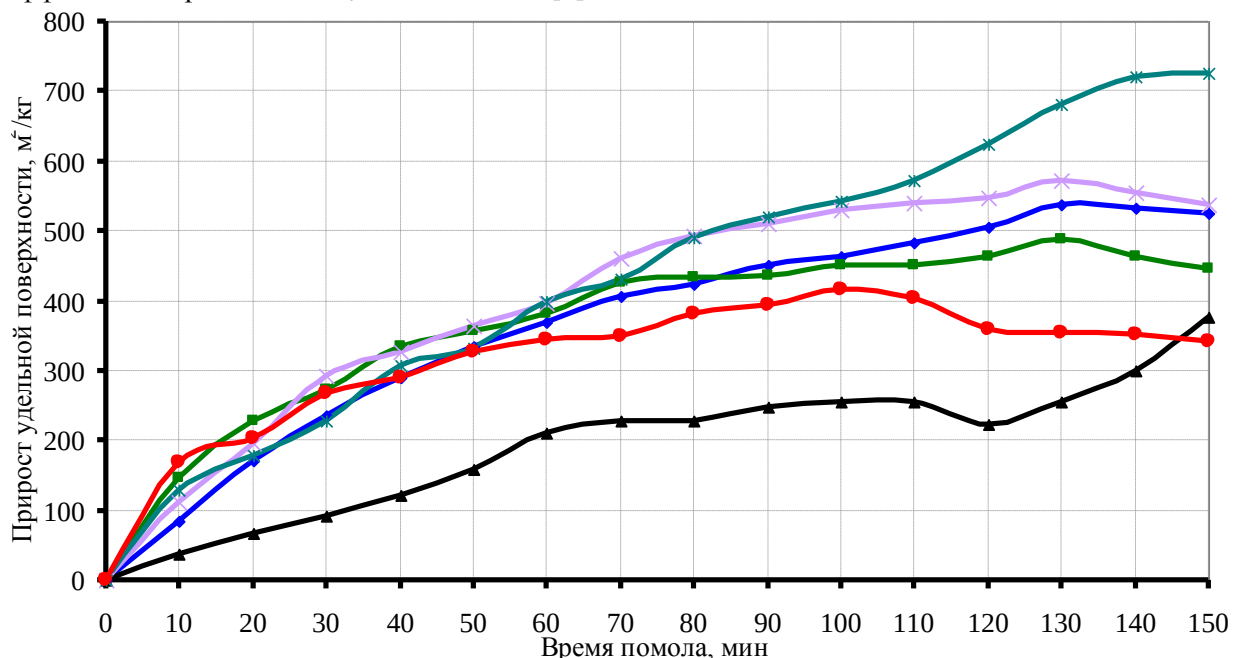


Рис. 1. Удельная поверхность композиционных вяжущих от времени помола:

- 70 % Цемент + 25 % Перлит + 1 % Полипласт СП-1 + 5 % гипс;
- 70 % Цемент + 25 % Опока + 1 % Полипласт СП-1 + 5 % гипс;
- 70 % Цемент + 25 % Трепел + 1 % Полипласт СП-1 + 5 % гипс;
- 70 % Клинкер + 25 % Опока + 1 % Полипласт СП-1 + 5 % гипс;
- 70 % Клинкер + 25 % Перлит + 1 % Полипласт СП-1 + 5 % гипс;
- 70 % Клинкер + 25 % Трепел + 1 % Полипласт СП-1 + 5 % гипс

Таблица 1

Кинетические константы помола композиционных вяжущих (КВ-70)

| Состав вяжущих                           | Начальная скорость ( $U_0$ ), м <sup>2</sup> /(кг·мин) | Коэффициент торможения ( $k_t$ ), кг/м <sup>2</sup> | Коэффициент корреляции ( $k_{кор}$ ) |
|------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------|
| ЦЕМ I 42,5 Н + Полипласт СП-1 + перлит   | 10,72                                                  | 0,0012                                              | 0,9944                               |
| ЦЕМ I 42,5 Н + Полипласт СП-1 + опока    | 13,26                                                  | 0,0012                                              | 0,9955                               |
| ЦЕМ I 42,5 Н + Полипласт СП-1 + трепел   | 3,99                                                   | 0,0015                                              | 0,8204                               |
| Клинкер + гипс + Полипласт СП-1 + перлит | 10,1                                                   | 0,0008                                              | 0,9537                               |
| Клинкер + гипс + Полипласт СП-1 + опока  | 13,26                                                  | 0,012                                               | 0,9955                               |
| Клинкер + гипс + Полипласт СП-1 + трепел | 18,79                                                  | 0,002                                               | 0,9948                               |

Анализ гранулометрии полученных вяжущих показал, что КВ на основе клинкера с суперпластификатором имеет повышенное содержание мелкодисперсных частиц с выраженным максимумом в интервале 5...13 мкм по сравнению с вяжущими, полученными при помоле цемента (рис. 2).

При этом вяжущие на основе клинкера имеют большое содержание мельчайших частиц в диапазоне 0,66...1,81 мкм.

Введение минеральных наполнителей при помоле вяжущих на основе клинкера смещает графики в область более мелких частиц. При этом кривые имеют несколько ярко выраженных пиков по сравнению с кривой портландцемента.

Стоит отметить, что кривая вяжущего с перлитом имеет большое содержание мелких частиц в диапазоне 0,66...1,81 мкм, что обеспечивает более высокую реакционную способность, особенно в ранние сроки твердения.

Установлен характер кинетики помола и распределения частиц композиционных вяжущих по размерам, измельченных в

центробежном агрегате с параллельными помольными блоками, свидетельствующий о смещении максимума из области крупных размеров частиц в область средних и увеличение количества мелких частиц, что приводит к равномерному полидисперсному распределению компонентов вяжущего и интенсификации процессов гидратации.

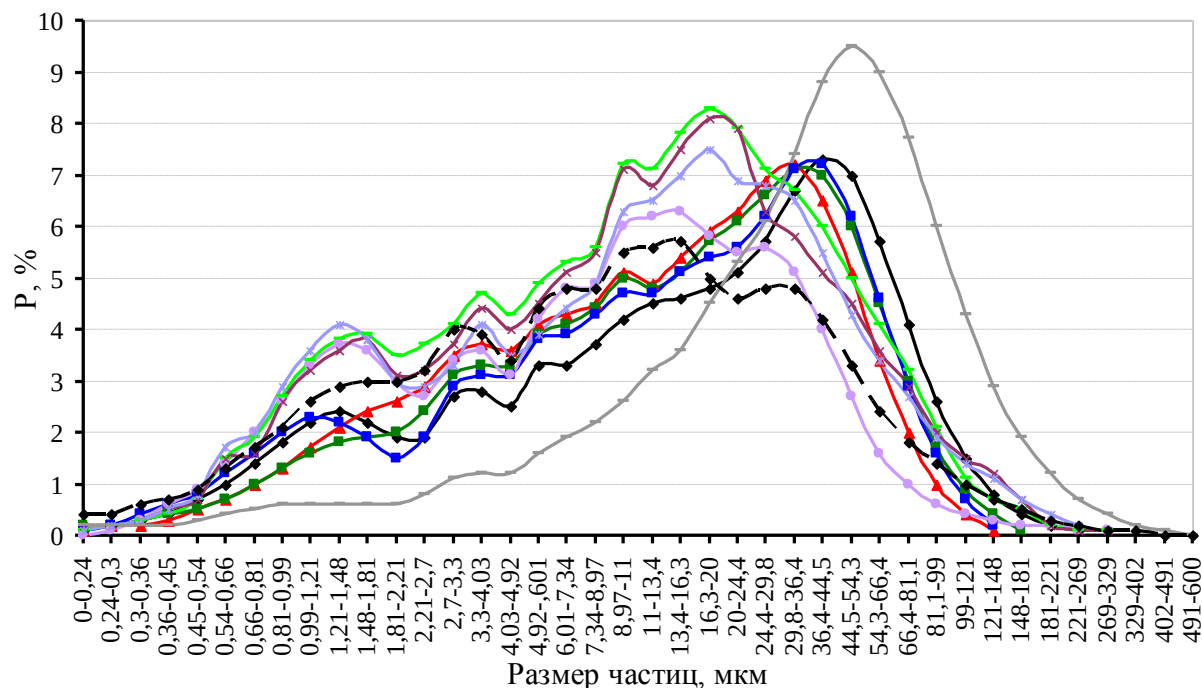


Рис. 2. Распределение частиц композиционного вяжущего по размерам:

- Цемент + гипс + Полипласт СП-1 + перлит;
- ▲— Цемент + гипс + Полипласт СП-1 + трепел;
- Цемент + гипс + Полипласт СП-1 + опока;
- Цемент + Полипласт СП-1;
- Клинкер + гипс + Полипласт СП-1;
- Клинкер + гипс + Полипласт СП-1 + трепел;
- ×— Клинкер + гипс + Полипласт СП-1 + опока;
- ×— Клинкер + гипс + Полипласт СП-1 + перлит;
- Цемент;
- Кликер + гипс

Полученные результаты коррелируются с аналогичными данными, приведенными в работах [3, 4, 13–27].

Возможно повышение эффективности неавтоклавного газобетона за счет регулирования коллоидно-химических свойств, позволяющих увеличить эффективную вязкость раствора, что способствует предотвращению прорывания газовых пор.

Выявлены зависимости подвижности газцементных систем от вида и процентного содержания вяжущего, с целью исключения влияния газообразователя на изменение реологических свойств в системе

«газообразователь – ТМЦ 100 (ВНВ-100) – вода», заключающиеся в том, что наименьшие значения предельного напряжения сдвига свидетельствуют об оптимальном процентном соотношении суперпластификатора к цементу.

Анализ реологических характеристик разработанных вяжущих (рис. 3) показал более быстрое начало гидратации составов на клинкерной основе, что в дальнейшем повлияло на активность вяжущего. Предложенные составы КВ позволяют получать растворы с заданной эффективной вязкостью, способствующей предотвратить прорывание газовых пор.

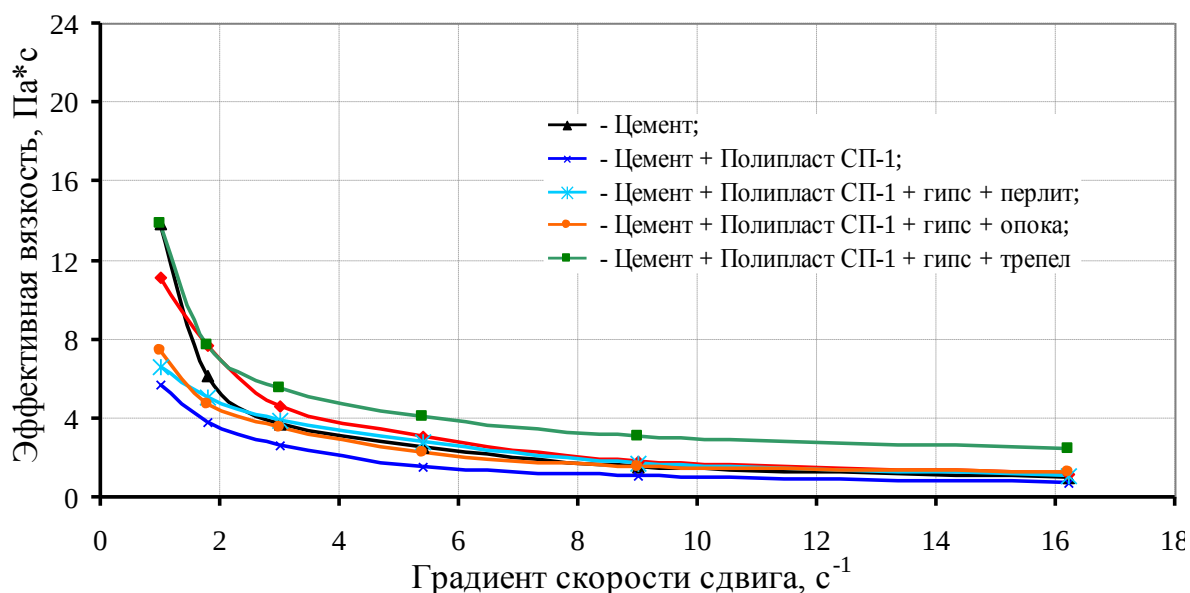


Рис. 3. Реологические кривые суспензий на основе цемента

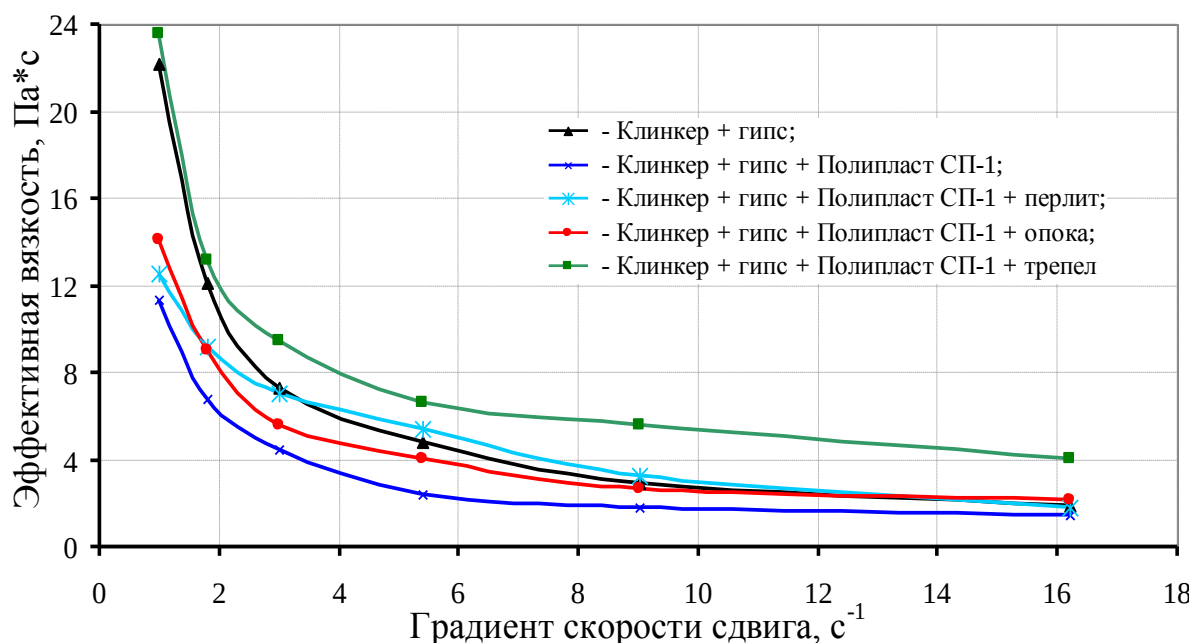


Рис. 4. Реологические кривые суспензий на основе клинкера

С целью исключения влияния газообразователя на изменение реологических свойств была рассмотрена тройная система «газообразователь – композиционное вяжущее – вода».

Введение суперпластификатора изменяет характер течения водогазоцементной суспензии: он снижает предел текучести практически до нуля, т.е. в системе вязкое течение начинается при очень малых градиентах скоростей сдвига. Существенное понижение напряжения сдвига при градиенте скорости сдвига большем 130...140 с<sup>-1</sup> вызвано седиментацией газоцементноводной суспензии под воздействием центробежных сил. Это в свою очередь вызвано тем, что дополнительное

количество ранее иммобилизованной воды, высвобожденное в результате введения суперпластификаторов, приводит к потере структурной устойчивости системы при данной дисперсности твердой фазы. Подобный эффект может иметь место и при меньших градиентах скорости сдвига в случае более высокого В/Ц отношения, что имеет место при приготовлении ячеистобетонной смеси.

На основе полученных реограмм (рис. 5) установлено, что для газоцементной системы «газообразователь – композиционное вяжущее – вода», имеющей низкое значение величины предельного напряжения сдвига, оптимальное процентное содержание суперпластификатора 1 %. С учетом полученных данных грануло-

метрического состава, реологических характеристик и физико-механических испытаний вяжущих предложены рациональные составы КВ-70 (с наполнителями

в виде перлита и опоки) (табл. 2) с использованием портландцемента и клинкерной составляющей с суперпластификатором Полипласт СП-1 [4].

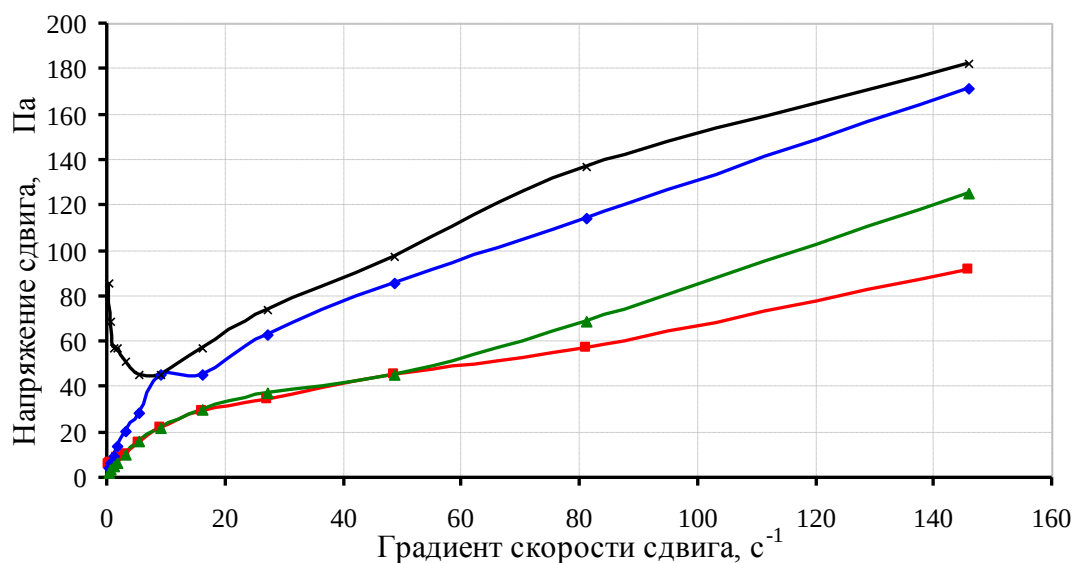


Рис. 5. Реограммыгазоцементных смесей:

- газобразователь – КВ-70 (1 % Полипласт СП-1) – вода;
- газобразователь – КВ-70 (0,14 % Полипласт СП-1) – вода;
- газобразователь – КВ-70 (0,7 % Полипласт СП-1) – вода;
- газобразователь – ТМЦ-70 – вода

Таблица 2

### Составы и физико-механические характеристики композиционных вяжущих

| Вяжущее                     | НГ, % | Сроки схватывания, мин |       | Прочность, МПа, в возрасте, сут |      |      |            |      |       |
|-----------------------------|-------|------------------------|-------|---------------------------------|------|------|------------|------|-------|
|                             |       | начало                 | конец | на сжатие                       |      |      | при изгибе |      |       |
|                             |       |                        |       | 3                               | 7    | 28   | 3          | 7    | 28    |
| КВ-70<br>(клинкер + перлит) | 28,9  | 40                     | 150   | 52,3                            | 67,2 | 90,5 | 7,26       | 9,33 | 12,65 |
| КВ-70<br>(цемент + перлит)  | 27,4  | 45                     | 145   | 50,7                            | 66,9 | 87,1 | 7,34       | 9,69 | 12,45 |
| КВ-70<br>(клинкер + опока)  | 30,7  | 65                     | 170   | 55,3                            | 63,5 | 81,9 | 8,25       | 8,82 | 11,9  |
| КВ-70<br>(цемент + опока)   | 29,1  | 70                     | 170   | 53,3                            | 64,3 | 77,7 | 7,61       | 9,45 | 11,1  |

Известно, что для ячеистых бетонов пластифицирование цементных растворов не эффективно ввиду гидрофобного взаимодействия суперпластификаторов и газобразователя, однако, проведенными исследованиями показана возможность применения суперпластификатора Полипласт СП-1. Производство композиционных вяжущих с активными кремнеземсодержащими минеральными добавками дает возможность экономии удельных энергозатрат на тонну цемента за счет снижения содержания клинкерной составляющей с сохранением высоких строительно-технических свойств.

Исследовано влияние вида минеральной добавки на прочностные свойства вяжущего и гидратацию клинкерных минералов на разработанных композиционных вяжущих с наполнителями перлита, опоки и трепела методом РФА.

Результаты РФА (рис. 6) свидетельствуют, что в начальные сроки (1, 3 сут) твердения более интенсивно гидратирует КВ с добавкой трепела, хотя прочность его в трехсуточном возрасте более чем в 2 раза ниже, чем вяжущих с остальными добавками. Этот факт свидетельствует, что интенсивность гидратации на начальном этапе не всегда определяет прочность цементного камня. Чрезмерно высокая скорость процесса может

привести к формированию крупноблочной структуры низкой прочности, что, возможно, и наблюдается в данном случае. К 3 и 28 сут твердения гидратация КВ с опокой и перлитом выше интенсивности этого процесса в трепелсодержащем композиционном вяжущем. Наибольшие изменения между отражениями заметны на 28 сут твердения, где высота дифракционных максимумов алита и белита у КВ с опокой и перлитом на 13 % и 15 % ниже соответственно, чем с трепелом. Эти результаты согласуются с прочностными данными КВ (табл. 2) в эти же сроки твердения, которые свидетельствуют, что максимальная разница между прочностью цементного камня с соответствующими добавками равна 48 % и 66 % [3, 4].

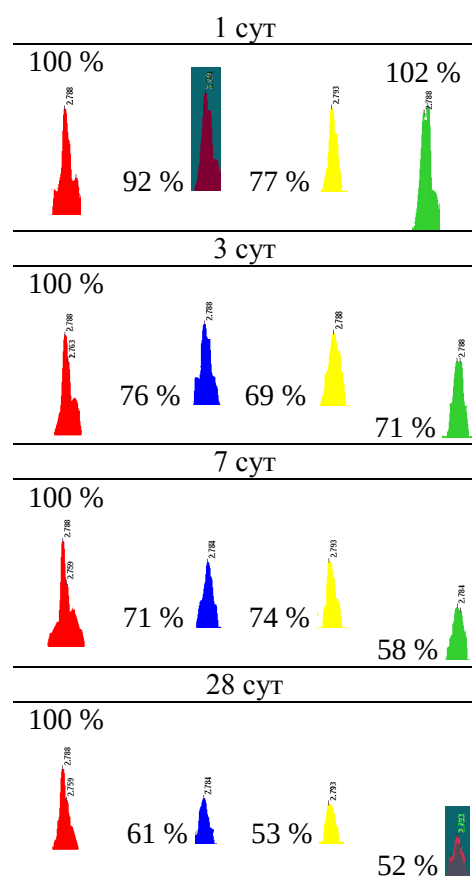


Рис. 6. Интенсивность отражений 2,76Å и 2,78Å в зависимости от вида минеральной добавки в вяжущем:  
 — ЦЕМ I 42,5 Н;  
 — KB-70 (трепел);  
 — KB-70 (опока);  
 — KB-70 (перлит)

Образец в 28 сут твердения с добавкой перлита показал и лучшее усвоение аморфной составляющей с наиболее полной гидратацией клинкерных минералов. Вследствие этого

минералогический состав образца с добавкой перлита имеет оптимальное соотношение клинкерных минералов и минералов гидросиликатов кальция.

При введении опоки заметное снижение интенсивности отражений 2,76Å и 2,78Å началось в возрасте 1 сут твердения, хотя по кинетике гидратации клинкерных минералов она проявила себя достаточно близкой к составу с содержанием трепела. Содержащаяся в опоке аморфная составляющая способствовала, по сравнению с другими добавками в 3 и 7 сут твердения образцов, более активному образованию гидросиликатов кальция. Это позволило через 28 сут твердения получить образцы с оптимальной структурой вследствие более сбалансированного соотношения кремнезема, клинкерных минералов и гидросиликатов кальция, которые способствовали максимально возможному заполнению дефектов крупных кристаллов. Состав с добавкой трепела по кинетике гидратации клинкерных минералов проявил себя достаточно близко к составу с содержанием опоки, что отмечалось по отражениям дифракционных максимумов 2,76Å и 2,78Å. Трепел по минералогическому составу содержит максимальное количество аморфной составляющей. Однако данная составляющая не проявляла активности и в значительной степени осталась в исходном состоянии. Это не позволило создать плотную структуру цементного камня, а прочностные характеристики показали наименьшие значения, хотя гидратация клинкерных минералов происходила достаточно активно.

Проведены исследования микроструктур композиционных вяжущих с различными кремнеземсодержащими добавками с помощью растрового ионно-электронного микроскопа Quanta 200 3D. Установлено, что микроструктура вяжущих с перлитом имеет однородную плотную структуру, преобладающий ее элемент – кристаллогидрат игольчатой формы; отмечается четкое прорастание гидросиликатов по всей матрице композита, при этом практически отсутствуют поры и пустоты. Рентгеноспектральный микрозондовый анализ поверхности скола образцов на композиционном вяжущем показал закономерное уменьшение Са и одновременное количественное повышение содержания Si и Al в камне композиционного вяжущего по сравнению с бездобавочным цементным камнем.

Получены математические зависимости физико-механических характеристик неавто-



клавного газобетона на основе композиционных вяжущих от технологических параметров (В/Т, количества извести и газообразователя, вида наполнителя) (табл. 3), позволяющие управлять процессом производства ячеистых бетонов и оптимизировать технологический процесс.

Таблица 3

## Условия планирования эксперимента

| Фактор                        |                  | Уровень варьирования |        |        |
|-------------------------------|------------------|----------------------|--------|--------|
| натуральный вид               | кодированный вид | - 1                  | 0      | +1     |
| В/Т                           | $X_1$            | 0,5                  | 0,6    | 0,7    |
| Известь, % от массы вяжущего  | $X_2$            | 2                    | 4      | 6      |
| Al паста, % от массы вяжущего | $X_3$            | 0,5                  | 0,6    | 0,7    |
| Вид наполнителя               | $X_4$            | Опока                | Перлит | Трепел |

В результате статистической обработки полученных данных (табл. 4) выявлены оптимальные дозировки компонентов и получены математические модели:

– *средней плотности*

$$Y_1 = 293,02 - 148,32 \cdot X_1 - 161,57 \cdot X_2 - 195,21 \cdot X_3 + 39,25 \cdot X_4 + 45,98 \cdot X_1^2 + 105,98 \cdot X_2^2 + 81,48 \cdot X_3^2 + 95,98 \cdot X_4^2 + 18,88 \cdot X_1 \cdot X_2 + 35,38 \cdot X_1 \cdot X_3 - 35,13 \cdot X_1 \cdot X_4 + 96,75 \cdot X_2 \cdot X_3 + 13,5 \cdot X_2 \cdot X_4 + 14,5 \cdot X_3 \cdot X_4,$$

– *прочности на сжатие*

$$Y_2 = 1,45 - 1,20 \cdot X_1 - 1,01 \cdot X_2 - 1,16 \cdot X_3 + 0,26 \cdot X_4 + 0,2 \cdot X_1^2 + 0,58 \cdot X_2^2 + 0,4 \cdot X_3^2 + 0,13 \cdot X_4^2 + 0,13 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0,28 \cdot X_1 \cdot X_3 - 0,21 \cdot X_1 \cdot X_4 + 0,59 \cdot X_2 \cdot X_3 + 0,11 \cdot X_2 \cdot X_4 + 0,03 \cdot X_3 \cdot X_4,$$

анализ которых представлен на рис. 7.

В результате анализа экспериментальных данных был рекомендован состав неавтоклавного газобетона на основе композиционного вяжущего, содержащий:

клинкерную составляющую 70 %, суперпластификатор Полипласт СП-1 1 %, гипс 5 %, известь 4 %, перлит 30 % и газообразователь – алюминиевую пасту 0,6 %.

Таблица 4

## Матрица планирования и экспериментальные данные

| № опыта | Фактор |       |       |       | $\rho_{\text{ср}}$ , кг/м <sup>3</sup> | $R_{\text{сж ср}}$ , МПа |
|---------|--------|-------|-------|-------|----------------------------------------|--------------------------|
|         | $X_1$  | $X_2$ | $X_3$ | $X_4$ |                                        |                          |
| 1       | +      | +     | +     | +     | 240                                    | 0,3                      |
| 2       | +      | +     | +     | -     | 215                                    | 0,18                     |
| 3       | +      | +     | -     | +     | 420                                    | 1,1                      |
| 4       | +      | +     | -     | -     | 398                                    | 1,02                     |
| 5       | +      | -     | +     | +     | 390                                    | 1,2                      |
| 6       | +      | -     | +     | -     | 360                                    | 0,9                      |
| 7       | +      | -     | -     | +     | 835                                    | 3,8                      |
| 8       | +      | -     | -     | -     | 910                                    | 3,9                      |
| 9       | -      | +     | +     | +     | 580                                    | 3,0                      |
| 10      | -      | +     | +     | -     | 356                                    | 1,2                      |
| 11      | -      | +     | -     | +     | 780                                    | 4,1                      |
| 12      | -      | +     | -     | -     | 660                                    | 3,2                      |
| 13      | -      | -     | +     | +     | 680                                    | 3,1                      |
| 14      | -      | -     | +     | -     | 560                                    | 3,02                     |
| 15      | -      | -     | -     | +     | 1380                                   | 7,8                      |
| 16      | -      | -     | -     | -     | 1280                                   | 6,9                      |
| 17      | +      | 0     | 0     | 0     | 260                                    | 0,81                     |
| 18      | -      | 0     | 0     | 0     | 420                                    | 2,5                      |
| 19      | 0      | +     | 0     | 0     | 320                                    | 1,18                     |
| 20      | 0      | -     | 0     | 0     | 480                                    | 2,9                      |
| 21      | 0      | 0     | +     | 0     | 261                                    | 0,92                     |
| 22      | 0      | 0     | -     | 0     | 490                                    | 2,8                      |
| 23      | 0      | 0     | 0     | +     | 460                                    | 1,9                      |
| 24      | 0      | 0     | 0     | -     | 320                                    | 1,28                     |
| 25      | 0      | 0     | 0     | 0     | 280                                    | 1,3                      |

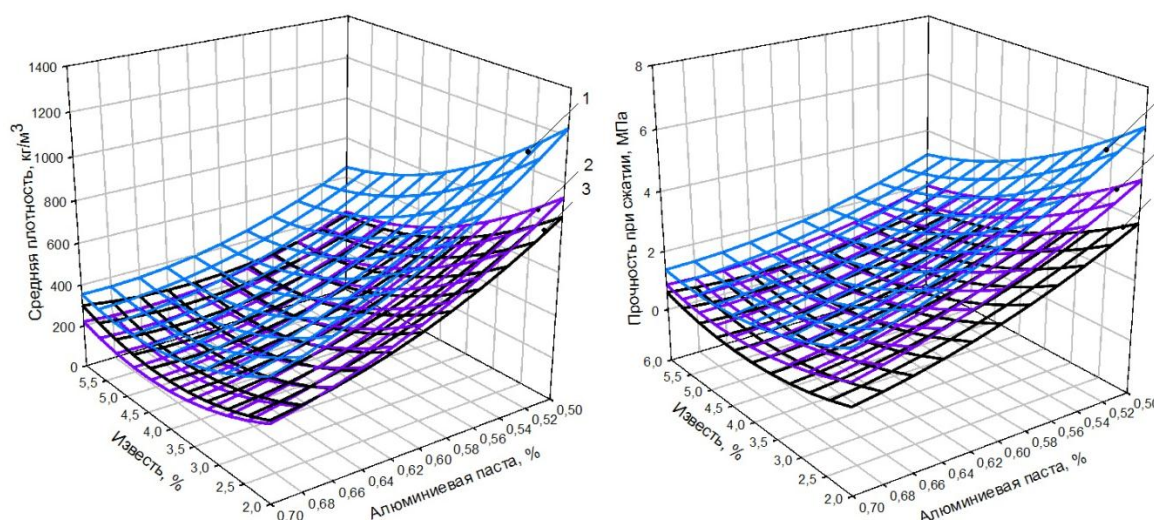


Рис. 7. Номограммы средней плотности и прочности на сжатие газобетона от В/Т, количества извести, алюминиевой пасты и вида наполнителя: 1 – В/Т = 0,5, вид наполнителя – опока; 2 – В/Т = 0,6, вид наполнителя – перлит; 3 – В/Т = 0,7, вид наполнителя – трепел

Оптимизация рецептуры, проведенная при наличии экспериментально-статистических моделей влияния управляющих рецептурно-технологических факторов на свойства неавтоклавного газобетона на композиционном вяжущем, совокупность которых определяет его качество, позволила установить оптимальный состав (на 1 м<sup>3</sup>) неавтоклавных газобетонных изделий на композиционном вяжущем с маркой по средней плотности D500 и классом по прочности на сжатие B2: композиционное вяжущее (клинкерная составляющая – 290 кг, гипс – 15 кг, перлит – 125 кг, суперпластификатор Полипласт СП-1 – 2,9 кг), известь – 8,6 кг, алюминиевая паста – 2,6 кг, вода – 249 л.

Применение экспериментально-статистических моделей (рис. 7) дает возможность определения рецептурно-технологических параметров для изготовления газобетонных изделий с марками по средней плотности от D200 до D900 с высокими строительно-техническими свойствами.

Неавтоклавный газобетон на основе КВ с добавлением перлита по эксплуатационным свойствам (табл. 5) превосходит характеристики традиционных неавтоклавных газобетонов, что объясняется оптимизацией структуры ячеистого бетона (рис. 8) за счет использования композиционных вяжущих.

Таблица 5

**Свойства газобетона на композиционном вяжущем (минеральная добавка – перлит)**

| Показатель                               | Результаты испытаний |
|------------------------------------------|----------------------|
| Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>     | 480                  |
| Предел прочности на сжатие, МПа          | 2,9                  |
| Усадка, мм/м                             | 0,45                 |
| Коэффициент паропроницаемости, мг/м·ч·Па | 0,34                 |
| Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°C)  | 0,09                 |
| Морозостойкость                          | F35                  |

Процесс газовой поризации смесей на КВ взаимосвязан с вопросами распределения пор по размерам в смесях ячеистого бетона. Распределение полидисперсной пористости ячеистого бетона по плотности упаковки не взаимодействующих пор в водоцементной системе определяется рекуррентным уравнением топологических переходов.

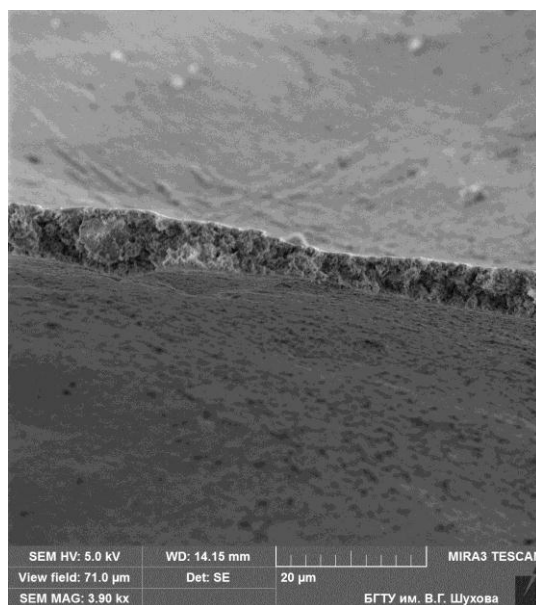
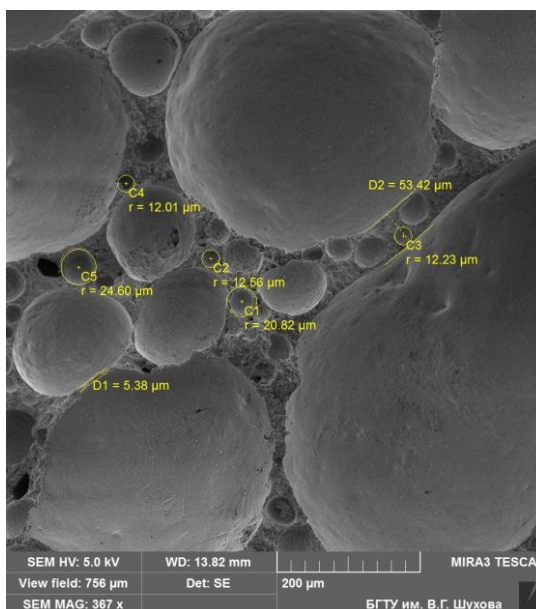
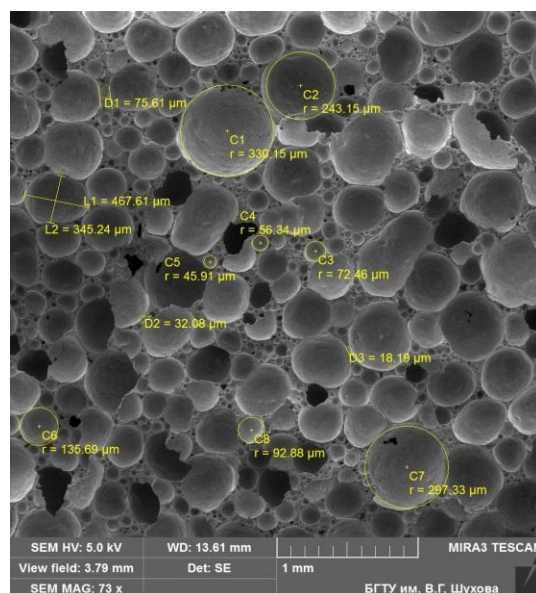


Рис. 8. Пористая структура газобетонных изделий на композиционных вяжущих

При этом внедрение меньшей фракции пор в пространство между порами предыдущей более крупной фракции аналогично по характеру зависимостям, которые наблюдаются при формировании гранулометрического состава продуктов измельчения [28–30].

Выявлены закономерности процессов формирования структуры и разработаны принципы повышения эффективности неавтоклавных газобетонов за счет применения композиционных вяжущих, управления процессами в трехфазной дисперсной пористой системе и совершенствования технологических приемов изготовления ячеистобетонных изделий, заключающиеся в формировании состава и гранулометрии вяжущих, которые соответствуют структуре тонких межпоровых перегородок, управлению свойствами смесей для сочетания процессов газообразования и структурообразования с учетом баланса сил в дисперсной системе.

Установлен характер влияния состава и гранулометрии компонентов композиционных вяжущих с наполнителями различного генезиса и модификаторов вяжущего на свойства ячеистобетонных смесей и характеристики неавтоклавного газобетона.

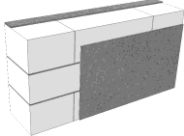
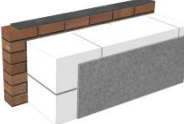
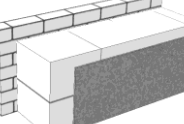
Композиционные вяжущие с полимодальным распределением частиц обеспечивают формирование оптимальной микроструктуры межпоровых перегородок за счет самоорганизации и плотной упаковки частиц, ускоряют структурообразование и повышают прочность на ранней стадии твердения газобетона.

Композиционные вяжущие в стабильных заводских условиях технологии производства способствуют изготовлению неавтоклавных газобетонных изделий, соответствующих по свойствам изделиям из автоклавного газобетона. Получены неавтоклавные газобетонные изделия на композиционных вяжущих с высокими физико-механическими свойствами: маркой по средней плотности  $D250...D500$ , классом по прочности  $B0,5...2,5$ , теплопроводностью  $\lambda = 0,067...0,09$  Вт/м·°С, морозостойкостью  $F15...F50$ . Такие показатели превосходят характеристики традиционных газобетонов за счет улучшенной поровой структуры с равномерным распределением пор при среднем диаметре 0,21 мм.

С учетом требований [31] определены рекомендуемые варианты энергосберегающих ограждающих конструкций для Белгорода (коэффициент сопротивления теплопередаче  $R_0 = 2,86$ ), которые представлены в табл. 6.

Таблица 6

### Рекомендуемые варианты энерго-сберегающих ограждающих конструкций

| Эскиз                                                                              | Показатель                                                                                                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | Толщина стены – 320 мм:<br>цементно-песчаный раствор – 10 мм;<br>газобетон – 300 мм;<br>цементно-песчаный раствор – 10 мм. |
|  | Толщина стены – 430 мм:<br>керамический кирпич – 120 мм;<br>газобетон – 300 мм;<br>цементно-песчаный раствор – 10 мм.      |
|  | Толщина стены – 430 мм:<br>силикатный кирпич – 120 мм;<br>газобетон – 300 мм;<br>цементно-песчаный раствор – 10 мм.        |

Применение энергоэффективного ячеистого бетона будет способствовать не только удешевлению строительства, но и улучшению экологической обстановки региона.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сулейманова Л.А., Ерохина И.А., Сулейманов А.Г. Ресурсосберегающие материалы в строительстве // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2007. № 7. С. 113–116.
2. Сулейманова Л.А., Погорелова И.А., Строкова В.В. Сухие строительные смеси для неавтоклавных ячеистых бетонов. Белгород: КОНСТАНТА, 2009. 144 с.
3. Сулейманова Л.А., Лесовик В.С., Сулейманов А.Г. Неавтоклавные газобетоны на композиционных вяжущих. Белгород: Изд-во БГТУ 2010. 152 с.
4. Лесовик В.С., Сулейманова Л.А., Сулейманов А.Г., Кара К.А. неавтоклавные газобетоны на композиционных вяжущих для энергоэффективного строительства // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. № 4. С. 47–52.
5. Сулейманова Л.А., Кара К.А. Газобетоны на композиционных вяжущих для монолитного строительства. Белгород: КОНСТАНТА, 2011. 150 с.
6. Сулейманова Л.А., Кара К.А. Энергосберегающие технологии высокопоризованных бетонов // В сборнике: Белгородская область: прошлое, настоящее, будущее Материалы областной научно-практической конференции в 3-х частях. 2011. С. 98–102.



7. Suleymanova L.A. Non-autoclaved aerated concrete at composite binding / Ibausil: 18. Internationale Baustofftagung // Weimar, 2012. B.2. P. 2-0830–2-0835.
8. Сулейманова Л.А. Газобетон неавтоклавного твердения на композиционных вяжущих: дис...докт. техн. наук. Белгород, 2013. 390 с.
9. Сулейманова Л.А., Коломацкая С.А., Кара К.А. Энергоэффективный газобетон // В сборнике: Научные и инженерные проблемы строительно-технологической утилизации техногенных отходов Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Белгород, 2014. С. 218-220.
10. Сулейманова Л.А., Коломацкая С.А., Кондрашев К.Р., Шорстов Р.А. Энергоэффективные пористые композиты для зеленого строительства // В сборнике: Научные технологии и инновации Белгород, 2014. С. 354-359.
11. Klassen V., Shuravwlev P., Klassen A. Synthese des niedrigbasischen Klinkers durch Verwendung der Schlackeabfälle und Herstellung des hochwertigen Mischzements // INTER. BAUSTOFFTAGUNG, Deutschland, Weimar. 2000. BAND 1. P. 189-196.
12. Шмитько Е.И., Крылова А.В., Шаталова В.В. Химия цемента и вяжущих веществ. СПб.: Проспект Науки, 2006. 206 с.
13. Лесовик Р.В., Жерновский И.В. Выбор кремнеземсодержащего компонента композиционных вяжущих веществ // Строительные материалы. 2008. № 8. С. 78-79.
14. Хархардин А.Н. Структурная топология. Белгород: Изд. БГТУ, 2009. Ч.1. 196 с.
15. Сулейманова Л.А., Жерновский И.В., Шамшуров А.В. Специальное композиционное вяжущее для газобетонов неавтоклавного твердения // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 1. С. 39-45.
16. Kharkhardin A.N., Suleimanova L.A., Kara K.A., Malyukova M.V., Kozhukhova N.I. The determination of topological properties in polidispersed mixtures of the results of sieve laser and particle size analysis. World Applied Sciences Journal. 2013. T. 25. № 2. С. 347-353.
17. Алфимова Н.И., Вишневская Я.Ю., Трунов П.В. Композиционные вяжущие и изделия с использованием техногенного сырья: монография. Saarbrücken. Изд-во LAP LAMBERT. 2013. 129 с.
18. Lesovik R.V., Leshchev S.I., Ageeva M.S., Karatsupa S.V., Alfimova N. I. The use of zeolite for the production of tripoli composite binders // International Journal of Applied Engineering Research (IJAER) // Vol. 10, №24 (2015) . Pp. 44889–44895
19. Alfimova N.I., Sheychenko M.S., Karatsupa S.V., Yakovlev E.A., Kolomatskiy A.S., Shapovalov N.N. Features of application of high-mg technogenic raw materials as a component of composite binders // Research Journal of Applied Sciences. 2014. V. 9 (11). P. 779–783
20. Лесовик В.С., Савин А.В., Алфимова Н.И., Шадский Е.Е. Перспективы применения композиционных вяжущих при производстве железобетонных изделий // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2014. №5 (88) С. 95–99
21. Lesovik V. S., Alfimova N. I., Savin A. V., Ginzburg A. V., Shapovalov N. N. Assessment of passivating properties of composite binder relative to reinforcing steel // World Applied Sciences Journal. 2013. 24 (12). 1691–1695
22. Лесовик В.С., Савин А.В., Алфимова Н.И. Гинзбург А.В. Оценка защитных свойств бетонов на композиционных вяжущих по отношению к стальной арматуре // Строительные материалы. 2013. №7 С. 56–58.
23. Lesovik V.S., Ageeva M.S., Mahmoud Ibrahim Husni Shakarna, Allaham Yasser Seyfiddinovich, Belikov D. A. Efficient binding using composite tuffs of the Middle East // World Applied Sciences Journal. 2013. №24 (10). Pp. 1286–1290.
24. Lesovik R.V., Ageeva M.S., Shakarna M. Efficient binding using composite tuffs of the middle east // World Applied Sciences Journal. 2013. T. 24. № 10. С. 1286–1290.
25. Ageeva M.S., Sopin D.M., Lesovik G.A., Metrohin A.A., Kalashnikov N.V., Bogusevich V.A. The modified composite slag-cement binder // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2014. T. 9. № 8. С. 1381-1385.
26. Lesovik V. S., Alfimova N.I., Trunov P.V. Reduction of energy consumption in manufacturing the fine ground cement // Research Journal of Applied Sciences. 2014. V. 9. (11). P. 745–748.
27. Алфимова Н.И., Трунов П.В., Шадский Е.Е. Модифицированные вяжущие с использованием вулканического сырья: монография. Saarbrücken: Изд-во LAP LAMBERT Academic Publishing. 2015. 133 с.
28. Suleymanova L.A., Kara K.A., Suleymanov K.A., Pyrvu A.V., Netsvet D.D., Lukutsova N.P. The topology of the dispersed phase in gas concrete // Middle East Journal of Scientific Research. 2013. T. 18. № 10. С. 1492-1498.
29. Сулейманова Л.А. Динамика расширяющейся газовой полости // Вестник Белгородского государственного

технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 4. С. 56-58.

30. Zum problem der optimisierung von porigkeit des zellbetons der nichtautoklaven erhärtung Sulejmanowa L.A., Lessowik W.S., Kara K.A., Lessowik G.A. В сборнике: 19-te INTERNATIONALE

BAUSTOFFTAGUNG IBAUSIL 2015. 2015. С. 1343-1349.

31. ГОСТ Р ИСО 50001-2012. Системы энергетического менеджмента. Требования и руководство по применению. Введен 01.12.2012. 22 с.

---

**Suleymanova L.A., Pogorelova I.A., Kondrashev K.R., Suleymanov K.A.**  
**ENERGY SAVING AERATED CONCRETES ON COMPOSITE BINDERS**

*Principles of process management of manufacture of non-autoclave aerated concrete on composite binder were developed, and it allowed to obtain energy-saving load-bearing structural insulating materials with increased strength and durability.*

**Key words:** *cellular concrete, energy saving aerated concrete, composite binders*

---

**Сулейманова Людмила Александровна**, доктор технических наук, профессор кафедры строительства и городского хозяйства.

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

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

E-mail: ludmilasuleimanova@yandex.ru.

**Погорелова Инна Александровна**, кандидат технических наук, доцент кафедры строительства и городского хозяйства.

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

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

**Кондрашев Кирилл Романович**, аспирант кафедры строительства и городского хозяйства.

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

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

**Сулейманов Карим Абдуллаевич**, студент кафедры строительства и городского хозяйства.

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

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

**Пириев Юнис Селим-оглы**, доцент кафедры строительства и городского хозяйства.

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

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

Строкова В.В., д-р техн. наук, проф.,  
Баскаков П.С., аспирант,  
Мальцева К.П., студент

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## СТАБИЛИЗАЦИЯ НАНОРАЗМЕРНЫХ ЧАСТИЦ СЕРЕБРА ДЛЯ УСЛОВИЙ РАБОТЫ В СОСТАВЕ ВОДНО-ДИСПЕРСИОННЫХ ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ\*

edge1199@gmail.com

В работе исследованы физико-химические характеристики растворов наночастиц серебра (НЧС), используемых в качестве биоцидных наполнителей в водно-дисперсионных лакокрасочных материалах (ВД-ЛКМ); предложена структурная схема мицеллы и влияния на нее модификации НЧС с целью повышения ее стабильности в составе ВД-ЛКМ, предотвращения агломерации и сохранения химической активности, как следствие, биоцидных свойств.

**Ключевые слова:** наночастицы серебра, коллоидная устойчивость,  $\zeta$ -потенциал, строение мицелл.

В настоящее время весьма актуальным является вопрос защиты строительных конструкций от агрессивного воздействия окружающей среды [1–3] и, в частности, от биологического заражения и повреждения [4–6]. Одним из вариантов решения данных проблем может быть введение в наносимые на них лакокрасочные покрытия на основе ВД-ЛКМ наноразмерных частиц серебра с повышенной биоцидной активностью [7].

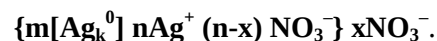
Наночастицы серебра (НЧС) представляют собой коллоидный раствор наноразмерного металлического нульвалентного серебра, способного принимать активную катионную форму [8]. В работе используются НЧС, производимые промышленным способом с помощью биохимического синтеза стабилизированных анионогенным ПАВ АОТ (диоктилсульфосукцината натрия) в водном растворе [9], а также стабилизированных поли-N-винилпирролидоном в растворе пропиленгликоля [10]. Для наночастиц, полученных данным способом, характерна высокая стабильность на воздухе (до нескольких лет), низкая остаточная концентрация ионов серебра, не превращенных в наночастицы, узкое распределение по размеру, экологическая безопасность компонентов для макроорганизмов [11]. Среди недостатков данных растворов НЧС можно выделить низкую коллоидную устойчивость наночастиц к агломерации в присутствии солей электролитов [12].

Для дальнейшего изучения структуры мицеллы и подбора оптимальных условий ее стабилизации следует изучить ее электрокинетический потенциал, количественно определяемый напряженностью двойного электрического слоя адсорбированных ионов на поверхности взвешенных НЧС в растворе ( $\zeta$ -потенциал) с помощью метода статического светорассеивания на

приборе Zetatrac Nanotrac (ЦВТ БГТУ им. В.Г. Шухова). Данный показатель может использоваться для совместимости дисперсий в различных условиях сред, в сравнении по водородному показателю pH.

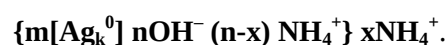
Согласно методике синтеза [11] процесс восстановления НЧС происходил из водного раствора нитрата серебра под действием различных восстановителей. Также структура ядра НЧС представлена атомами серебра и ассоциированными с ней ионами серебра (рис. 1).

Ввиду вышесказанного, строение мицеллы также можно описать следующей структурной формулой:



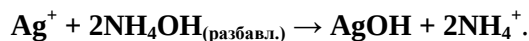
Из этого следует, что при данном составе мицеллы и низкой концентрации  $AgNO_3$  (при пересчете по иону водорода pH=4) в растворе золь НЧС будет принимать положительный заряд, что подтверждается результатами испытания при доведении раствора AgBion-2 до указанного состояния азотной кислотой ( $HNO_3$  марки Х.Ч.).

При введении в систему электролитов, способных достраивать на поверхности НЧС кристаллическую решетку, происходит обмен противоионов. Так, в случае введения в водный или пропиленгликолевый растворы НЧС водного аммиака ( $NH_4OH$ ) происходит замена потенциалопределяющего  $AgNO_3$  к золю  $AgOH$ , стабилизированному ионами  $NH_3^+$ :



Для повышения уровня pH и предполагаемого увеличения гидрофильности раствора НЧС в дисперсионную среду был добавлен более концентрированный 25 %-ый водный раствор аммиака (Ч.Д.А.), что должно способствовать

образованию гидроксида серебра на поверхности НЧС:



Для подробного изучения влияния  $\text{NH}_4\text{OH}$

на устойчивость НЧС был изучен  $\zeta$ -потенциал при повышении pH среды аммиаком от уровня, полученного производителем (рис. 1).

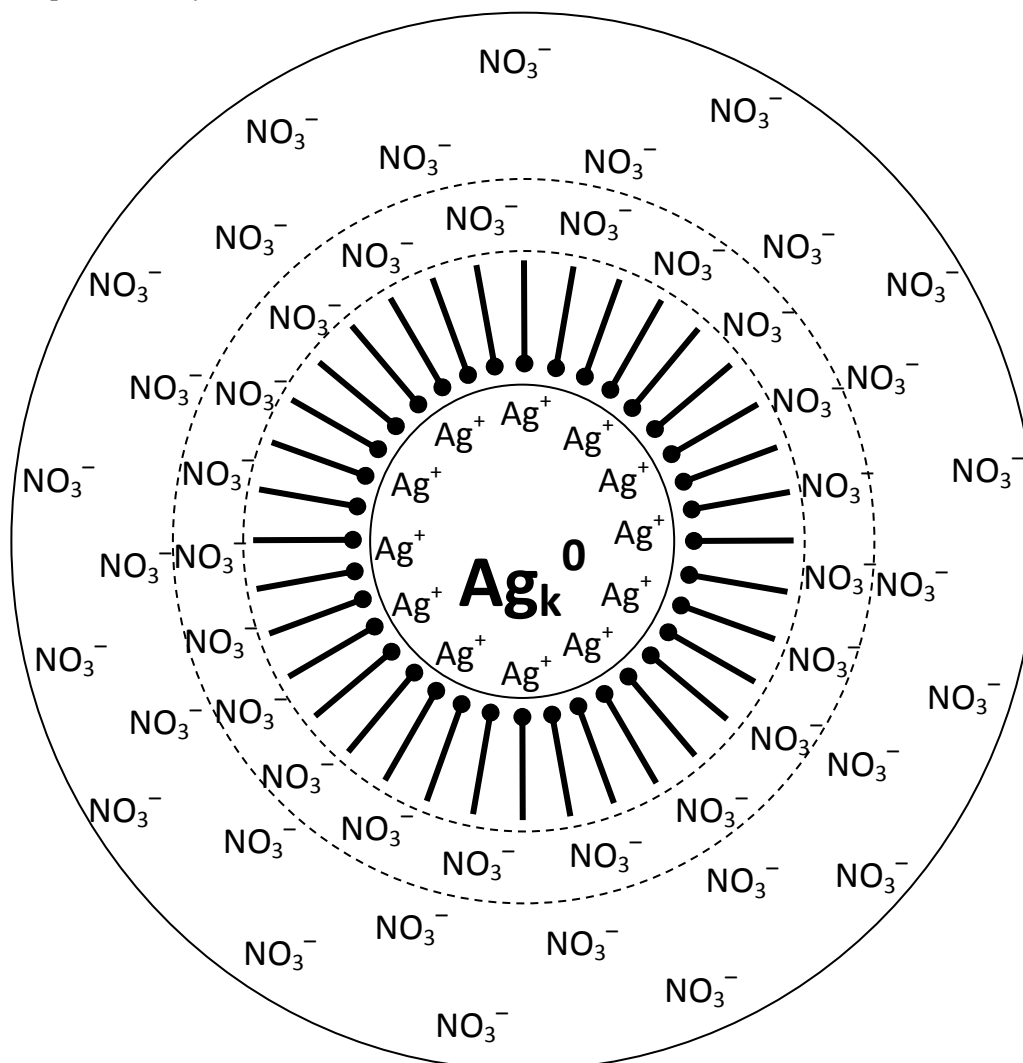
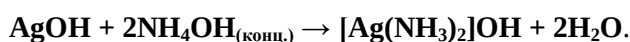


Рис. 1. Структура мицеллы НЧС

Производителем AgBion-2 подтверждается наличие аммиака в составе, что согласуется с представлением о составе мицеллы, чем и вызван отрицательный заряд поверхности НЧС в нейтральной среде. При дальнейшем разбавлении водного раствора НЧС  $\text{NH}_4\text{OH}$  наблюдается снижение уровня  $\zeta$ -потенциала до критического уровня (менее 20 мВ по модулю), что приводит к потере устойчивости к агрегации и последующего укрупнения частиц (рис. 3). Это показывает скачкообразное увеличение электрокинетической активности в районе pH=10.



Этим объясняется повышение водорастворимости НЧС и последующее снижение заряда поверхности. Основываясь на том, что стандартный редокс-потенциал пары  $\text{Ag}^+/\text{Ag}$  более положительный, чем пары  $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+/\text{Ag}$

Раствор Argitos проявляет электроотрицательные свойства при нейтральной и слабощелочной среде, что аналогичным образом доказывает содержание окисленных ионов на поверхности НЧС.

При повышении концентрации аммиака в среде, серебро переходит в более водорастворимую форму – аммиакат серебра. Данное соединение в воде представляет собой слабодиссоциирующий комплексный ион  $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$  и гидроксидную группу  $\text{OH}^-$ :

(+ 0,799 V и + 0,373 V, соответственно [13]), можно сказать, что этому процессу сопутствует еще и снижение химической активности ионов наночастицы.

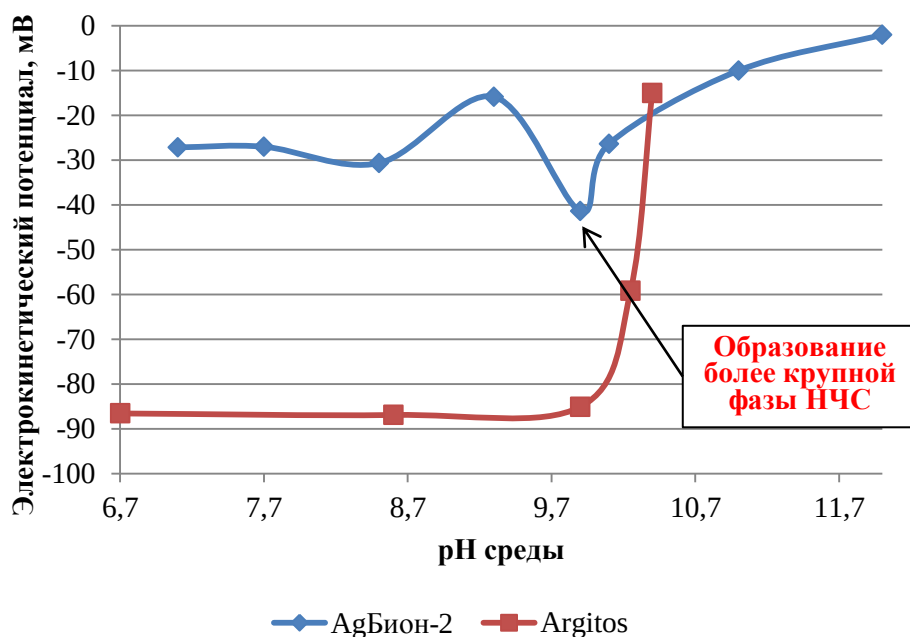


Рис. 2. Исследование электрокинетической активности растворов НЧС различных производителей

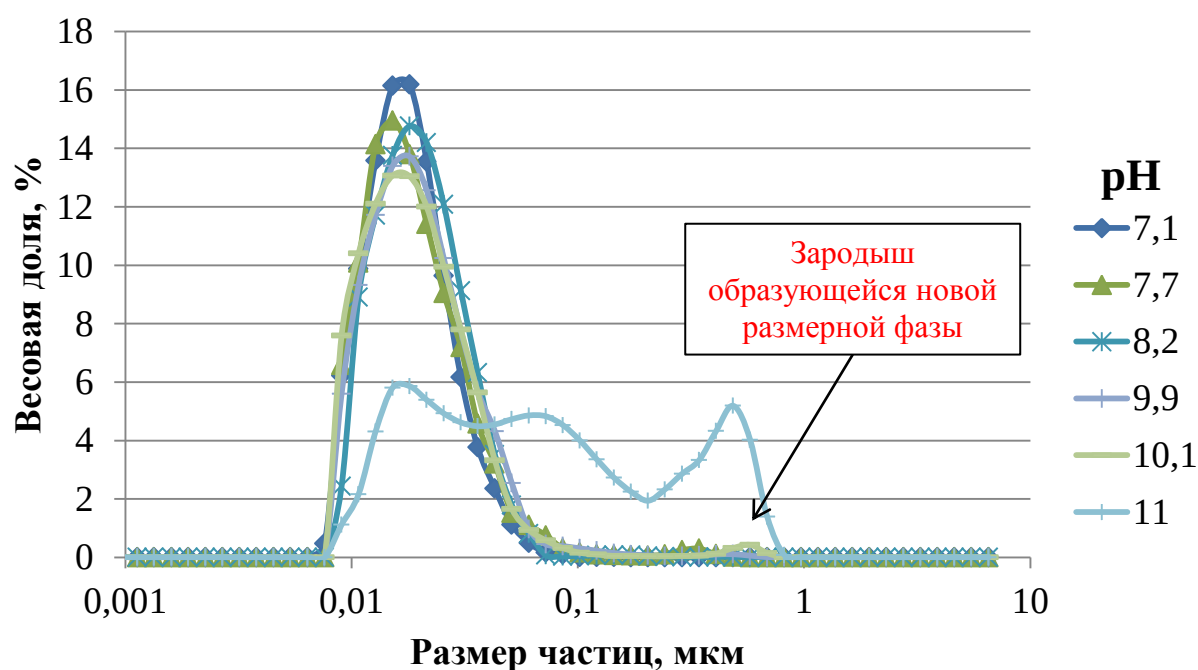


Рис. 3. График распределение размеров НЧС раствора AgБион-2 в зависимости от pH среды

Исходя из этого, можно определить оптимальный диапазон pH, при котором обеспечивается наилучшая биохимическая активность и стабильность наноразмерного серебра: для Ag-Bion-2 pH=7–9, для Argitos pH=7–10. Этим обуславливается их стабильность в составе ЛКМ промышленного назначения, дисперсии сополимеров которых, благодаря наличию поликарбоновых кислот, показывают высокую стабильность в этом диапазоне. К тому же, допускается применение диспергирующих агентов, которые

или повышают pH в результате гидролиза (триполифосфат натрия [14]), или требуют слабощелочной реакции среды (карбоксилатные [15]).

#### Выводы.

В целом данный эксперимент по взаимодействию аммиака и растворов НЧС косвенным образом моделирует процесс нахождения НЧС совместно с акриловыми и стирол-акриловыми дисперсиями полимеров в составе ВД-ЛКМ, в которых аммониевые соединения также используется для регулировки pH.

Также можно сделать вывод, что при использовании большинства отечественных акриловых латексов,  $\zeta$ -потенциал которых обычно находится в интервале от  $-37$  мВ до  $-43$  мВ, допустимо использование НЧС (биохимического синтеза) с уровнем pH акриловых дисперсий без введения дополнительных модификаторов устойчивости.

*\* Работа выполнена в рамках реализации Программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова; с использованием оборудования Центра высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова.*

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бабкин О.Э., Бабкина Л.А., Айкашева О.С., Силкина А.Ю. Защитные покрытия двойного УФ-отверждения // Лакокрасочные материалы и их применение. 2014. №3. С. 47–50.
2. Анканова Т.В., Рахимбаев Ш.М., Кафтаева М.В. К вопросу о механизме углекислотной коррозии строительных материалов // Фундаментальные исследования. 2015. №5-1. С. 19-26.
3. Кожухова Н.И., Жерновский И.В., Строкова В.В. Оценка биопозитивности геополимерных вяжущих на основе низкокальциевой золы-уноса // Строительные материалы. 2012. №9. С. 84-85.
4. Нелюбова В.В., Тумашова М.Ю. К вопросу о модифицировании строительных композиций биоцидными компонентами / Научные технологии и инновации: сб. трудов Юбилейной Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова (XXI научные чтения) (Белгород, 09–10 окт. 2014 г.), Белгород: Изд-во БГТУ. 2014. С. 267–269.
5. Соловьев А.В., Голиков И.В., Индейкин Е.А. Синтез золя наночастиц меди для бактерицидных лакокрасочных материалов // Лакокрасочные материалы и их применение. 2012. №7. С. 37–39.
6. Tokachi Y.E., Rubanov J.K., Vasilenko M.I., Goncharov E.N., Evtushenko E.I., Kazaryan S.A. Design of new approaches and technological solutions of obtaining biocidal compositions to protect industrial and civil buildings and constructions against biodeterioration // Research journal of applied sciences. 2014. T.9. №11. С. 774–778.
7. Лопанов А.Н. Серебро. Физико-химические свойства. Биологическая активность. СПб.: Изд. Агат, 2005. 400 с.
8. Помогайло А.Д., Розенберг А.С., Уфлянд И.Е. Наночастицы металлов в полимерах М.: Изд. Химия, 2000. 672 с.
9. ТУ 9392-003-44471019-2006. Концентрат коллоидного раствора наноразмерных частиц серебра «АгБион – 2».
10. ТУ 2499-002-17826000-2013. Раствор коллоидного наносеребра «Аргитос».
11. Егорова Е.М. Наночастицы металлов в растворах: биохимический синтез, свойства и применение: автореферат дис. ... д-ра хим. наук. М.: 2011. С. 142–149.
12. Пат. 2445951 Российская Федерация, МПК7 А 61 К 9/10. Способ получения концентратов нанодисперсий нульвалентных металлов с антисептическими свойствами / К.К. Кошелев, О.К. Кошелева, М.Г. Свистунов, В.П. Паутов; заявитель и патентообладатель К.К. Кошелев, О.К. Кошелева, М.Г. Свистунов. – № 2010135043/15, заявл. 24.08.2010; опубл. 27.03.2012, Бюл. № 9. – 38 с.
13. Гороновский И.Т. Назаренко Ю.П., Некрич Е.Ф. Краткий справочник химика. Киев: Изд. Наукова Думка. 1987. 833 с.
14. Жерновский И.В., Осадчая М.С., Черватова А.В., Строкова В.В. Алумосиликатное наноструктурированное вяжущее на основе гранитного сырья // Строительные материалы. 2014. №1–2. С. 38–41.
15. Строкова В.В., Нелюбова В.В., Бондаренко А.И., Кобзев Е.С. Реотехнологические свойства суспензий механоактивированных кварцевых компонентов и композиционных вяжущих на их основе // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Строительство и архитектура. Вып. 31(50). Ч.2. С. 179–185.

---

**Strokov V.V., Baskakov P. S., Maltsev K.P.**

## STABILIZATION OF NANOSIZED SILVER PARTICLES FOR WORKING CONDITIONS IN THE COMPOSITION OF WATER-DISPERSIVE PAINT MATERIALS

*Presented research studied the physicochemical characteristics of solutions of silver nanoparticles (SNP), that are used as biocidal fillers for water-dispersive paint materials (WD-PM); schematic structure of the micelle and the influence of SPN modification on it in order to increase its stability in the composition of WD-PM, prevent agglomeration and save the chemical activity and, as a consequence, biocidal properties was proposed.*

**Key words:** silver nanoparticles, colloidal stability,  $\zeta$ -potential, structure of the micelles

---

**Строкова Валерия Валерьевна**, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой материаловедения и технологии материалов.

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

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

E-mail: vvstrokova@gmail.com.

**Баскаков Павел Сергеевич**, аспирант кафедры материаловедения и технологии материалов.

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

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

E-mail: edge1199@gmail.com

**Мальцева Ксения Павловна**, студент кафедры материаловедения и технологии материалов.

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

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



# МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

Чепчуров М.С., д-р техн. наук, проф.,

Табекина Н.А., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Вороненко В.П., д-р техн. наук, проф.

Московский государственный технологический университет «Станкин»

## КОНТРОЛЬ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ НА БАЗЕ АВТОМАТОВ ПРОДОЛЬНОГО ТОЧЕНИЯ\*

avtpost@mail.ru

*В статье рассмотрены вопросы, связанные с автоматизированным контролем геометрических параметров заготовок при изготовлении деталей на автоматах продольного точения. Массовое производство изделий с использованием автоматов продольного точения позволяет получать значительные объёмы продукции со стабильными качественными характеристиками. Переход от кулачкового управления к программному позволяет не только сократить время технологической подготовки производства (в массовом производстве практически отсутствуют время переналадки), но и упростить саму конструкцию оборудования, что снизит затраты на его эксплуатацию, а в конечном итоге приведёт к снижению себестоимости выпускаемой продукции с использованием автоматов продольного точения. Целью данной работы является получение модели обхода профиля детали инструментом, выведенная из условия о получении контура детали за один проход и одним инструментом, а также построение схемы технологической системы на базе автоматов продольного точения, позволяющая обеспечить стабильность полученных размеров детали.*

**Ключевые слова:** автомат продольного точения, бесконтактный метод контроля, адаптация инструмента, управляющая программа, интерполяция, технологическая система.

**Введение.** На первый взгляд, казалось бы: резервы повышения эффективности получения изделий на автоматах продольного точения исчерпаны. Но в результате анализа опыта обработки сложно профильных изделий, в том числе имеющих плоскости [1], выяснилось, что изделия, получаемые на автомате продольного точения, например, стоматологические боры, требуют последующей сортировки, так как при обеспечении точности диаметров их хвостовиков возникает нестабильность размера, выходящего за пределы допусков. Стоит заметить, что это зависит от точности и частоты размерной настройки и поднастройки станка. Причём, в случае превышения допустимого диаметра, хотя и возникает исправимый брак, но он условен, так как после выполнения контрольной операции не возможен съём припусков на токарной операции. При изготовлении стоматологических боров – если размер полученного диаметра больше максимально допустимого, то увеличивают длительность операции галтовки, тем самым снимая больший припуск [2]. Аналогично и при диаметре меньше допустимого – исправления возможны путём увеличения времени гальванической операции [3]. Все это накладывает

дополнительные расходы, влияющую на конечную стоимость изделия. Таким образом, приходит вариант решения этой задачи с использованием контрольно-сортировочного оборудования [2], выполняющего селекцию получаемых на автомате изделий на группы, количество которых определяется расчётом. В случае с оперативным контролем стоматологических боров после токарной операции происходит сортировка на 4 потока [2]. Последовательность технологических операций выглядит следующим образом: получение изделий на токарном автомате – транспортировка изделий к контрольно-сортировочному оборудованию – сортировка изделий на 4 потока. А затем, в случае исправного брака, выполняется галтовка с последующим никелированием (или другой операцией).

Как показал анализ полученных изделий: на окончательный размер оказывает влияние, главным образом, износ режущего инструмента и некорректно назначенные режимы резания. Как описывалось в работе [4], износ инструмента можно компенсировать поднастройкой инструмента (компенсацией его износа в поперечном направлении). В системе ЧПУ эта задача решается с использованием корректоров, причем

коррекция может быть выполнена автоматически по получаемому диаметру. Задача, лежащая на поверхности и решаемая методами активного контроля при производстве, например, стоматологических боров, порождает много вопросов, связанных с практической её реализацией.

**Вопрос 1.** Какой метод контроля использовать: контактный или бесконтактный?

**Вопрос 2.** Когда адаптировать режущий инструмент: в течении цикла получения изделия или с началом нового цикла?

**Вопрос 3.** Что делать с деталью, у которой размер не соответствует номинальному?

Авторы попытались последовательно получить ответы на эти вопросы.

**Методология.** Контроль геометрических параметров осуществляется бесконтактным методом активного контроля.

Модель траектории движения инструмента составлена исходя из условий получения контура детали за один проход и одним инструментом. Профиль составлен на основе чертежа изделия.

Действуют ограничения по продольному усилию резания, а также – ограничение по подаче в продольном направлении, рассчитываемое на основании формулы В. Л. Чебышева.

Задачи реализована, основываясь на условии выполнения только линейной или круговой интерполяции, при этом обработка проектируется только для одного инструмента.

#### **Основная часть.**

**1.** Контактный метод контроля достаточно широко используется. За долгое время его применения в машиностроении накоплен опыт изготовления различных устройств, как активного, так и пассивного контроля. Все они широко описаны в литературе, но учитывая габариты рабочего пространства, в котором получают изделия; стружку; СОЖ; а главное, хотя и незначительного, но все же воздействия на получаемую деталь измерительного органа прибора, достоверность результатов подобных измерений сомнительна. Скорее всего, такие приборы пригодны для использования за пределами рабочей зоны. Контактные измерительные устройства достаточно известны, требуют тщательного выполнения размеров основных элементов измерительных органов, но не дают требуемого эффекта. К тому же, обработка результатов контактных измерений требует затрат времени, то есть изделия необходимо сначала вывести из рабочей зоны, а затем выполнить измерения. После этого использовать полученные результаты для коррекции износа инструмента, что требует дополнительной оценки временных затрат.

Более привлекательными, по мнению авторов, являются бесконтактные измерительные устройства на базе ПЗС-матриц и полупроводниковых лазеров, нашедших самое широкое применение. Современная элементная база позволяет выполнять эти устройства компактными, что позволяет разместить их непосредственно в рабочей зоне получения изделий. Современные микроконтроллеры при наличии соответствующего программного обеспечения позволяют выполнять «быструю» обработку данных измерений. Также стоит отметить, что выполнение самого измерения не занимает много времени. Ширина зоны контроля при использовании проекционного способа контроля равна ширине или длине ПЗС-матрицы. А точность измерений определяется, главным образом, размерами зерна ПЗС-матрицы, что неоднократно описывалось, в том числе и авторами [5].

**2.** Вопрос адаптации инструмента связан с погрешностью поверхности получаемого изделия, так как изменение корректора приводит и к изменению получаемого размера, то есть возникает следующий вопрос: достоверны ли результаты измерений? (так как номинальные значения диаметров будут различаться). Следовательно ответ – адаптацию следует выполнять после завершения процесса обработки. Конечно можно решить этот вопрос с использованием специального алгоритма обработки результатов измерений в нескольких сечениях, но реальные значения размеров при коррекции будут меняться, также хотя и незначительно изменится мощность резания, то есть появляются дополнительные усилия (могут уменьшиться), влияющие на точность получаемого размера, и система должна среагировать на это изменение. Если с изменением усилий резания все просто, система может их «не заметить», то перемещение рабочего органа на несколько микрометров требует определённого времени, что опять приводит к появлению искажений поверхности детали. Таким образом – изменения корректора выполняют после окончания цикла обработки, учитывая, что после получения изделия требуется время на установку заготовки и её закрепление, в нашем случае – перемещение и закрепление прутка.

**3.** Если при решении первых двух вопросов осуществлялась сортировка деталей на четыре потока, то в данном случае – отклонения получаемого размера от требуемого больше, чем на предельную величину будет вызывать сбой в системе и требовать остановки оборудования, а остальные размеры должны будут находиться в

пределах допуска. Таким образом, имеем всего лишь два потока деталей: годно и брак неисправимый, но при возможности установки сортировочного устройства можно и организовать автоматическую селекцию полученных деталей.

Определим изменения в технологии получения изделий на автомате продольного точения, оснащённого системой программного управления. По аналогии с моделью из [6], составим модель траектории движения инструмента. Если в предложенной работе [7] модели рабочий орган оборудования мог последова-

тельно / одновременно перемещаться по двум координатам  $X$  и  $Z$ , то в случае с автоматом продольного точения эти движения выполняются различными органами: механизмом подачи заготовки в продольном направлении и механизмом перемещения инструмента в поперечном направлении. Составим модель для профиля изделия в продольном сечении, изображённую на рис.1. Профиль составлен на основе чертежа изделия, на котором представлены все необходимые размеры, позволяющие идентифицировать его геометрию.

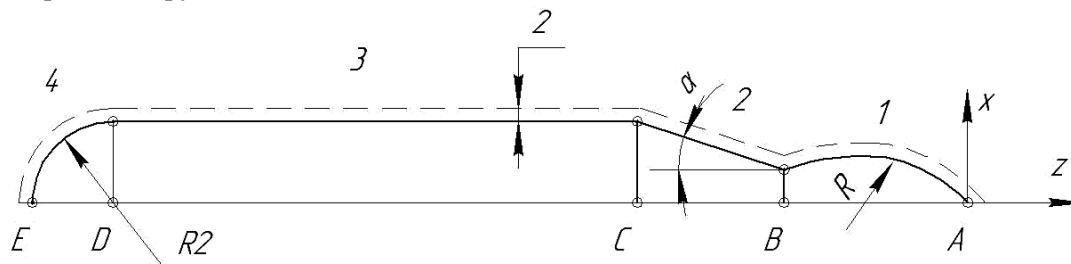


Рис. 1. Профиль изделия в продольном сечении

Представленный ниже способ интерпретации перемещений инструмента также использован и ранее для расчета кулачков для управления суппортами токарного автомата [3, 8].

Считаем, что профиль получен одним инструментом, последовательно выполняющим съём припуска по эквидистанте, расположенной на расстоянии 2, равном радиусу при вершине режущего инструмента.

Время последовательного обхода контура детали при постоянной продольной подаче:

$$S = \text{const, мм/мин}$$

$$T_0 = \frac{(l_{AB} + l_{BC} + l_{CD} + l_{DE})}{S_{\text{пр}}} = \frac{L_{\text{дет}}}{S_{\text{пр}}} \quad (1)$$

где  $l$  – длина соответствующего участка, мм;  $L_{\text{дет}}$  – длина детали, мм;

В этом случае, поперечная подача на каждом участке будет определяться:

$$S_{AB} = \frac{l_{AB}}{t_{AB}}; S_{BC} = \frac{l_{BC}}{t_{BC}}; S_{CD} = \frac{l_{CD}}{t_{CD}}; S_{DE} = \frac{l_{DE}}{t_{DE}}$$

Величина шага подачи равна величине дискреты или минимальному шагу перемещения по оси. Профиль имеет участки траектории, не параллельные оси обрабатываемой поверхности: участок AB выполняется с круговой интерполяцией против часовой стрелки с радиусом  $R$ ; участок BC выполняется с линейной интерполяцией с углом:

$$\alpha = \arctg \left( \frac{x_C - x_B}{|z_C| - |z_B|} \right)$$

участок CD прямолинеен и параллелен оси  $Z$ , но можно считать, что он также выполнен с линей-

ной интерполяцией, но с углом равным 0; участок DE выполнен с круговой интерполяцией  $R_1$ .

Интерполяторы присутствуют в каждой современной системе ЧПУ, что решает вопрос получения контура. Но из условий задачи о получении контура детали за один проход и одним инструментом появляется задача учёта величины снимаемого припуска, так как она оказывает влияние на силы, возникающие при резании и действующие как на инструмент, так и на заготовку, что в конечном счёте оказывает влияние на точность получаемого размера и на величину микронеровностей детали. Откуда следует задача учёта величины припуска при обработке каждого участка профиля, с учётом как радиуса профиля, так и участка наклона поверхности. В адаптивных системах, управляющих по мощности, затрачиваемой на съём припуска, этот фактор легко регулируется. Но в нашем случае адаптировать нужно уже саму управляющую программу для получения детали, так как требуемый профиль является постоянным, а заготовка имеет заранее известный, что обеспечит расчёт припуска с учётом минимальной величины шага интерполяции, имеем:

$$T_0 = \sum_{i=1}^{n-1} \left( \frac{|z_{i+1}| - |z_i|}{S_{zi}} \right) \quad (2)$$

где  $z_i$  – координата  $i$ -го участка, мм (или дискретах);  $S_{zi}$  – подача в продольном направлении, мм/мин;  $i$  – номер участка;  $n$  – количество участков траектории.

Точки, в которых изменяется траектория, принято называть опорными точками, поэтому в дальнейшем будем использовать этот термин.

Подача в поперечном направлении с учетом угла наклона поверхности по модулю значения координаты, определяется:

$$S_{Xi} = S_{Zi} \cdot \arctg \left( \frac{|x_{i+1}| - |x_i|}{|z_{i+1}| - |z_i|} \right), \frac{\text{мм}}{\text{мин}} \quad (3)$$

$$S_{Xj} = S_{Zi} \cdot \arctg \left( \frac{|x_{j+1}| - |x_j|}{|z_{j+1}| - |z_j|} \right) = S_{Zi} \cdot \arctg \left( \frac{\delta_{Xj}}{\delta_{Zj}} \right), \frac{\text{мм}}{\text{мин}} \quad (4)$$

где  $\delta_{Zj}, \delta_{Xj}$  – дискреты или шаг интерполяции по соответствующей оси.

$$S_{Xi} = S_{Zi} \cdot \arctg \left( \frac{|x_{i+1}| - |x_i|}{|z_{i+1}| - |z_i|} \right) \wedge S_{Zi} \cdot \arctg \left( \frac{dS_{Li}}{dZ_i} \right), \frac{\text{мм}}{\text{мин}} \quad (5)$$

при этом координата  $Z$  изменяется в соответствии с заданным шагом интерполяции  $\delta_Z$  с каждым шагом  $j$ .

Как известно, сила резания изменяется в соответствии с изменением припуска при движении резца в продольном направлении, следовательно, изменяется и мощность, затрачиваемая на снятие припуска [9, 10]. То есть при снятии материала режущей частью инструмента значительные изменения припуска вызывают изменения на поверхности, что несомненно сказывается на качественных характеристиках получаемой поверхности, следовательно, согласно принятому нами условию – сьем всего припуска за один проход, требуется коррекция подачи в продольном направлении, при  $P = \text{const}$ , имеем:

$$S_z = \sqrt[yp]{\frac{P}{10C_p \cdot t_j^{X_p} \cdot V_{\phi j}^{n_p} \cdot K_p}} \quad (6)$$

где  $C_p, x_p, y_p, K_p$  – соответствующие координаты, описанные в справочниках по резанию;  $V_{\phi}$  – фактическая скорость резания, м/мин;  $j$  – номер шага интерполяции на участке, не имеющем траектории, параллельной одной из осей.

Установим, что на всех участках, не имеющих радиуса, инструмент перемещается с линейной интерполяцией, что уже используется в программной обработке [11].

Если усилия, возникающие при обработке на  $j$  шаге  $i$ -го участка, будут превышать допустимые, то рассчитывается новое значение подачи или корректируется значение подачи, уже назначенное системой или оператором.

То есть выражение, содержащие  $S_{Zi}$ , вместо него будет иметь следующую запись. Если  $P > P_{\text{зад}}$ , то

$$S_{Zj} = \sqrt[yp]{\frac{P_{\text{зад}}}{10C_p \cdot t_j^{X_p} \cdot V_{\phi j}^{n_p} \cdot K_p}} \quad (7)$$

При круговой интерполяции изменение подачи привязано также к изменению координаты, но рассчитывается для каждой интерполяции:

Таким образом, получаем выражение, позволяющее определить подачу в поперечном направлении на любом участке траектории:

При этом  $V_{\phi j}$  также будет рассчитываться с изменением снимаемого припуска, который определяется как:

$$t_j = \frac{d}{2} x_j \quad (8)$$

где  $d$  – диаметр заготовки, мм;

Кроме ограничения по продольному усилию резания действует ограничение по подаче в продольном направлении в соответствии с формулой В. Л. Чебышева:

$$S_{\text{max}} < \sqrt{\frac{R_z}{8z}}, \frac{\text{мм}}{\text{мин}} \quad (9)$$

где  $R_z$  – параметр шероховатости, мкм;  $z$  – радиус при вершине режущего инструмента.

Таким образом, появляется возможность составления модели процесса получения поверхности на автомате продольного точения с учётом съема припуска на один проход одним инструментом. При этом условиями ограничения являются заданное предельное усилие резания и требуемая шероховатость. Задаваемые параметры: радиус при вершине режущего инструмента; коэффициенты, отражающие свойства обрабатываемого материала; свойства материала режущей части инструмента; условие обработки. Целевая функция – время обхода контура детали.

$$\left\{ \begin{array}{l} T_0 = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^{m-1} \left( \frac{|z_{ji+1}| - |z_{ji}|}{y_p \sqrt{\frac{P_{\text{зад}}}{10C_p \cdot t_{ji}^{X_p} \cdot V_{\phi j}^{n_p} \cdot K_p}}} \right) \\ P_{\text{зад}} = \text{const} \\ t_{ji} = \frac{d}{2} - x_{ji} \\ \sqrt[yp]{\frac{P_{\text{зад}}}{10C_p \cdot t_{ji}^{X_p} \cdot V_{\phi j}^{n_p} \cdot K_p}} \leq \frac{\sqrt{R_z}}{8z} \\ V_{ji} = \frac{\pi \left( d - \frac{t_{ji}}{2} \right)}{1000} \end{array} \right. \quad (10)$$

В модели появился новый параметр – диаметр заготовки ( $d$ ). Каким образом следует учитывать его? Конечно можно задавать диаметр при начальных расчетах, но авторы видят необходимость его измерения в процессе подачи заготовки, таким образом, в технологической системе появляется второй датчик диаметра, на этот раз – уже заготовки. На рис. 2 представлена

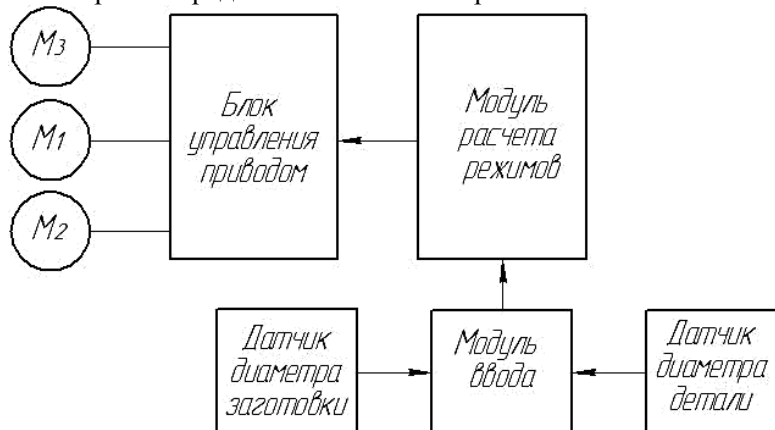


Рис. 2. Схема технологической системы на базе автоматов продольного точения

На рис. 2:  $M_1$  – привод шпинделя,  $M_2$  – привод поперечной подачи,  $M_3$  – привод продольной подачи.

Технологический цикл работы оборудования выглядит следующим образом:

1. Подготовка управляющей программы;
  2. Загрузка заготовок в магазин;
  3. Расчёт траектории движения инструмента и технологических параметров;
  4. Подача заготовки;
  5. Измерение диаметра заготовки;
  6. Обработка заготовки;
  7. Измерения полученной детали;
  8. Проверка наличия заготовок в магазине.
- В случае отсутствия – возврат в п.2, в случае наличия – продолжение цикла;
9. Проверка наличия команды останова. Если останов включен – работа закончена, иначе – продолжение;
  10. Коррекция на требуемую величину, если требуется и возврат на п.4.

В модели 10 отсутствует какая-либо ссылка на корректор, а в шаге 10 цикла работы следует её включить, очевидно, согласно выражению 2 требуется коррекция по координате  $X$ , такая коррекция, как принято [3] выполняется по радиусу при вершине режущей части инструмента –  $r$  (он изменяется с износом инструмента).

Таким образом, полученная авторами модель обхода профиля детали, отличающаяся

схема технологической системы на базе автоматов продольного точения. Основными модулями являются: модуль расчета технологических режимов, он же выполняет по выражениям 2 и 3 построение траектории движения инструмента; датчики, о которых было сказано выше; приводы, описанные в различных работах, в том числе и авторов.

учётom изменения припуска и имеющая ограничения по усилию резания и получаемой шероховатости поверхности, позволяет обеспечить стабильность получаемых размеров детали.

Кроме прогнозирования стабильности получаемых размеров детали возможна автоматизация создания самой программы обработки, основываясь только на геометрических характеристиках получаемого профиля детали [12]. Подобное уже реализовано некоторыми производителями автоматов продольного точения с программным управлением [13]. Авторы предлагают свой подход к реализации этой задачи, основываясь на условии выполнения только линейной или круговой интерполяции, при этом обработка проектируется только для одного инструмента. На рис. 3 приведена схема ввода исходной информации о получаемом профиле, инструменте и детали.

Предложенное авторами техническое решение полностью базируется на предлагаемой в выражении 10 модели и не содержит каких-либо дополнительных параметров, затрудняющих генерацию программы обработки. Это исключает использование оператором оборудования специальных навыков программирования или знания кода *ISO7bit*.

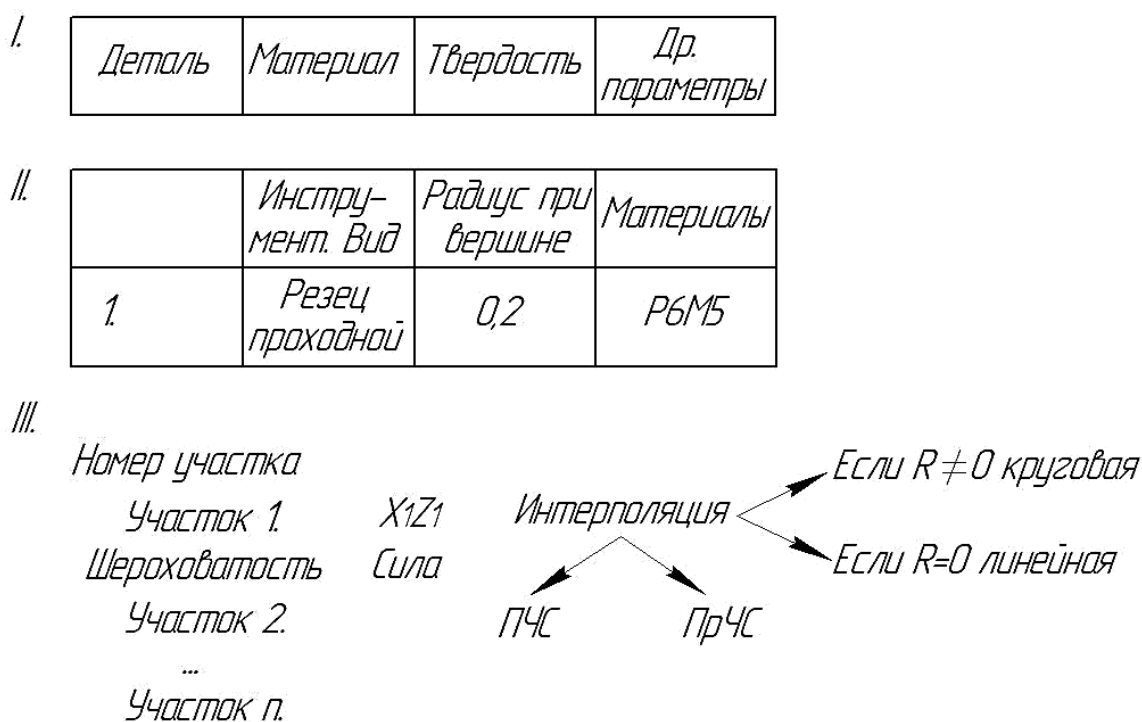


Рис. 3. Предлагаемая схема ввода информации в систему управления автоматом продольного точения

**Выводы.** Получена модель траектории движения инструмента и процесса получения профиля поверхности на автомате продольного точения с учётом поставленных условий задачи: получение контура детали за один проход и одним инструментом. Данная модель отличается учётом изменения припуска и имеет ограничения по усилию резания и получаемой шероховатости поверхности, а также позволяет обеспечить стабильность получаемых размеров детали. Приведены технологический цикл работы оборудования и схема технологической системы на базе автоматов продольного точения, учитывающая измерения диаметра заготовки.

*\*Работа выполнена в рамках гранта: Проект ПСР № 2011-ПР-146 договор № А-28/15 от 14.04.2015 г.*

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ключико Э.В. Формообразование многогранников на металлорежущих станка // Механика и физика процессов на поверхности и в контакте твердых тел, деталей технологического и энергетического оборудования. 2008. № 1. С. 117–123.
2. Табекина Н.А. Требования к контрольно-сортировочному автомату, предназначенному для измерения геометрических параметров (диаметра хвостовиков) стоматологических боров // ГРАНИ СОВРЕМЕННОЙ НАУКИ: материалы I Международной научно-практической конференции (20 июля 2012). 2012. С. 85–90.

3. Султан-заде Н.М. Проектирование технологических процессов для автоматических линий учебное пособие / Н. М. Султан-заде [и др.] // Федеральное агентство по образованию, гос. образовательное учреждение высш. проф. образования Московский гос. ун-т приборостроения и информатики. Москва. 2007.

4. Chepchurov M.S., Tyurin A.V. and Zhukov M. Eu. Getting Flat Surfaces in Turning / M.S. Chepchurov, A.V. Tyurin and M. Eu. Zhukov // World Applied Sciences Journal 30 (10): 1208–1213, 2014.

5. Патент РФ № 2014149933/28, 10.12.14 Табекина Н.А., Чепчуров М.С., Архипова Н.А., Тетерина И.А. Устройство для бесконтактного измерения малых диаметров // Патент России № 153620. 2015, Бюл. № 21.

6. Блудов А.Н. Автоматизация процесса восстановления поверхностей катания колёс грузового железнодорожного транспорта: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Орел, 2015. 155 с.

7. Тюрин А.В., Чепчуров М.С. Выполнение лысок на токарных автоматах // Технология машиностроения №11. 2013г.

8. Тюрин А.В., Чепчуров М.С. Технологические системы на базе автоматов продольного точения с использованием модульной компоновки оборудования // Технология машиностроения №7. - 2013 г.

9. Чепчуров М.С. Измерение и регистрация тока в цепи привода оборудования // Ремонт, восстановление, модернизация. 2008. № 9. С.46–48.

10. Чепчуров М.С. Использование АЦП для регистрации и обработки аналогового сигнала в ПК // Ремонт, восстановление, модернизация. 2008. №5. С.8 – 10.

11. Мартинов Г.М. Развитие систем управления технологическими объектами и процессами // Вестник МГТУ «Станкин». 2008. №1. С. 74-79.

12. Тюрин А.В., Чепчуров М.С. Модернизация токарных автоматов продольного точения с использованием мехатронных модулей // Ремонт, восстановление, модернизация. 2012. № 7. С. 10-13.

13. Официальный сайт производителя токарных автоматов *Tornos* [Электронный ресурс]. URL: <http://www.tornos.com> (дата обращения: 26.12.2015).

---

**Chepchurov M.S., Tabekina N.A, Voronenko V.P.**

**CONTROL OF GEOMETRICAL PARAMETERS IN TECHNOLOGICAL SYSTEM BASED ON SLIDING HEAD MACHINES**

*The article deals with the questions related to the automated control of geometric parameters of work pieces in the manufacture of details on sliding head machines. Mass production of products using sliding head machines allows obtaining significant amounts of products with stable qualitative characteristics. Transition from cam control to the program allows not only to reduce the time of technological preparation of production (in mass production the changeover time is almost non-existent), but also to simplify the design of the equipment, that will reduce the operating costs, and finally will lead to decrease in the cost of products using sliding head machines. The purpose of this work is receiving model of round of the profile of detail by the tool from the condition for receiving detail contour in single pass and by one tool, and also creation of the scheme of technological system based on sliding head machines that allows to provide the stability of the obtained detail sizes.*

**Key words:** *sliding head machine, contactless method of control, adaptation of the tool, control program, interpolation, technological system.*

---

**Чепчуров Михаил Сергеевич**, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Технология машиностроения»

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

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

E-mail: avtpost@mail.ru

**Табекина Наталья Александровна**, аспирант кафедры «Технология машиностроения»

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

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

E-mail: mail-tasha@bk.ru

**Вороненко Владимир Павлович**, доктор технических наук, доцент, профессор.

Московский государственный технологический университет «Станкин»

Адрес: Россия, 127055, г. Москва, Вадковский переулок, д. 3а



Лустенков М.Е., д-р техн. наук, доц.  
Белорусско-Российский университет

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ МНОГОРЯДНЫХ ПЕРЕДАЧ С СОСТАВНЫМИ ПРОМЕЖУТОЧНЫМИ ТЕЛАМИ КАЧЕНИЯ

lustenkov@yandex.ru

*В работе рассматриваются вопросы проектирования механических передач с составными промежуточными телами качения. Данный тип механизмов имеет высокие значения передаваемой мощности, отнесенной к площади поперечного сечения и эффективен при работе в пространстве с малыми радиальными размерами. Увеличить нагрузочную способность передач можно путем применения многорядных конструкций с параллельным соединением рядов. В статье исследуется взаимное расположение кулачков и пазов сепаратора в соседних рядах двухрядного редуктора при его сборке. Произведена оценка влияния этого расположения на нагрузочную способность и плавность работы. Определены рациональные значения углов смещения внутренних и наружных кулачков, а также пазов сепаратора одного ряда передачи относительно другого. При оценке различных вариантов конструкций учтены факторы прочности и технологичности изготовления основных деталей редукторов.*

**Ключевые слова:** многорядная передача, редуктор, промежуточные тела качения, кулачок.

**Введение.** Передачи с промежуточными телами качения (ППТК) используют принцип волнового взаимодействия основных звеньев, при этом система тел качения выступает в роли гибкого (деформируемого) элемента. Разработано множество конструкций редукторных механизмов на основе ППТК, большинство из которых относятся к радиальному типу [1, 2]. ППТК цилиндрического типа, т. е. с осевым перемещением центров масс шариков (роликов) [3, 4] эффективны при необходимости передачи мощности в пространстве с ограниченными радиальными размерами (в скважинах, трубах и т. д.). Дополнительным преимуществом является возможность проектирования центрального отверстия [6]. Разработанная передача состоит из трех цилиндрических деталей: внутреннего и наружного кулачков и сепаратора, которые в свою очередь, могут изготавливаться сборными [7]. По периодическим замкнутым беговым дорожкам внутреннего и наружного кулачков, а также вдоль осевых пазов сепаратора перемещаются промежуточные элементы – тела качения. Передаточное отношение подчинено формуле Виллиса и при остановленном наружном кулачке, ведущем внутреннем кулачке и ведомом сепараторе равно  $i = 1 + Z_3/Z_1$ , где  $Z_1$  и  $Z_3$  – число периодов беговых дорожек внутреннего и наружного кулачков соответственно. Внутренний кулачок, выполняющий функцию генератора, как правило имеет однопериодную дорожку:  $Z_1=1$ . Число тел качения в одном ряду передачи (и число пазов сепаратора) равно  $n = Z_1 + Z_3$ . Существенно повышает нагрузочную способность передачи ее многорядное исполнение с параллельным соединением рядов (секций). Задачей исследований являлось определение влияния взаимного

расположения деталей различных рядов передачи на ее динамическую нагруженность.

**Основная часть.** Многорядные конструкции шариковых ППТК успешно применялись для создания редукторных вставок турбобуров и электробуров, а также для устройств для отвинчивания аварийных труб в скважине (рис. 1). Повышение КПД обеспечивается за счет применения составных промежуточных элементов [8]. Ролик состоит из стержня и двух втулок, которые взаимодействуют с основными деталями передачи: кулачками и сепаратором, что позволяет заменить скольжение качением.

При исследовании математической модели механизма беговые дорожки заменяют периодическими кривыми, которые являются центровыми профилями кулачков или *центровыми кривыми*. Наибольшее распространение получили кривые синусоидального типа. Точки пересечения этих кривых (точнее, одна из двух групп точек) совпадают с центрами сечений роликов, образованных плоскостями, перпендикулярными их оси. Из-за периодического изменения углов подъема центровых кривых при перемещении тел качения по беговым дорожкам значения сил действующих в контакте элементов качения с основными деталями передачи также периодически изменяются, что вызывает дополнительные динамические нагрузки. При этом снижается плавность работы.

Координаты точек синусоидальных центровых кривых в пространстве определяются параметрическими уравнениями:

$$x_k = R \cos(\varphi); y_k = R \sin(\varphi); z_k = A \sin(Z_k \varphi), \quad (1)$$

где  $k$  – индекс, определяющий принадлежность параметра ведущему ( $k = 1$ ) или остановленному ( $k = 3$ ) звену передачи;  $R$  – радиус средней

окружности, т. е. радиус цилиндрической поверхности, на которой располагаются центровые кривые (и траектории движения центров масс тел качения);  $Z_k$  – число периодов центровых

кривых;  $A$  – амплитуда центровых кривых ( $A_1 = A_3 = A$ );  $\varphi$  – полярный угол, отсчитываемый в плоскости расположения средней окружности ( $\varphi = 0 \dots 2\pi$ ).

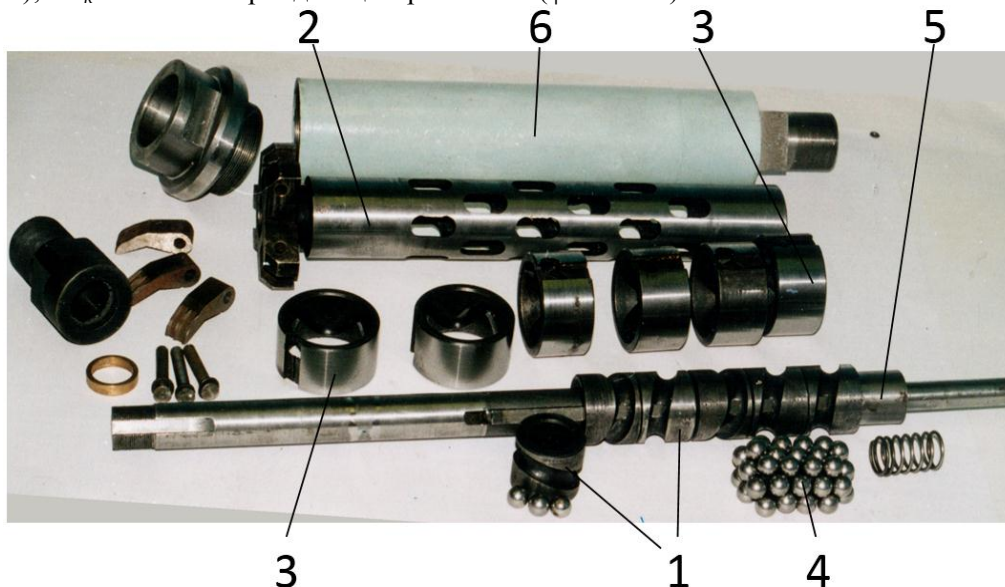


Рис. 1. Детали устройства для отвинчивания труб в скважине

1 – внутренние кулачки, 2 – сепаратор, 3 – наружные кулачки, 4 – шарики, 5 – ведущий вал, 6 – корпус

При анализе работы передачи рассматривают развертку центровых кривых на плоскость в системе координат  $zO\varphi$  либо  $zOs$ , где  $s$  – параметр (дуговая координата), изменяемая в диапазоне  $0 \dots 2\pi R$ . При работе передачи центровая кривая, соответствующая беговой дорожке на внутреннем кулачке перемещается вдоль оси абсцисс  $O\varphi$  (или  $Os$ ). Другая кривая, соответствующая периодической дорожке, образованной наружными кулачками, остается неподвижной. Точки пересечения кривых совпадают с центрами сечений роликов плоскостями, перпендикулярными их оси и касательными к средней окружности. В передаче используется группа точек пересечения разноименных ветвей кривых (восходящих у одной и нисходящих у другой и наоборот).

Координаты точек пересечения центровых кривых многорядных передач ( $b$  – число рядов), как функции угла поворота ведущего вала:

$$z_1(\varphi_1, m, j) = A \sin \left( Z_1 \left( \varphi_1 \left( \frac{1}{i} - 1 \right) - \frac{2\pi}{n} m + \gamma_1 j \right) \right); \quad (2)$$

$$z_3(\varphi_1, m, j) = -A \sin \left( Z_3 \left( \frac{\varphi_1}{i} - \frac{2\pi}{n} m + \gamma_3 j \right) \right), \quad (3)$$

где  $\varphi_1$  – угол поворота ведущего вала (внутреннего кулачка);  $m$  – номер тела качения,  $m = 0 \dots n - 1$ ;  $j$  – индекс принадлежности угла поворота ряду передачи,  $j = 0 \dots b - 1$ ;  $\gamma_1$  и  $\gamma_3$  – углы, на которые смещаются внутренние и наружные кулачки второй секции редуктора по отношению

к положению одноименных кулачков первой секции относительно оси  $z$ .

Важными параметрами, определяющими характер клинового взаимодействия звеньев механизма являются углы подъема центровых кривых. Это углы между касательными к центровым кривым в точках их пересечения и осью абсцисс на развертке. Углы подъема в точках пересечения центровых кривых многорядной передачи:

$$\alpha_1(\varphi_1, m, j) = \arctg \left( \frac{AZ_1}{R} \cos \left( Z_1 \left( \varphi_1 \left( \frac{1}{i} - 1 \right) - \frac{2\pi}{n} m + \gamma_1 j \right) \right) \right); \quad (4)$$

$$\alpha_3(\varphi_1, m, j) = -\arctg \left( \frac{AZ_3}{R} \cos \left( Z_3 \left( \frac{\varphi_1}{i} - \frac{2\pi}{n} m + \gamma_3 j \right) \right) \right), \quad (5)$$

Рассмотрим модель двухрядной передачи с составными роликами (рис. 2). С каждым из рядов связана соответствующая система отсчета:  $x_1 y_1 z O_1$  и  $x_2 y_2 z O_2$ . Средние окружности показаны штриховыми линиями. При сборке редуктора внутренние кулачки двух рядов устанавливаются на ведущий вал, наружные кулачки фиксируются в корпусе.

При установке деталей одного ряда относительно другого определенным образом, можно добиться того, что при попадании одного из тел качения первого ряда на вершины центровых кривых, где нагрузка не передается, т. к. углы подъема центровых кривых равны нулю, в другом ряду ближайшее к нему тело качения (вдоль оси передачи) будет находится посередине ветвей центровых кривых, где обеспечивается мак-

симальный коэффициент передачи (нагрузочная способность максимальна). Это приведет к более равномерному распределению нагрузки по потокам. Данный результат можно достичь относительным угловым смещением основных деталей второго ряда по отношению к деталям первого ряда. Однако простой поворот всех ку-

лачков на некоторый угол  $\gamma$  и смещение пазов второго ряда тот же угол не приведет к желаемому результату, так как динамическая картина силового взаимодействия не изменится. Каждую из деталей (и пазы) необходимо сместить на различные значения углов, находящиеся во взаимосвязи.

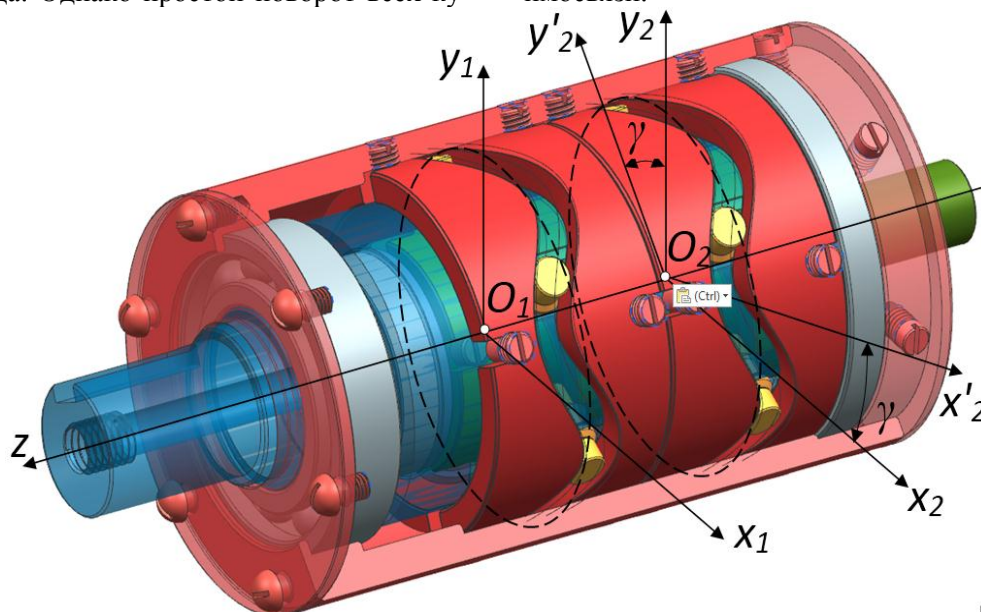


Рис. 2. Модель двухрядного редуктора с составными роликами

Рассмотрим несколько возможных вариантов взаимного расположения рядов. На рис. 3 показаны развертки центровых кривых на плоскость и группы точек их пересечения первого ( $C_1 \dots C_n$ ) и второго ( $E_1 \dots E_n$ ) рядов. Первый (верхний) ряд считаем базовым, деталям второго ряда можно обеспечить угловое смещение относительно оси  $z$  (линейное смещение вдоль оси  $O_f$  на развертке) при сборке редуктора. Первое тело качения в верхнем ряду, центр сечения которого  $C_1$  совпадает в начальный момент времени с началом системы координат и находится посередине участков ветвей центровых кривых. В нижнем ряду для обеспечения равномерности передачи нагрузки необходимо что бы центр сечения тела качения  $E_1$ , ближайший к началу системы координат, находился бы на вершинах кривых или на участках близких к вершинам.

При оценке эффективности различных вариантов использовалось три критерия: степень динамической нагруженности передачи, прочность деталей, технологичность их изготовления и сборки.

1. Пазы сепаратора первого и второго рядов располагаются на одной оси (рис.3, а). Внутренний кулачок второго ряда повернут на  $90^\circ$  отно-

сительно кулачка первого ряда, т.е.  $\gamma_1 = -\pi/2$ . Знак минус задает смещение кривой *вправо* вдоль оси  $O_f$  на развертке на плоскость. При этом тело качения во втором ряду попадает на вершину центровых кривых внутреннего кулачка. Чтобы обеспечить совпадение вершин кривых в первой точке их пересечения  $E_1$  необходимо задать положительное значение угла  $\gamma_3 = \pi/(2Z_3)$ , означающее смещение кривой влево.

2. Пазы сепаратора располагаются в шахматном порядке (рис. 3, б). Чтобы первая слева точка пересечения центровых кривых  $E_1$  в нижнем ряду совпала с их вершинами, углы смещения кривых (поворота кулачков) должны быть равны:  $\gamma_1 = \mp \pi/2 - \pi/n$ ,  $\gamma_3 = \pm \pi/(2Z_3) - \pi/n$ .

3. Пазы сепаратора располагаются в шахматном порядке (рис. 3, в). При этом внутренний кулачок второго ряда повернут на  $90^\circ$ , т. е.  $\gamma_1 = -\pi/2$ . Для существования передачи необходимо выполнения условия  $\gamma_3 = -\pi/(2Z_3)$ .

На основе модели клинового взаимодействия тела качения с двумя наклонными и одной вертикальной поверхностью была получена зависимость вращающего момента на ведущем валу для многорядной передачи:

$$T_1(\varphi_1) = \frac{T_2}{nb \cos(\psi)} \sum_{j=0}^{b-1} \sum_{i=0}^{n-1} \left( \frac{\sin(|\alpha_1(\varphi_1, i, j)| + \psi) \cos(|\alpha_3(\varphi_1, i, j)| - 2\psi)}{\sin(|\alpha_1(\varphi_1, i, j)| + |\alpha_3(\varphi_1, i, j)|)} \right), \quad (6)$$

где  $\psi$  – угол трения, равный арктангенсу от коэффициента трения  $f$ .

При численном анализе зависимости (6) принимались следующие значения параметров передачи:  $Z_1 = 1$ ,  $Z_3 = 4$ ,  $i = n = 5$ ,  $A = 10$  мм,  $R = 40$  мм. Было задано постоянное значение момента на ведомом валу (сепараторе)  $T_2 = 200$  Н·м.

Результаты вычислений момента на ведущем валу за один оборот ведущего вала представлены на рис. 4. Пики значений моментов наблюдаются в периоды, когда центр сечения

одного из тел качения попадает на вершины центровых кривых, где угол подъема равен нулю. В реальной передаче нагрузка перераспределяется на другие тела качения. Однако в представленной модели (формула (6)) математически это означает деление на ноль, что и приводит к неограниченному росту значений момента. График  $T_{1(1)}$  показывает характер изменения момента на ведущем валу в однорядной передаче, либо при расположении рядов без смещения (рис. 2).

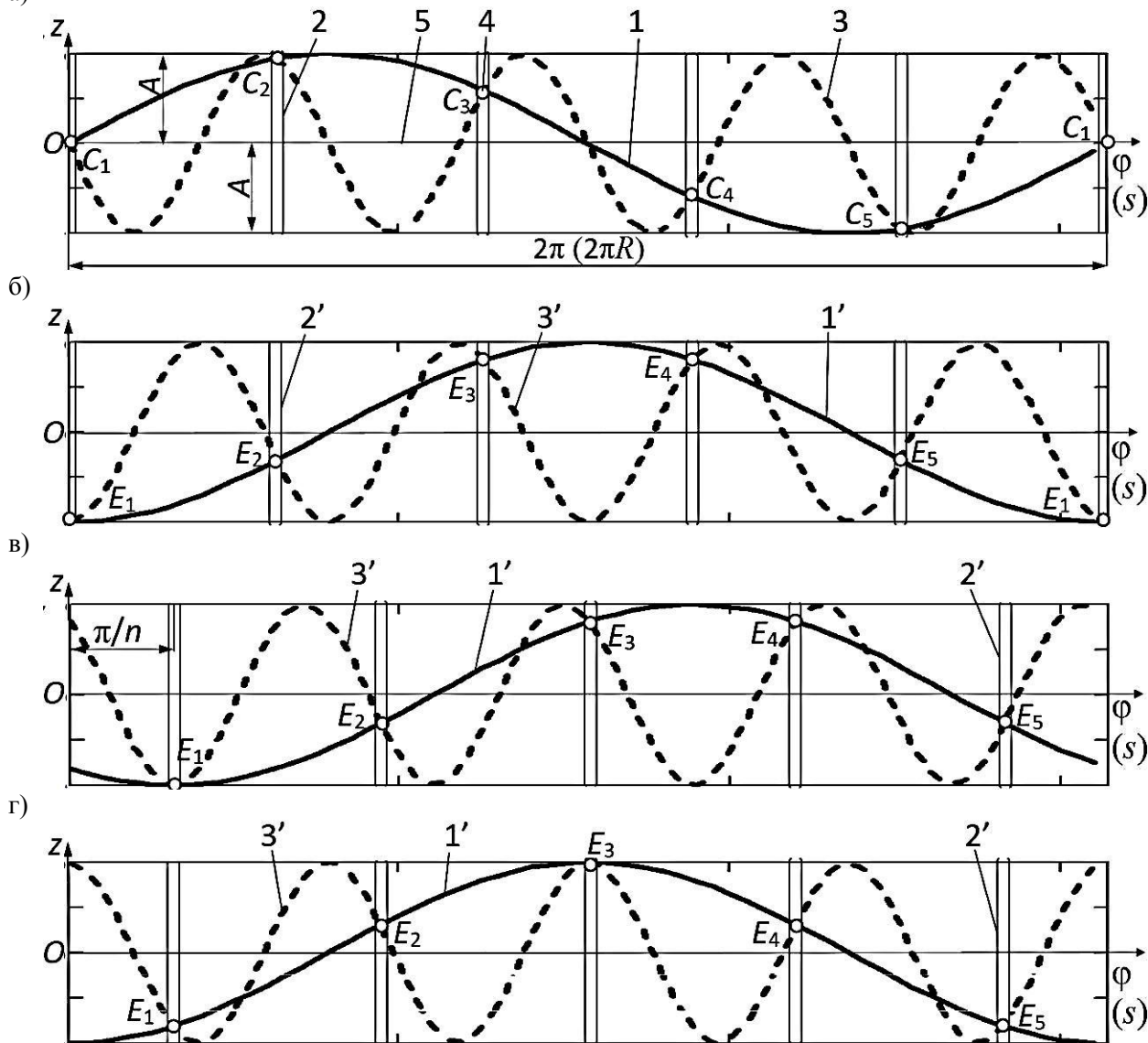


Рис. 3. Схемы взаимного расположения деталей передачи в первом (а) и втором (б – г) рядах  
1, 3 – центровые кривые профилей внутренних и наружных кулачков соответственно;  
2 – траектории центров сечения роликов вдоль пазов сепаратора, 4 – центры сечений ролика (штрихами обозначены параметры второго ряда)

Численный анализ формулы (6) показал, что с точки зрения динамической нагруженности все три варианта установки кулачков равнозначны, изменения момента на ведущем валу описывается одним и тем же графиком  $T_{1(2)}$ . Амплитудные значения снизились, в среднем, в два раза, а зна-

чит в два раза уменьшился коэффициент динамичности, если рассматривать изменение момента на ведущем валу как гармоническое.

В передачах, в которых центровые кривые кулачковых профилей имеют постоянные углы подъема (кусочно-винтовые кривые у которых



вершины соединены отрезками прямых на раз-  
вертке), значение момента на ведущем валу  $T_{1m}$   
теоретически постоянно. Однако работа данной  
передачи будет сопровождаться ударами на  
вершинах кривых, так как скорости центров

масс тел качения при прохождении вершин бе-  
говых дорожек с изменением знака относитель-  
но оси  $z$  будут ступенчато изменять модули зна-  
чений.

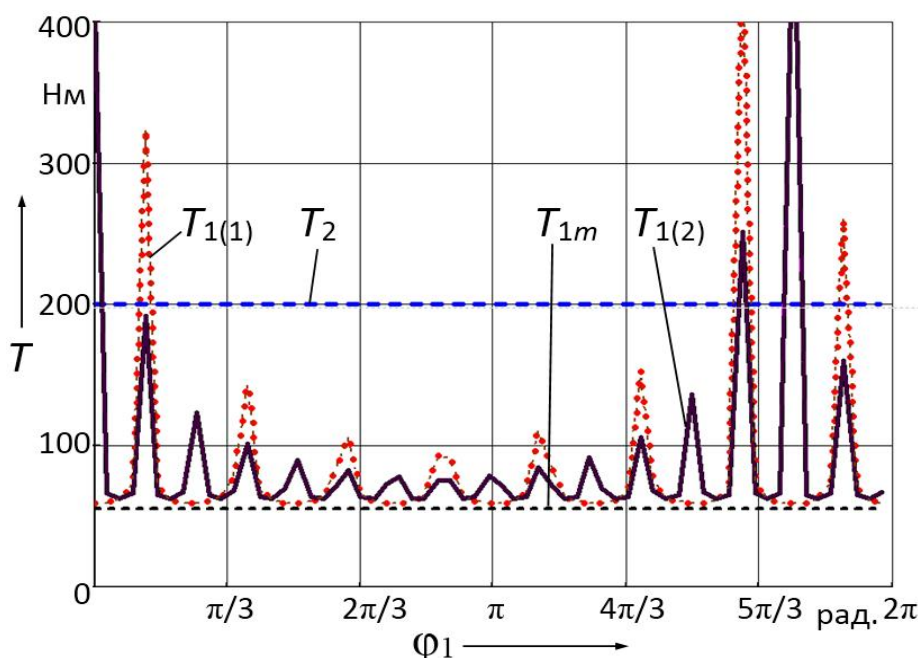


Рис. 4. Зависимость вращающих моментов от угла поворота ведущего вала передачи

С учетом необходимости обеспечения  
прочности деталей передачи второй и третий  
варианты являются предпочтительными, т. к.  
шахматное расположение пазов сепаратора уве-  
личивает длину опасного сечения – длину пере-  
мычки между соседними пазами из разных ря-  
дов [9, 10].

Рассмотрим указанные варианты с точки  
зрения технологичности изготовления деталей  
передачи. Очевидно, что смещение пазов сеп-  
аратора в разных рядах несколько усложняет его  
изготовление, но незначительно.

В разрабатываемых конструкциях редукто-  
ров предусмотрено, что кулачки имеют пазы и  
крепятся на валу и в корпусе с помощью винтов  
(рис. 2). Пазы фрезеруются на нерабочих тор-  
цах. За базовое значение принимается четыре  
паза внутреннего однопериодного кулачка, ко-  
торые «привязаны» к двум вершинам и двум  
впадинам рабочей поверхности. Угловое рассто-  
яние между пазами равно  $\pi/2$ . В наружном ку-  
лачке первого ряда также достаточно изготовить  
четыре паза. Однако для обеспечения углового  
смещения наружных кулачков второго ряда от-  
носительно первого при установке в корпус  
необходимо фрезеровать в них дополнительные  
пазы. При этом должны выполняться несколько  
условий: все пазы должны располагаться с рав-  
номерным угловым шагом относительно оси  $z$ ,  
для обеспечения полной взаимозаменяемости

кулачков целесообразно чтобы на кулачках вто-  
рого ряда были продублированы пазы для воз-  
можности закрепления их в первом ряду и  
наоборот.

При первом и третьем вариантах число па-  
зов на внутренних кулачках будет равно четы-  
рем, на наружных  $4Z_3$ . При втором варианте  
необходимо увеличивать (при  $Z_3 > 2$ ) число па-  
зов на ведущем валу до  $2n$  при условии, что  
полученное значение без остатка будет делить-  
ся на четыре. Для исследуемой передачи при  
( $Z_3 = 4, n = 5$ ) данный вариант не подходит.  
Число пазов у наружных кулачков также рас-  
считывается по сложной зависимости:  
 $4Z_3n/(Z_3n - n - 2Z_3)$ . Полученное число должно  
быть целым, что в данном случае также не вы-  
полняется. Следовательно, первый и третий  
варианты являются предпочтительными, хотя  
изготовление 16 пазов у внутренних кулачков  
(в исследуемой передаче) не является рацио-  
нальным.

**Выводы.** Во всех рассмотренных выше ва-  
риантах задача более просто решается угловым  
смещением рядов отверстий в ведущем валу и  
корпусе для установки винтов, фиксирующих  
положение кулачков. Таким образом, при про-  
ектировании двухрядной ППТК целесообразно  
использовать третий вариант установки дета-  
лей, при котором внутренние кулачки поверну-  
ты относительно положения этих же кулачков

первого ряда на  $90^\circ$ , наружные кулачки повернуты в обратном направлении на угол  $\pi/(2Z_3)$ . Сепаратор изготавливается с пазами с шахматным расположением в соседних рядах, что позволяет увеличить длину опасного сечения, расположенного между пазами в различных рядах и повысить прочность сепаратора. При этом динамические нагрузки на детали передачи снижаются пропорционально количеству рядов.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ефременков Е.А. Разработка и проектирование передач с промежуточными телами качения нового вида // Известия Томского политехнического университета. 2005. Т. 308. № 1. С. 131–135.
2. Nam W.K., Shin J.W., Oh S.H. Design of thin plate-type speed reducers using balls for robots // Journal of Mechanical Science and Technology. 2013. № 27, P. 519–524.
3. Bara M. Designing Aspects of Cylindrical Transmission // ASME Conf. Proc. 2006. P. 75–81.
4. Terada H, Masuda T, Yoshida S. Motion Analysis of a Reciprocating Motion Type Ball Reducer // Proc. 12th IFToMM World Congress, Besançon (France), June 18–21. 2007. P. 414–418.
5. Bai, S., Angeles, J. The Design of spherical multilobe-cam mechanisms // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers: Part C: Journal of Mechanical Engineering Science. London, Feb 2009. vol. 223. iss. C 2. P. 473–482.
6. Игнатищев Р.М. Синусошариковые редукторы. Минск: Высшая школа, 1983. 107 с.
7. Лустенков М.Е. Передачи с промежуточными телами качения: определение и минимизации потерь мощности. Могилев: Бел.-Рос. ун-т, 2010. 274 с.
8. Лустенков М.Е. Определение КПД передач с составными промежуточными телами качения // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2014. № 6. С. 13–19.
9. Lustenkov M.E. Strength calculations for cylindrical transmissions with compound intermediate rolling elements // Int. J. of Mechanisms and Robotic Systems. 2015. Vol. 2, no. 2. P. 111–121.
10. Лустенков, М.Е. Автотракторные дифференциалы повышенного трения с промежуточными телами качения // Тракторы и сельхозмашины. 2013. № 4. С. 19–22.

---

**Lustenkov M.E.**

### DESIGNING OF MULTIPLE-ROW GEAR WITH JOINTED INTERMEDIATE ROLLING BODIES

*The paper deals with the design of mechanical gear components with intermediate rolling bodies. This type of mechanisms has high values of transmitted power divided by the cross-sectional area, and is designed to work in a space with small radial dimensions. The load carrying capacity increase can be achieved by applying the gear of multiple-row designs with parallel connecting. The article examines the relative position of the cams and grooves in adjacent rows separator of double-row gear during its assembly. An assessment of the impact of this position on the load capacity and smooth operation is suggested. The rational relative turning angles of inner and outer cams of different rows relative and separator grooves are obtained. When assessing the various options considered structural factors of strength and manufacturability of gearboxes main parts.*

**Key words:** multiple-row gear, gearbox, intermediate rolling bodies, cam.

---

**Лустенков Михаил Евгеньевич**, доктор технических наук, доцент, первый проректор, профессор кафедры «Основы проектирования машин».

Белорусско-Российский университет.

Адрес: Республика Беларусь, 220030, Могилев, пр. Мира, д. 43.

E-mail: lustenkov@yandex.ru

Дубинин Н.Н., канд. техн. наук, проф.,  
 Михайличенко С.А., канд. техн. наук, проф.,  
 Уральская Л.С., доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ РОТОРНЫХ МАШИН С КАМЕРОЙ ПЕРЕМЕННОГО СЕЧЕНИЯ

nndubinin@mail.ru

В статье рассмотрена необходимость увязывания производительности машин в непрерывных технологических линиях, представлены расчетные зависимости по определению производительности двухроторного ленточного пресса с камерой переменного сечения.

**Ключевые слова:** технологическая линия, производительность, камера переменного сечения, процесс, конструкция, механизм.

Одной из основных эксплуатационных характеристик технической системы является ее производительность. Как известно [1, 2] производительность может быть теоретической, технической и эксплуатационной. Вопрос производительности машины, находящейся в технологической цепочке имеет определяющее значение, особенно при внедрении новой техники и замене на другую, выполняющую те же функции, но имеющую улучшенные характеристики. Так если производительность машины меньше требуемой по технологическому регламенту, то впереди стоящие машины будут производить продукции (сырья) больше, чем может переработать машина, а последующие машины будут работать с недогрузкой. Если же производительность будет больше необходимой, то маши-

на будет недогружена, что в некоторых случаях может привести к резкому снижению качества, а иногда к браку продукции, при этом последующие машины будут перегружены, что может привести к выходу механизмов или в целом машины из строя.

Конструкция пресса (рис.1) и ее кинематическая схема (рис.2) выполнена таким образом, что линейная скорость боковых дисков (по средней линии) и линейная скорость поверхности формующих барабанов равны.

Во внутренней части камеры образованной формующими барабанами и боковыми дисками вставлена  $\varepsilon$ -образная скоба, которая посредством шпилек крепится к станине [3].

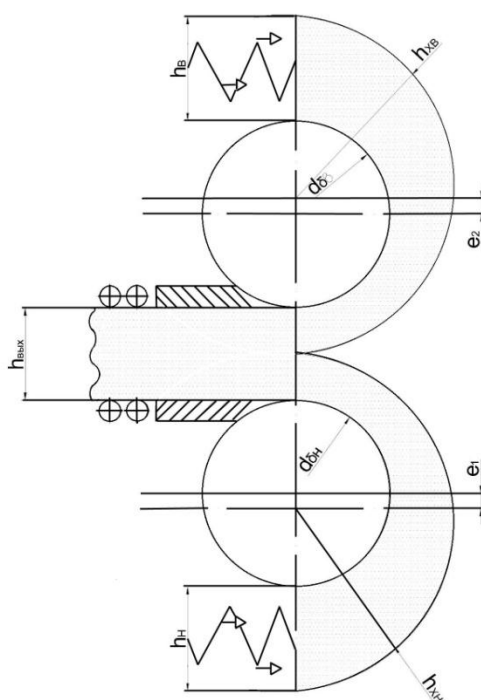


Рис. 1 Схема двухроторного пресса



Корпуса питающих шнеков крепятся к станине при помощи рам, изготовленных из уголков. Привод питающих шнеков осуществляется от индивидуального привода, состоящего из электродвигателя, клиноременной передачи, червячного редуктора и цепной передачи. Диаметры приводных звездочек равны, поэтому шнеки вращаются с одной скоростью. Корпуса шнековых питателей имеют загрузочные бункера.

Со стороны выхода сформованного изделия из камеры формования установлено два съемных ножа: верхний короткий и нижний, имеющий продолжение в виде рольганга, по которому сформованный брус удаляется из камеры прессы.

Пресс работает следующим образом: исходный материал посредством питающих шнеков направляется в камеру сжатия переменного сечения. По пути в камеру материал частично уплотняется. На выходе из корпуса шнековых питателей материал захватывается боковыми дисками и формующим барабаном и, продвигаясь вдоль камеры прессования, постепенно уплотняется.

В точке соединения двух потоков установлен рыхлитель массы, который разрушает заполированную поверхность сформованных изделий и частицы слоев диффундируют друг в друга. На выходе из камеры прессования масса срезается ножами и по рольгангу направляется на следующую операцию.

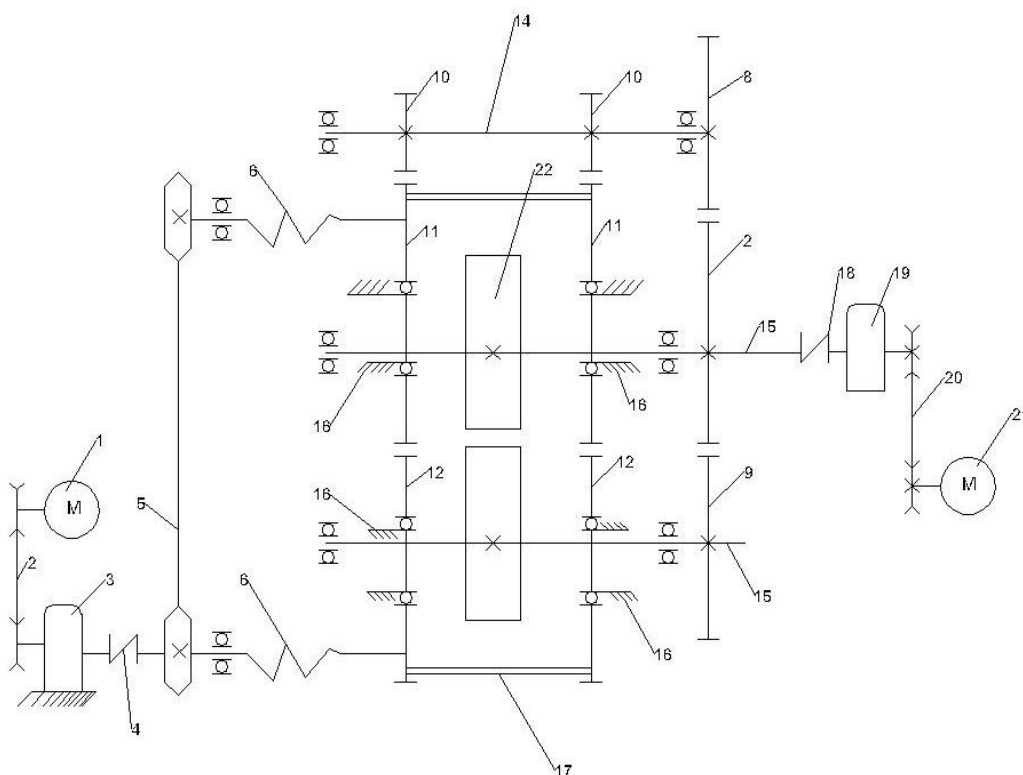


Рис. 2 Кинематическая схема бесшнекового прессы:

- 1 – электродвигатель привода питателей; 2 – ременная передача; 3 – редуктор; 4 – муфта;  
 5 – цепная передача; 6 – питающие шнеки; 7, 9 – шестерни привода внутренних барабанов; 8 – шестерня привода промежуточного вала; 10 – шестерни привода боковых дисков; 11, 12 – шестерни-боковые диски; 13, 15 – валы барабанов; 14 – промежуточный вал; 16 – эксцентрик; 17 – скоба; 18 – муфты; 19 – редуктор; 20 – ременная передача; 21 – электродвигатель привода прессы; 22 – внутренний барабан

Степень уплотнения пластичных масс при прохождении всей камеры сжатия переменного сечения без учета сдвиговых деформаций[4-6]:

$$K = \frac{S_{\text{вх}}}{S_{\text{вых}}} \quad (1)$$

где  $S_{\text{вх}}$  – площадь поперечного сечения камеры сжатия на входе,  $\text{м}^2$ ;  $S_{\text{вых}}$  – площадь поперечного сечения камеры сжатия на выходе (конечная),  $\text{м}^2$ .

$$S_{\text{вх}} = S_{\text{в}} + S_{\text{н}} \quad (2)$$

где  $S_{\text{в}}$  – площадь поперечного сечения камеры сжатия верхнего барабана;  $S_{\text{н}}$  – площадь поперечного сечения камеры сжатия нижнего барабана.

$$S_{\text{в}} = b \cdot H_{\text{в}}; S_{\text{н}} = b \cdot H_{\text{н}} \quad (3)$$

Так как площадь поперечного сечения камеры сжатия в любом месте:

$$S_x = b \cdot h_x \quad (4)$$

где  $b$  – ширина камеры сжатия, м;  $h_x$  – текущая высота камеры сжатия, м.

$$\text{Тогда } K = \frac{bh_{\text{вх}}}{bh_{\text{вых}}} = \frac{b(h_{\text{в}}+h_{\text{н}})}{bh_{\text{вых}}} = \frac{h_{\text{в}}+h_{\text{н}}}{h_{\text{вых}}} \quad (5)$$

где  $h_{\text{вх}}$  – высота камеры сжатия на входе, м;  $h_{\text{в}}$  – высота камеры верхнего барабана, м;  $h_{\text{н}}$  – высота камеры нижнего барабана, м;  $h_{\text{вых}}$  – высота камеры сжатия на выходе, равная расстоянию между барабанами, м;  $h_{\text{вых}} = 0.03$  м

Производительность прессы:

$$Q = b \cdot h_{\text{вых}} \cdot v_{\text{ср}}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (6)$$

где  $v_{\text{ср}}$  – скорость боковых дисков на радиусе диффундирования верхнего и нижнего бруса, м/с.

$$v_{\text{ср}} = \pi \cdot (d_{\text{бар}} + \frac{h_{\text{вых}}}{2}) \cdot n \quad (7)$$

где  $d_{\text{бар}}$  – диаметр внутреннего (формирующего) барабана,  $d_{\text{бар верх}} = d_{\text{бар нижн}}$ , м;  $\frac{h_{\text{вых}}}{2}$  – половина высоты бруса, м;  $n$  – частота вращения барабана,  $\text{с}^{-1}$ .

Учитывая, что при формования пластичных материалов масса, уплотняясь при движении к выходу, проскальзывает относительно барабана и боковых дисков

$$Q = b \cdot h_{\text{вых}} \cdot v_{\text{ср}} \cdot K_{\text{ск}}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (8)$$

где  $K_{\text{ск}}$  – коэффициент проскальзывания бруса,  $K_{\text{ск}} = 0,7 - 0,9$ .

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гологорский Е.Г., Доценко А.И. Ильин А.С. Эксплуатация и ремонт оборудования предприятий стройиндустрии.- М.: Архитектура, 2006. 504с.
2. Дубинин Н.Н. Эксплуатация наземных транспортно-технологических средств: Учебное пособие. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2014.
3. Дубинин Н.Н. Бесшнковые машины для формования пластичных масс. Монография, Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2013 С. 113.
4. Дубинин Н.Н., Евтушенко Е.И., Немец И.И., Носов О.А., Осокин А.В. Роторные машины для производства стеновых керамических материалов. Rotary Machines for Production of Ceramic Wall Materials // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2014. № 5(5). Р. 1710–1718.
5. Дубинин Н.Н., Уральская Л.С. Аналитические исследования движения глиняных масс в рабочих органах формирующих и глиноперерабатывающих машин // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 4. С. 75-78.
6. Ильина Т.Н., Севостьянов В.С., Шкарпеткин Е.А., Севостьянов М.В. Исследование условий процесса микрогранулирования в дисперсных системах // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. №1. С. 81 – 86.

**Dubin N.N., Mykhaylichenko S.A., Uralskaya L.S.**

### PERFORMANCE ROTARY MACHINES WITH VARIABLE SECTION CHAMBER

*The article discusses the need to integrate the performance of machines in continuous production lines, shows the calculated dependences for determining the performance of the double-belt press with variable chamber cross section.*

**Key words:** *processing line, performance, camera variable cross-section, process, design, mechanism.*

**Дубинин Николай Николаевич**, кандидат технических наук, профессор кафедры технологических комплексов, машин и механизмов.

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

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

E-mail: nnubinin@mail.ru

**Михайличенко Сергей Анатольевич**, кандидат технических наук, профессор кафедры технологических комплексов, машин и механизмов.

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

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

**Уральская Любовь Сергеевна**, доцент кафедры начертательной геометрии и инженерной графики

Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова

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

**Ботвин Г.В., инженер,  
Данзанова Е.В., канд. техн. наук, н.с.,  
Герасимов А.И., канд. техн. наук, в.н.с.  
Институт проблем нефти и газа СО РАН**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СВАРКИ В РАСТРУБ ПОЛИПРОПИЛЕНОВЫХ ТРУБ ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ**

**Dhv4071@mail.ru**

*В настоящее время, согласно нормативным документам, сварку в раструб полипропиленовых труб разрешается производить только при положительных температурах окружающей среды. В Институте проблем нефти и газа СО РАН ведутся работы по разработке технологии сварки полипропиленовых труб, позволяющих производить сварку при температурах до -50 °С. В статье приведены результаты исследований по сварке в раструб полипропиленовых труб при отрицательных температурах окружающей среды. Показано, что существующие методы контроля качества сварных раструбных соединений малоинформативны и не выявляют нарушения технологии сварки. Предложен метод количественной оценки прочности по месту сплавления сварных раструбных соединений полипропиленовых труб. Использование данного метода показано, что прочность сварных соединений полипропиленовых труб, произведенных сваркой при отрицательных температурах с использованием предварительного подогрева и охлаждением без теплоизоляции соответствует прочности сварных соединений, полученных стандартной сваркой при допустимых температурах атмосферного воздуха.*

**Ключевые слова:** полипропилен, сварка в раструб, сварное раструбное соединение, разрушающее напряжение, прочность.

**Введение.** Соединение полипропиленовых труб для водоснабжения, как правило, производят сваркой в раструб, которое надежно и стоимость сварочного оборудования почти в сто раз дешевле, чем стоимость оборудования по сварке встык или закладным нагревательным элементом. По действующим на сегодняшний день нормативным документам сварку полипропиленовых труб можно производить только при положительных температурах окружающего воздуха [1, 2]. В то же время в ИПНГ СО РАН разработана технология сварки полимерных труб при низких температурах, основанная на использовании низкого коэффициента теплопроводности полимерных материалов и локальном нагреве области сварки до нормативных температур производства сварки [3].

Целью исследований являлась исследование прочности сварных раструбных соединений полипропиленовых труб, произведенных при отрицательных температурах.

**Основная часть.** Сварка в раструб полипропиленовых труб производилась при отрицательных температурах окружающего воздуха по технологической схеме приведенной на рис. 1.

Свариваемые торцы трубы и муфты предварительно подогревались на длину вылета, превышающей глубину раструба до температуры выше 20 °С специальными сменными насадками для подогрева, установленными на нагревательной пластине дополнительного сварочного аппарата. Затем для равномерного распределения

температуры по всей зоне сварки проводилось остывание до 20°С. После операции остывания производилась стандартная сварка. Охлаждение сварного соединения после сварки производилось в теплоизоляционной камере.

Продолжительности подогрева и свободного охлаждения для выравнивания температур свариваемых концов деталей в зависимости от температуры окружающего воздуха и температуры сменных насадок для подогрева для различных типоразмеров трубы рассчитывались с помощью программы PWN-Trumpet, изложенные в работе [3]. В программу вводились размеры трубы, значения теплофизических свойств, температура окружающей среды. В табл. 1. например, приведены результаты расчета продолжительностей подогрева и охлаждения для выравнивания температур полипропиленовых труб PN 10 и муфты, полученные с помощью данной программы для диаметров труб 50–110 мм и различных значений отрицательных температур окружающего атмосферного воздуха.

Использование камеры при охлаждении сварного шва позволяет регулировать динамику и распределение температуры изменением высоты камеры (толщины слоя воздуха) [3]. Сварка производилась по следующим режимам:

Режим 1 – при положительных температурах окружающей среды, стандартная сварка;

Режим 2 – Сварка при отрицательных температурах с предварительным подогревом и

остыванием в теплоизоляционной камере, разработанная технология;

Режим 3 – Сварка при отрицательных температурах с предварительным подогревом, остывание без теплоизоляционной камеры;

Режим 4 – Сварка при отрицательных температурах без предварительного подогрева и охлаждением без теплоизоляционной камеры, увеличение времени оплавления на 50 %, с нарушением технологии.

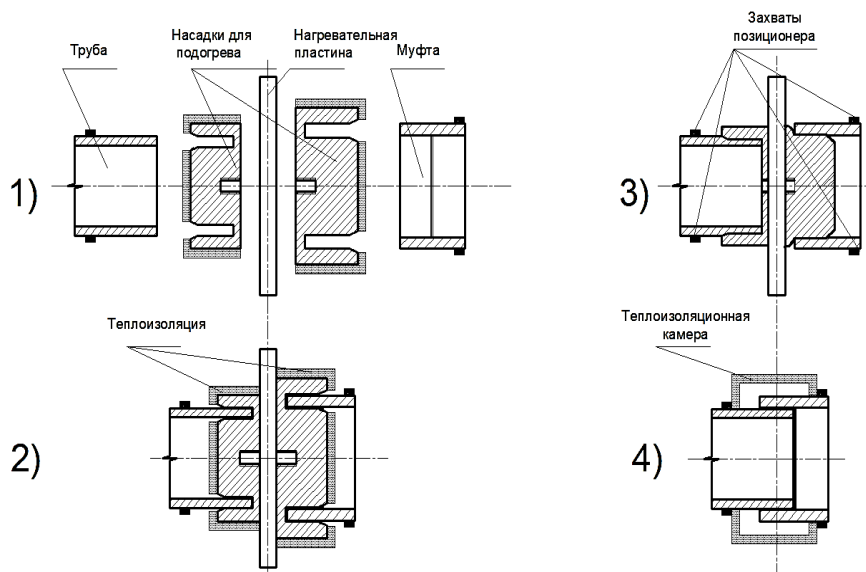


Рис. 1. Технологическая схема сварки полипропиленовых труб при отрицательных температурах: 1–2 – предварительный подогрев; 3 – оплавление; 4 – охлаждение

Таблица 1

**Продолжительности подогрева и охлаждения для полипропиленовых труб PN10**

|                              |     | Температура окружающего воздуха, С° |     |         |     |         |     |         |     |         |     |
|------------------------------|-----|-------------------------------------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|
|                              |     | -50                                 |     | -40     |     | -30     |     | -20     |     | -10     |     |
|                              |     | 1                                   | 2   | 1       | 2   | 1       | 2   | 1       | 2   | 1       | 2   |
| Наружный диаметр трубы Ø, мм | 50  | 60-120                              | 60  | 90-120  | 70  | 90-180  | 90  | 90-180  | 110 | 90-180  | 140 |
|                              | 63  | 90-180                              | 80  | 120-210 | 100 | 150-240 | 120 | 150-300 | 150 | 180-300 | 200 |
|                              | 75  | 120-180                             | 90  | 150-210 | 120 | 150-240 | 150 | 180-210 | 180 | 180-270 | 240 |
|                              | 90  | 150-210                             | 120 | 180-240 | 150 | 180-240 | 180 | 180-210 | 220 | 180-270 | 300 |
|                              | 110 | 210-300                             | 150 | 180-300 | 180 | 180-240 | 210 | 180-240 | 270 | 210-300 | 360 |

1 – продолжительность подогрева, с;

2 – продолжительность охлаждения для выравнивания температур, с

Были проведены стандартные испытания сварных соединений полипропиленовых труб, существующие в нормативных документах, а именно на стойкость при постоянном внутреннем давлении, гидравлические испытания, на статический отдр, на сдвиг сжатием.

Испытания на стойкость при постоянном внутреннем давлении проводились ГОСТ ISO 1167-1-2013 [4]. Раструбное соединение выдерживают определенное время под избыточным гидравлическим давлением, при температуре 80 °С. Качество сварного соединения определяется отсутствием разрывов стыков или

соединительных деталей. Испытания выдержали все образцы сварных соединений.

Гидравлическое испытание напорных трубопроводов проводились согласно СП 40-102-2000 [1]. Трубопровод выдерживается в течении 0,5 часа при испытательном давлении равным рабочему давлению умноженному на коэффициент 1,5. Испытание выдержали все образцы.

Испытания на статический отдр [5] выполняются изгибом свободной части образца, защемленного на половину длины сварного шва (рис. 2).

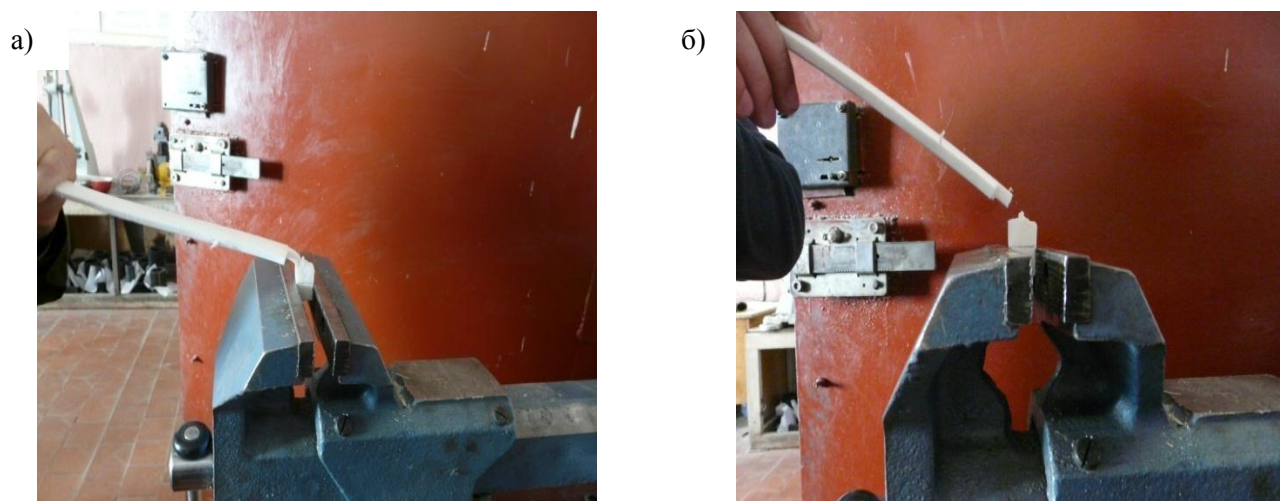


Рис. 2. Общий вид испытаний на отдрив образцов сварных соединений:  
а) изгиб свободной части образца; б) характерное разрушение по основному материалу

При испытаниях на статический отдрив все образцы, включая сварные соединения, полученные с нарушением технологии (Режим 4) разрушились по основному материалу.

Испытания раструбных соединений на сдвиг сжатием проводились согласно ВСН 440-83 [5] на кольцевых образцах высотой  $h$ , равной половине глубины раструба  $l$ , вырезаемых из раструбного соединения трубы с соединительной деталью (рис. 3).



Рис. 3. Испытание раструбного сварного соединения на сдвиг сжатием на машине ИП-1А-1000

Разрушающие напряжения образцов сваренных при испытанных режимах сварки соответствуют разрушающему напряжению образ-

цов сваренных при положительных температурах окружающего воздуха.

Таблица 2

**Результаты испытаний раструбных сварных соединений полипропиленовых труб на сдвиг сжатием**

| Режим сварки                                                | Разрушающее напряжение, МПа |
|-------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| Режим 1, Тос = +13°C                                        | 15,33                       |
| Режим 2, Тос = -22°C, охлаждение в теплоизоляционной камере | 15,47                       |
| Режим 3, Тос = - 22°C, охлаждение без теплоизоляции         | 15,64                       |
| Режим 4, Тос = -19 °C                                       | 15,58                       |

Таким образом существующими методами испытаний невозможно адекватно оценить качество сварных соединений полипропиленовых труб, произведенных сваркой в раструб при различных условиях и температурах окружающей среды. Для оценки качества сварки была предложена новая методика испытаний, основанная на растяжении образцов.

Испытания на сдвиг требуют для каждого типоразмера трубы изготовление индивидуального пуансона и матрицы. Для больших диаметров трубы такое оборудование становится слишком дорогостоящим, да и соответствующее испытательное оборудование вряд ли найдется. В связи с этим была разработана методика определения прочности сварного соединения в раструб растяжением на серийных испытательных машинах. На стандартном образце для испытаний на растяжение, где исследуемое раструбное сварное соединение расположено посередине образца для определения прочности раструбного сварного соединения полимерной трубы в средней части муфты 1, на ней вырезается прорез 2 параллельно краю муфты глубиной более оплавленной глубины стенки муфты, но не более толщины стенки муфты и (рис. 4, а). Расстояние прорези 2 от края муфты рассчитывается таким образом, чтобы площадь А испытываемой части раструбного сварного соединения была

меньше или равна (не более), чем площадь минимального поперечного сечения образца вне области раструбного соединения. Для определения прочности раструбного сварного соединения полимерной трубы в крайней части (рис. 4, б) на испытуемом образце на внутренней стенке трубы 3 вырезается прорез 4 глубиной более оплавленной глубины стенки трубы, но не более толщины стенки трубы параллельно краю трубы. Расстояние прорези 4 от края трубы рассчитывается таким образом, чтобы площадь А испытываемой части раструбного сварного соединения была не более площади минимального поперечного сечения образца. Образец для определения прочности в средней части раструбного сварного соединения полимерной трубы (рис. 4, в) имеет прорезы 2 и 4 соответственно на муфте и трубе с такими же глубинами что и в образцах для определения прочности раструбной сварки с внутренней и внешней стороны трубы соответственно, а испытываемая площадь А сварного соединения, находящаяся между прорезами, не более, чем площадь минимального поперечного сечения образца. При стандартных кратковременных испытаниях на растяжение разрушение образца произойдет по сварному шву по площади А, так как прочность сварного соединения, как правило, меньше прочности основного материала.

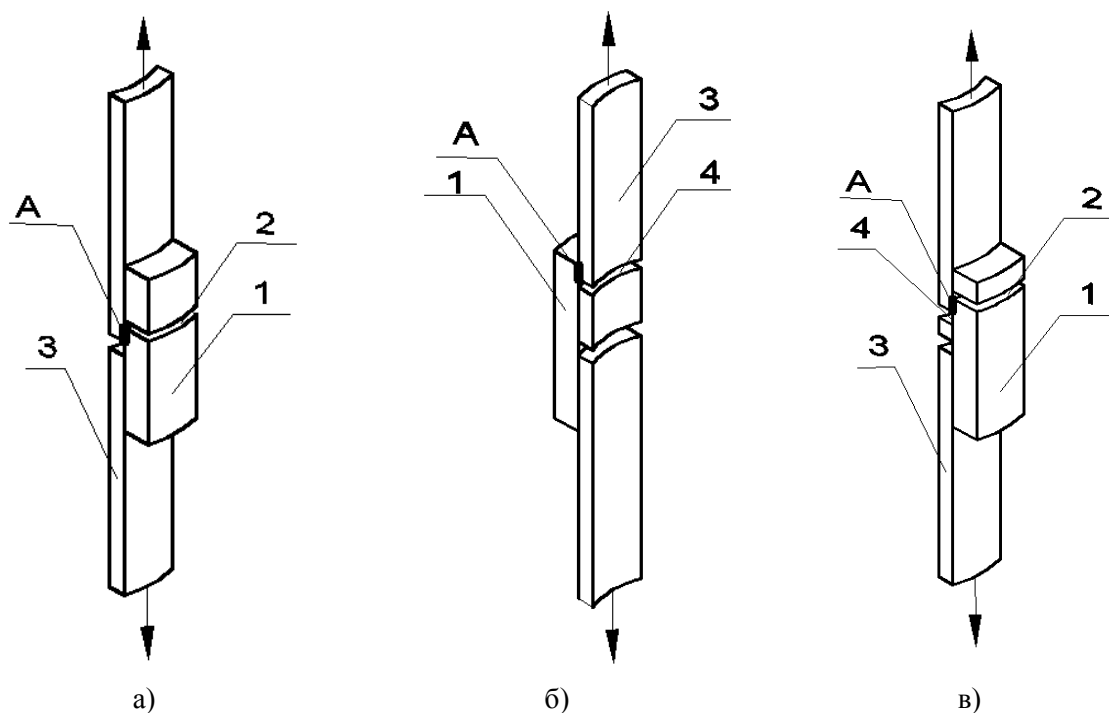


Рис. 4. Схема расположения испытуемых областей сварки в раструбном сварном соединении полипропиленовых труб

Результаты испытаний на растяжение сварных раструбных соединений по

предложенной методике в испытуемой области, согласно рис. 4, а, приведены на рис. 5.

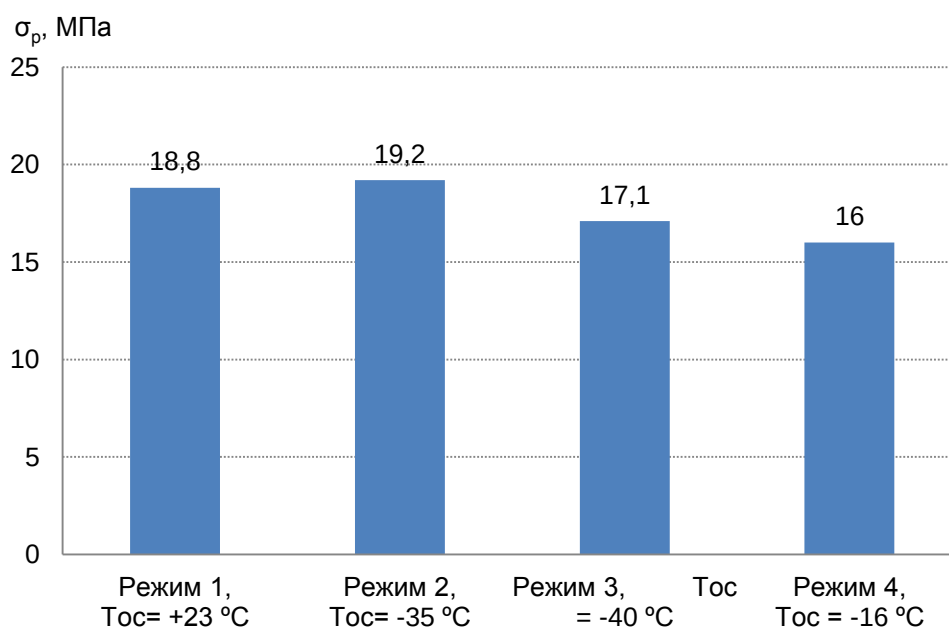


Рис. 5. Разрушающее напряжение сварных раструбных соединений полипропиленовых труб

По результатам механических испытаний на растяжение видно, что разрушающее напряжение сварных раструбных соединений, произведенных при температуре минус 35 °C с предварительным подогревом и охлаждением под слоем теплоизоляции не уступает прочности сварных соединений, полученных стандартной сваркой при комнатной температуре.

#### Выводы

Разработана технология сварки в раструб полипропиленовых труб при отрицательных температурах окружающего воздуха с использованием предварительного подогрева свариваемых деталей и теплоизоляционной камеры во время охлаждения сварного соединения.

Установлено, что существующие в нормативных документах методы испытаний не позволяют выявить нарушения технологии сварки в раструб полипропиленовых труб.

Предложена методика испытаний, позволяющая определить количественно прочность раструбных сварных соединений полимерных труб по месту сплавления при растяжении.

Показано, что прочность сварных соединений, произведенных сваркой при отрицательных температурах с использованием предварительного подогрева и охлаждением без теплоизоляции соответствует прочности

сварных соединений, полученных стандартной сваркой при допустимых температурах.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 40-101-96. Проектирование и монтаж трубопроводов из полипропилена «Рандом сополимер»; введ. 09.04.96.- Официальное издание, Минстрой России М.: ГУП ЦПП, 1997. - 14с.
2. ВСН 47-96 Ведомственные строительные нормы по проектированию и монтажу внутренних систем водоснабжения из полипропиленовых труб «Рандом сополимер» (PPRC); введ. 01.08.96.- М.: Ротапринт Мосоргстроя 1996. - 14с.
3. Старостин Н.П., Аммосова О.А., Ботвин Г.В. Тепловой процесс сварки полипропиленовых труб в раструб при низких температурах // Сварка и диагностика. 2015. №6. С. 57-61.
4. ГОСТ ISO 1167-1-2013. Трубы, соединительные детали и узлы соединений из термопластов для транспортирования жидких и газообразных сред. Определение стойкости к внутреннему давлению. Часть 1. Общий метод.- Взамен ГОСТ 24157-80; введен 01.08.2014.- М.: Стандартинформ. – (Межгосударственный стандарт).
5. ВСН 440-83 Инструкция по монтажу технологических трубопроводов из пластмассовых труб; введ. 01.01.1984. – М.: ЦБНТИ Минмонтажспецстроя СССР 1984.- с.37-40.



---

**Botvin G.V., Danzanova E.V., Gerasimov A.I.****RESEARCH OF WELDING INTO SOCKET OF POLYPROPYLENE PIPES AT LOW AMBIENT TEMPERATURES**

*Now, according to regulatory documents, welding into socket of polypropylene pipes is permitted only with positive temperatures. At the Institute of Oil and Gas Problems SB RAS the works on the development of welding technology of the polypropylene pipes allowing to make welding at temperatures down to  $-50^{\circ}\text{C}$  are conducted. The results of research on welding into socket of polypropylene pipes at low ambient temperatures. It is shown that the existing methods of quality control of welded spigot-and-socket joints give not enough information and don't reveal violation of welding technology. The method of a quantitative assessment of strength in a place of flashing-off of welded spigot-and-socket joints of polypropylene pipes is offered. By use of this method it is shown that the strength of welded joints of polypropylene pipes manufactured by welding at low temperatures using a preheating and cooling without insulation corresponds to the strength of welded joints produced by welding at the admissible standard outside temperature.*

**Key words.** *Polypropylene, welding into the socket, welded spigot-and-socket joints, fracture stress, strength.*

---

**Ботвин Глеб Владимирович**, ведущий инженер лаборатории климатических испытаний.

Институт проблем нефти и газа СО РАН

Адрес: Россия, 677007, Якутск, ул. Автодорожная, д. 20

E-mail: gleb-0379@mail.ru

**Данзанова Елена Викторовна**, кандидат технических наук, научный сотрудник лаборатории климатических испытаний.

Институт проблем нефти и газа СО РАН.

Адрес: Россия, 677007, Якутск, ул. Автодорожная, д. 20

E-mail: dhv4071@mail.ru

**Герасимов Александр Иннокентьевич**, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории климатических испытаний.

Институт проблем нефти и газа СО РАН

Адрес: Россия, 677007, Якутск, ул. Автодорожная, д. 20

E-mail: gerasimov2509@rambler.ru

Королев Д.С., преподаватель

Воронежский институт Государственной противопожарной службы МЧС России

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ БЕЗОПАСНЫХ ОБЪЕМОВ ПОМЕЩЕНИЙ С ПЫЛЕВОЗДУШНЫМИ СМЕСЯМИ

otrid@rambler.ru

В данной статье поднимается актуальный вопрос – осуществление надзорной деятельности на объектах защиты, на примере расчета категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности. С целью оптимизации данного расчета были рассчитаны минимальные допустимые объемы помещений, в которых обращаются горючие пыли и оптимизирована расчетная формула. Полученные результаты могут использоваться проектными организациями и надзорными органами в их практической деятельности.

**Ключевые слова:** помещение, избыточное давление, пыль, расчет.

**Введение.** Развитие экономики требует широкого внедрения достижений в области пожарной безопасности. Мы являемся свидетелями все более широкого применения различных технологий во всех областях деятельности человека: в промышленности и сельском хозяйстве, космонавтике и медицине, в быту и сфере услуг.

Вместе с тем следует помнить, что все перечисленные сферы деятельности связаны с пожарной опасностью. Обеспечение пожарной безопасности регламентируется нормативными документами, соблюдение которых является обязательным на всех этапах проектирования, монтажа и эксплуатации. Поэтому перед работниками пожарной охраны ставятся задачи качественного улучшения надзорных и профилактических функций.

Согласно ФЗ – №123 «Технического регламента о требованиях пожарной безопасности», для обеспечения пожарной безопасности на проектируемых, строящихся и эксплуатируемых зданиях и сооружениях производственного и складского назначения необходимо разрабатывать системы предотвращения пожаров. Работоспособность таких систем достигается путем использования способов, представленных в ст. 49 и 50 [1].

Стоит отметить, что использование предложенных мероприятий возможно лишь в том случае, когда объект защиты отнесен к одной из категорий помещений по пожарной и взрывопожарной опасности [2].

Классификация зданий, сооружений и помещений по пожарной и взрывопожарной опасности применяется для установления требований пожарной безопасности, направленных на предотвращение возможности возникновения пожара и обеспечение противопожарной защиты людей и имущества в случае возникновения пожара в зданиях, сооружениях и помещениях [1].

Аналогичная ситуация возникает у надзорных органов государственного надзора при про-

ведении проверок вышеупомянутых помещений [3]. Проведение расчетов по каждому случаю достаточно трудоемкая задача, поэтому применение подхода определения удельного безопасного объема помещения [4, 5] значительно облегчает решение этого вопроса. Таким образом, возникает потребность в проведении расчетов удельных безопасных объемов помещения для ряда основных пылеобразующих веществ.

Удельный безопасный объем помещения это минимальный объем помещения, при котором создается избыточное давление взрыва пылевоздушной смеси не более 5 кПа.

В Сводах правил [4] для расчета избыточного давления взрыва пылевоздушных смесей предлагается уравнение:

$$\Delta P = \frac{m \Delta H_{\text{гор}} P_0 Z}{V_{\text{св}} \rho_{\text{в}} C_p T_0 K_n},$$

где  $P_0$  – начальное давление, кПа (допускается принимать равным 101 кПа [4]);  $m$  – масса обрабатываемого вещества ( $m_{\text{вз}} = K_{\text{вз}} \cdot m_{\text{п}}$ ), где  $K_{\text{вз}} = 0,9$ ;  $Z$  – коэффициент участия в горении, для пылей  $Z = 0,5$  [4];  $V_{\text{св}}$  – свободный объем помещения,  $\text{м}^3$ ;  $\rho_{\text{в}}$  – плотность воздуха до взрыва;  $t_p$  – рабочая температура,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $K_n$  – безразмерный коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения,  $K_n = 3$  [4];  $\Delta H_{\text{гор}}$  – низшая теплота сгорания,  $\text{Дж/кг}$  [6, 7];  $\rho_{\text{в}}$  – плотность воздуха при  $38^{\circ}\text{C}$ ,  $\rho_{\text{в}} = 1,1355 \text{ кг/м}^3$ ;  $C_p$  – теплоемкость воздуха при постоянном давлении,  $C_p = 1,01 \times 10^3$ ,  $\text{Дж/(кг} \times \text{град.)}$  [4];  $T_0$  – начальная температура воздуха,  $T_0 = t_p + 273 = 307 \text{ K}$ .

Если вместо избыточного давления подставить 5 кПа и учесть, что свободный объем помещения составляет 80 % от объема помещения [4], а также, что  $K_n = 3$  и  $Z = 0,5$ , то из формулы (1) можно вывести уравнения для определения удельного безопасного объема помещения:

$$\Delta V_2 = \frac{m\Delta H_{гор} \times 0,3}{0,8 \times 5 \times \rho_v C_p T_o \times 3} = \frac{m\Delta H_{гор} P_o}{40 \times \rho_v C_p T_o}$$

Рабочая температура в помещении принимается с учетом технологического процесса или по абсолютной максимальной температуре для определенной территории субъекта Российской Федерации. Принимая во внимание, что абсо-

лютная максимальная температура воздуха в нашей стране колеблется от 22 до 45 °С [8], поэтому расчеты выполнены для региона Воронежской области, где средняя рабочая аварийная температура ( $t_p$ ) составляет 34 °С.

Исходные данные, включая результаты промежуточных расчетов для веществ, приведены в таблице 1.

Таблица 1

### Исходные данные для определения удельных безопасных объемов

| Вещество        | $\Delta H_{гор}$ , МДж | $P_o$ , кПа | $\rho_v$ , кг/м <sup>3</sup> | $C_p$ , Дж/кг × град | $T_o$ , К |
|-----------------|------------------------|-------------|------------------------------|----------------------|-----------|
| Гороховая мука  | 12,7                   | 101         | 1,1335                       | $1,01 \times 10^3$   | 307       |
| Гречневая мука  | 17                     | 101         | 1,1335                       | $1,01 \times 10^3$   | 307       |
| Ржаная мука     | 18                     | 101         | 1,1335                       | $1,01 \times 10^3$   | 307       |
| Ячменная мука   | 17,4                   | 101         | 1,1335                       | $1,01 \times 10^3$   | 307       |
| Кукурузная мука | 34,2                   | 101         | 1,1335                       | $1,01 \times 10^3$   | 307       |
| Кормовая мука   | 16,8                   | 101         | 1,1335                       | $1,01 \times 10^3$   | 307       |
| Пшеничная мука  | 16,8                   | 101         | 1,1335                       | $1,01 \times 10^3$   | 307       |
| Рисовая мука    | 17                     | 101         | 1,1335                       | $1,01 \times 10^3$   | 307       |
| Овсяная мука    | 16,7                   | 101         | 1,1335                       | $1,01 \times 10^3$   | 307       |

Таблица 2

### Результаты определения удельных безопасных объемов помещений по СП 12.13130.2009

| Вещество        | $K_n$ | m, кг | Z   | $\Delta V_{min}$ , м <sup>3</sup> |
|-----------------|-------|-------|-----|-----------------------------------|
| Гороховая мука  | 3     | 45    | 0,5 | 7,6                               |
| Гречневая мука  | 3     | 45    | 0,5 | 10,1                              |
| Ржаная мука     | 3     | 45    | 0,5 | 12,7                              |
| Ячменная мука   | 3     | 45    | 0,5 | 10,4                              |
| Кукурузная мука | 3     | 45    | 0,5 | 11,8                              |
| Кормовая мука   | 3     | 45    | 0,5 | 12                                |
| Пшеничная мука  | 3     | 45    | 0,5 | 9,6                               |
| Рисовая мука    | 3     | 45    | 0,5 | 10,3                              |
| Овсяная мука    | 3     | 45    | 0,5 | 9,9                               |

В данной работе найдены удельные безопасные объемы помещений объектов, в которых храниться или используется пыль различного происхождения, на примере территории г. Воронежа и Воронежской области. Полученные результаты могут использоваться проектными организациями и надзорными органами в их практической деятельности.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности : Федер. закон от 22.07.08 №123-ФЗ // Российская газета. 2008. № 163.
2. Королев Д.С., Калач А.В. Категорирование помещений на основе дескрипторов и метода нейронных сетей // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. №5. С. 210–213.
3. О федеральном государственном пожарном надзоре: постановление Правительства

РФ от 12.04.12 г. № 290 // Российская газета. – 2012. № 93.

4. СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности [Электронный ресурс]. Систем. Требования: AdobeAcrobatReader. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_89061/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_89061/) (Дата обращения 22.01.16г.)

5. Karlsson, B. Enclosure Fire Dynamics / B. Karlsson, J. G. Quintiere. Boca Raton: CRC Press, 2000. 336 pp.

6. Корольченко А.Я., Корольченко Д.А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: Справочник: в 2-х ч. М.: Асс. «Пожнаука», 2004. Ч. 1. 713 с.

7. Корольченко А.Я., Корольченко Д.А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: Справочник: в 2-х ч. М.: Асс. «Пожнаука», 2004. Ч. 2. 774 с.

- 
- |                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| 8. СНиП 23-01-99*. Строительная климатология [Электронный ресурс]. Систем. Требования: AdobeAcrobatReader. URL: <a href="http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?base=S">http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?base=S</a> | <a href="#">TR&amp;n=7622&amp;req=doc</a> (Дата обращения 22.01.16г.) |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
- 

**Korolev D.S.**

**DETERMINATION OF SAFE VOLUMES OF ROOMS WITH PYLVEVOZDUSHNY MIXES**

*In this article topical issue – implementation of supervising activity on objects of protection, on the example of calculation of category of rooms for fire and explosion and fire danger is brought up. For the purpose of optimization of this calculation the minimum admissible volumes of rooms in which address combustible were calculated raise dust and the settlement formula is optimized. The received results can be used by the design organizations and supervisory authorities in their practical activities.*

**Key words:** room, excessive pressure, dust, calculation.

---

**Королев Денис Сергеевич**, преподаватель кафедры пожарной безопасности технологических процессов. Воронежский институт Государственной противопожарной службы МЧС России.  
Адрес: Россия, 394052, г. Воронеж, ул. Краснознаменная, 231.  
E-mail: otrid@rambler.ru

Семикопченко И.А., канд. техн. наук, проф.,  
Воронов В.П., канд. физ.-мат. наук, проф.,  
Жуков А.А., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## К ВОПРОСУ О ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СМЕСИТЕЛЬНОГО АГРЕГАТА НА БАЗЕ МЕЛЬНИЦЫ ДЕЗИНТЕГРАТОРНОГО ТИПА

olimp69@narod.ru

В данной статье дано математическое описание движения частицы материала в смесительном агрегате дезинтеграторного типа. Представлена расчетная схема для определения пропускной способности основных узлов смесительного агрегата. Получено аналитическое выражение, позволяющее определить производительность смесительного агрегата в зависимости от его конструктивно-технологических параметров.

**Ключевые слова:** агрегат, частица, производительность, ротор.

Производительность смесительного агрегата на базе мельницы дезинтеграторного типа зависит как от конструктивных, так и от технологических параметров работы различных узлов.

Рассмотрим пропускную способность узлов смесительного агрегата, представленного схематически на рис. 1 [1].

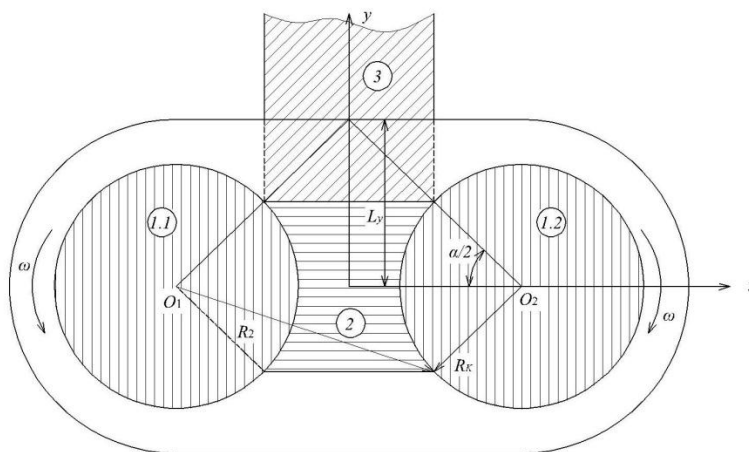


Рис. 1. Расчетная схема для определения пропускной способности узлов смесительного агрегата на базе мельницы дезинтеграторного типа

Для этого разобьем траекторию движения материала от места загрузки в точках  $O_1$  и  $O_2$  до разгрузочного отверстия на следующие зоны по своей пропускной способности: зона 1.1 от места загрузки  $O_1$  до внешнего ряда ударных элементов левого ротора с радиусом  $R_p$ ; зона 1.2 от места загрузки  $O_2$  до внешнего ряда ударных элементов правого ротора с радиусом  $R_p$ ; зона 2 определяется размерами слияния потоков частиц материала, поступающих с левого и правого роторов; зона 3 определяется площадью выходного отверстия.

Массовая пропускная способность загрузочных патрубков на левый и правый роторы определяется из следующих выражений:

$$Q_{01} = \frac{\gamma_{01} \cdot V_{01}}{t}, \quad (1)$$

$$Q_{02} = \frac{\gamma_{02} \cdot V_{02}}{t}, \quad (2)$$

где  $Q_{01}$  — массовая пропускная способность левого загрузочного патрубка;  $Q_{02}$  — массовая пропускная способность правого загрузочного патрубка;  $\gamma_{01}$  — насыпная плотность материала, подаваемого в левый загрузочный патрубок;  $\gamma_{02}$  — насыпная плотность материала, подаваемого в правый загрузочный патрубок;  $t$  — время, в течение которого левый и правый роторы совершат поворот на угол  $\alpha$ , которое определяется соотношением:

$$t = \frac{\alpha}{\omega}, \quad (3)$$

где  $\omega$  — частота вращения роторов, а угол  $\alpha$  на основании расчетной схемы на рисунке 1 равен:

$$\alpha = 2 \arctg \frac{L_y}{R_K + \frac{\Delta}{2}}. \quad (4)$$

Найдем величину объема, который занимают частицы материала при их движении через ряды ударных элементов. На основании расчетной схемы, представленной на рисунке 2, найдем:

$$V_{11} = V_{12} = \int_0^h dz \int_0^{R_K} r dr \int_0^{\varphi_K} d\varphi, \quad (5)$$

где  $V_{11}$  и  $V_{12}$  – объемы, которые занимают частицы материала при их движении через ряды ударных элементов, расположенных соответственно с левой и правой сторон.

Связь между углом поворота  $\varphi_K$  и временем прохождения рядов ударных элементов  $t_K$  задается соотношением:

$$\varphi_K = \omega \cdot t_K. \quad (6)$$

Вычисление (5) с учетом (6) приводит к следующему результату:

$$V_{11} = V_{12} = \frac{R_K^2}{2} h \omega \cdot t_K, \quad (7)$$

где

$$t_K = \sum_{i=1}^z t_i, \quad (8)$$

здесь  $z$  – число рядов ударных элементов;  $t_i$  – время прохождения;  $i$  – того ряда ударных элементов, равно:

$$t_i = \frac{l_i}{g_i}, \quad (9)$$

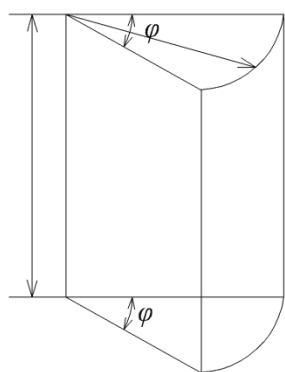


Рис. 2. Расчетная схема для определения величины объема, который занимают частицы материала в результате прохождения рядов ударных элементов

Согласно результату работы [2], радиальная скорость движения частиц материала вдоль поверхности  $l_i$  ударных элементов равна:

$$g_i = \frac{\omega \cdot \rho_i}{2f}, \quad (10)$$

где  $f$  – коэффициент трения частиц материала по поверхности ударного элемента;  $\rho_i$  – расстояние, начиная с которого частицы материала движутся по поверхности ударного элемента. Величину данного расстояния можно принять равной:

$$\rho_i \cong \frac{l_i}{2}. \quad (11)$$

Выражение (8) с учетом (9) – (11) приводит к следующему соотношению:

$$t_K = \frac{4f}{\omega} z. \quad (12)$$

В случае загрузки различных по своим свойствам частиц материала на левый и правый роторы выражение (7) преобразуется следующим образом:

$$V_{11} = \frac{R_K^2}{2} h \cdot \omega \frac{4f_1}{\omega} z = 2f_1 R_K^2 h \cdot z, \quad (13)$$

$$V_{12} = 2f_2 R_K^2 h \cdot z, \quad (14)$$

где  $f_1$  и  $f_2$  – коэффициенты трения частиц материала по ударным элементам левого и правого роторов соответственно.

На основании равенства величин (3) и (12) определяем

$$z = \frac{\alpha}{4\bar{f}}, \quad (15)$$

где  $\bar{f}$  – среднее значение коэффициента трения:

$$\bar{f} = \frac{f_1 + f_2}{2}.$$

При равенстве времен (3) и (12) пропускная способность левых и правых рядов ударных элементов соответственно равны:

$$Q_{11} = Q_{01} = \frac{\gamma_{01} \cdot V_{01}}{\alpha} \omega, \quad (16)$$

$$Q_{12} = Q_{02} = \frac{\gamma_{02} \cdot V_{02}}{\alpha} \omega, \quad (17)$$

Расход материала, проходящего через зону 2  $Q_2$  на основании соотношений (16) и (17) будет определяться следующим выражением:

$$Q_2 = Q_{11} + Q_{12} = \frac{(\gamma_{01} \cdot V_{01} + \gamma_{02} \cdot V_{02}) \omega}{\alpha}. \quad (18)$$

Согласно формуле (18) плотность частиц материала в зоне 2  $\gamma_2$  определяется соотношением вида:

$$\gamma_2 = \frac{(\gamma_{01} \cdot V_{01} + \gamma_{02} \cdot V_{02})}{V_2}, \quad (19)$$

где  $V_2$  – объем зоны 2, равный:

$$V_2 = S_2(\alpha)h. \quad (20)$$

Согласно результату работы [3], площадь поперечного сечения зоны 2 равна:

$$S_2(\alpha) = R_K^2 \left[ 2 \left( 2 + \frac{\Delta}{R_K} \right) \sin \frac{\alpha}{2} - \alpha - \sin \alpha \right]. \quad (21)$$

С учетом (20) и (21) соотношение (19) приводится к следующему виду:

$$Q_{01} = \frac{\gamma_{01} \cdot V_{01}}{t}, \quad (22)$$

Плотность частиц материала в зоне 1.1  $\gamma_{11}$  и в зоне 1.2  $\gamma_{12}$  будут определяться следующими соотношениями:

$$\gamma_{11} = \frac{\gamma_{01} \cdot V_{01}}{V_{11}} = \frac{\gamma_{01} \cdot V_{01}}{2 f_1 R_K^2 h \cdot z}, \quad (23)$$

$$\gamma_{12} = \frac{\gamma_{02} \cdot V_{02}}{V_{12}} = \frac{\gamma_{02} \cdot V_{02}}{2 f_2 R_K^2 h \cdot z}. \quad (24)$$

Плотность частиц материала в зоне 3 определяется следующим выражением:

$$\gamma_3 = \frac{\gamma_{01} \cdot V_{01} + \gamma_{02} \cdot V_{02}}{S_{\text{вых}} (L_y - R_K)}. \quad (25)$$

Производительность рассматриваемого смесительного агрегата  $Q_3$  будет определяться массовым выходом материала через площадь  $S_{\text{вых}}$  выходного отверстия в единицу времени:

$$Q_3 = \gamma_3 S_{\text{вых}} \mathcal{G}_y, \quad (26)$$

если учесть, что величину  $\mathcal{G}_y$  можно определить на основании соотношения:

$$\mathcal{G}_y = \omega \left( R_K + \frac{\Delta}{2} \right). \quad (27)$$

С учетом (25) и (27) величина  $Q_3$  окончательно принимает вид:

$$Q_3 = \frac{(\gamma_{01} \cdot V_{01} + \gamma_{02} \cdot V_{02})}{(L_y - R_K)} \omega \cdot \left( R_K + \frac{\Delta}{2} \right). \quad (28)$$

Таким образом, производительность смесительного агрегата на базе мельницы дезинтеграторного типа зависит от массы материала, поступающего в агрегат, частоты вращения роторов и радиуса внешнего ряда ударных элементов.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Семикопенко И.А., Воронов В.П., Вялых С.В., Жуков А.А. Агрегат дезинтеграторного типа с внутренней классификацией материала // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. № 3. С. 74–76.
2. Воронов В.П., Семикопенко И.А., Пензев П.П. Теоретические исследования скорости движения частиц материала вдоль поверхности ударного элемента мельницы дезинтеграторного типа // Известия ВУЗов. Строительство. 2008. № 11–12. С. 93–96.
3. Семикопенко И.А., Воронов В.П., Вялых С.В., Жуков А.А. Теоретическое исследование процесса смешивания компонентов в помольно-смесительном агрегате на базе мельницы дезинтеграторного типа // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. №2. С. 78–79.

**Semikopenko I.A., Voronov V.P., Zhukov A.A.**

## TO A QUESTION ABOUT THE PRODUCTIVITY OF THE MIXING UNIT ON THE BASIS OF A MILL-TYPE DISINTEGRATING

*In this article given the mathematical description of the motion of the material particles in a mixing unit type Disintegrator. Presented the calculated scheme to determine the capacity of the basic units of the mixing unit. An analytical expression allowed to determine the productivity of the mixing unit, depending on its design and technological parameters.*

**Key words:** aggregate particle productivity rotor.

**Семикопенко Игорь Александрович**, кандидат технических наук, профессор кафедры механического оборудования.

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

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

E-mail: v.s\_bogdanov@mail.ru

**Воронов Виталий Павлович**, кандидат физико-математических наук, профессор кафедры механического оборудования.

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

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

E-mail: v.s\_bogdanov@mail.ru

**Жуков Александр Александрович**, аспирант кафедры механического оборудования.

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

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



Санин С.Н., канд. техн. наук, доц.,

Квашенкова Г.В., магистрант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Пелипенко Н.А., д-р техн. наук, проф.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет

## РАЗРАБОТКА ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ПРЕЦИЗИОННОЙ СВАРКИ КОЛЛЕКТОРОВ КОТЛОАГРЕГАТОВ

senis81@mail.ru

В статье предлагается концепция установки для присоединения с помощью сварки штуцеров к корпусам коллекторов водонагревательных котлов. Эта концепция предполагает обеспечение правильного базирования корпуса коллектора и механизацию процесса сварки с использованием оппозитной схемы сварочной головки, выравнивающей внутренние напряжения и увеличивающей производительность выполняемых сварочных работ.

**Ключевые слова:** коллектор котельного экономайзера, электродуговая сварка, оппозитная схема сварки, сварочная установка, механизация электродуговой сварки.

**Введение.** Котельный агрегат – это крупногабаритное сложное устройство, состоящее из большого числа деталей и узлов. Одним из важнейших узлов котельного агрегата является коллектор. Коллектор состоит из корпуса, двух днищ и ряда штуцеров (или патрубков), присоединяемых к нему с помощью сварки (рис. 1).

При этом самым распространенным способом сварки при изготовлении коллекторов является ручная электродуговая сварка штучными электродами. Такая технология весьма трудоемка и требовательна к опыту и квалификации рабочего для обеспечения высокого качества сварных соединений. Поэтому одним из важнейших вопросов при производстве коллекторов котлоагрегатов является механизация процесса сварки.

Практика сборки коллекторов показала, что использование ручной электродуговой сварки приводит как к наружным, так и к внутренним

дефектам сварных соединений. Наружные дефекты – это различные нарушения взаимного расположения соединяемых деталей, вызванные погрешностями в их базировании и релаксацией напряжений, погрешности геометрических размеров и формы сварных швов, выражающихся в их неравномерности или неполномерности. Внутренние дефекты – это пористость, шлаковые включения, непровары и сплавления [1].

Кроме этого из-за неравномерности заполнения разделки шва и неравномерного охлаждения нарушается равновесие внутренних напряжений в металле корпуса коллектора и присоединяемых штуцеров. С учетом того, что на одном корпусе коллектора, как правило, присутствует до 10 штуцеров и более, дисбаланс внутренних напряжений вызывает значительные деформации как отдельных деталей, так и всего узла коллектора, а иногда и образование трещин.

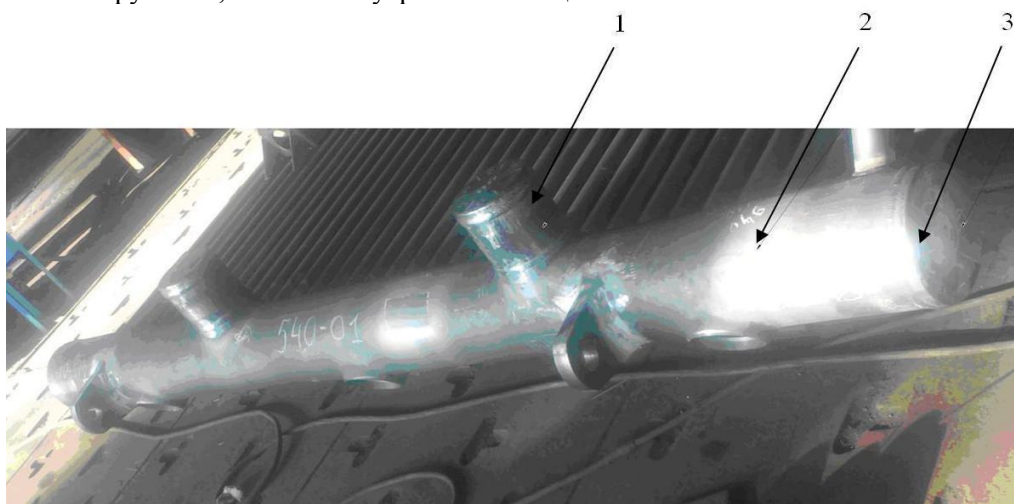


Рис. 1. Коллектор в сборе: 1 – патрубок, 2 – корпус коллектора, 3 – доннышко

Для уменьшения деформаций изделия после сварки приходится применять дополнительные технологические операции, способствующие

релаксации внутренних напряжений, в том числе предварительный подогрев перед сваркой, отжиг после сварки, остывание под слоем теп-

лоизоляции и изменение схемы сварки. Однако эти меры не помогают устранить погрешности, связанные с погрешностью базирования свариваемых деталей или квалификацией сварщика [2].

**Методология.** Для решения перечисленных проблем было решено разработать сварочную установку для прецизионной сварки коллекторов котлоагрегатов. Был составлен ряд требований, которые легли в основу предлагаемой концепции установки:

- установка должна обеспечивать правильное базирование корпуса коллектора относительно рамы установки;
- установка должна обеспечить равномерность сварного шва по длине и стабильные характеристики качества, исключающие внутренние дефекты;
- установка должна облегчить труд рабочего - сварщика, путем снижения трудоемкости и напряженности трудового процесса: она должна надежно удерживать привариваемый штуцер в процессе работы;
- установка должна обеспечивать четкое и простое позиционирование штуцера по отношению к базовому отверстию корпуса коллектора;
- установка должна повысить производительность сварочных работ и снизить возможные деформации от перераспределения внутренних напряжений на начальной стадии сварки.

**Основная часть.** Обеспечить высокое качество и необходимую производительность выполнения сварочных работ позволит использование автоматической подачи сварочной проволоки в зону сварки с применением защитной среды, например в условиях инертного газа или под слоем флюса [1]. Такой подход позволит обеспечить стабильное качество, геометрические размеры сварных швов и плавные переходы от сварного шва к основному материалу. [2].

В процессе работы над концепцией устройства сварочной установки была создана схема, представленная на рис. 2.

Согласно этой схеме корпус коллектора 10 базируется и закрепляется в приспособлении 3, имеющем возможность продольного перемещения по направляющим 11. Над корпусом расположена порталная установка 2, неподвижно установленная на столе 1. В центре поперечины портала расположен сварочный суппорт 6, имеющий возможность поворота вокруг вертикальной оси и снабженный механизмом вертикального подъема 7. Этот суппорт несет на себе две оппозитно размещенные сварочные головки 5 с бабинами для сварочной проволоки 4. В центре сварочного суппорта установлено зажимное устройство 8 для привариваемой детали - штуцера 9. Причем зажимное устройство не связано механически поворотным сварочным суппортом 6.

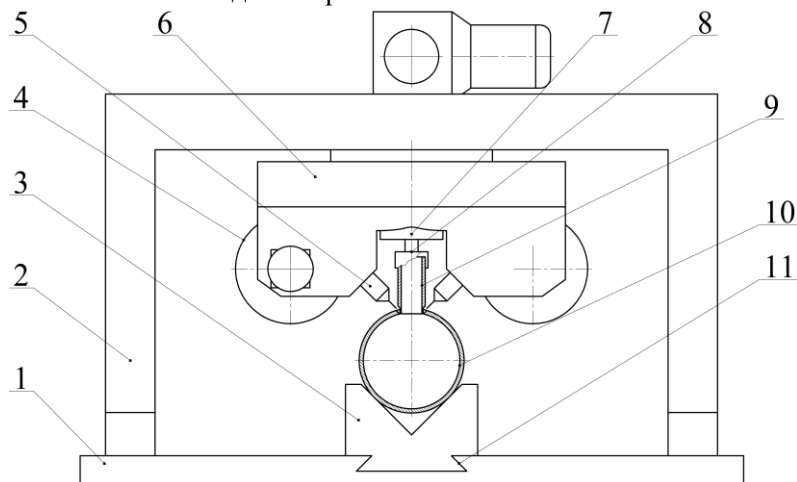


Рис. 2. Установка для механизированной прецизионной сварки коллекторов

Принцип эксплуатации такой установки достаточно прост. Коллектор 10 укладывается в приспособление 3, выверяется для вертикального расположения осей отверстий под штуцеры и закрепляется. Штуцер 9 устанавливается в зажимное устройство 8 и выверяется по необходимой высоте. Затем корпус коллектора 10 в приспособлении 3 по направляющим 11 перемещается и позиционируется так, чтобы ось отверстия под штуцер совпала с осью штуцера, соответствующе также оси вращения сварочного

суппорта. Сварщик без сварочной дуги включает механизм вращения сварочного суппорта и контролирует правильность траектории перемещения концов сварочной проволоки относительно сварного шва. В случае если головка не повторяет сварочный стык, необходимо произвести подналадку устройства. Далее настраиваются режимы сварки, включается электрический ток и привод круговой подачи сварочного суппорта, что позволяет осуществить процесс сварки. После совершения полуоборота сварочным

суппортом ток отключается, узел очищается от шлака и происходит подготовка к закреплению следующего штуцера.

Для создания такой установки необходимо учитывать некоторые особенности. Концепция устройства установки предполагает одновременную работу двух сварочных головок, каждая из которых применяется для формирования половины длины сварного шва. Сварочные головки должны иметь возможность поворота относительно оси привариваемого штуцера на угол более  $180^\circ$  для обеспечения гарантированного формирования сварного шва по замкнутому контуру. При этом головкам должно сообщаться как поворотное перемещение относительно оси штуцера, так и поступательное перемещение вдоль его оси, что обосновано формой сварного шва на стыке цилиндрических поверхностей корпуса коллектора и штуцера. Реализовать соответствующий закон движения можно с использованием специально спроектированных лекальных шаблонов 7 (см. рис. 2).

Для питания сварочной установки потребуется инверторный источник питания удвоенной мощности, ввиду одновременной работы двух сварочных головок.

Механизмы подачи сварочной проволоки должны содержать формирующие кольца для удержания сварочного флюса в зоне сварки, так как на наклонной поверхности коллектора флюс не сможет находиться достаточно долгое время, чтобы успеть сформировать достаточную плотность защитной среды.

Разработанная установка для прецизионной сварки коллекторов допускает как ручное, так и механическое перемещение и позиционирование корпуса коллектора. Так же как и остальные рабочие движения должны быть продублированы в ручном и в механизированном варианте, что очень важно для предварительной настройки установки.

Перед сваркой и во время нее корпус коллектора нагревается с помощью газового пламени, подводимого через специальную горелку внутрь его полости к зоне сварки. Это будет способствовать равномерности распределения внутренних напряжений. Также уравниванию внутренних напряжений при сварке будет способствовать оппозитная схема расположения сварочных головок. Она не позволит внутренним напряжениям вызвать перекося оси штуцера относительно ее теоретического положения.

Для полноценности автоматизации конструкции необходимо, чтобы сварочная головка управлялась программным способом [3]. Но для этого необходимо иметь математическое описание траектории движения сварочных головок,

которая фактически представляет собой линию пересечения двух цилиндрических поверхностей. Оппозитная схема сварки уменьшит длину данной траектории вдвое.

Наиболее простое решение при описании линии пересечения двух поверхностей можно реализовать в параметрической форме [4]. Однако расчетную схему следует принять такой, чтобы в качестве базовой цилиндрической поверхности выступала поверхность корпуса 1 коллектора (рис. 3).

С ней следует связать абсолютную систему цилиндрических координат, тогда поверхность корпуса коллектора получит следующее параметрическое описание:

$$\vec{r}_1(\alpha, l) = \begin{bmatrix} R \sin(\alpha) \\ R \cos(\alpha) \\ l \end{bmatrix},$$

где  $R$  – радиус цилиндрической поверхности корпуса коллектора;  $l$  – длина корпуса коллектора;  $\alpha$  – угол поворота радиуса-вектора в цилиндрической системе координат.

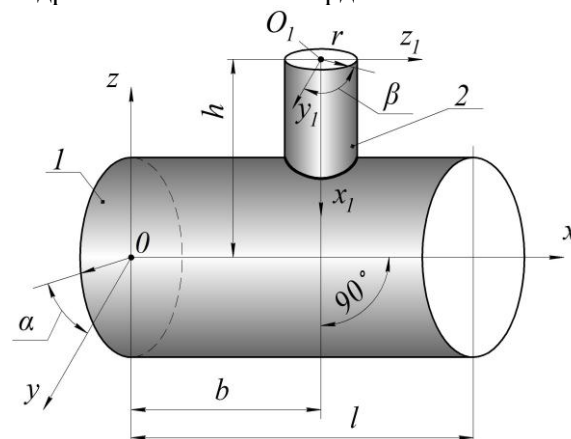


Рис. 3. Схема пересечения двух цилиндрических поверхностей: поверхности корпуса 1 и поверхности штуцера 2

Систему координат второй цилиндрической поверхности удобно связать с центром основания цилиндра, таким образом, чтобы оси  $Oy$  и  $Oy_1$  были параллельны друг другу, а плоскость  $x_1O_1z_1$  была повернута относительно оси  $Oy_1$  на  $90^\circ$ . При этом система координат  $x_1y_1z_1$  будет смещена относительно системы координат  $хуz$  вдоль оси  $Ox$  на расстояние  $b$ , а вдоль оси  $Oz$  на расстояние  $h$ . Тогда параметрическое уравнение второго цилиндра в абсолютной системе координат можно записать в виде:

$$\vec{r}_2(\beta, b) = \begin{bmatrix} h - R \sin(\alpha) \\ r \cos(\beta) \\ r \sin(\beta) + b \end{bmatrix},$$

где  $r$  – радиус цилиндрической поверхности штуцера;  $h$  – высота расположения верхнего торца штуцера относительно оси корпуса кол-

лктора;  $b$  – смещение оси штуцера вдоль оси корпуса коллектора;  $\beta$  – угол поворота радиуса – вектора в цилиндрической системе координат.

После приравнивания уравнений  $\vec{r}_1(\alpha, l) = \vec{r}_2(\beta, b)$  и выполнения математических преобразований получим параметрическое описание линии пересечения, по которой будет рассчитываться траектория перемещения сварочной головки:

$$\vec{r}(h) = \begin{bmatrix} \arcsin\left(\frac{h}{2R}\right) \\ \arccos\left(\frac{R}{r} \sqrt{1 - \frac{h^2}{4R^2}}\right) \\ r \sqrt{1 - \frac{R^2}{r^2} \left(1 - \frac{h^2}{4R^2}\right)} + b \end{bmatrix}.$$

Получив данное описание можно разработать программу управления сварочной головкой для дальнейшей модернизации установки в направлении автоматизации производства коллекторов.

**Выводы.** К сожалению, разработанная концепция сварочной установки не может учитывать все факторы для того чтоб сделать ее универсальной. В ряде случаев, штуцеры пересекаются с корпусом коллектора по касательной (оси корпуса и штуцера не пересекаются, а скрещиваются) и поэтому не смогут быть приварены иначе как вручную. Однако, принятая концеп-

ция сварочного устройства позволит вдвое сократить основное время сварки для большинства привариваемых штуцеров, повысив производительность и качество выполнения работ, а так же уменьшить зону термического влияния в процессе сварки.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Голубев Ю.С., Потапов Н.П., Старченко Е.Г., Волобуев О.С. Состояние и перспективы развития производства и применения сварочных флюсов в отечественной промышленности // Сварочное производство. 2008. №12. С. 29–32.
2. Каховский Н.И., Готальский Ю.Н., Технология механизированной дуговой и электрошлаковой сварки // Учебн. пособие для подготовки рабочих на производстве. Изд. 3-е, перераб. и доп. М.: «Высшая школа». 1977. 358 с.
3. Комаров Ю.Ю., Тимирязев В.А. Программирование обработки сложно-профильных деталей на станках с ЧПУ с использованием сплайновой интерполяции // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2003. №7. С. 26–28.
4. Князев Д.Н., Устинова Е.С. Построение линии пересечения двух цилиндров в параметрическом виде // Технические науки в России и за рубежом: материалы IV междунар. науч. конф. (г. Москва, январь 2015 г.). М.: Буки-Веди, 2015. С. 122–125.

**Sanin S.N., Kvashenkova G.V., Pelipenko N.A.**

## DEVELOPMENT OF THE ADAPTATION FOR PRECISION WELDING OF COLLECTORS OF PACKAGE BOILERS

*The paper proposes the concept of device for the joining fittings to the manifold bodies of water heating boilers by welding. This concept involves ensuring of the correct collector basing and the mechanization of the welding process with an opposite circuit welding head, leveling internal stresses and increases productivity for performing welding operations.*

**Key words:** Collector boiler economizer, electric arc welding, welding Opposite scheme, welder, arc welding mechanization

**Санин Сергей Николаевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры стандартизации и управления качеством.

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

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

E-mail: senis81@mail.ru

**Квашенкова Галина Валерьевна**, магистрант кафедры технологии машиностроения.

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

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

E-mail: brunette2311@mail.ru

**Николай Андреевич Пелипенко**, доктор технических наук, профессор кафедры прикладной геологии и горного дела

Белгородский государственный национальный исследовательский университет.

Адрес: 308584, Россия, Белгородская обл., Белгородский р-н, п. Головино, ул. Новая, д. 8;

e-mail: pelipenkona@mail.ru

Бараковских Д.С., аспирант,  
Шишкин С.Ф., канд. техн. наук, доц.,  
Шишкин А.С., канд. техн. наук, доц.

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина

## ДВИЖЕНИЕ ЧАСТИЦ В РАЗГОННОЙ ТРУБКЕ СТРУЙНОЙ МЕЛЬНИЦЫ ПРИ МАЛЫХ КОНЦЕНТРАЦИЯХ

d.s.barakovskikh@urfu.ru

Проведены экспериментальные исследования процесса разгона твердых частиц в эжекторной струйной мельнице. Экспериментальная установка позволяет варьировать параметрами газового потока и измерять методом треков скорость частиц в конце разгонной трубки. В опытах использовались узкие фракции шарообразных стеклянных частиц. Получены уравнения одномерного движения частиц и газового потока в разгонной трубке с учетом трения. Предложен метод расчета процесса разгона твердых частиц с учетом сжимаемости воздушного потока и граничных условий. Полученная система уравнений позволяет рассчитать изменение скорости газового потока, плотности, давления, температуры и скорости частиц по длине разгонной трубки. Проведенная экспериментальная проверка расчетной модели показала ее адекватность. Разработанная методика позволяет производить расчет для частиц различного диаметра, выбрать давление, массовый расход, а также определить необходимые диаметр сопла, диаметр и длину разгонной трубки, что позволит обеспечить максимальную эффективность процесса разгона при малой расходной концентрации материала.

**Ключевые слова:** струйная мельница, эжектор, разгонная трубка, уравнение движения, дисперсные частицы, сжимаемый газ, скорость, разгон, метод треков.

Процесс разгона твердых частиц в струйной мельнице во многом определяет эффективность измельчения, поэтому данному вопросу уделяется внимание во многих работах [1–6]. Часть исследователей рассматривает косвенные методы определения конечной скорости разгона частиц [1]. Во многих работах приводятся решения дифференциального уравнения движения частиц. Однако в процессе решения принимается, что плотность газа не меняется по длине разгонной трубки, либо решение приводится без учета конкретных граничных условий [2]. На практике, большинство струйных мельниц включает в себя эжектор со сверхзвуковым соплом и разгонной трубкой. Вследствие высоких скоростей движения газа необходимо учитывать его сжимаемость, т.е. изменение скорости и плотности газа вдоль разгонной трубки.

Целью настоящей работы является разработка метода расчета процесса разгона твердых частиц с учетом сжимаемости воздушного потока и граничных условий, т.е. параметров газа в начале и конце разгонной трубки. Для исследования и экспериментальной проверки расчетных параметров была разработана экспериментальная установка, позволяющая определить скорость частиц на вылете из разгонной трубки. Для определения скорости частиц на выходе разгонной трубки использовался, применяемый многими исследователями, метод треков [7].

Схема экспериментальной установки представлена на рис. 1. Она включает в себя: патру-

бок 1 подвода сжатого воздуха от компрессора, ресивер 2, соединенный патрубком 3 с эжектором 4, который состоит из камеры 5, сверхзвукового сопла 6, разгонной трубки 7 и загрузочной воронки 8. Сосуд 9 и гибкий шланг 10 предназначены для подачи частиц. Стандартная диафрагма 11 и дифференциальный манометр 12 предназначены для измерения расхода эжектируемого воздуха. Разгонная трубка входит с темную камеру 13, которая содержит источник света 14, фотокамеру 15 и фильтрующий рукав 16 для улавливания частиц материала. Краны 17 и 18 позволяют регулировать соответственно расход основного  $G_0$  и эжектируемого  $G_3$  воздуха. Манометр 19 предназначен для измерения давления заторможенного газа перед сверхзвуковым соплом.

Установка имеет следующие геометрические параметры: длина разгонной трубки  $L_1 = 250$  мм, диаметр  $D = 10,7$  мм, диаметр сверхзвукового сопла  $d_s = 5,5$  мм. Порядок проведения опытов был следующий. В ресивере 2 измерялась температура, и с помощью крана 17 устанавливалось необходимое давление торможения  $p_0$  перед сверхзвуковым соплом. По параметрам заторможенного газа и по известной методике [3, 11] рассчитывался массовый расход основного высоконапорного воздуха  $G_0$  через сверхзвуковое сопло. С помощью крана 18 по разности давлений на стандартной диафрагме 11 устанавливался необходимый массовый расход эжектируемого воздуха  $G_3$ . Таким образом, суммарный





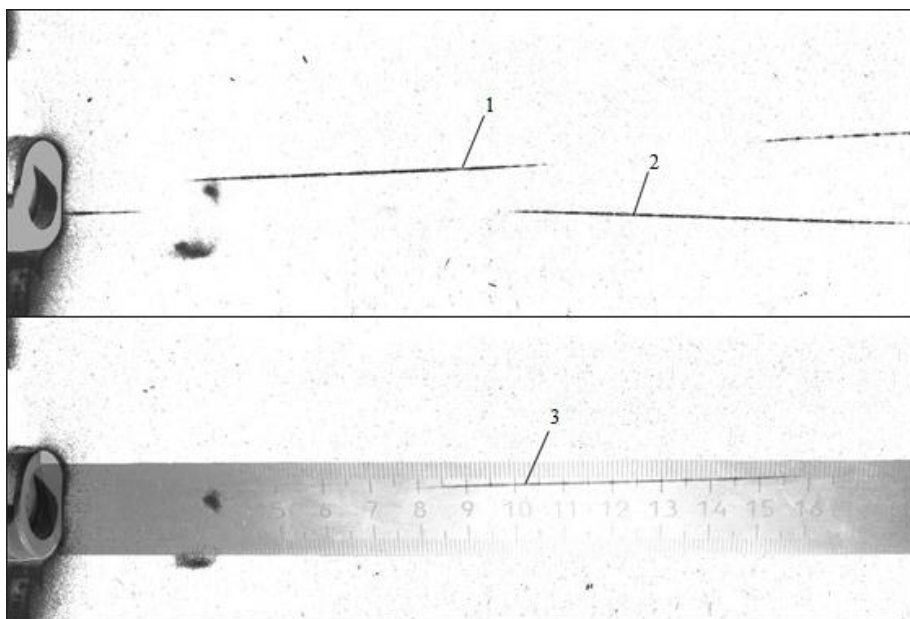


Рис. 3. Фото треков частиц на выходе из разгонной трубки (инверсия)

Таблица 1

**Расчет фактической скорости частиц по длине треков**

| Номер штриха | Длина трека, мм | Выдержка, с | Средняя фактическая скорость частицы, м/с |
|--------------|-----------------|-------------|-------------------------------------------|
| 1            | 75              | 1/2000      | 150                                       |
| 2            | 83              | 1/2000      | 166                                       |
| 3            | 79              | 1/2000      | 158                                       |

Таким образом, экспериментальная установка позволяет измерить параметры газа и получить фотографии треков частиц на выходе разгонной трубки.

Рассмотрим процесс разгона частиц. При этом примем следующие допущения:

1. Задача одномерная, рассматриваются осредненные по сечению трубопровода параметры двухфазного потока.

2. Газ и частицы имеют одинаковую температуру, теплообмена с окружающей средой не происходит. Течение газа адиабатическое с трением, полное теплосодержание газа не меняется, т.е. температура торможения газа постоянна  $T_0 = \text{const}$ .

$$\frac{4\pi^3}{3} \rho_t \frac{du}{dt} = \frac{1}{2} C_x \pi^2 \rho (w-u)^2 + \frac{4\pi^3}{3} \rho \frac{dw}{dt} + \frac{2\pi^3}{3} \rho \frac{d(w-u)}{dt} \quad (2)$$

Учитывая, что для воздуха  $\rho_t \gg \rho$  и разделив обе части уравнения на массу, получим:

$$\frac{du}{dt} = \frac{3}{8} C_x \frac{\rho}{\rho_t} \frac{(w-u)^2}{r} + \frac{3}{2} \frac{\rho}{\rho_t} \frac{dw}{dt}, \quad (3)$$

Перейдем к переменной  $x$  и получим уравнение движения частицы в зависимости от координаты

$$u \frac{du}{dx} = \frac{3}{8} C_x \frac{\rho}{\rho_t} \frac{(w-u)^2}{r} + \frac{3}{2} \frac{\rho}{\rho_t} u \frac{dw}{dx}, \quad (4)$$

Если в уравнении (4) перейти к относительной скорости частиц  $j = u/w$  и приведенной скорости потока  $\lambda = w/a_k$  то оно примет вид

3. Объемная концентрация материала низкая, влиянием частиц на характер движения газового потока можно пренебречь.

4. Частицы имеют одинаковый размер, взаимодействием частиц между собой можно пренебречь.

5. При выводе уравнения движения частицы на горизонтальном участке трубы силой тяжести, действующей на частицу, пренебрегаем т.к. она на несколько порядков меньше силы сопротивления.

В рамках, принятых выше допущений уравнение движения частицы в разгонной трубке можно записать в следующем виде [6, 8]

$$\frac{dj}{dx} = \frac{3}{8} C_x \frac{\rho}{\rho_t} \frac{(1-j)^2}{jr} + \left( \frac{3}{2} \frac{\rho}{\rho_t} - j \right) \frac{d\lambda}{\lambda dx} \quad (5)$$

Приведенная скорость  $\lambda$  определяется как отношение средней скорости потока  $w$  к критической скорости  $a_k$  которая определяется соотношением

$$a_k = \sqrt{\frac{2k}{k+1} RT_0} \quad (6)$$

Учитывая, что  $j \gg 3\rho/2\rho_t$  уравнение (5) примет вид:



$$\frac{dj}{dx} = \frac{3}{8} C_x \frac{\rho}{\rho_t} \frac{(1-j)^2}{jr} - \frac{j}{\lambda} \frac{d\lambda}{dx}. \quad (7)$$

Коэффициент сопротивления частиц  $C_x$  определим с помощью универсальной зависимости Браура–Мьюса [6] которая справедлива в широком диапазоне чисел Рейнольдса:

$$C_x(\lambda, j) = \frac{24}{Re_c(\lambda, j)} + \frac{4}{\sqrt{Re_c(\lambda, j)}} + 0.4. \quad (8)$$

При заданном массовом расходе  $G$  газа и диаметре  $D$  трубы критерий Рейнольдса для частицы можно определить по зависимости:

$$Re_c(\lambda, j) = \frac{8rG(1-j)}{\eta(\lambda)\pi D^2}. \quad (9)$$

Уравнение движения сжимаемого газа при движении с трением по трубе полученное из уравнений Бернулли и Дарси-Вейсбаха имеет известный вид

$$\frac{1-\lambda^2}{\lambda^2} \frac{d\lambda}{\lambda} = \frac{k}{k+1} \zeta(\lambda) \frac{dx}{D}. \quad (10)$$

Данное уравнение рассмотрено во многих учебниках по газодинамике [3,4]. При постоянном коэффициенте трения  $\zeta = const$ , оно интегрируется совместно с уравнением неразрывности и приводит к известному решению

$$\begin{cases} \varphi(\lambda_2) - \varphi(\lambda_3) = \chi \\ p_{02}q(\lambda_2) = p_a q(\lambda_3) \end{cases}. \quad (11)$$

Однако, такой подход не совсем корректен, так как необходимо учитывать изменение коэффициента трения при движении газа в трубопроводе  $\zeta(\lambda)$ . При больших скоростях потока, в зависимости от значения числа Рейнольдса коэффициент трения в трубе можно определить по известным зависимостям [3, 4, 5]. Если  $4 \cdot 10^3 < Re < 10^5$ , то для гладких труб используем зависимость Блазиуса

$$\zeta(\lambda) = \frac{0,3164}{Re(\lambda)^{0,25}}, \quad (12)$$

Если  $> 10^5$ , то для гладких труб используем зависимость Никурадзе

$$\zeta(\lambda) = 0.0032 + 0.221 [Re(\lambda)]^{-0,237}. \quad (13)$$

Критерий Рейнольдса для трубы можно определить по зависимости:

$$Re(\lambda) = \frac{4G}{\pi D \eta(\lambda)}. \quad (14)$$

Вязкость газа зависит от температуры. Коэффициент динамической вязкости газа при температуре  $T(\lambda)$  можно определить по формуле Сазерленда

$$\eta(\lambda) = \eta_{н.у.} \frac{T_{н.у.} + C}{T(\lambda) + C} \left[ \frac{T(\lambda)}{T_{н.у.}} \right]^{3/2}, \quad (15)$$

где  $\eta_{н.у.}$  – вязкость при нормальных условиях  $T_{н.у.} = 273.15$  К;  $C$  – константа Сазерленда. Для воздуха  $\eta_{н.у.} = 1.73 \cdot 10^{-5}$  Па·с.

Таким образом, получаем систему нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений

$$\begin{cases} \frac{dj}{dz} = \frac{1}{2} K(\lambda, j) \zeta(\lambda) - \frac{j}{\lambda} \frac{d\lambda}{dz}, \\ \frac{d\lambda}{dz} = \frac{k}{k+1} \zeta(\lambda) \frac{\lambda^3}{1-\lambda^2} \end{cases}, \quad (16)$$

где  $K(\lambda, j)$  определяется выражением [1]

$$K(\lambda, j) = \frac{3}{4} \frac{C_x(\lambda, j)}{\zeta(\lambda)} \frac{(1-j)^2}{j} \frac{\rho(\lambda)}{\rho_t} \frac{D}{r}. \quad (17)$$

Решив данную систему ОДУ, можно получить зависимости изменения относительной скорости частицы  $j(z)$  и приведенной скорости потока  $\lambda(z)$  по длине разгонной трубки. Данную систему ОДУ необходимо решать на участке разгонной трубки от начального сечения 2–2 до конечного сечения 3–3. Как известно из теории эжекторов [3, 4], на участке трубки от сечения сопла 1–1 до сечения 2–2 происходит смешение потоков, а в сечение 2–2 после завершения смешения устанавливается максимальное статическое давление  $p_2$ . Поскольку режим течения сжатого воздуха в разгонной трубке дозвуковой, то на срезе разгонной трубки статическое давление должно быть равно наружному, т.е. атмосферному  $p_3 = p_a$ . Кроме этого, массовый расход  $G$  воздуха задан. Поэтому начальные и граничные условия не могут быть заданы произвольно. Фактически надо решать систему ОДУ с заданными граничными условиями в сечениях 2–2 и 3–3. Поставленная задача относится к задаче Коши с двухточечным граничным условием. Определим граничные условия.

Из уравнения неразрывности для сечения 3–3 можно записать

$$G = m \frac{p_a F}{\sqrt{T_t}} y(\lambda_3). \quad (18)$$

где  $m$  – коэффициент (для воздуха  $m = 0.0404$  м<sup>1</sup>·с·К<sup>0.5</sup>), который определяется по зависимости:

$$m = \sqrt{\frac{k}{R} \left( \frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k+1}{k-1}}}. \quad (19)$$

Из этого уравнения можно найти сначала газодинамическую функцию  $y(\lambda_3)$ , а затем  $\lambda_3$ . Скорость газа в сечении 3–3 найдется по формуле

$$w_3 = \lambda_3 a_k. \quad (20)$$

Далее с помощью газодинамической функции  $\tau(\lambda_3)$  можно найти температуру газа в сечении 3–3

$$T_3 = T_0 \tau(\lambda_3). \quad (21)$$

Затем по уравнению состояния мы можем найти плотность газа в сечении 3-3

$$\rho_3 = \frac{p_a}{RT_3}(\lambda_3). \quad (22)$$

Полное давление (давление торможения) в сечении 3-3 найдется с помощью газодинамической функции  $\pi(\lambda)$

$$p_{03} = p_a \pi(\lambda_3). \quad (23)$$

Таким образом, при заданном расходе газа  $G$  и статическом давлении  $p$  в сечении 3-3 находятся все параметры газа.

А параметры сжатого воздуха  $\lambda_2$ ,  $p_2$ ,  $p_{02}$  в сечении 2-2 не известны. Произвольно задавать приведенную скорость или давление в сечении 2-2 нельзя, так как эти параметры зависят от величины потерь давления по длине разгонной трубки. В нашем случае  $\lambda_2$  можно найти, решив нелинейное уравнение

$$\lambda_3 \int \frac{1-\lambda^2}{\lambda^3} \frac{d\lambda}{\zeta(\lambda)} - \frac{k}{k+1} \frac{L}{D} = 0. \quad (24)$$

Все параметры в этом уравнении за исключением  $\lambda_2$  известны. Корень этого нелинейного уравнения можно найти, например, с помощью программы Mathcad или Excel, используя численный метод интегрирования Гаусса.

После нахождения  $\lambda_2$  можно аналогично найти все параметры газа:  $w_2$ ,  $T_2$ ,  $\rho_2$ ,  $p_{02}$ ,  $p_2$  в сечении 2-2. Полное давление в сечении 2-2 найдется из уравнения неразрывности

$$p_{02} = \frac{p_a \gamma(\lambda_2)}{q(\lambda_2)}. \quad (25)$$

Статическое давление в сечении 2-2 найдется с помощью газодинамической функции  $\pi(\lambda_2)$

$$p_2 = \frac{p_{02}}{\pi(\lambda_2)}. \quad (26)$$

Решение полученной системы (16) с граничными условиями  $\lambda_2$  и  $\lambda_3$  позволяет установить характер, изменения скоростей воздушного потока  $\lambda(z)$ ,  $w(z)$  и частицы  $j(z)$ ,  $u(z)$ . Начальные условия для частицы  $j(0)=j_0$  варьировались в пределах от 0 до 0,1. При этом выяснилось, что влияние  $j_0$  на конечную скорость разгона незначительно. Следует отметить, что выполнение уравнений (18) и (24) фактически означает решение граничной двухточечной задачи для дифференциального уравнения движения сжимаемого газа по трубе при наличии трения. Найденное значение  $j(z)$  относительной скорости в сечении 3-3 будет искомой величиной скорости разгона частиц на срезе разгонной трубки. На графиках (рис.4.) приведены результаты решения системы ОДУ (16) с параметрами, которые были выбраны при съемке треков:  $G = 0,0287$  кг/с,  $p_0 = 2.75$  атм,  $T = 296$  К.

Поскольку расстояние от среза разгонной трубки до преграды в струйной мельнице обычно не превышает 3-5 калибров, то можно было на этом закончить расчет. Однако в эксперименте, зона фотографирования треков частицы лежит в пределах 200 мм от среза разгонной трубки, поэтому для оценки адекватности необходимо рассчитать скорости частиц в зоне свободного истечения струи  $w_m(z)$ , чтобы затем сравнить с экспериментом.

Для этого воспользуемся известными зависимостями скорости воздушного потока на оси свободной затопленной струи [9]

$$\begin{cases} w(z) = w_0 & \text{при } z \leq z_H \\ w_m(z) = \frac{0,96}{2az + 0,29} w_0 & \text{при } z > z_H \end{cases}, \quad (27)$$

где  $w_0$  – скорость воздушного потока на начальном участке;  $z_H$  – длина начального участка в калибрах, в нашем случае  $z_H = 4,1875$ ;  $a$  – параметр для осесимметричной струи  $a = 0,08$

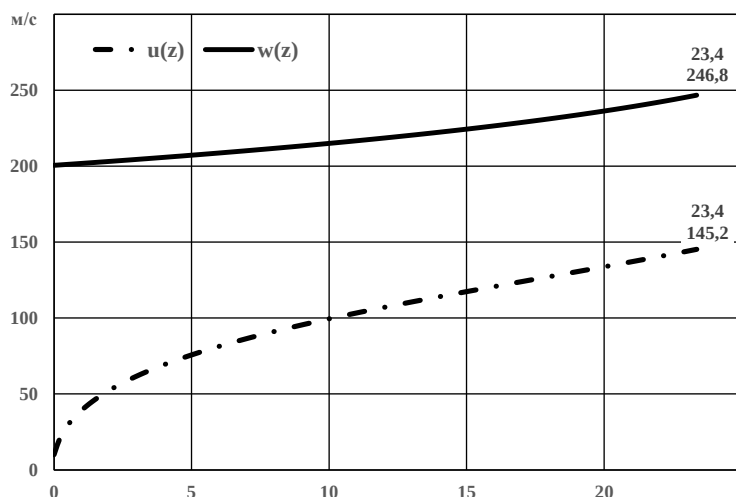


Рис. 4. Изменение скорости газа  $w(z)$  и скорости частицы  $u(z)$  по длине разгонной трубки

Если частица находится не на оси струи, а на некотором от нее расстоянии  $R$ , то можно

$$w(z, R) = w_m(z) e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{R}{azD} \right)^2} = \frac{0,96}{2az + 0,29} w_0 e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{R}{azD} \right)^2}. \quad (28)$$

Скорость частицы  $u_m(z)$  находится из решения дифференциального уравнения (16) при постоянной плотности воздуха  $\rho = \rho_3$  и начальных условиях  $u(0) = u(L_2)$ ,  $w(0) = w(L_2)$

использовать универсальную формулу для продольной скорости

В табл.2 приведено сравнение расчетных и экспериментальных средних скоростей частиц, определенных по трекам.

Таблица 2

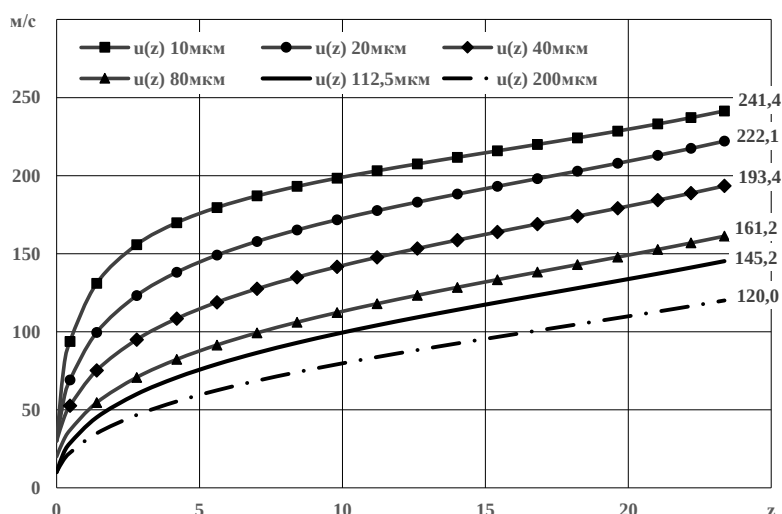
Сравнение расчетных и экспериментальных данных

| Номер штриха | Длина штриха, мм | Средняя фактическая скорость частицы, м/с | Средняя расчетная скорость частицы, м/с |
|--------------|------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1            | 75               | 150,0                                     | 150,8                                   |
| 2            | 83               | 166,0                                     | 151,2                                   |
| 3            | 79               | 158,0                                     | 151,8                                   |

Приведенные данные свидетельствуют о удовлетворительной для инженерных расчетов адекватностью предложенной методики.

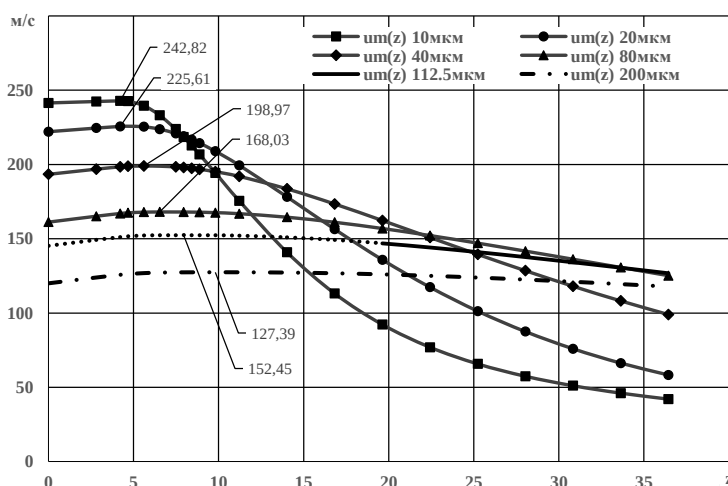
На базе приведенной математической модели была исследована зависимость скорости раз-

гона частиц различного диаметра. На рис.5 представлены графики изменения скорости частиц по длине разгонной трубки для частиц различного диаметра при постоянном расходе сжатого воздуха.

Рис. 5. Зависимость скорости частицы  $u(z)$  от размера частицы по длине разгонной трубки.  $G = const$ 

На рис. 6 представлены графики изменения скорости частиц на вылете из разгонной трубки

для частиц различного диаметра при постоянном расходе сжатого воздуха.

Рис. 6. Зависимость скорости частицы  $u_m(z)$  от размера частицы за срезом разгонной трубки.  $G = const$

Приведенные на рис.6 данные показывают, что максимальная скорость частиц разного диаметра находится в пределах пяти калибров. В соответствии с графиком преграду целесообразно устанавливать на расстоянии не более 5 калибров от среза разгонной трубки.

По данной модели так же исследовалось влияние длины разгонной трубки при фиксированном расходе воздуха (рис. 7). Из графика

следует, что для разгона частиц диаметром  $dc = 112.5$  мкм до максимальной скорости, при заданных параметрах, длина разгонной трубки должна равняться 38 калибрам. Увеличение длины разгонной трубки, при постоянном расходе, приведет к возрастанию потерь давления на трение по длине и чрезмерному повышению давления  $p_{02}$ , то есть к одному из режимов запыления эжектора [3, 4].

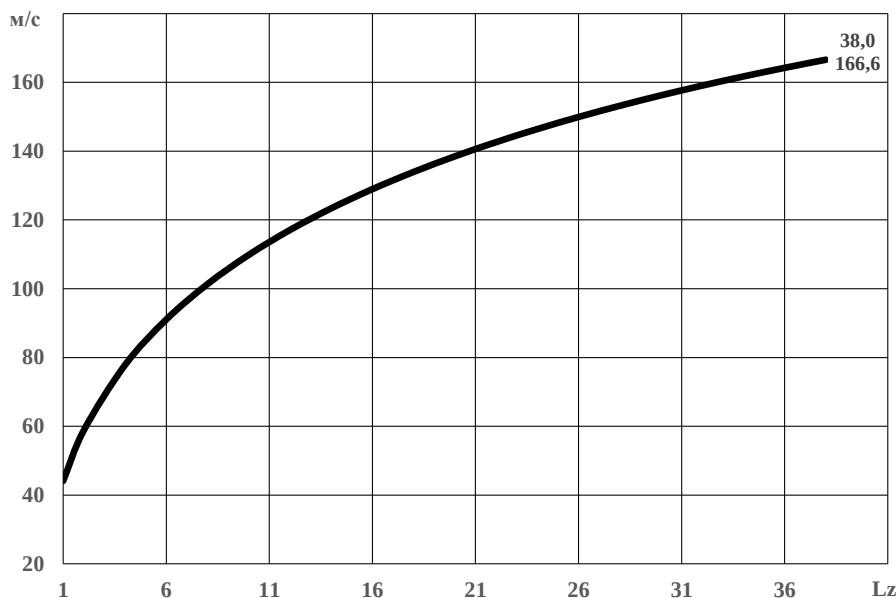


Рис. 7. Зависимость максимальной скорости разгона частицы от длины разгонной трубки при постоянном расходе воздуха;  $dc = 112,5$  мкм

Таким образом, получена система уравнений, описывающая процесс разгона частиц в струйной мельнице в рамках одномерной модели. Предложенный метод учитывает влияние сжимаемости воздушного потока и граничные условия в начале и конце разгонной трубки. Метод позволяет рассчитать скорости разгона частиц, параметры газового потока и выбрать оптимальную длину разгонной трубки. Проведенные экспериментальные исследования по измерению скорости частиц подтвердили адекватность расчетной методики, которая может использоваться при разработке и проектировании струйных мельниц.

#### УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

$\lambda$  – приведенная скорость воздушного потока,  $\lambda = w/a_k$ ;

$w$  – скорость воздушного потока, м/с;

$a_k$  – критическая скорость, м/с;

$z$  – безразмерная длина,  $z = x/D$ ;

$x$  – текущая координата сечения, м;

$k$  – показатель адиабаты;

$\zeta$  – коэффициент трения при движении газа в трубопроводе,  $\zeta = f(Re)$ ;

$\mu$  – расходная концентрация материала, кг/кг;

$j$  – относительная скорость движения частицы,  $j = u/w$ ;

$C_x$  – коэффициент сопротивления частиц,  $C_x = f(Re_c)$ ;

$\rho$  – плотность воздушного потока,  $\rho = f(\lambda)$ , кг/м<sup>3</sup>;

$\rho_c$  – плотность частиц, кг/м<sup>3</sup>;

$r$  – радиус частиц, м;

$D$  – внутренний диаметр трубопровода, м;

$Re, Re_c$  – критерий Рейнольдса рассчитанный соответственно для трубопровода и частиц;

$\eta$  – коэффициент динамической вязкости газа, Па·с;

$p$  – статическое давление воздушного потока, Па;

$R$  – удельная газовая постоянная, для воздуха  $R = 287,1$  Дж/(кг·К);

$q(\lambda_z), y(\lambda_z), \pi(\lambda_z), \tau(\lambda_z)$  – газодинамические функции;

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Витушкин В.В., Каретников Г.К., Овчинников В.М., Прохоров В.Н., Сутырин И.А. Исследование разгона частиц твердого материала в пневмоструйных измельчителях // Вестник

МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. «Машиностроение». 2004. №4. С. 43–56.

2. Акунов В.И. Струйные мельницы. М.: Машиностроение, 1967. 263 с.

3. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика. М.: Наука, 1991. 600 с.

4. Дейч М.Е. Техническая газодинамика. Изд. 3-е, перераб. М.: «Энергия», 1974. 592 с. Альтшуль А.Д., Киселев П.Г. Гидравлика и аэродинамика: учебн. пос. для вузов. М.: Стройиздат, 1975. 323 с.

5. Медников Е.П. Турбулентный перенос и осаждение аэрозолей. М.: Наука, 1980. – 176 с.

6. Алхимов А.П., Клинков С.В., В.Ф. Косарев В.Ф., Фомин В.М. Холодное газодинамическое напыление. Теория и практика. М.: Физматлит, 2010. 536 с.

7. Плановский А.Н., Муштаев В.Н., Ульянов В.М. Сушка дисперсных материалов в химической промышленности. М.: Химия, 1979. 288с.

8. Абрамович Г. Н. Теория турбулентных струй. М.: Физматгиз, 1960. 715 с.

9. Шишкин С.Ф., Шишкин А.С. Движение двухфазного потока в трубе постоянного сечения / Физико-химия и технология оксидно-силикатных материалов: материалы междунар. науч.-техн. конф. Екатеринбург, 17-19 февр. 2000 г. // Урал. гос. техн. ун-т, Урал. отд-ние Ассоц. строит. вузов РФ. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2000. С. 251.

10. Пирумов У.Г., Росляк Г.С. Газовая динамика сопел. М.: Наука, 1990. 368 с.

---

**Barakovskikh D.S., Shishkin S.F., Shishkin A.S.**

**THE MOVEMENT OF PARTICLES IN THE ACCELERATING TUBE OF THE JET MILL AT SMALL CONCENTRATION**

*The experimental studies of solid particles acceleration process in the ejector jet mill are carried out. The experimental setup allows to vary parameters of the gas stream and to measure the speed of particles at the end of accelerating tube by method of tracks. Close-cut fractions of spherical glass particles were used in the experiments. The equations of the one-dimensional particles movement and gas stream in accelerating tube in terms of friction are received. The calculation method of the solid particles acceleration process taking into account compressibility of the air stream and boundary conditions is offered. The obtained system of equations allows to calculate the change of gas stream speed, density, pressure, temperature and speed of particles along accelerating tube length. The carried-out experimental verification of designed model showed its adequacy. The developed technique allows to make calculation for particles of various diameter, to choose pressure and mass flow rate, and also to determine necessary diameter of nozzle, diameter and length of accelerating tube that will allow to provide maximum efficiency of acceleration process at small consumed concentration of material.*

**Key words:** jet mill, ejector, accelerating tube, movement equation, dispersed particles, compressed gas, speed of particles, method of tracks.

---

**Бараковских Дмитрий Сергеевич**, аспирант кафедры оборудования и автоматизации силикатных производств.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Институт материаловедения и металлургии, департамент строительного материаловедения.

Адрес: Россия, 620062, Екатеринбург, ул. Мира, 28

E-mail: d.s.barakovskikh@urfu.ru

**Шишкин Сергей Федорович**, кандидат технических наук, доцент кафедры оборудования и автоматизации силикатных производств.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Институт материаловедения и металлургии, департамент строительного материаловедения.

Адрес: Россия, 620062, Екатеринбург, ул. Мира, 28

E-mail: shsf@planet-a.ru

**Шишкин Алексей Сергеевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры оборудования и автоматизации силикатных производств.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Институт материаловедения и металлургии, департамент строительного материаловедения.

Адрес: Россия, 620062, Екатеринбург, ул. Мира, 28

E-mail: a.s.shishkin@urfu.ru

Уральский В.И., канд. техн. наук, проф.,  
Севостьянов В.С., д-р техн. наук, проф.,  
Уральский А.В., канд. техн. наук, доц.,  
Синица Е.В., канд. техн. наук, доц.,  
Дубинин Н.Н., канд. техн. наук, проф.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ВИБРАЦИОННО-ЦЕНТРОБЕЖНОГО АГРЕГАТА\*

WIURAL@mail.ru

В статье рассмотрены вопросы эксплуатационной надежности вибрационно-центробежного агрегата. Проведен расчет деформаций и напряжений наиболее нагруженных элементов конструкции и установлен способ их минимизации с целью обеспечения эксплуатационной надежности агрегата.

**Ключевые слова:** помольный агрегат, ударные нагрузки, эксплуатация, помольная камера, подвижная рама, деформация, напряжение.

В ходе эксплуатации центробежного помольного агрегата (ЦПА) [1, 2, 4], а также по результатам расчетов выявлено, что наиболее нагруженными рабочими элементами являются верхняя помольная камера и подвижная рама помольного блока.

Для расчета цилиндрических помольных камер на прочность необходимо определить силовое воздействие от мелющих тел на стенки камеры.

Рассмотрим верхнюю и нижнюю камеры, в которых мелющие тела совершают различные движения.

В верхней камере мелющие тела движутся возвратно-поступательно вдоль вертикальной оси с периодическими ударами о внутреннюю цилиндрическую поверхность камеры. В нижней камере мелющие тела обкатываются по внутренней цилиндрической поверхности. По результатам динамического анализа экспериментального образца ЦПА определены величины сил, действующих от мелющей загрузки на стенки камер [4, 5]. При массе мелющих тел в камерах, равной 12 кг в каждой, максимальное значение ударной силы в верхней камере составляет  $F_v = 4800$  Н, в нижней камере максимальная величина центробежной силы составляет  $F_n = 153,6$  Н.

Из сравнения полученных результатов очевидно, что наибольшему динамическому воздействию мелющих тел подвергаются верхние помольные камеры. Следовательно, расчеты на прочность необходимо выполнять в первую очередь для этих камер.

В верхней камере установлено появление пластических деформаций в виде «бочкообразной» поверхности (рис. 1).



Рис. 1. Деформация корпуса верхней помольной камеры

В подвижной раме экспериментального образца ЦПА появились трещины в местах сварки.

Таким образом, необходим расчет деформаций указанных элементов конструкции и установление способов их минимизации с целью обеспечения эксплуатационной надежности агрегата.

Корпус помольной камеры представляет собой тонкостенный цилиндр, т.к. толщина его стенки меньше  $1/10$  среднего радиуса цилиндра. При расчете тонкостенных цилиндров предполагается, что в окружном направлении напряжения постоянны по толщине стенки, а в радиальном – отсутствуют [6].

Цилиндрический корпус камеры с внутренним радиусом  $r_1$  (м) и наружным  $r_2$  (м) находится под действием внутренней нагрузки от мелющих тел  $q$  (Па), распределенной по поверхности контакта [7] (рис. 2).

Для определения напряжений и деформаций рассматривается некоторый элемент  $abcd$ , выделенный в кольце, образованном двумя сечениями, перпендикулярными к оси цилиндра и находящимися друг от друга на расстоянии, равном единице (рис. 3).

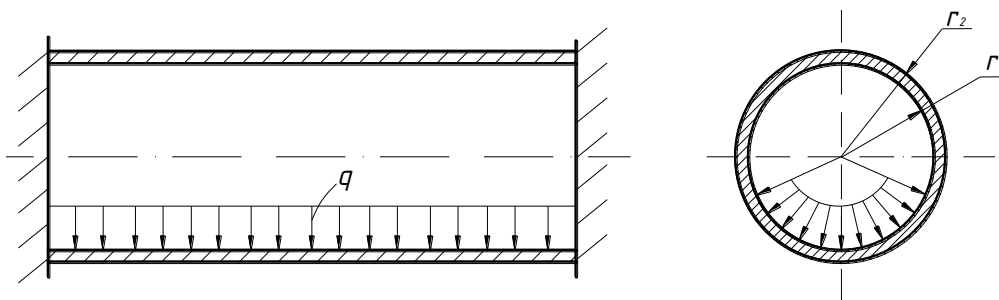


Рис. 2. Схема действия нагрузки от мелющих тел

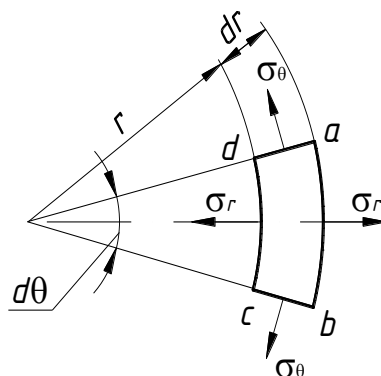


Рис. 3. Напряжения в элементе цилиндрической поверхности

В случае действия на цилиндр внутренней распределенной нагрузки согласно [6] окружные напряжения  $\sigma_\theta$  (Па) перемещение  $u$  (м) цилиндрической поверхности радиуса  $r$  (м) определяются по формулам:

$$\sigma_\theta = \frac{r_1^2}{r_2^2 - r_1^2} \left( 1 + \frac{r_2^2}{r^2} \right) q; \quad (1)$$

$$u = \frac{1-\mu}{E} \cdot \frac{r_1^2 q}{r_2^2 - r_1^2} r + \frac{1+\mu}{E} \cdot \frac{r_1^2 r_2^2 q}{r_2^2 - r_1^2} \cdot \frac{1}{r}, \quad (2)$$

где  $E$  – модуль упругости, Па;  $\mu$  – коэффициент Пуассона.

Наибольшее значение окружного напряжения будет у внутренней поверхности при  $r = r_1$

$$\sigma_{\theta(r=r_1)} = \frac{1+\delta^2}{1-\delta^2} q. \quad (3)$$

Радиальное перемещение у внутренней поверхности

$$u_{(r=r_1)} = \frac{r_1}{E} \left( \frac{1+\delta^2}{1-\delta^2} + \mu \right) q, \quad (4)$$

$$\text{где } \delta = \frac{r_1}{r_2}.$$

Представленные зависимости справедливы при статическом действии нагрузки. В действительности корпус камеры испытывает циклическую ударную нагрузку.

Напряжения  $\sigma_d$  и деформации  $f_d$ , возникающие при изгибающем ударе, определяются в соответствии с выражениями:

$$\sigma_d = k_d \sigma_{ст} \quad (5)$$

$$f_d = k_d f_{ст}, \quad (6)$$

где  $\sigma_{ст}$  – напряжение при статическом действии нагрузки, Па;  $f_{ст}$  – деформация при статическом действии нагрузки, м;  $k_d$  – коэффициент динамичности, определяемый по формуле

$$k_d = 1 + \sqrt{1 + \frac{2H}{f_{ст}}}, \quad (7)$$

где  $H$  – высота падения груза, м.

В рассматриваемом случае известна кинетическая энергия удара мелющих тел, которая будет равна потенциальной энергии падающего груза, т.е.

$$M_1 g H = M_1 \frac{v_{s1}^2}{2}. \quad (8)$$



Откуда

$$H = \frac{v_{s1}^2}{2g}. \quad (9)$$

Величина  $f_{ct}$  соответствует максимальному радиальному перемещению внутренней поверхности цилиндра  $u$ . С учетом (4) и (9) получаем выражение для определения коэффициента динамичности

$$k_d = 1 + \sqrt{1 + \frac{Ev_{s1}^2}{qr_1g\left(\frac{1+\delta^2}{1-\delta^2} + \mu\right)}}. \quad (10)$$

Расчеты напряжений и деформаций для конкретных условий нагружения помольной камеры экспериментального образца ЦПА выполнены с использованием профессионального конечно-элементного расчетного комплекса ANSYS, позволяющего решать задачи прочности конструкций.

Полученные результаты представлены на рисунках 4 и 5.

Корпуса помольных камер экспериментального образца агрегата изготовлены из стали 40Х (ГОСТ 4543 -71), внутренний диаметр камеры  $d_1 = 0,15$  м, наружный диаметр –  $d_2 = 0,16$  м

По результатам расчетов получены максимальные значения напряжения  $\sigma_d = 5,7$  МПа и деформации  $f_d = 3,1 \cdot 10^{-3}$  мм.

Вероятность безотказной работы корпуса камеры по критерию прочности можно определить в зависимости от квантили, найденной по формуле [3].

$$u_p = -\frac{\bar{\sigma}_{lim} - \bar{\sigma}}{\sqrt{S_{lim}^2 + S_{\sigma}^2}}, \quad (11)$$

где  $\bar{\sigma} = \bar{\sigma}_d$  – среднее значение напряжения, МПа;  $\bar{\sigma}_{lim} = \bar{\sigma}_B$  – среднее значение предела прочности материала корпуса, МПа;  $S_{\sigma}$  – среднее квадратичное отклонение величины  $\bar{\sigma}$ , МПа;  $S_{lim}$  – среднее квадратичное отклонение величины  $\bar{\sigma}_{lim}$ , МПа.

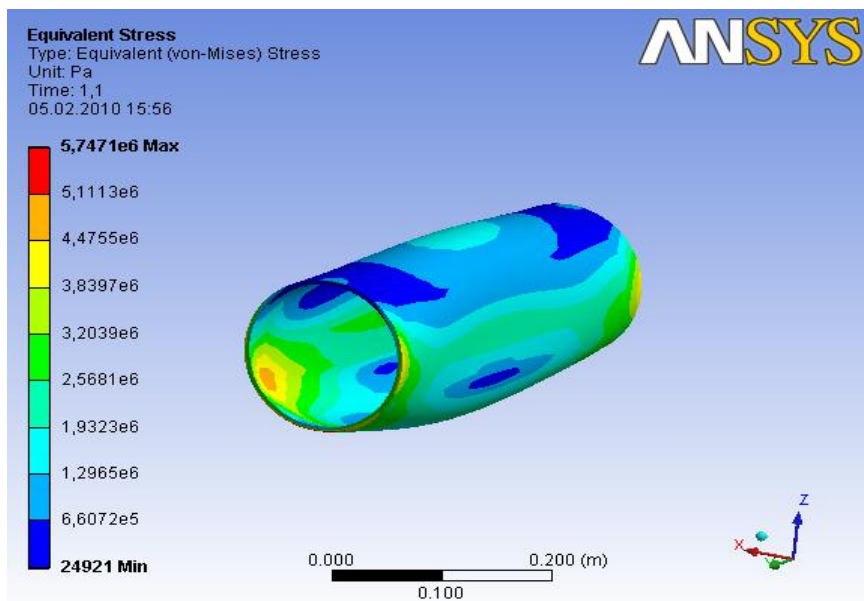


Рис. 4. Напряжения в корпусе камеры от действующих сил

Выполнив серию расчетов при варьировании нагрузки на корпус камеры и с учетом возможных отклонений значения предела прочности материала в зависимости от термообработки, получаем следующие значения величин, входящих в выражение (11):  $\bar{\sigma} = 5,04$  МПа;  $\bar{\sigma}_{lim} = 591$  МПа;  $S_{\sigma} = 0,167$  МПа;  $S_{lim} = 94,0$  МПа.

В итоге  $u_p = -6,23$  и в соответствии с рекомендациями [3] имеем вероятность безотказной работы по критерию прочности  $P = 1$  с большим

запасом, т.к.  $P = 1$  наступает уже при  $u_p = -3,9$ . В ходе проведения экспериментальных исследований и опытной эксплуатации помольного агрегата проводились контрольные замеры диаметров корпуса верхней камеры, вследствие чего установлено – деформации отсутствуют.

Исходя из полученных результатов и с целью создания рациональной конструкции помольной камеры, целесообразно для изготовления корпусов использовать менее прочный материал, например, Сталь 10 (ГОСТ 1050-88), для которой  $\bar{\sigma}_B = 340$  МПа. Возможно также

уменьшение толщины стенки корпуса до 3,5 мм при условии изготовления его из Стали 30

(ГОСТ 1050-88), для которой  $\bar{\sigma}_B = 500$  МПа.

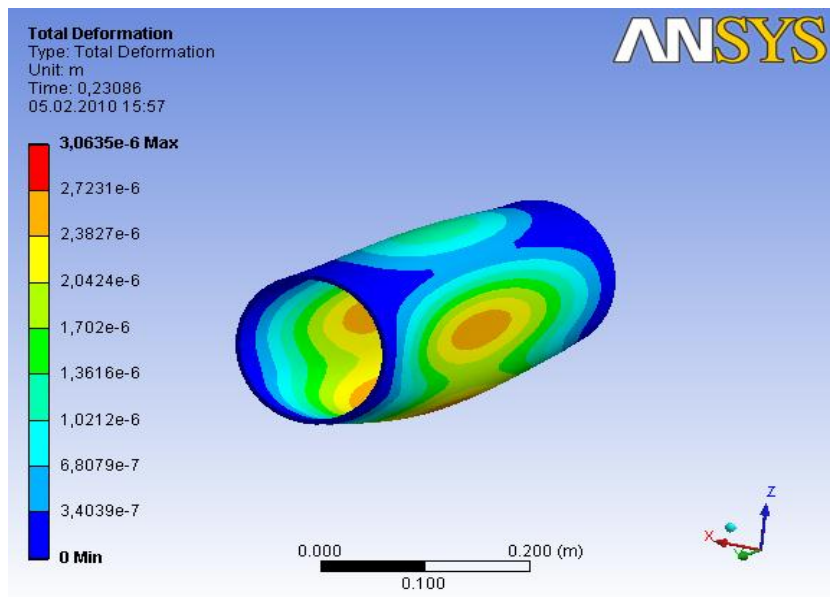


Рис. 5. Деформации корпуса камеры от действующих сил

Подвижные рамы являются составными частями конструкции помольного агрегата и испытывают воздействие как статических, так и динамических нагрузок, вызываемых силами тяжести конструкции и мелющей загрузки, центробежными силами. Основная нагрузка приходится на элементы нижних шарниров. По ре-

зультатам кинетостатического анализа рычажного механизма выявлено, что реакции в этих шарнирах принимают максимальные значения при угле поворота эксцентрикового вала помольного блока, равном  $\varphi_0 = 270^\circ$ . Схема действия сил в этом положении представлена на рис. 6.

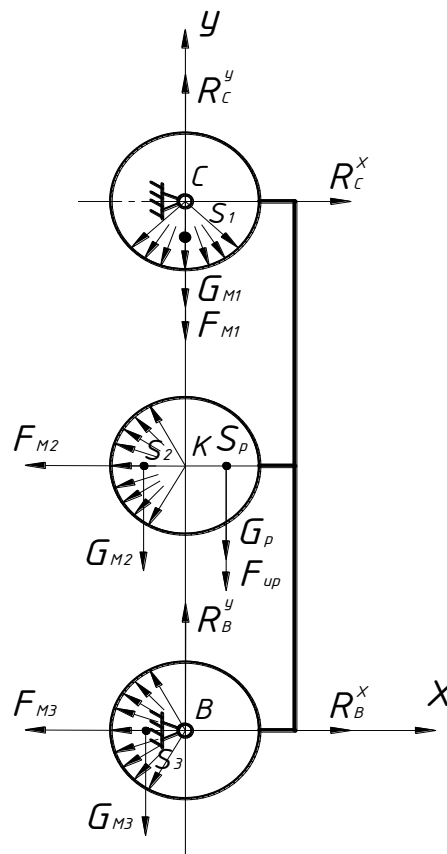


Рис. 6. Схема действия сил на подвижную раму

Подвижная рама представляет собой сварную конструкцию из швеллеров № 8, №10. Помольные камеры крепятся к раме при помощи болтовых соединений. В результате действия сил в камерах нагрузка передается на раму в местах крепления камер к раме.

Получаем расчетную схему подвижной рамы, представленную на рис. 7.

На схеме точки  $m'$  и  $m''$ ,  $k'$  и  $k''$ ,  $f'$  и  $f''$  – места крепления верхней, средней и нижней камер соответственно.

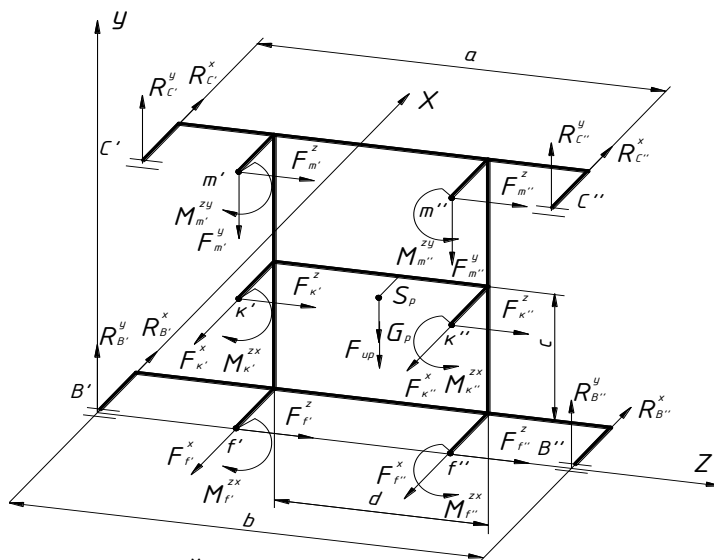


Рис. 7. Расчетная схема подвижной рамы помоль-

ного блока

В точках  $m'$  и  $m''$  действуют поперечные силы и моменты

$$F_{m'}^y = F_{m''}^y = \frac{q_1 l}{2} \quad (12)$$

$$M_{m'}^{zy} = M_{m''}^{zy} = \frac{q_1 l^2}{12}, \quad (13)$$

где  $q_1$  – распределенная нагрузка в верхней камере, Па;  $l$  – длина камеры, м.

Продольные силы  $F_{m'}^z = F_{m''}^z = 0$ .

В точках  $k'$  и  $k''$  действуют поперечные силы и моменты

$$F_{k'}^x = F_{k''}^x = \frac{q_2 l}{2} \quad (14)$$

$$M_{k'}^{zx} = M_{k''}^{zx} = \frac{q_2 l^2}{12}, \quad (15)$$

где  $q_2$  – распределенная нагрузка в средней камере, Па;

Продольные силы  $F_{k'}^z = F_{k''}^z = 0$ .

В точках  $f'$  и  $f''$  действуют поперечные силы и моменты

$$R_{f'}^x = R_{f''}^x = \frac{q_3 l}{2} \quad (16)$$

$$M_{f'}^{zx} = M_{f''}^{zx} = \frac{q_3 l^2}{12}, \quad (17)$$

где  $q_3$  – распределенная нагрузка в нижней камере, Па;

Продольные силы  $F_{f'}^z = F_{f''}^z = 0$ .

В точках  $C'$ ,  $C''$  и  $B'$ ,  $B''$  действуют реакции  $R_{C'}, R_{C''}$  и  $R_{B'}, R_{B''}$ , определенные при кинестатическом анализе рычажного механизма.

Расчеты напряжений и деформаций для конкретных условий нагружения экспериментального образца ЦПА выполнены с использованием расчетного комплекса ANSYS.

Полученные результаты представлены на рисунках 8 и 9.

По результатам расчетов  $\sigma_{д.макс} = 19,7$  МПа;  $f_{д.макс} = 0,16$  мм, что значительно меньше допускаемых величин. Это свидетельствует о существенном запасе прочности разработанной конструкции.

*\*Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Белгородской области в рамках научного проекта №14-41-08054 р\_офи\_м.*

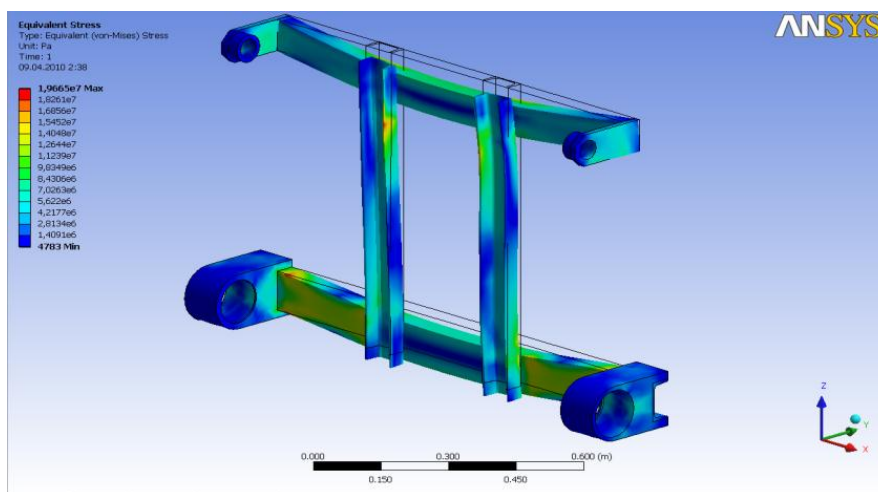


Рис. 8. Напряжения в элементах подвижной рамы от действующих сил

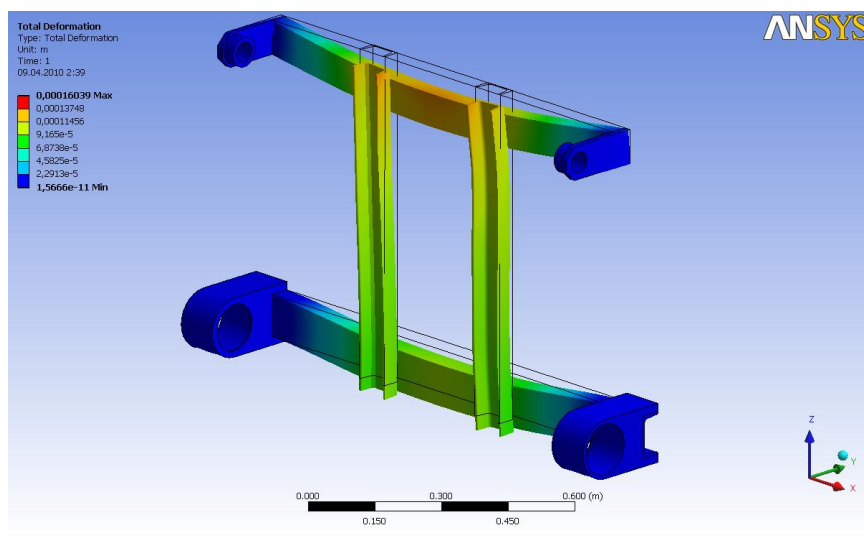


Рис. 9. Деформации элементов подвижной рамы от действующих сил

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пат. 2277973 Российская Федерация, В 02 С 17/08. Помольно-смесительный агрегат / Гридчин А.М., Севостьянов В.С., Лесовик В.С., Уральский В.И., Сеница Е.В.; заявитель и патентообладатель ООО «ТК РЕЦИКЛ». - №2005118705/03, заявл. 24.06.05; опубл. 20.06.06, Бюл. №17. с. 8.
2. Пат. 2381837 Российская Федерация, В 02 С 17/08. Помольно-смесительный агрегат / Гридчин А.М., Севостьянов В.С., Лесовик В.С., Уральский В.И., Уральский А.В., Сеница Е.В.; заявитель и патентообладатель БГТУ им. В.Г. Шухова, ООО «ТК РЕЦИКЛ». - №2008109444/03, заявл. 11.03.08; опубл. 20.02.10, Бюл. №5. с. 11.
3. Решетов Д.Н., Иванов А.С., Фадеев В.В. Надежность машин: Учебное пособие для машиностроительных специальностей вузов. Под ред. Д.Н. Решетова. М.: Высш. школа, 1988. 238 с.
4. Севостьянов В.С., Уральский В.И., Сеница Е.В., Уральский А.В. Вопросы динамического исследования центробежного

помольно-смесительного агрегата // Вибрационные машины и технологии: Сборник науч. тр. / редкол. С.Ф. Яцун (отв. ред.) [и др.]; Курский гос.техн. унив-т. Курск, 2008. С. 596-601.

5. Сеница Е.В., Уральский А.В., Плетнев А.В. Влияние движения мелющей загрузки на динамику центробежного помольно-смесительного агрегата // Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в стройиндустрии: сб. докладов Международной научно-практической конференции. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2007. С.188-192.

6. Сопротивление материалов / Под ред. акад. АН УССР Писаренко Г.С. – 5-е изд. – К.: Вища школа. Головное изд-во, 1986. 775 с.

7. Уральский А.В. Вопросы эксплуатационной надежности центробежного помольного агрегата / А.В. Уральский // Наука и молодежь в начале нового столетия: Сборник докладов Всерос. конф. Губкин: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, Губкинский филиал, 2010. С. 133–137.

8. Уральский А.В., Севостьянов В.С. Многофункциональный центробежный агрегат с параллельными помольными блоками // Вестник

Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2010. №1. С. 106–112.

---

**Uralskiy V.I., Sevostyanov V.S., Uralskiy A.V., Sinita E.V., Dubinin N.N.**

**INCREASING OF THE SERVICE RELIABILITY OF THE VIBRATION-CENTRIFUGAL AGGREGATE**

*The aspects of the service reliability of the vibration-centrifugal aggregate are considered in the article. The determination of stress and strain of the most loaded elements of construction was made and the way of their minimization for reliability assurance of the aggregate were found.*

**Key words:** *grinding aggregate, impact loads, service, grinding chamber, movable frame, stress, strain.*

---

**Уральский Владимир Иванович**, кандидат технических наук, профессор кафедры технологических комплексов, машин и механизмов.

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

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

E-mail: WIURAL@mail.ru

**Севостьянов Владимир Семенович**, доктор технических наук, профессор кафедры технологических комплексов, машин и механизмов.

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

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

**Уральский Алексей Владимирович**, кандидат технических наук, доцент кафедры технологических комплексов, машин и механизмов.

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

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

E-mail: alexx\_1984.10@mail.ru

**Синица Елена Владимировна**, кандидат технических наук, доцент кафедры технологических комплексов, машин и механизмов.

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

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

E-mail: evsinica@gmail.com

**Дубинин Николай Николаевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры технологических комплексов, машин и механизмов.

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

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

Реутова Я.И., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ РОТОРНОЙ ДРОБИЛКИ

slas-tena17@yandex.ru

*В настоящее время значительно возрос спрос на щебень кубовидной формы. В ходе работы произведен анализ существующих типов дробилок для производства кубовидного щебня. Предложена усовершенствованная конструкция роторной дробилки и описан принцип ее действия. В статье приведены формулы для расчета окружной скорости и максимального размера готового продукта роторной дробилки.*

**Ключевые слова:** роторная дробилка, ротор, дробление, щебень.

В настоящее время в России производится более 200 млн м<sup>3</sup> щебня в год. Около 3000 предприятий занимается добычей и переработкой нерудных строительных материалов. Износ основного технологического оборудования на этих предприятиях достиг 80 % [1]. В связи с этим существует острая проблема получать щебень требуемого качества.

Основными потребителями щебня являются домостроительные предприятия и предприятия, осуществляющие строительство автомобильных дорог и мостов. Кроме прочностных характеристик не менее 85–90 % зерен щебня должны иметь кубовидную форму.

Это вызывает необходимость создания принципиально нового дробильного оборудования и технологических схем измельчения.

В зависимости от процентного содержания частиц лещадной формы щебень подразделяется на 4 группы: 1 группа – до 15 %; 2 группа – 15÷25 %; 3 группа – до 35 % и 4 группа – до 50 %.

Потребность предприятий в щебне кубовидной формы 1 группы удовлетворяется на 40 %.

Поставляемый предприятиями щебень фракций 5÷20 мм содержит до 40 % зерен лещадной формы, в то время как по ГОСТу содержание зерен лещадной формы не должно быть более 15 %.

Повышенное содержание зерен лещадной формы снижает удобоукладываемость бетонной смеси и механическую прочность готовых изделий.

Наибольшее распространение в производстве щебня как у нас, так и за рубежом получили следующие типы дробилок.

Щековые дробилки с простым и сложным движением щеки. Недостатком этих дробилок является низкая степень измельчения (до 4) и большой выход (до 60 %) зерен лещадной формы.

Конусные дробилки среднего и мелкого дробления позволяют снизить выход зерен ле-

щадной формы до 40 %, однако при замкнутом цикле дробления существенно возрастает выход отсева.

Молотковые дробилки обеспечивают лещадность щебня до 20 % при степени измельчения 5÷8. Однако, ввиду быстрого абразивного износа они могут применяться преимущественно для дробления неабразивных пород малой и средней прочности.

Роторные дробилки позволяют получать щебень с лещадностью до 20 %, но при этом они имеют низкую степень измельчения (до 8). Их применяют на второй стадии дробления для кубизации.

Исследования и многолетний опыт промышленной эксплуатации различных типов дробильного оборудования дают основания сформулировать следующие принципы:

- На каждый кусок дробимого материала, находящийся в рабочей камере дробилки должно обеспечиваться многократное дробящее воздействие;
- Кусок материала должен измельчаться под воздействием сдвиговых и раскалывающих, а не раздавливающих нагрузок;
- Конструкция питателя и рабочей камеры дробилки должна обеспечивать ориентированное расположение вдоль направления движения куска материала.

Исходя из этих принципов, должны разрабатываться новые конструкции дробилок и, в целом, технологические схемы производства щебня.

Исходя из этих принципов, в настоящее время наибольшее распространение при производстве щебня кубовидной формы получили следующие дробилки: конусные, молотковые, роторные центробежные и конусные вибрационные.

За рубежом наибольшее распространение получили конусные инерционные дробилки, конструкция которых была запатентована в 1878 г.

Главным направлением повышения качества получаемого щебня как у нас, так и за рубежом является не создание нового типа дробильного оборудования, а увеличение стадий дробления, что ведет не только к увеличению капиталовложений, но и существенному удорожанию щебня, в том числе за счет роста удельного расхода энергии и эксплуатационных расходов.

В НПК «Механобр-техника» созданы и рекомендуются к широкому использованию при производстве щебня конусные инерционные дробилки.

По утверждению разработчиков конусные инерционные дробилки (КИД) обеспечивают получение щебня высшей категории с уровнем кубовидности до 92 %, что на 5–12 % выше, чем в традиционных дробилках.

Использование КИД снижает капитальные затраты на 40 % и эксплуатационные расходы на 30 %.

Недостатком КИД является то, что ввиду низкой производительности (до 380 м<sup>3</sup>/ч) и того, что в дробилку необходимо подавать куски размером не более 150 мм она не может быть использована при одностадийном дроблении [2].

Наибольшее распространение при дроблении скальных пород получила трехстадийная схема измельчения.

Например, на Лебединском ГОКе при производстве щебня используется следующая схема цепей оборудования: щековая дробилка; конусная дробилка среднего дробления; конусная дробилка мелкого дробления. Это очень капиталоемкая и энергоемкая схема измельчения, не обеспечивающая требуемого качества готового продукта – щебня [3].

Одним из возможных вариантов повышения эффективности процесса измельчения и качества готового продукта является использование роторных дробилок как при двухстадийном, так и при одностадийном дроблении.

Использование роторных дробилок с более высокими скоростями ротора (56÷64 м/с) позволяют не только увеличить степень измельчения, но и качество получаемого щебня – кубовидность достигает 93÷98 %.

Недостатком роторных дробилок является большой износ бил и более высокий выход мелкой фракции размером менее 5 мм.

Однако, существует много вариантов усовершенствования конструкции рабочих органов роторных дробилок, что обеспечивает повышение их технико-экономических показателей.

Нами разработана усовершенствованная конструкция роторной дробилки, схема которой представлена на рисунке 1 [4].

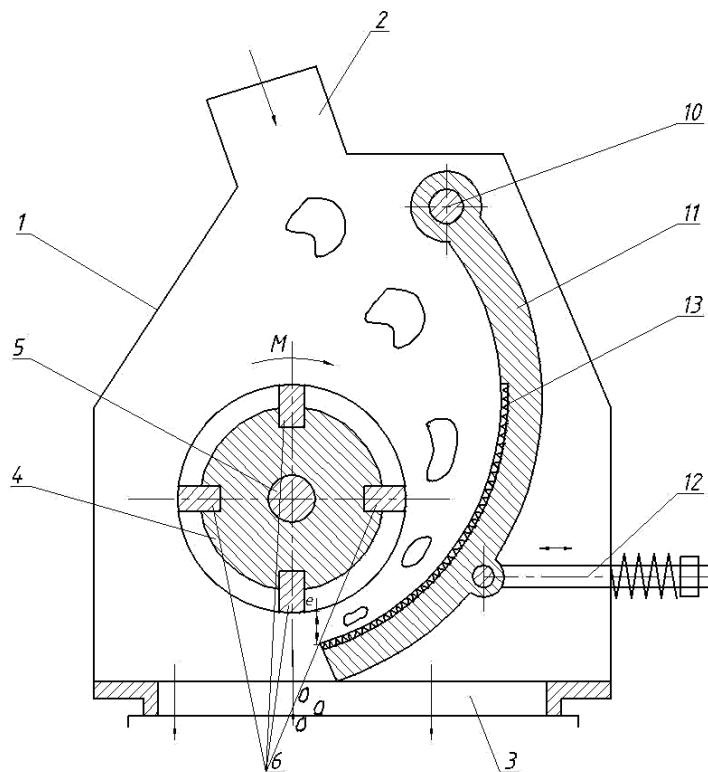


Рис. 1. Поперечный разрез роторной дробилки

1 - корпус, 2 – загрузочный патрубок; 3– разгрузочный патрубок; 4– ротор; 5 – вал; 6 – била;  
7, 8 – стороны била; 10 – ось; 11 – отражательная плита; 12 – пружинная тяга;  
13 – клиновидные режущие выступы



Конструкция дробилки защищена патентом РФ №147047; В02С 13/06, опубликован 27.10.2014 Бюллетень №30.

Дробилка состоит из корпуса 1, загрузочного 2 и разгрузочного 3 патрубков, ротора 4, установленного на валу 5. На роторе жестко закреплены болтовым креплением, била 6, выполненные в виде шевронного зацепления, при этом каждая из сторон била 7,8 (рисунок 2) наклонена под углом  $\alpha$  к продольной оси 9 ротора 4.

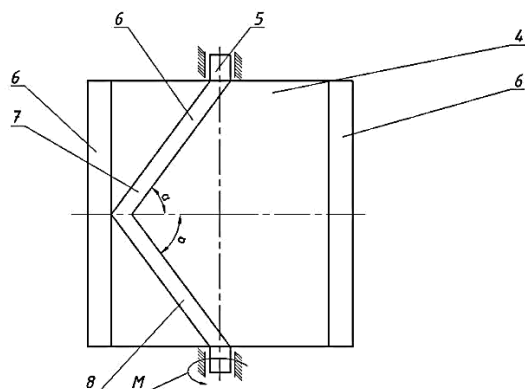


Рис. 2. Ротор с билами

В верхней части корпуса 1 на оси 10 установлена отражательная плита 11, соединенная в нижней части с подпружиненной тягой 12. На рабочей поверхности отражательной плиты 11 выполнены клиновые режущие выступы 13.

Дробилка работает следующим образом:

При включении привода вращающий момент  $M$  через вал 5 передается на ротор 4. Ротор 4 начинает вращаться по ходу направления вращения ротора. Затем в загрузочный патрубок 2 подаются куски измельчаемого материала (щебня), которые попадают под воздействие острых кромок клиновых бил 6, разрушаются и отбрасываются на клинья 13 отражательной плиты 11. При этом на куски измельчаемого материала действуют не только ударные, но и косые режущие нагрузки, которые ввиду наклонного расположения сторон 7 и 8 бил раскладываются на поперечные и продольные составляющие, что способствует более эффективному разрушению кусков измельчаемого материала. В зависимости от угла  $\alpha$  наклона сторон 7 и 8 бил 6 преобладают продольные, либо поперечные режущие нагрузки.

После выхода из зоны дробления куски измельченного материала направляются в разгрузочный патрубок 3.

Отличительной особенностью предлагаемой конструкции роторной дробилки является то, что била на роторе расположены под углом к продольной оси ротора.

Такое расположение бил обеспечивает раскалывающе-сдвиговые нагрузки на лещадные куски измельчаемого материала.

Необходимым условием разрушения куска материала в роторной дробилке является то, что энергия удара должна вызывать в куске материала напряжения, превышающие предел прочности при сжатии.

Сила удара била по куску материала может быть рассчитана по формуле [5]:

$$P_y = \frac{2 \cdot S_y}{t_y} = K_m \cdot m \cdot v \cdot (1+k) \cdot t_y^{-1}, \quad (1)$$

где  $K_m$  – коэффициент активной массы,  $K_m = m_l/m$ ,  $m_l$  – масса скалываемой части куска;  $m$  – общая масса куска;  $v$  – окружная скорость ротора;  $k$  – коэффициент восстановления соударяющихся тел (куска и била);  $t_y$  – время удара.

Минимальное усилие, при котором кусок материала раскалывается равно

$$P = 0,6 d_k^2 \cdot \sigma_p, \quad (2)$$

где  $d_k$  – размер раскалываемого куска;  $\sigma_p$  – предел прочности на сжатие раскалываемого куска.

Приравняв силы  $P_y$  и  $P$  с учетом преобразований получим

$$d_k v_p^{1+n} = (0,6 \cdot \frac{d_0^r \cdot K_m \cdot \sigma_0}{\gamma_0 \cdot (1+k)})^{\frac{1}{1+r}}, \quad (3)$$

где  $n, r$  – масштабные коэффициенты;  $\sigma_0$  – предел прочности на сжатие образцов неправильной формы;  $d_0$  – исходный размер куска;  $\gamma_0$  – объемная масса материала куска.

Необходимая окружная скорость ротора для получения кусков размером не более  $d_k$

$$v = \frac{0,0057}{d_k} \cdot \left( \frac{\sigma_p}{\gamma_0} \right)^{0,7}, \quad (4)$$

При заданной окружной скорости ротора  $v$  максимальный размер куска измельченного материала равен

$$d_k = \frac{0,0057}{v} \cdot \left( \frac{\sigma_p}{\gamma_0} \right)^{0,7}. \quad (5)$$

Приведенные формулы (1) – (5) позволяют рассчитать главные параметры дробилки – окружную скорость и максимальный размер готового продукта.

**Выводы.** Таким образом, на основании всестороннего анализа конструкции дробилок, технологических показателей их работы предложен вариант усовершенствования конструкции роторной дробилки и формулы для расчета ее конструктивно-технологических параметров.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Арсентьев В.А., Вайсберг Л.А., Зарогатский Л.П., Шуляков А.Д.. Производство кубовидного щебня и строительного песка с использованием вибрационных дробилок. СПб.: Изд. ВСЕГЕи, 2004. 112 с.
2. Юшина Т.И., Кукин А.В. Обоснование применения роторных дробилок для производства щебня из скальной вскрыши // Горно-аналитический бюллетень. 2012. №1. С.146–154.
3. Кононенко Е.А., Кукин А.В. Оптимизация параметров технологии производства щебня из вскрышных пород в условиях лебединского горно-обогатительного комбината // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2011. №12. С.85–93.
4. Патент РФ №147047. 27.10.2014 Богданов В.С, Реутова Я.И., Богданов Н.Э. Роторная дробилка//Бюл. № 30.
5. Бауман В.А. Роторные дробилки. М.: Изд. Машиностроение, 1973. 272 с.

---

**Reutova Y.I.****IMPROVING THE DESIGN OF ROTOR IMPACT CRUSHER**

*Currently, significantly increased the demand for cube-shaped rubble. In the course of the analysis of existing types of crushers for the production of cube-shaped stones.*

*The improved design of rotary crushers and describes the principle of its action.*

*The article describes the formula to calculate the circumferential speed and the maximum amount of the finished product impact crusher.*

**Key words:** rotor impact crusher, rotor, crusher, crushed stone

---

**Реутова Яна Игоревна**, аспирант кафедры механического оборудования.

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

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

E-mail: slas-tena17@yandex.ru

*Севостьянов М.В., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*

## РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ТЕХНОГЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ\*

msev31@mail.ru

*Комплексное воздействие техногенных материалов на окружающую среду (воздух, почву, воду) создает экологическую напряженность, которая требует неотложного решения. В этой связи необходимость вторичного использования отходов производств с последующим воспроизводством природной сырьевой базы и защиты окружающей среды от загрязнений является весьма актуальной.*

*Это может быть достигнуто в результате разработки эффективных технологических способов утилизации техногенных материалов и технических средств для их реализации. Использование передовых технологий в области научно-технического предпринимательства, малого и среднего бизнеса, учитывающих такие факторы как энерго- и ресурсосбережение, возможность выпуска широкой номенклатуры изделий из техногенного сырья также перспективно и актуально. Разработка и создание малотоннажных ресурсо-энергосберегающих технологических комплексов и модулей, инновационного оборудования и патентозащищенных агрегатов, использование которых обеспечивает рациональные способы комплексной утилизации техногенных материалов, способствует повышению технико-экономической эффективности действующих предприятий и снижению экологической нагрузки на окружающую среду.*

**Ключевые слова:** ресурсосбережение, брикетирование, экструдирование, гранулирование, техногенные материалы, технологический комплекс.

**Введение.** В настоящее время постоянно возрастающие объемы выпускаемой продукции в различных отраслях промышленности сопровождаются образованием огромного количества техногенных материалов. Так, например, в промышленности строительных материалов уже накоплено порядка шести миллиардов тонн промышленных отходов. Это – золошлаковые смеси, фосфогипс, алюмо-силикатные отходы, гранулированные шлаки, хвосты обогащения, а также огромное количество нерудных сырьевых материалов: карбонатных пород, кремнезема, глинистых материалов и др.

При добыче руды и сырья для черной и цветной металлургии в России и странах СНГ в отвалы идет более 3 млрд. м<sup>3</sup> горных пород (известняков, мела, глины, песка). Ежегодно сжигается более 100 млн. м<sup>3</sup> отходов деревообработки и деревянной тары, не поступающей в оборот, скапливается и не утилизируется более 4 млн.т. макулатуры, такое же количество изношенных шин различных технических средств, более миллиона тонн стеклянного боя [1–3].

При выборе и разработке технологии переработки и вторичного использования техногенного сырья необходимо учитывать структурную неоднородность, анизотропию материалов, а также специфические особенности их физико-механических и физико-химических свойств, диапазон варьирования параметров. Морфологические особенности материалов, их плотность, прочность, текстура, сыпучесть, коэффициент

внутреннего и внешнего трения и др. определяют энергоемкость процесса переработки техногенного сырья.

Экономическая ситуация в стране нуждается в интенсивном развитии малотоннажных производств для сферы малого и среднего бизнеса, инновационных технологий и оборудования для рециклинга техногенных материалов, способных быстро перенастраиваться на выпуск того или иного вида продукции, пользующегося спросом у потребителя.

Для эффективной комплексной утилизации техногенных материалов необходимо создание ресурсосберегающего специального оборудования, учитывающего специфические особенности техногенных материалов и условия их переработки.

**Основная часть.** Ресурсосберегающие комплексы, как правило, содержат следующие технологические пределы: измельчение техногенных материалов с различной степенью их размолоспособности, механоактивация сырья с достижением заданного гранулометрического состава и дисперсности, гомогенизация гетерогенных смесей, компактирование порошкообразных или вязкопластичных материалов различными способами и др.

В этой связи нами были разработаны патентозащищенные агрегаты специального назначения.

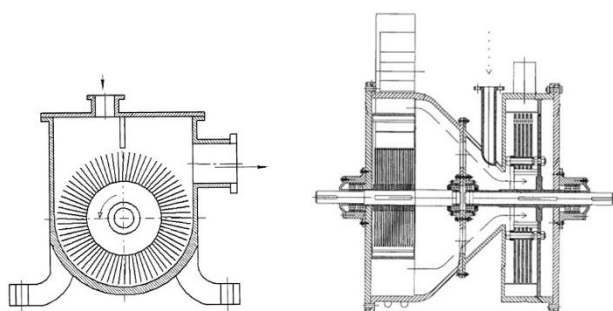
Для реализации процесса измельчения – самой энергоемкой технологической операции,

нами разработан роторно-центробежный агрегат комбинированного действия [4] с использованием съемных иглофрезерных элементов рабочих органов (рис. 1 а). Принцип действия этих агрегатов основан на избирательном комплексном воздействии на обрабатываемые материалы консольно установленных стержневых элементов, а также использовании энергоэффективного механизма разрушения. Данный тип машин целесообразно использовать для переработки анизотропных материалов природного и техногенного происхождения, в том числе твердых бытовых и промышленных отходов, органических материалов, растительного сырья, композиционных и сложных по структуре и составу компонентов и др.

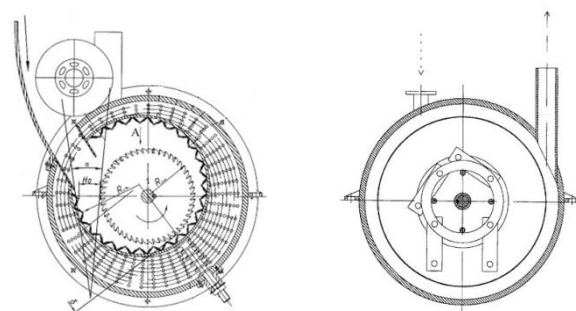
Для измельчения и гомогенизации волокнистых материалов малой и средней прочности нами разработано техническое решение [5], позволяющее получить однородную композиционную смесь с введением в нее в процессе измельчения тонкодисперсных добавок – ингредиентов (рис. 1 б). Агрегат обеспечивает низкую энергоемкость процесса механического разрушения при одновременной высокой производительности машины. Непосредственно измельчение происходит за счет высокоскоростного вращения ротора с режущими элементами в виде набора дисков – на первой стадии и ротора с игольчатыми элементами – на второй стадии.

В случае механического и пневмомеханического диспергирования техногенных материалов малой и средней прочности с невысокой абразивностью, твердо-жидких суспензий, а также анизотропных материалов (например, отходов вермикулитового производства) и др. нами разработана конструкция дезинтегратора [6], позволяющая получать гомогенный тонкодисперсный продукт из мелкокускового сырья (рис. 1 в). При работе агрегата достигается увеличение удельной поверхности измельчаемых материалов и смешение сухих поликомпонентных смесей с различными физико-механическими свойствами при высокой производительности машины.

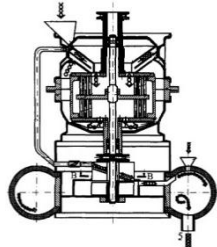
Для сушки гранулированных и сыпучих материалов используется разработанный нами барабанно-винтовой сушильный агрегат [7]. Благодаря установленным по винтовой поверхности в коаксиально расположенных барабанах пересыпных полок повышается равномерность перемещения материала и теплопередача от теплоносителя материалу. Эффективность процесса сушки также повышается за счет обеспечения равномерности загрузки материала. Размещение на поверхности наружного барабана классифицирующего устройства обеспечивает удаление просыпи из материала заданной гранулометрии (рис. 1 г).



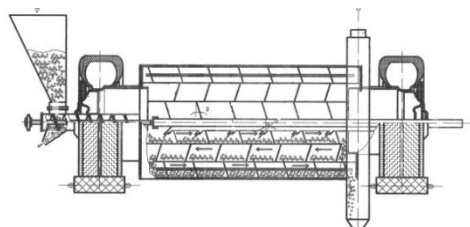
а) Патент № 151633  
Игольчатый измельчитель материалов



б) Патент № 2540549  
Установка для измельчения волокнистых материалов



в) Патент № 2377070  
Дезинтегратор



г) Патент № 2545252  
Барабанно-винтовой сушильный агрегат

Рис. 1. Конструкции специального оборудования ресурсосберегающих комплексов

Совокупность специального оборудования и заданной технологии обеспечивает функцио-

нирование малотоннажных технологических комплексов для переработки техногенных мате-

риалов с различными физико-механическими свойствами. Ресурсосберегающие технологические комплексы имеют многофункциональное назначение и позволяют решать вопросы, связанные как с утилизацией техногенных материалов, так и с получением новых видов продукции на основе разработанных композиционных смесей.

Компактирование, как способ утилизации, является наиболее эффективным и распространенным технологическим переделом, который включает в себя различные процессы: гранулирование, экструдирование, брикетирование, прессование, окатывание, прокатку и другие способы формования техногенных материалов.

Области использования компактированных техногенных материалов весьма разнообразны, а товарная продукция может быть представлена в виде:

- брикетов различной формы и размеров, спрессованных из уловленного пылеуноса сушильных и обжиговых агрегатов;

- спрессованных топливных брикетов или экструдированных пеллет, сформованных из техногенных материалов различных отраслей промышленности (отходов деревообрабатывающих производств, сельскохозяйственного производства, маслоэкстракционных заводов – лузги и др.) с целью их термоутилизации и получения тепловой или электрической энергии в теплоэлектростанциях различной мощности;

- компактированных техногенных материалов с низкой насыпной массой ( $\rho_m \leq 300 \text{ кг/м}^3$ ) для их использования в качестве альтернативных теплоизоляционных заполнителей при производстве строительных изделий (например, строительных блоков из отходов перлитового или вермикулитового производства, целлюлозно-бумажных отходов и др.);

- теплоизоляционных или огнестойких материалов, сформованных из порошкообразных поризованных смесей (отходов производства пеностеклянных блоков, газосиликата и др.);

- импортозамещающей продукции – гранулированных стабилизирующих добавок щебеночно-мастичного асфальтобетона;

- компактированных органо-минеральных удобрений пролонгированного действия;

- экструдированных или микрогранулированных техногенных материалов из высокодисперсных поризованных компонентов (перлита, вермикулита и других материалов), обладающих повышенной адсорбционной способностью, используемых для фильтрации загрязненных жидких сред (отработанных масел, стоков пищевых производств и агропромышленных комплексов и др.);

- сбрикетированных отходов деревообрабатывающих производств с органическими нефтешламовыми связующими, загрязняющими окружающую среду при добыче нефти и др.

Для реализации процесса компактирования по указанным выше технологиям нами разработаны различные типы специального оборудования, которое учитывает физико-механические свойства формуемых техногенных материалов и обеспечивает различные режимы динамического воздействия (табл. 1).

Для брикетирования техногенных порошкообразных и вязкопластичных материалов с низкой насыпной массой нами разработан пресс-валковый агрегат (Патент РФ №2473421), оснащенный устройствами для предварительного уплотнения шихты [8]. В конструкции агрегата предусмотрены валковый и шнековый предуплотнители, позволяющие соблюдать механо-технологические требования для формования техногенных материалов с низкой насыпной массой, а именно обеспечивают:

- равномерную подачу формуемого материала из питающих устройств;

- равномерное распределение потоков шихты по ширине валков;

- поэтапное уплотнение материала по ходу его движения в зону формования;

- максимальный коэффициент предварительного уплотнения шихты;

- возрастание динамического воздействия на обрабатываемый материал по ходу его движения;

- принудительное нагнетание уплотняемого материала в ячейки формирующих элементов вальцевого пресса и др.

Недостаточно полное удаление газообразной фазы из порошкообразного материала при его прессовании, незначительная по времени выдержка шихты под давлением, ограниченная возможность регулирования степени предварительного уплотнения перерабатываемых техногенных материалов, а также невысокая производительность агрегата при использовании рыхлых, малосыпучих техногенных материалов явились основанием для создания специальной конструкции вальцевого пресса с протяженной зоной уплотнения материала (Патент РФ № 2204486) [9].

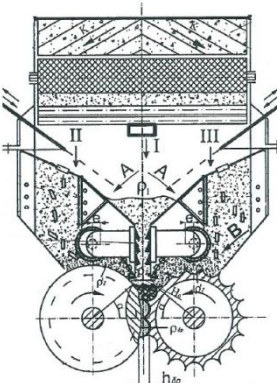
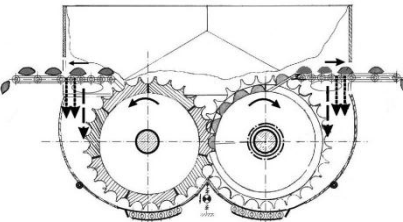
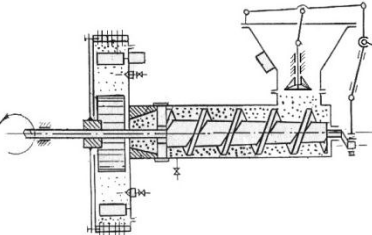
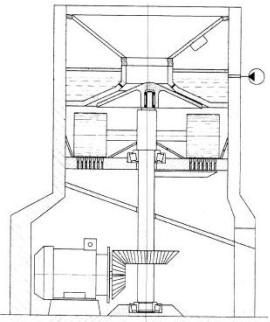
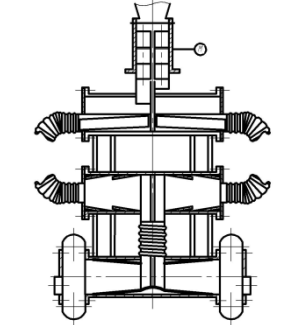
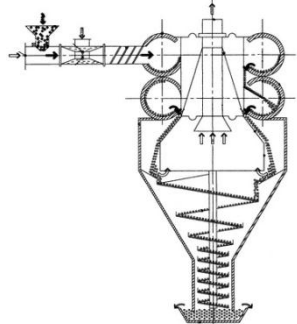
Для получения экструдированных материалов (гранул) известно большое многообразие агрегатов, использующих способ продавливания пластичных материалов через отверстия - фильеры. В пресс-валковом экструдере и многоцелевом грануляторе (Патент РФ №2207247, А.св. № 30244, соответственно) реализован ряд эффективных механо-технологических решений:

предварительное уплотнение шихты в шнековом предуплотнителе и конической втулке; повышение пластических свойств шихты за счет ее термopодогрева; реализация возможности введения ПАВ; равномерного распределения шихты по ширине уплотняющих валков при вибровоздей-

ствии; эффективный захват прессуемой массы валками и выдержка ее под давлением и др. В разработанных конструкциях пресс-валковых экструдеров учтены недостатки известных аналогов, а также расширены функциональные возможности агрегатов [10, 11].

Таблица 1

**Оборудование для компактирования техногенных материалов различными способами**

| Брикетиrowание                                                                                                                                                                                                                                           | Экструдирование                                                                                                                                                                                                                                                         | Вибро-центробежное и пневмомеханическое агломерирование                                                                                                                                                                                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p align="center">Патент РФ №2473421</p>  <p align="center">Патент РФ № 2204486</p> |  <p align="center">Патент РФ №2207247<br/>А.св. № 30244</p>  <p align="center">Патент РФ №135539</p> |  <p align="center">Патент РФ №2412753</p>  <p align="center">Патент РФ № 2538579</p> |

Аналогичные технические решения реализуются в плоскоматричном грануляторе волокнистых материалов (Патент РФ №135539) при формировании шихты с малой насыпной массой (например, измельченных целлюлозно-бумажных отходов) [12].

Для удаления воздушной фазы предусмотрены предуплотнительные устройства, состоящие из внутреннего подвижного и наружного неподвижного конусов с гладкими и ребристыми поверхностями. Расположение конуса позволяет его использовать в виде резервуара для хранения и подачи жидкого связующего или пара. Для уменьшения застойной зоны и направленного движения материала под прессующие валцы в верхней части корпуса установлена вибрирующая воронка с наклонными бортами.

В вибрационно-центробежном грануляторе (Патент РФ №2412753) также реализуется принцип постадийного формирования гранулируемых материалов: на 1-ой стадии – обезвоздушивание

исходной композиционной смеси за счет предварительного уплотнения в валковом устройстве и микрогранулирования шихты, на 2-ой стадии – уплотнение и классификация микрогранулята; на 3-ей стадии – гранулообразование материалов в водопадном-каскадном и каскадном режимах обработки формируемой шихты, на 4-ой стадии – придание сферической формы гранулам и упрочнение их поверхностного слоя в торообразных камерах [13].

Для получения микрогранулированных частиц из композиционных техногенных смесей полифракционного состава (пылеуноса сушильных и обжиговых агрегатов, просыпи – уплотненных частиц после классификации сформированных гранул с уловленным в аспирационной системе материалом), из высокодисперсных материалов, полученных в струйных аппаратах с целью пылеподавления и др. нами разработаны специальные патентозащищенные устройства [14–16]. Способ и устройства обеспечивают

пневмомеханическое микрогранулирование композиционной смеси с возможностью регенерации рабочих поверхностей от налипших материалов, а также увеличение эффективности процесса и массовой производительности аппаратов. Конструкция устройства (Патент № 2538579) расширяет технологические возможности агрегата: позволяет использовать техногенные материалы с низкой насыпной массой и различной структурой, повысить эффективность процесса смешивания компонентов и их микрогранулирование за счет сложно-пространственного движения частиц в тороидальных камерах, обеспечивает получение микрогранулята с необходимыми прочностными характеристиками.

**Выводы.** Техническим результатом запатентованных агрегатов и модернизированных устройств является повышение технологических возможностей машин, а полученная продукция: спрессованные брикеты, цилиндрические и сферообразные гранулы, могут быть использованы для реализации ряда инновационных технологий и производства новых видов продукции.

Разработанное нами патентозащищенное ресурсосберегающее оборудование позволяет повысить эффективность процесса компактирования техногенных материалов с различными физико-механическими характеристиками.

*\*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ и правительства Белгородской области в рамках научного проекта № 14-41-08054 p\_офи\_м.*

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Севостьянов В.С., Михайличенко С.А., Севостьянов М.В., Спирин М.Н., Колесников А.В., Уральский А.В. Энергосберегающие технологические комплексы и агрегаты для утилизации техногенных материалов // Вестник Белгородского государственного университета им. В.Г. Шухова. 2007. №1. С.85–90.
2. Сулименко Л.М. Агломерационные системы в производстве строительных материалов. Л.М. Сулименко, Б.С. Альбац. ВНИИЭСМ. 1994. 297с.
3. Ильина Т.Н. Процессы агломерации в технологиях переработки дисперсных материалов. Монография. Белгород, 2009. 229с.
4. Патент РФ на полезную модель №151633. Игольчатый измельчитель материалов. Севостьянов В.С., Сиваченко Т.Л., Ильина Т.Н., Сиваченко Л.А., Севостьянов М.В., Михайличенко С.А. Оpubл. 10.04.2015. Бюл. № 10. 2 с.
5. Патент РФ № 2540549. Установка для измельчения волокнистых материалов. Глаголев С.Н., Севостьянов В.С., Сиваченко Л.А., Севостьянов М.В., Сиваченко Т.Л., Михайличенко С.А., Макридин А.А., Маншин А.С.. Оpubл. 27.03.2012. Бюл. № 9. 8 с.
6. Патент РФ № 2377070. Дезинтегратор. Гридчин А.М., Севостьянов В.С., Лесовик Р.В., Глаголев Е.С., Севостьянов М.В., Качаев А.Е., Солопов Н.В., Алфимова Н.И. Оpubл. 27.12.2009. 7 с.
7. Патент РФ № 2545252. Барабанно-винтовой сушильный агрегат для сушки гранулированных и сыпучих материалов. Севостьянов В.С., Ильина Т.Н., Севостьянов М.В., Кошуков А.В., Бабуков В.А., Емельянов Д.А. Оpubл. 27.03.2015. Бюл. №9. 6 с.
8. Патент РФ № 2473421. Способ формования техногенных материалов и пресс-валковый агрегат для его осуществления. Глаголев С.Н., Севостьянов В.С., Свергузова С.В., Шинкарев Л.И., Спирин М.Н., Фетисов Д.Д., Севостьянов М.В., Свергузова Ж.А. Оpubл. 27.01.2013. Бюл. №3. 10 с.
9. Патент РФ № 2204486. Вальцовый пресс для брикетирования порошкообразных материалов. Севостьянов В.С., Зубаков А.П., Бондаренко В.Н., Новиков Э.В., Севостьянов М.В. Оpubл. 20.05.2003. БИ № 14.
10. Патент РФ № 2207247. Пресс-валковый экструдер. Гридчин А.М., Севостьянов В.С., Лесовик В.С., Севостьянов М.В. и др. Оpubл. 27.06.2003. БИ № 18. 12 с.
11. Свидетельство на полезную модель РФ № 30244. Многоцелевой гранулятор. Гридчин А.М., Севостьянов В.С., Лесовик В.С., Севостьянов М.В. и др. Оpubл. 27.06.2003. БИ № 18. 4с.
12. Патент РФ № 135539. Гранулятор волокнистых материалов. Севостьянов М.В., Ильина Т.Н., Осокин А.В., Севостьянов В.С., Сабитов Р.А. Оpubл. 20.12.2013. Бюл. №35. 2с.
13. Патент РФ № 2412753. Вибрационно-центробежный гранулятор. Ильина Т.Н., Севостьянов М.В., Уральский А.В., Шкарпеткин Е.А. Оpubл. 27.02.2011. Бюл. №6. 8с.
14. Патент РФ № 2538579. Устройство для пневмо-механического гранулирования техногенных материалов. Севостьянов В.С., Ильина Т.Н., Севостьянов М.В., Емельянов Д.А., Кошуков А.В. Оpubл. 10.01.2015. Бюл. №1. 6с.
15. Патент РФ на полезную модель № 120374. Эжекционная машина для смешения и микрогранулирования техногенных материалов. Глаголев С.Н., Севостьянов В.С., Гридчин А.М., Севостьянов М.В., Ядыкина В.В., Катаев Ф.Е. Оpubл. 20.09.2012. Бюл. №26. 2с.
16. Заявка на патент РФ № 2015154259. Пневмомеханическое устройство для микрогранулирования дисперсных материалов. Глаголев С.Н., Севостьянов В.С., Ильина Т.Н., Севостья-



нов М.В., Шкарпеткин Е.А., Осокин А.В., Бойчук И.П., Емельянов Д.А. заявл. 16.12.2015. 7с.

---

**Sevostyanov M.V**

**THE RESOURCE-SAVING EQUIPMENT FOR THE INTEGRATED TECHNOGENIC MATERIALS RECYCLING**

*The complex influence of technogenic materials on the environment (air, soil, water) creates the ecological stress, which requires the prompt solutions. In this regard the necessity of industrial waste secondary use with the subsequent reproduction of the natural raw materials base and environmental protection against pollutions is very urgent.*

*This can be achieved as a result of developing the efficient technological methods of recycling technogenic materials and the technical facilities for implementing these methods. The application of advanced technologies in the sphere of scientific and technical business, small and medium business, taking into account such factors as energy and resource saving and the possibility of producing a wide range of items made of technogenic raw stuff is promising and relevant. The development and creation of light resource-saving and energy-saving complexes and modules, innovational equipment and patent-protected aggregates, the application of which provides the rational techniques of technogenic materials integrated recycling, contributes to the improvement of technical and economic efficiency of operating enterprises and to the reduction of environmental impact.*

**Key words:** resource-saving, briquetting, extrusion, granulation, technogenic materials, technological complex.

---

**Севостьянов Максим Владимирович**, кандидат технических наук, доцент кафедры технологических комплексов, машин и механизмов.

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

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

E-mail: msev31@mail.ru

# ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Науменко А. А., магистрант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ КРАУДСОРСИНГА ДЛЯ СНИЖЕНИЯ РИСКА ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

AlexANau@yandex.ru

*В статье приведены результаты работы над программным комплексом для реализации краудсорсинговой технологии снижения риска возникновения чрезвычайных ситуаций.*

*Разработка данного программного обеспечения вызвана потребностью уменьшения числа чрезвычайных ситуаций путем анализа угроз, а так же смягчения последствий чрезвычайных ситуаций за счет предупреждения добровольцев, пользующихся данной системой, и их привлечения к спасательным действиям.*

**Ключевые слова:** чрезвычайная ситуация, краудсорсинг, геопозиционирование событий, координация действий добровольцев, предупреждение чрезвычайных ситуаций.

**Введение.** Проблемы предупреждения чрезвычайных ситуаций (ЧС) и смягчения их последствий приобретают все более острый и актуальный характер [1]. Не только в России, но и во всем мире нарастает озабоченность в связи с возрастающим количеством ежегодно возникающих чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, увеличением их масштабов, ростом потерь и ущерба. Складывающаяся обстановка требует принятия мер по совершенствованию управления безопасностью [2, 3]. Но даже самые эффективные меры по предотвращению ЧС не могут свести риск их возникновения к нулю (принцип «ненулевого», «приемлемого» риска). Сегодня полностью исключить ЧС нельзя, но существенно снизить их число, уменьшить масштабы и смягчить последствия ЧС возможно с помощью метода краудсорсинга [4–6]. В мировой практике представлен богатый опыт краудсорсинговой работы для борьбы с чрезвычайными ситуациями.

**Краудсорсинг** для предупреждения чрезвычайных ситуаций – это технология информационного привлечения больших групп людей для выявления и анализа угроз возникновения ЧС и возможного участия в их ликвидации большого количества добровольцев [1]. Такие проекты представляют собой совместную работу на одном сайте добровольцев, анализирующих данные, поступающие от очевидцев, из интернета и других источников о событиях, которые могут вызвать ЧС. При этом добровольцем может стать любой заинтересованный человек. Чем больше людей участвует в проекте, тем более обширный круг задач они выполняют, а значит

службы быстрого реагирования МЧС получают максимально оперативную и достоверную информацию, а также посильную помощь добровольцев.

Во многих случаях при осуществлении краудсорсинговых проектов все данные фиксируются на единой карте. С помощью такого подхода в актуальном режиме видно, на каких участках возникает угроза развития ЧС. Добровольцы анализируют информацию, поступающую от очевидцев, а также из социальных сетей. Иногда мобильные операторы представляют специальные условия для того, чтобы потерпевшие в зоне чрезвычайной ситуации могли передавать сообщения на номер аналитического центра, обслуживающего интернет-портал. При этом применяются автоматизированные способы фильтрации информации.

Количество пользователей мобильного интернета в России продолжает увеличиваться с каждым годом. Рост продаж смартфонов влияет на этот процесс самым объективным образом, ведь большинство владельцев «умных» телефонов ежедневно подключаются с их помощью к сети.

В виду этого становится актуальным разработка приложения, которое смогло бы дать возможность всем активным заинтересованным людям, живущим вблизи потенциально опасных объектов, включиться в деятельность по предотвращению ЧС.

Приложение должно удовлетворять следующим требованиям:

- давать возможность пользователям системы производить на заданной территории по-

иск событий, инцидентов, нарушений, которые могут приводить к ЧС, фильтруя их по определенным критериям (категориям);

- давать возможность пользователям добавлять комментарии к событиям и их привязку на карте (геопозиционирование);
- информировать пользователей о возникающей ЧС и правилах поведения в конкретно сложившихся условиях;
- поддерживать связь пользователей с органами и лицами принимающими управленческие решения;
- приложение должно легко расширяться за счет мобильных клиентов, то есть иметь публичный набор готовых классов, процедур, функций, структур и констант, предоставляемых приложением для использования во внешних программных продуктах (API).

Для достижения этих результатов потребовалось решение ряда задач, среди которых: рассмотреть и сравнить аналоги, разработать функциональность системы, разработать архитектуру

приложения, а так же реализовать выполнение всех перечисленных выше функций.

**Основная часть.** Существует большое количество сервисов для координации взаимопомощи добровольцев. Рассмотрим некоторые из них:

1. «Виртуальная рында»(OPENRYNDA) – это средство для координации взаимопомощи, задача которого – раскрыть потенциал российского сетевого сообщества в области сотрудничества между пользователями Интернета и различными организациями (рис.1).

Сайт позволяет каждому сообщить о своей беде или желании помочь через различные каналы (Интернет, мобильная связь). Затем такие сообщения систематизируются и наносятся на карту.

Так сообщение поступает в публичное пространство и позволяет привлечь внимание общественности к разного рода событиям и проблемам. Сбор, анализ, обработка и предоставление такой информации помогают максимально эффективно связать участников событий с теми, кто может им помочь.

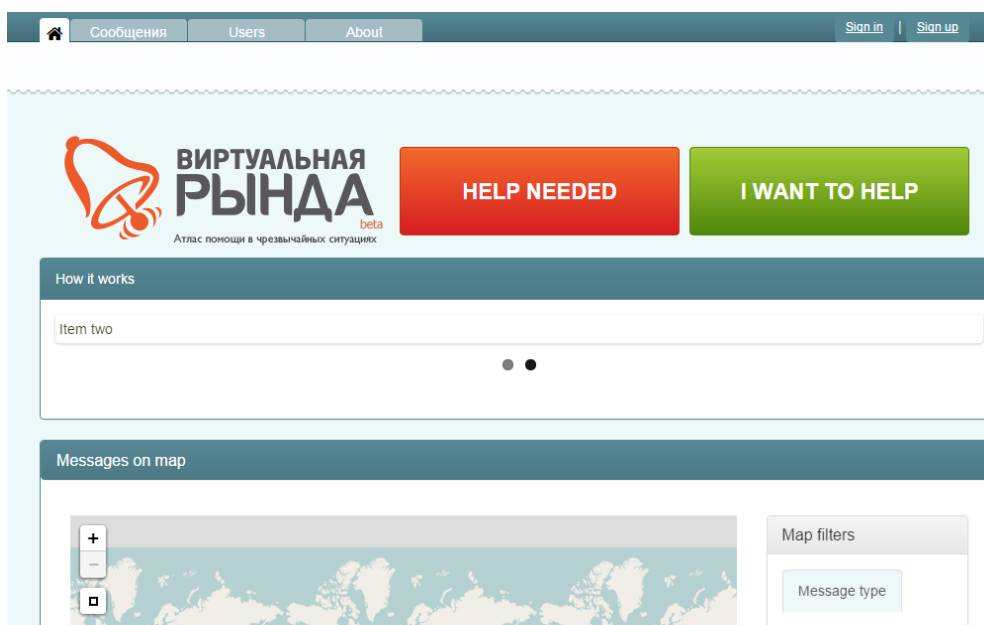


Рис. 1. Скриншот сайта «Виртуальная рында»

Достоинства системы: поиск событий через карту, возможность обмениваться сообщениями, геопозиционирование.

Недостатки: отсутствие мобильной версии, нет интерфейса программирования приложений (англ. *application programming interface, API*).

2. «ТУГЕЗА» – платформа для организации сообщества неравнодушных людей, которым нравится делать хорошие дела. Люди заходят на сайт, смотрят, какая акция проходит на данный момент. Если им нравится эта идея, они

присоединяются либо финансово, либо участвуют. Скриншот сайта представлен на рис. 2.

Достоинства системы: возможность обмениваться сообщениями.

Недостатки: отсутствие мобильной версии, отсутствует API, нет геопозиционирования.

3. «ГАЛАС» – проект создан на волонтерских началах. «ГАЛАС» не предназначен для сбора средств и финансирования каких-либо мероприятий; его главная и единственная задача – это координация взаимопомощи, путем приема сообщений от тех, кто нуждается в помощи и

тех, кто может ее оказать. Темы сообщений различны: это может быть помощь в чрезвычайных ситуациях, решение гражданских вопросов или товарищеская поддержка. На сайте есть еще од-

на опция: пользователи могут вести собственные репортажи с места событий, отмечая их на карте. Скриншот сайта представлен на рис. 3.



Рис. 2. Скриншот сайта together.ru

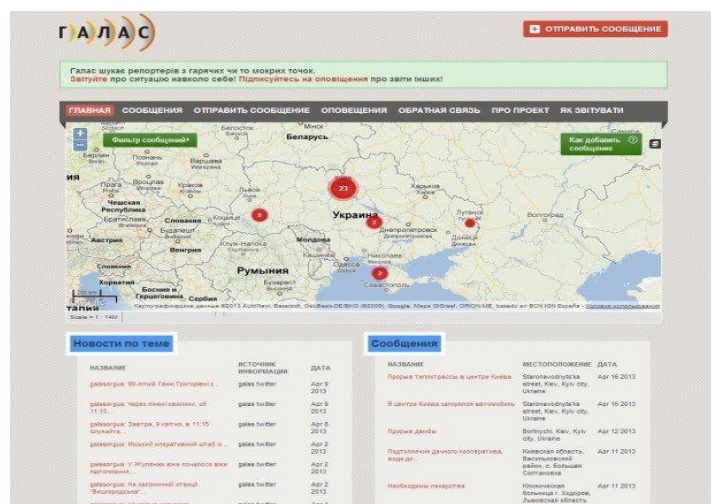


Рис. 3. Скриншот сайта «ГАЛАС» (украинская карта взаимопомощи)

Достоинства системы: поиск событий через карту, возможность обмениваться сообщениями, геопозиционирование.

Недостатки: отсутствие мобильной версии, нет API.

4. «TEAM112». Информация о текущей ситуации формируется на основе сведений, собранных самими пользователями. Правда, в отличие от полностью «народных» ресурсов, про-

ект предоставляет пользователям доступ к космическим снимкам, снимкам с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), записям авторегистраторов и другим источникам пространственных данных. Кроме того, ведется мониторинг сообщений о чрезвычайных ситуациях в популярных социальных сетях. Скриншот сайта представлен на рис. 4.

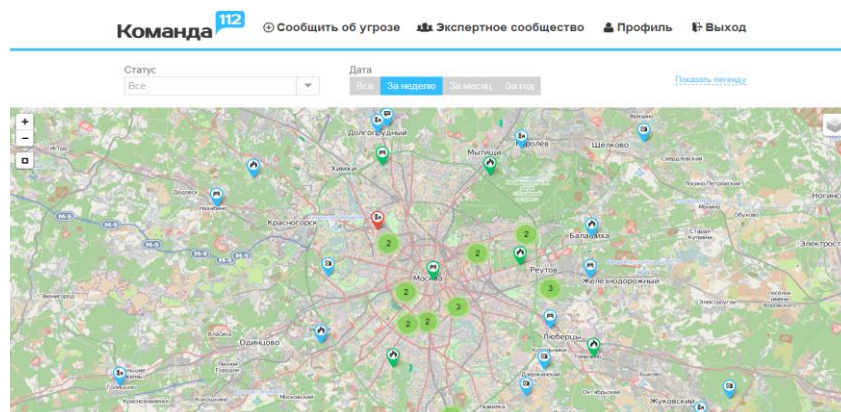


Рис. 4. Скриншот сайта Team112

Финансирование проекта осуществляется Фондом перспективных исследований (ФПИ) России в интересах МЧС, его официальное название «Система коллективной обработки пространственных данных». Реализация этого проекта позволит всем желающим отправлять информацию о чрезвычайных ситуациях всех типов на специальный интернет-портал team112.ru и самостоятельно оценивать степень угрозы с помощью специальных приложений.

Достоинства: поиск событий через карту, возможность обмениваться сообщениями, геопозиционирование.

Недостатки: отсутствие мобильной версии, нет API.

Приведенные сервисы не удовлетворяют всем требованиям, описанным выше. Разработка системы, удовлетворяющей вышеуказанным

требованиям, необходима и актуальна. Поэтому было принято решение разработать собственный сервис.

При проектировании программной системы были выделены следующие подсистемы:

- Ядро подсистемы, отвечающей за представление предметной области;
- API;
- Клиентская часть приложения, с которой непосредственно взаимодействует пользователь через браузер;
- Клиентская часть приложения, с которой непосредственно взаимодействует пользователь через мобильный клиент на платформе Android.

Архитектура такой системы представлена на рис. 5.

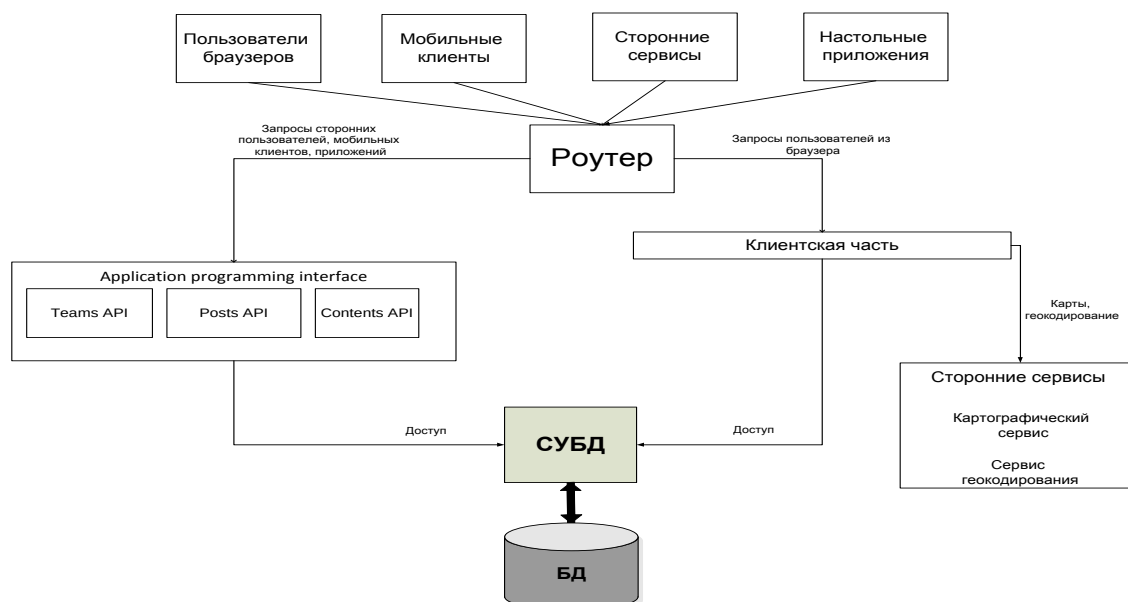


Рис. 5. Архитектура программного обеспечения разрабатываемой системы

Разработанная система представляет собой объединение 3 частей: клиентских web, android и серверной. Каждая из них написана на своем языке, с использованием различных подходов, средств, методов и библиотек. Таким образом, программную реализацию можно представить в виде трех непересекающихся разделов, описывающих соответственно реализацию серверной и клиентской частей.

**Клиентская web-часть.** Реализация клиентской части выполнялась с использованием языка JavaScript. Данный факт обусловил использование событийно ориентированного программирования.

Все современные браузеры позволяют, используя JavaScript, обрабатывать различные события от пользователя. Были использованы до-

полнительно библиотека jQuery и библиотека для работы с картами JavaScript API (Яндекс.Карты)

**Серверная часть.** Для разработки серверного кода используется язык Java[7].

Диаграмма классов унифицированного языка моделирования (англ. Unified Modeling Language, UML) серверной части представлена на рис. 6.

**Клиентская мобильная часть.** Для разработки клиентского кода используется язык Java [7, 8]. UML- диаграмма классов Android-части приложения представлена на рисунке 7. Были дополнительно использованы библиотеки Android support library v7 и Yandex Map Kit для отображения мобильных карт.

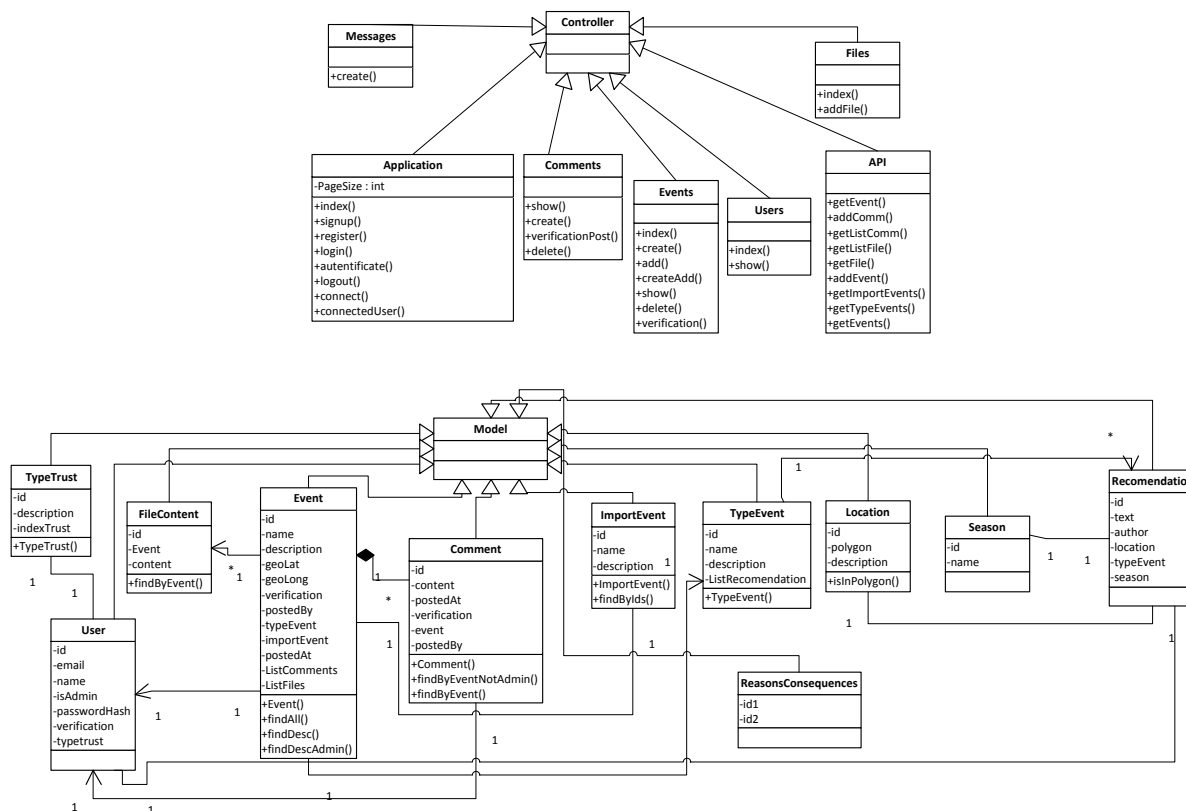


Рис. 6. UML-диаграмма классов серверной части

Разработанная система отвечает все необходимым требованиям. Система позволит своевременно информировать пользователей о новых событиях через приложение на смартфоне под управлением ОС Android. Так же новое событие отобразится в браузере пользователя без

перезагрузки страницы посредством технологии обращения к серверу без перезагрузки страницы (аббревиатура от «Asynchronous Javascript And Xml», AJAX). На рис. 8 представлен web-интерфейс разработанной системы. На рис. 9 представлен интерфейс android-приложения.

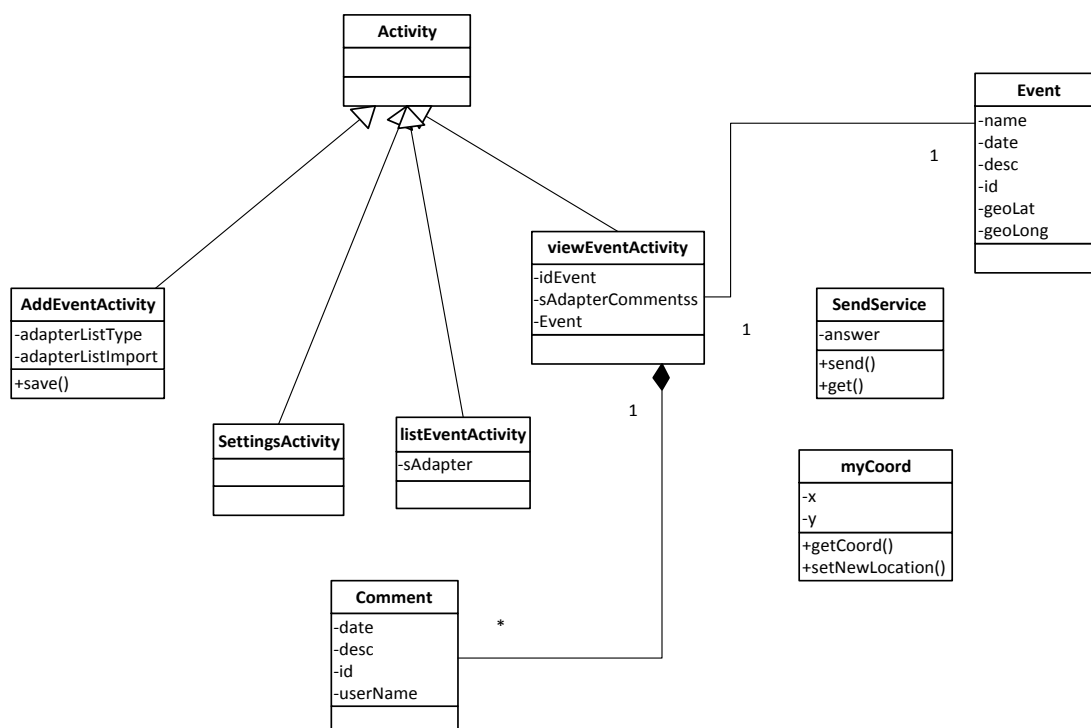


Рис. 7. UML-диаграмма классов клиентской Android-части



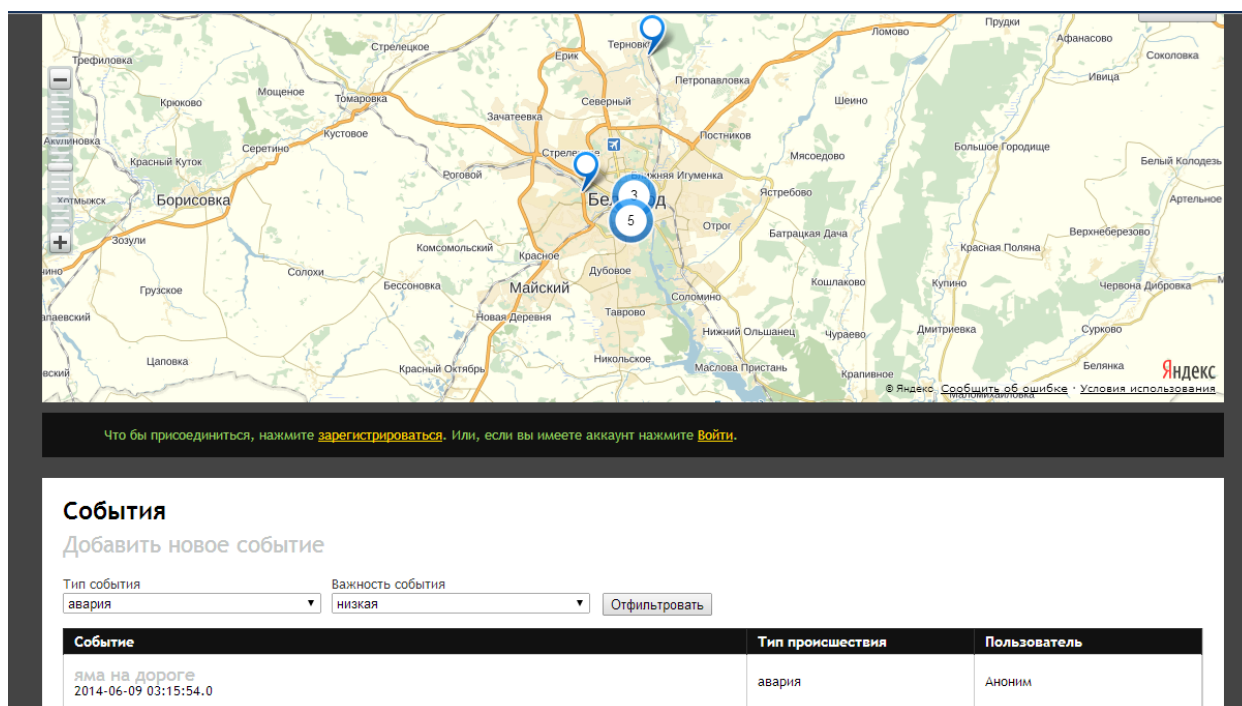


Рис. 8. Страница списка событий (карта)

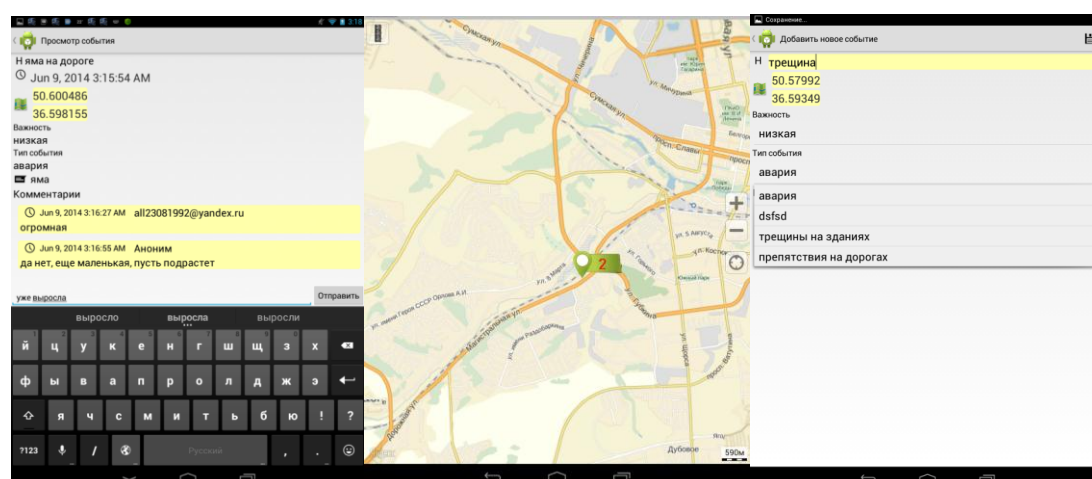


Рис. 9. Просмотр события на мобильном клиенте с возможностью добавления комментария

### Выводы:

1. Разработанная система позволяет привлечь местное население к раннему выявлению и своевременному информированию служб быстрого реагирования о признаках, опасностях и угрозах возникновения чрезвычайных ситуаций (террористических нападений, пожаров, аварий на инженерных сетях, оборудованиях и др.).

2. Система предоставляет возможность организации, оповещения и координации действий неравнодушных граждан – добровольцев, готовых оказать свою помощь при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций.

3. Внедрение этой системы будет способствовать снижению риска возникновения чрезвычайных ситуаций различного характера.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Воробьев Ю.Л. Основы формирования и реализации государственной политики в области снижения рисков чрезвычайных ситуаций. М.: ФМД «Деловой экспресс», 2000. 248 с
2. Шаптала В.Г., Шаптала В.В., Радоуцкий В.Ю. Применение нейросетевых технологий для прогнозирования чрезвычайных ситуаций // Вестник Белгородский государственный университет им. В.Г. Шухова. 2011. №2. С. 152–154.
3. Шаптала В.Г., Радоуцкий В.Ю. Математическое моделирование, как инструмент анализа и прогнозирования чрезвычайных ситуаций // Вестник Белгородский государственный университет им. В.Г. Шухова. 2012. №1. С. 161–164.
4. Howe, J. The Rise Crowd-sourcing. Wired magazine, 2006.



5. Портал крауд-сервисов. Crowdsourcing.ru. Электрон. дан. 2015. Режим доступа: Crowdsourcing.ru

6. Свободная энциклопедия Wikipedia: ресурс содержит энциклопедическую информацию, создаваемую пользователями. Электрон. дан. 2015. Режим доступа: <http://www.wikipedia.org>.

7. Джошуа Б. Java. Эффективное программирование. 2-е изд. М.: Вильямс, 2014. 440 с.

8. Коматинени С., Маклин Д. Android 4 для профессионалов. Создание приложений для планшетных компьютеров и смартфонов. М.: Вильямс, 2012. 880 с.

---

**Naumenko A.A.**

**CROWDSOURCING TECHNOLOGY APPLICATION TO REDUCE THE RISK OF EMERGENCIES**

*The results of the work on the software package to implement crowdsourcing technology to reduce the risk of emergency situations.*

*The development of this software caused by the need to reduce the number of emergency situations by analyzing the threats, as well as disaster mitigation by preventing volunteers, using this system, and their involvement in the rescue operation.*

**Key words:** *emergency, crowdsourcing, geolocation of events, coordination of volunteers, prevention of emergency situations.*

---

**Наumenko Александр Александрович**, магистрант кафедры программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем.

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

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

E-mail: AlexANau@yandex.ru

Суслов Д.Ю., канд. техн. наук, доц.,  
Темников Д.О., магистрант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ СУБСТРАТА В БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВКАХ\*

suslov1687@mail.ru

В последнее время в Российской Федерации наблюдается развитие систем альтернативной энергетики – биогазовых технологий. При этом для интенсификации процесса получения биогаза установки оснащают системами обогрева и перемешивания. Разработана компьютерная модель биореактора с механическим перемешиванием субстрата, как наиболее широко применяемым в биогазовых установках. Произведено моделирование процесса перемешивания биомассы в многофункциональном комплексе ANSYS, в результате которого определены направление и составляющие скорости потока при механическом способе перемешивания. Установлено, что в верхней части биореактора биомасса практически не движется, при этом в нижней части биореактора наблюдается двукратное превышение допустимых скоростей.

**Ключевые слова:** компьютерное моделирование, механическое перемешивание, биореактор.

**Введение.** В последнее время на территории РФ в сельском хозяйстве начали внедряться биогазовые станции и установки, основной задачей которых является утилизация органических отходов [1, 2]. Утилизация происходит за счет активной жизнедеятельности микроорганизмов, которые переваривают белки, жиры, углеводы. Что бы обеспечить комфортную среду для размножения и жизнедеятельности микроорганизмов, необходимо поддерживать определенный, равномерный уровень температуры и распределение бактерий по всему объему биомассы. Для решения данных проблем применяют различные системы перемешивания, при этом в биогазовых установках наибольшее применение получил механический способ [2].

Известно, что для комфортного размножения бактерий, накладываются определенные ограничения, а именно: скорость движения потоков биомассы не должна превышать 0,6 м/с, а направление потоков рекомендуется создавать за счет тангенциальных и аксиальных скоростей [3]. Это обосновывается градиентом плотностей в вертикальной плоскости реактора, а также возможностью создания плавающей корки, препятствующей выходу газа. Поэтому актуальным является исследование скорости и направления движения биомассы при механическом перемешивании. Эффективным методом исследования гидродинамики двухфазных потоков, получившим в последнее время широкое применение, является компьютерное моделирование [4–6].

**Методология.** В работе использовались методы математического и компьютерного моделирования. Для создания модели биореактора использовался программный комплекс SolidWorks 2015 – САПР. Моделирование процесса перемешивания производилось методом Sliding-

mesh MRF вращения в программном пакете ANSYS FLUENT 15.0.7.

**Основная часть.** Разработан биореактор, представляющий собой резервуар цилиндрической формы с расположенной внутри мешалкой (рис. 1).

Биореактор заполнен до высотной отметки 2,2 метра. В качестве перемешиваемой среды была выбрана жидкость с плотностью  $\rho = 1016,04 \text{ м}^3/\text{кг}$  и динамической вязкостью  $\mu = 0,45 \text{ Па}\cdot\text{с}$ , что соответствует навозу крупного рогатого скота влажностью 92 % при температуре 37 °С.



Рис. 1. Модель биореактора с мешалкой

Математическая постановка.

Движение вязкой, несжимаемой жидкости описывается уравнением Навье-Стокса и уравнением неразрывности:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho u_i) + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho u_i u_j) = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \mu \left( \frac{\partial^2 u_i}{\partial x_j^2} + \frac{\partial^2 u_j}{\partial x_i^2} \right) + f_i \quad (1)$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho u_j) = 0 \quad (2)$$

где  $i, j = 1, 2, 3$ , предполагается суммирование по одинаковым индексам,  $x_1, x_2, x_3$  – пространственные координаты,  $t$  – время,  $f_i$  – массовые силы.

В этой системе уравнений независимыми искомыми параметрами являются 3 компоненты скорости и давление  $p$ .

В качестве граничного условия задается условие прилипания на всех твердых стенках: поверхность емкости и мешалки:

$$u_i|_{\Omega} = 0 \quad (3)$$

Аналитическое решение уравнений (1, 2) возможно только для локальных задач (течение Пуазейля и плоское течение Куэтта), поэтому более сложные задачи выполняют численным решением.

Из множества программ, для решения задач CFD, был выбран коммерческий пакет ANSYS FLUENT 15.0.7.

Из физической постановки следует, что рассматриваемая задача перемешивания нестационарная, т.к. имеется подвижный элемент-

мешалка, которая вращается с постоянной угловой скоростью в неподвижной системе отсчета.

Наличие пакета FLUENT в ANSYS R15 позволяет смоделировать движущуюся систему отсчета и тем самым решить задачи, в которых имеются движущиеся части. Это делается путем установки в выбранных зонах ячеек движущейся системы отсчета. Когда используется движущаяся система отсчета, уравнения движения преобразуются путем введения дополнительных членов ускорения, которые появляются из-за преобразования неподвижной системы отсчета в движущуюся систему отсчета. Решая эти уравнения установившемся способом, может быть смоделирован поток вблизи движущихся частей.

В нашей задаче использовалось MRF моделирование (Multiple Reference Frame), позволяющее смоделировать вращение движущихся частей с одновременным выходом из них газа.

Рассмотрим систему координат, которая вращается с постоянной угловой скоростью относительно неподвижной системы отсчета как показано на рисунке 2. Вектор  $\vec{r}_0$  показывает начало вращающейся системы координат.

Ось вращения задается единичным вектором направления  $\hat{a}$  так, что бы:

$$\vec{\omega} = \omega \cdot \hat{a} \quad (4)$$

В CFD задачах вычислительная область позиционируется относительно вращающейся системы координат так, чтобы любая точка в области вращения определялась вектором  $\vec{r}$  из начала вращающейся системы.

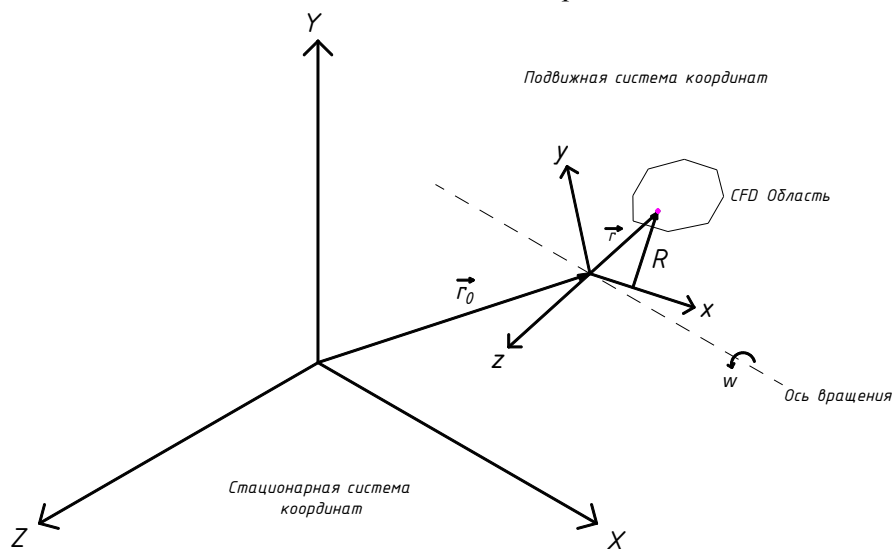


Рис. 2. Вращающаяся система отсчета относительно неподвижной

Переместить скорость движения жидкости из неподвижной системы в подвижную можно за счет применения следующего отношения:

$$\vec{v}_r = \vec{v} - \vec{u}_r \quad (5)$$

$$\vec{u}_r = \omega \cdot \vec{r} \quad (6)$$

где  $\vec{v}_r$  – относительная скорость, рассматриваемая относительно вращающейся системы координат,  $\vec{v}$  – абсолютная скорость относительно стационарной системы,  $\vec{u}_r$  – скорость «вихря»,

возникающего из-за движущейся системы отсчета.

Число Рейнольдса  $Re$  при течении в трубе определяется соотношением:

$$Re = \frac{ud_0\rho}{\mu} \quad (7)$$

где  $u$  – средняя скорость движения жидкости в трубе;  $d_0$  – внутренний диаметр трубы;  $\rho$  – плотность.

Для процессов, осуществляемых в аппаратах для перемешивания жидкостей, трудно определить критерии, в состав которых входит скорость  $u$ . Распределение скоростей в аппаратах с мешалками носит очень сложный характер, и в этом случае применять среднюю скорость  $u$  как при течении жидкости в трубе невозможно. Поэтому используют условную скорость, равную окружной скорости конца лопастей мешалки, опуская множитель  $\pi = 3,14$ .

Для течения жидкости в аппаратах с мешалками принимают условно  $\omega = \pi nd_m$ , и  $d_0 = d_m$  (диаметр мешалки) [19]. После исключения множителя  $\pi = 3,14$  как постоянной величины получаем:

$$Re = \frac{nd_m^2\rho}{\mu} \quad (8)$$

Для создания модели использовался программный комплекс SolidWorks 2015 – САПР, предназначенная для разработок изделий любой степени сложности и назначения.

Расчетная модель состоит из 3-х элементов:  
– перемешивающее устройство;

– емкость биореактора;

– область вращения, обусловленная принципом работы sliding-mesh вращения в FLUENT.

Емкость биореактора разбита на две части. В нижней части расположена область вращения. Это позволяет детализировать расчетную сетку в зоне возможной турбулентности, возникающей вне области вращения тем самым уточнив расчет.

Наиболее важным этапом при численном расчете любой задачи является качество построенной сетки. В нижней части емкость биореактора и в зоне вращения использовались ячейки в форме tetraider, это обеспечивает лучшую сходимость при коэффициенте турбулизации выше 1000. Минимальный размер ячеек  $2,3e-2$ .

В верхней части емкости биореактора использовались ячейки в форме hexaeder, обеспечивающие лучшую сходимость при низких значениях турбулизации. Максимальное значение ячеек –  $5e-2$ .

Число ячеек составило более 2 млн. единиц. При построении сетки использовалась размерная функция, которая позволила наложить более детальную сетку вблизи мешалки, так как в этих областях предполагаются наибольшие градиенты скорости и давления.

Был произведен расчет на сходимость заданных параметров, одним из показателей качества моделирования является плавное понижение экспоненты, без резких скачков и провалов (см. рис. 3).

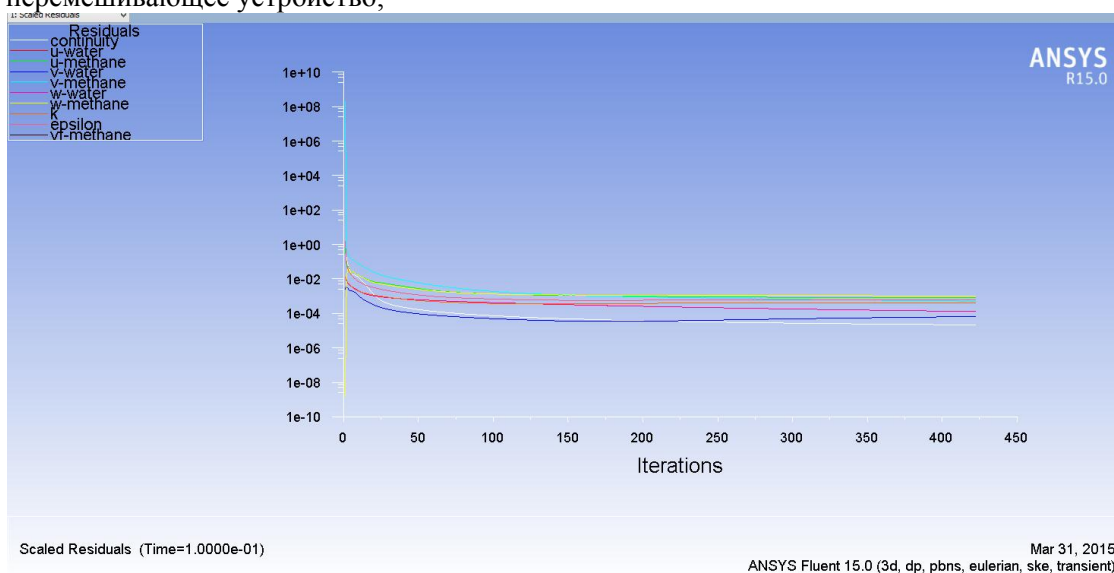


Рис. 3. График сходимости невязок методом конечных объемов

Расчет производился для  $Re = 4077,12$ , в результате которого было получено значение угловой скорости  $\omega = 3$  рад/с. В качестве режима движения жидкости использовалось уравнение

Эйлера. Сходимость достигнута на 430 итерации.

Результаты моделирования распределения скоростей представлены на рисунке 4.

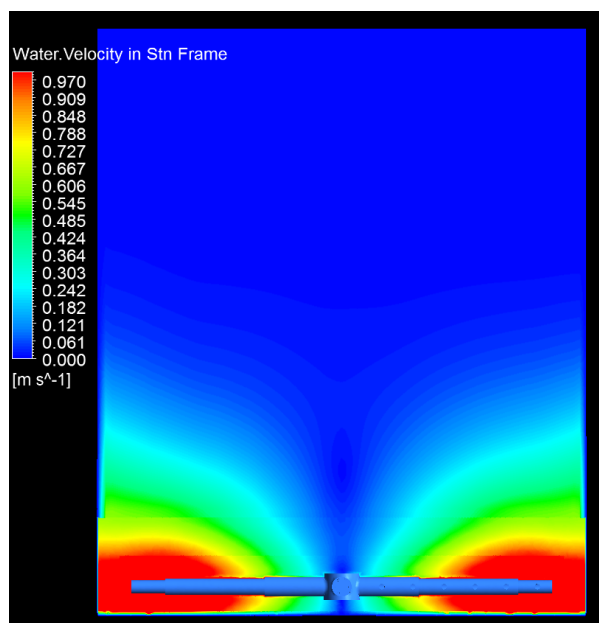


Рис. 4. Скорости движения биомассы при механическом перемешивании

Как видно из рисунков в верхней части биореактора биомасса практически не движется, вследствие чего возникают застойные зоны, уменьшающие эффективность работы биореактора и препятствующие выходу газа. Кроме того в нижней части биореактора наблюдается двукратное превышение допустимых скоростей (0,8-0,9 м/с), что негативно сказывается на жизнедеятельности метанообразующих бактерий.

**Выводы.** Разработана компьютерная модель биореактора получения биогаза с механическим перемешиванием. Произведено моделирование процесса перемешивания биомассы в биореакторе в многофункциональном комплексе ANSYS. Получены составляющие скорости

движения потока биомассы при механическом способе перемешивания.

\*Работа выполнена в рамках реализации стипендии Президента Российской Федерации СП – 1716.2015.1.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Евстуничев М.А., Ильина Т.Н. Особенности сырьевой базы Белгородской области для производства биогаза // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 5. С. 170–173.
2. Сулов Д.Ю. Получение биогаза в биореакторе с барботажным перемешиванием: диссертация ... кандидата технических наук: 05.17.08 // Ивановский государственный химико-технологический университет. Белгород, 2013.
3. Эдер Б., Шульц Х. Биогазовые установки // перевод с нем. компании «Zorg Biogas»: 2008. 268 с.
4. Feoktistov A. Yu., Staroverov S. V., Gol'tsov A. B., Kireev V. M. Design of aspiration shelters for constricted conditions // Chemical and Petroleum Engineering. 2013. Т. 49. №. 3-4. pp. 261–264.
5. Шаптала В.Г., Шаптала В.В., Сулов Д.Ю. Вопросы моделирования и расчета барботажных реакторов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. №5. С. 189–192.
6. Кафаров В.В., Винаров А.Ю., Гордеев Л.С. Моделирование биохимических реакторов. М., Лесная пром-сть, 1979. 344 с.

**Suslov D. Yu., Temnikov D.O.**

## COMPUTER SIMULATION OF THE MIXING OF THE SUBSTRATE IN BIOGAS PLANTS

*Recently in the Russian Federation observed the development of systems of alternative energy - biogas technology. At the same time to intensify the process of obtaining biogas installation equipped with heating systems and mixing. A computer model of a bioreactor with mechanical stirring of the substrate, the most widely used in biogas plants. Produced simulation of mixing biomass in the multifunctional complex ANSYS, in which determine the direction and flow rate of components under mechanical mixing method. It was established that in the top of the reactor biomass hardly moves, while at the bottom of the reactor there is a two-fold overspeed.*

**Key words:** computer modeling, mechanical stirring, bioreactor.

**Сулов Денис Юрьевич**, канд. техн. наук, доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.  
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.  
E-mail: suslov1687@mail.ru

**Темников Дмитрий Олегович**, магистрант кафедры теплогазоснабжения и вентиляции. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.  
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.  
E-mail: leovante@live.ru

Редькин Г.М., д-р техн. наук, проф.,  
Коновалов А.В., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗОНЫ ВЛИЯНИЯ ПРОБЫ

alexander.v.kononov@yandex.ru

*На основе математического моделирования анизотропии изменчивости геологического показателя предложен новый метод определения зоны влияния пробы. Данная зона ограничена зависящим от направления радиусом корреляции и представляет собой область, ограниченную подерой.*

**Ключевые слова:** неоднородность оруденения, геологический показатель, проба, изменчивость, анизотропия, корреляция, вектор, матрица, тензор, подера.

Оценки геологических показателей и их погрешностей зависят от геологических и технологических факторов, а достоверность оценок от адекватного отражения используемым математическим аппаратом геолого-технологических факторов.

Геологические факторы представляют собой особенности внутреннего строения месторождений полезных ископаемых, связанные с периодами формирования залежей и воздействием диагенеза, эпигенеза, метаморфизма, тектонических деформаций, процессов трещинообразования. Внутреннее строение залежей характеризуется варьированием от непрерывного оруденения до крайне неравномерной дискретной минерализации.

Непрерывность оруденения участков недр может быть изотропно-однородной. В этом случае зона влияния пробы простирается на некоторое одинаковое расстояние во всех направлениях (окружность, сфера – частный случай подеры, подероида). Но чаще всего оруденение анизотропно-неоднородное и зона влияния пробы зависит от направления в пространстве. При крайне неравномерном оруденении зона влияния пробы практически ограничивается её объёмом.

Технологические факторы представляются формой, размерами проб и расстояниями между пробами. Большим размерам проб отвечают большие зоны их влияния.

Количественное описание свойств оруденения недр выражается понятием изменчивости геологических показателей. Под изменчивостью понимают принятие геологическим показателем в разных точках пространства различных значений. В зависимости от характеристик оруденения изменчивость проявляется как случайная, либо коррелированная, либо координированная (функциональная). Причём коррелированная изменчивость представляется коррелированной изотропной и коррелированной анизотропной изменчивостями.

Крайне неравномерному оруденению, либо большим расстояниям между пробами отвечает

случайная изменчивость геологических показателей. Для описания случайной изменчивости применяют аппарат математической статистики следующим образом. Данные опробования отождествляют со взаимно-независимыми значениями случайной величины, которая полностью определяется законом распределения вероятности и основными характеристиками математическим ожиданием и дисперсией.

Непрерывному оруденению в пределах зон влияния проб соответствуют коррелированная, либо координированная изменчивости геологических показателей. Математическое моделирование коррелированной изотропной изменчивости осуществляется на основе стационарных эргодических случайных функций, основной характеристикой которых является корреляционная функция. Корреляционная функция отражает связи между значениями переменной, устанавливает предельные расстояния распространения этих связей и на её основе определяют оценки и погрешности оценок геологических показателей.

Коррелированную анизотропную изменчивость описывают математическими нестационарными анизотропными моделями путём отождествления значений геологического показателя с реализацией нестационарной случайной функцией, которая в каждом фиксированном направлении представляет собой стационарную эргодическую функцию [1]. При этом корреляционная функция выражается тензором второго ранга, который описывает анизотропную структуру связей поля значений геологического показателя.

В случае координированной изменчивости значения геологического показателя интерполируют полиномами различных степеней. Погрешности интерполирования называют ошибками аналогий и выражают их разностями на порядок выше степени интерполяционного многочлена [1].

Исходя из изложенного, актуальна проблема определения зон влияния проб. Ввиду того, что изотропная изменчивость является частным



случае анизотропной изменчивости показателей, будем решать эту проблему для коррелированной анизотропной изменчивости.

Не ограничивая общности, рассмотрим решение данной проблемы в плоскости, что отве-

чает погоризонтному изучению геологических показателей и обработке полезных ископаемых. Согласно [1] анизотропная изменчивость геологического показателя выражается в векторно-тензорной форме

$$K(h; \alpha) = \bar{n} \cdot K(h) \cdot \bar{n}^T = (\cos \alpha; \sin \alpha) \begin{pmatrix} K_{xx}(h) & K_{xy}(h) \\ K_{yx}(h) & K_{yy}(h) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \alpha \\ \sin \alpha \end{pmatrix}, \quad (1)$$

где  $K(h; \alpha)$  – корреляционная функция, описывающая силу связей между значениями геологического показателя в зависимости от шага  $h$  и направления в плоскости  $\alpha$ ;  $K(h)$  – тензор второго ранга, выраженный в выбранной на месторождении системе координат квадратной неособенной симметричной матрицей;  $\bar{n}, \bar{n}^T$  – соответственно единичный и транспонированный единичный векторы направляющих косинусов;  $K_{xx}(h), K_{yy}(h)$  – корреляционные функции, отражающие связи между значениями геологического показателя в зависимости от шага  $h$  соответственно по направлениям осей  $Ox$  и  $Oy$ ;  $K_{xy}(h) = K_{yx}(h)$  – зависящие от шага  $h$  ковари-

ационные функции, отражающие связь значений геологического показателя между направлениями в плоскости.

Главные (собственные) оси тензора  $K(h)$  являются главными осями анизотропии коррелированной изменчивости. Приведём тензор  $K(h)$  к главным осям и получим [1] направления наибольших и наименьших связей

$$\tan \varphi_{1,2}(h) = \frac{\lambda_{1,2}(h) - K_{xx}(h)}{K_{xy}(h)} = \frac{K_{xy}(h)}{\lambda_{1,2}(h) - K_{yy}(h)}, \quad (2)$$

и корреляционные функции, отражающие экстремальные значения связей по этим направлениям

$$\lambda_{1,2}(h) = \frac{K_{xx}(h) + K_{yy}(h)}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{K_{xx}(h) - K_{yy}(h)}{2}\right)^2 + K_{xy}^2(h)}. \quad (3)$$

Тогда корреляционная функция (1) в системе главных осей  $Ox'y'$  примет наиболее простую каноническую форму

$$K(h; \alpha') = \bar{n}(\alpha') \cdot K'(h) \cdot \bar{n}^T(\alpha') = (\cos \alpha'; \sin \alpha') \begin{pmatrix} \lambda_1(h) & 0 \\ 0 & \lambda_2(h) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \alpha' \\ \sin \alpha' \end{pmatrix}, \quad (4)$$

где  $\alpha'$  – определяющий направление угол в системе координат главных осей;  $\lambda_1(h), \lambda_2(h)$  – корреляционные функции в направлениях главных осей, отражающие наибольшие и наименьшие связи по этим направлениям.

Обозначим через  $r(\alpha')$  значение радиуса корреляции в направлении  $\alpha'$ . Радиус корреляции должен удовлетворять двум условиям:

1. Корреляционные функции  $\lambda_1(h)$  и  $\lambda_2(h)$  соответственно определяют радиусы корреляций  $r_1$  и  $r_2$ , которые принимают наибольшее и наименьшее значения и устанавливают предельные расстояния распространения связей между значениями геологического показателя по направлениям осей (2). Поэтому

$$\min\{r_1; r_2\} \leq r(\alpha') \leq \max\{r_1; r_2\}. \quad (5)$$

2. Из симметричности связей (4) относительно главных осей следует симметрия значений радиусов корреляции, т.е.

$$K(h; \alpha') = K(h; -\alpha') \Rightarrow r(\alpha') = r(-\alpha'). \quad (6)$$

Получим выражение для радиуса корреляции  $r(\alpha')$ . Поставим в соответствие экстремальным значениям  $r_1$  и  $r_2$  вектор

$$\bar{r} = (r_1; r_2). \quad (7)$$

Найдём проекцию вектора (7) на направление  $\alpha'$ , которая выражает значение радиуса корреляции в направлении  $\alpha'$  и равна скалярному произведению векторов  $\bar{r}$  и  $\bar{n}(\alpha') = (\cos \alpha'; \sin \alpha')$

$$r(\alpha') = n_{\alpha'} \bar{r} = \bar{r} \cdot \bar{n}(\alpha') = r_1 \cos \alpha' + r_2 \sin \alpha'. \quad (8)$$

Проекция (8) точно отражает значения радиусов корреляции в направлениях главных осей изменчивости  $r(0) = r_1$  и  $r\left(\frac{\pi}{2}\right) = r_2$ . Однако по другим направлениям  $0 < \alpha' < \frac{\pi}{2}$  приближённо и не удовлетворяет условию (5). Действительно, при  $\alpha' = \arctg\left(\frac{r_2}{r_1}\right)$  получим

$$r(\alpha') = \sqrt{r_1^2 + r_2^2}, \quad \text{что превышает и } r_1 < \sqrt{r_1^2 + r_2^2}, \text{ и } r_2 < \sqrt{r_1^2 + r_2^2}.$$

Тем не менее, на базе векторного представления радиуса корреляции (7), (8) перейдём к более сложному выражению радиуса корреляции, основанному на тензоре второго ранга, который может, удовлетворяя свойствам (5), (6), адекватно выразить радиус корреляции в зави-



симости от направления  $\alpha'$ . Возведём в квадрат проекцию (8)

$$r^2(\alpha') = r_1^2 \cos^2 \alpha' + r_1 \cdot r_2 \sin 2\alpha' + r_2^2 \sin^2 \alpha', \quad (9)$$

который также содержит указанную в проекции (8) погрешность. Исключим её следующим образом. Потребуем, чтобы равенство (9) удовлетворяло свойству (6). Для этого вычислим его в симметричном относительно главной оси  $Ox'$  направлении ( $-\alpha'$ )

$$r^2(-\alpha') = r_1^2 \cos^2 \alpha' - r_1 \cdot r_2 \sin 2\alpha' + r_2^2 \sin^2 \alpha', \quad (10)$$

вычтем его из равенства (9) и в силу требования свойства (6) получим

$$2 \cdot r_1 \cdot r_2 \sin 2\alpha' = r^2(\alpha') - r^2(-\alpha') \equiv 0. \quad (11)$$

Тогда из равенства (9) с учётом (11) определим выражение квадрата радиуса корреляции в зависимости от направления  $\alpha'$

$$r^2(\alpha') = r_1^2 \cos^2 \alpha' + r_2^2 \sin^2 \alpha'. \quad (12)$$

Выражение (12) целесообразно представить в тензорной (матричной) форме. Обозначим через  $R'$  тензор корреляции, представленный в главных осях  $Ox'y'$  тензора  $K(h)$  неособенной диагональной матрицей, и единичный вектор направляющих косинусов  $\bar{n}^T(\alpha')$ , полученный транспонированием орта  $\bar{n}(\alpha')$ :

$$R' = \begin{Bmatrix} r_1^2 & 0 \\ 0 & r_2^2 \end{Bmatrix} \text{ и } \bar{n}^T(\alpha') = \begin{pmatrix} \cos \alpha' \\ \sin \alpha' \end{pmatrix}. \quad (13)$$

Тогда из равенства (12) выразим радиус корреляции в зависимости от направления  $\alpha'$  через скалярное произведение тензора корреляции  $R'$  и единичных векторов направляющих косинусов  $\bar{n}(\alpha')$ ,  $\bar{n}^T(\alpha')$ :

$$r(\alpha') = \left( (\cos \alpha'; \sin \alpha') \cdot \begin{Bmatrix} r_1^2 & 0 \\ 0 & r_2^2 \end{Bmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \cos \alpha' \\ \sin \alpha' \end{pmatrix} \right)^{\frac{1}{2}}. \quad (14)$$

Легко увидеть, что радиус корреляции (12), (14) удовлетворяет свойству (6)  $r(\alpha') = r(-\alpha')$ , а из теории матриц [2] следует, что стоящие на главной диагонали элементы  $r_1^2$  и  $r_2^2$  тензора корреляции  $R'$  (13), (14) являются экстремальными значениями выражений (12), (14), т.е. выполняется условие (5).

Формулы (12), (14) выражают зависимость радиуса корреляции  $r(\alpha')$  от направления  $\alpha'$  в системе главных осей  $Ox'y'$  тензора  $K(h)$  и, следовательно, тензора  $R'$ . При этом график радиуса корреляции образует замкнутую кривую, ограничивающую зону влияния пробы. Установим вид этой кривой и изобразим её форму.

Предварительно заметим, что система главных осей  $Ox'y'$  тензоров  $K(h)$  и  $R'$  является декартовой ортогональной системой координат и

образует угол  $\varphi$  с выбранной на месторождении системой координат  $Oxy$ .

Действительно, произведение левых и правых частей равенств (2) с учётом (3) даёт соотношение

$$\operatorname{tg} \varphi_1(h) \cdot \operatorname{tg} \varphi_2(h) = \frac{(\lambda_1(h) - K_{xx}(h)) \cdot (\lambda_2(h) - K_{xx}(h))}{K_{xy}^2} = -1, \quad (15)$$

свидетельствующее о взаимной ортогональности главных осей  $Ox'$  и  $Oy'$ . Тогда обозначим через  $\varphi_1(h) = \varphi$  – угол между осями  $Ox$  и  $Ox'$  и получим  $\varphi_2(h) = \varphi + \frac{\pi}{2}$  – угол между осями  $Ox$  и  $Oy'$ . Откуда следует, что  $\varphi$  – угол между принятой на месторождении системой координат  $Oxy$  и системой  $Ox'y'$  главных осей тензора  $R'$ .

Формулы радиуса корреляции (12), (14) являются в системе  $Ox'y'$  главных осей тензора  $R'$  уравнениями подеры (от греч. – нога) эллипса с полуосями  $r_1, r_2$  относительно его центра [1]. Кривая-подера представляет собой геометрическое место оснований перпендикуляра, опущенных из начала координат на касательные к эллипсу. На рис. 1 приведены подеры, ограничивающие зоны влияния проб, для коррелированной изотропной и коррелированной анизотропной изменчивостей геологических показателей, отвечающие разным значениям коэффициента анизотропии  $k = \frac{r_1}{r_2}$ .

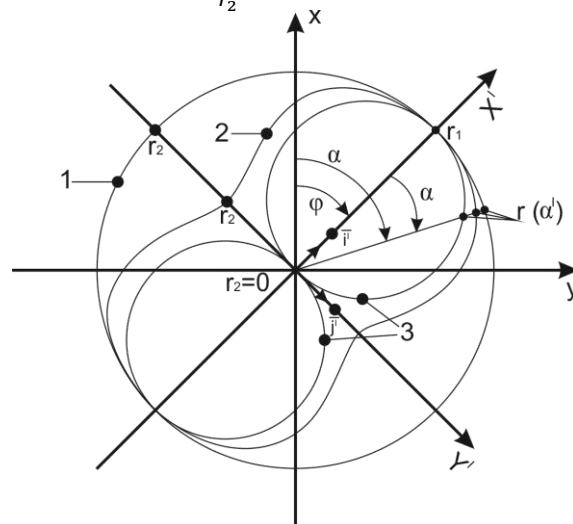


Рис. 1. Кривые подер, ограничивающие зоны влияния проб, отвечающие изменчивостям:

- 1 – коррелированной изотропной ( $r_1 = r_2$ ,  $k = 1$ );
- 2 – коррелированной анизотропной ( $r_1 = 2r_2$ ,  $k = 2$ ); 3 – коррелированной анизотропной ( $r_2 = 0$ ,  $k = \infty$ )

Для удобства практического применения радиуса корреляции (14), выраженного в системе  $Ox'y'$  главных осей тензора  $R'$ , целесообразно его представить в принятой на месторождении системе координат  $Oxy$ .

Переход от системы координат  $Ox'y'$  к принятой на месторождении системе  $Oxy$  осуществляется с помощью матрицы поворота [2]

$$Q = \begin{pmatrix} \cos\varphi & -\sin\varphi \\ \sin\varphi & \cos\varphi \end{pmatrix}, \quad (16)$$

$$Q \cdot Q^T = Q^T \cdot Q = E \Rightarrow Q^T = Q^{-1} = \begin{pmatrix} \cos\varphi & \sin\varphi \\ -\sin\varphi & \cos\varphi \end{pmatrix}, \quad (17)$$

где  $E$  – единичная матрица, а  $Q^T, Q^{-1}$  – соответственно транспонированная и обратная матрицы.

Теперь тензор  $R'$  (13) и радиус корреляции  $r(\alpha')$  (14) в принятой на месторождении систе-

где что  $\varphi$  – угол между системами  $Ox'y'$  и  $Oxy$ . При этом матрица  $Q$  – ортогональная и удовлетворяет равенствам

ме координат  $Oxy$  с учётом (16), (17) примут соответственно вид

$$R = Q \cdot R' \cdot Q^{-1} = \begin{pmatrix} r_1^2 + r_2^2 \operatorname{tg}^2 \varphi & (r_1^2 - r_2^2) \operatorname{tg} \varphi \\ (r_1^2 - r_2^2) \operatorname{tg} \varphi & r_1^2 \operatorname{tg}^2 \varphi + r_2^2 \end{pmatrix} \cdot \cos^2 \varphi, \quad (18)$$

$$r(\alpha) = \left( (\cos\alpha; \sin\alpha) \cdot \begin{pmatrix} r_1^2 + r_2^2 \operatorname{tg}^2 \varphi & (r_1^2 - r_2^2) \operatorname{tg} \varphi \\ (r_1^2 - r_2^2) \operatorname{tg} \varphi & r_1^2 \operatorname{tg}^2 \varphi + r_2^2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos\alpha \\ \sin\alpha \end{pmatrix} \right)^{\frac{1}{2}} |\cos\varphi|, \quad (19)$$

где  $\alpha$  – определяющий направление угол в системе координат  $Oxy$ .

Полученные выражения радиусов корреляции (19), (14) в зависимости от направления в пространстве и их геометрическая интерпретация (см. рис.) является важным результатом, так как только в пределах зон корреляции проб правомерна интерполяция, аппроксимация и экстраполяция разведочных данных [3].

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Редькин Г.М. Нестационарное анизотропное математическое моделирование неоднородностей систем минерального сырья. М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2007. 500 с.
2. Гантмахер Ф.Р. Теория матриц. М.: Наука, 1967. 575 с.
3. Каждан А.Б. Методологические основы разведки полезных ископаемых. М.: Недра, 1974. 270 с.

---

**Redkin G.M., Konovalov A.V.**

### MATHEMATICAL MODELING OF SAMPLE'S INFLUENCE ZONE

*The article describes suggested new method for finding influence zone of sample, which is based on the mathematical modeling of geological parameter variability anisotropy. This influence zone is area bounded by pedal curve, and it is limited by correlation radius that depends on direction.*

**Keywords:** mineralization heterogeneity, geological parameter, sample, variability, anisotropy, correlation, vector, matrix, tensor, pedal curve.

---

**Редькин Геннадий Михайлович**, доктор технических наук, профессор.

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

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

**Коновалов Александр Владимирович**, младший научный сотрудник.

ОАО «ВНГЕМ», отдел геологии и геоинформатики.

Адрес: Россия, 308007, Россия, г. Белгород, пр-т Богдана Хмельницкого, 86.

E-mail: alexander.v.konovalov@yandex.ru

Рязанов Ю.Д., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## УСТРАНЕНИЕ ЛЕВОЙ РЕКУРСИИ В СИНТАКСИЧЕСКИХ ДИАГРАММАХ

Ryazanov.iurij@yandex.ru

В статье рассматривается задача распознавания контекстно-свободных языков. Для построения эффективных распознавателей используются детерминированные синтаксические диаграммы. В работе рассматривается класс леворекурсивных синтаксических диаграмм. Даны определения самоворекурсивной и леворекурсивной компоненты синтаксической диаграммы. Показано, что леворекурсивная диаграмма не является детерминированной и не может быть использована для построения эффективных распознавателей. Предложен алгоритм преобразования леворекурсивной синтаксической диаграммы в эквивалентную ей диаграмму без левой рекурсии, которая может быть детерминированной. Применение этого алгоритма расширяет класс синтаксических диаграмм, которые можно использовать для построения эффективных распознавателей формальных языков.

**Ключевые слова:** контекстно-свободный язык, распознаватель, синтаксическая диаграмма, левая рекурсия, эквивалентные преобразования.

**Введение.** Одним из наглядных способов задания синтаксиса языка являются синтаксические диаграммы (СД). Они применяются как для документирования языков программирования [1, 2], так и в проектировании программ обработки языков [3 – 7]. Основой таких программ является распознаватель языка. Для построения распознавателя линейной сложности [8, 9] используются детерминированные СД [8 – 11]. В множестве СД можно выделить класс леворекурсивных СД, которые не являются детерминированными и не могут быть использованы для построения эффективных распознавателей. В статье предложен алгоритм преобразования леворекурсивной синтаксической диаграммы в эквивалентную ей диаграмму без левой рекурсии. Применение этого алгоритма расширяет класс СД, которые можно использовать для построения эффективных распознавателей языков.

**Основные понятия.** На рис. 1 приведен пример СД, которая представляет собой ориентированный несвязный граф. В ней заглавными буквами (S, A, B) обозначены нетерминалы, прописными (a, b, c) – терминалы.

Каждому нетерминалу соответствует связанная компонента графа. Компонента именуется соответствующим нетерминалом, имеет только одну точку входа и одну точку выхода и конечное множество узлов, терминальных и нетерминальных вершин. Точки входа и выхода на диаграмме компоненты не изображаются. Терминальная вершина изображается кружочком, в который вписан терминальный символ, нетерминальная – прямоугольником, в который вписан нетерминальный символ. Узел изображается на диаграмме жирной точкой. В точку входа не

входит ни одна дуга и выходит конечное множество дуг (входные дуги компоненты). Узлы, в которые входят входные дуги, называются начальными. Из точки выхода не выходит ни одна дуга и входит конечное множество дуг (выходные дуги компоненты). Узлы, из которых выходят выходные дуги, называются заключительными. Дуги, соединяющие узлы, называются  $\epsilon$ -дугами.

СД называется псевдодетерминированной (ПСД) [12], если в ней только один начальный узел и для каждого узла СД верно, что любые две дуги, выходящие из узла, идут в вершины, содержащие различные символы. В ПСД нет  $\epsilon$ -дуг. СД, изображенная на рис. 1, является ПСД. Любую СД можно преобразовать в эквивалентную ей псевдодетерминированную СД [12].

Пусть в компоненте A синтаксической диаграммы существует путь l от точки входа до точки выхода. Если начать движение по этому пути и, проходя через терминальную или нетерминальную вершину, переписывать символ из вершины в некоторую изначально пустую цепочку  $\alpha$ , то по окончании движения, когда придем в точку выхода, будет сформирована цепочка  $\alpha$ , соответствующая пути l. Если путь l от точки входа до точки выхода не проходит ни через одну терминальную или нетерминальную вершину, то цепочка  $\alpha$  пустая.

Пусть  $L_A$  — множество всех путей от точки входа до точки выхода в компоненте A. Определим функцию  $F : L_A \rightarrow \alpha_A$ , которая каждому пути  $l \in L_A$  ставит в соответствие цепочку  $\alpha$  по описанному выше правилу.

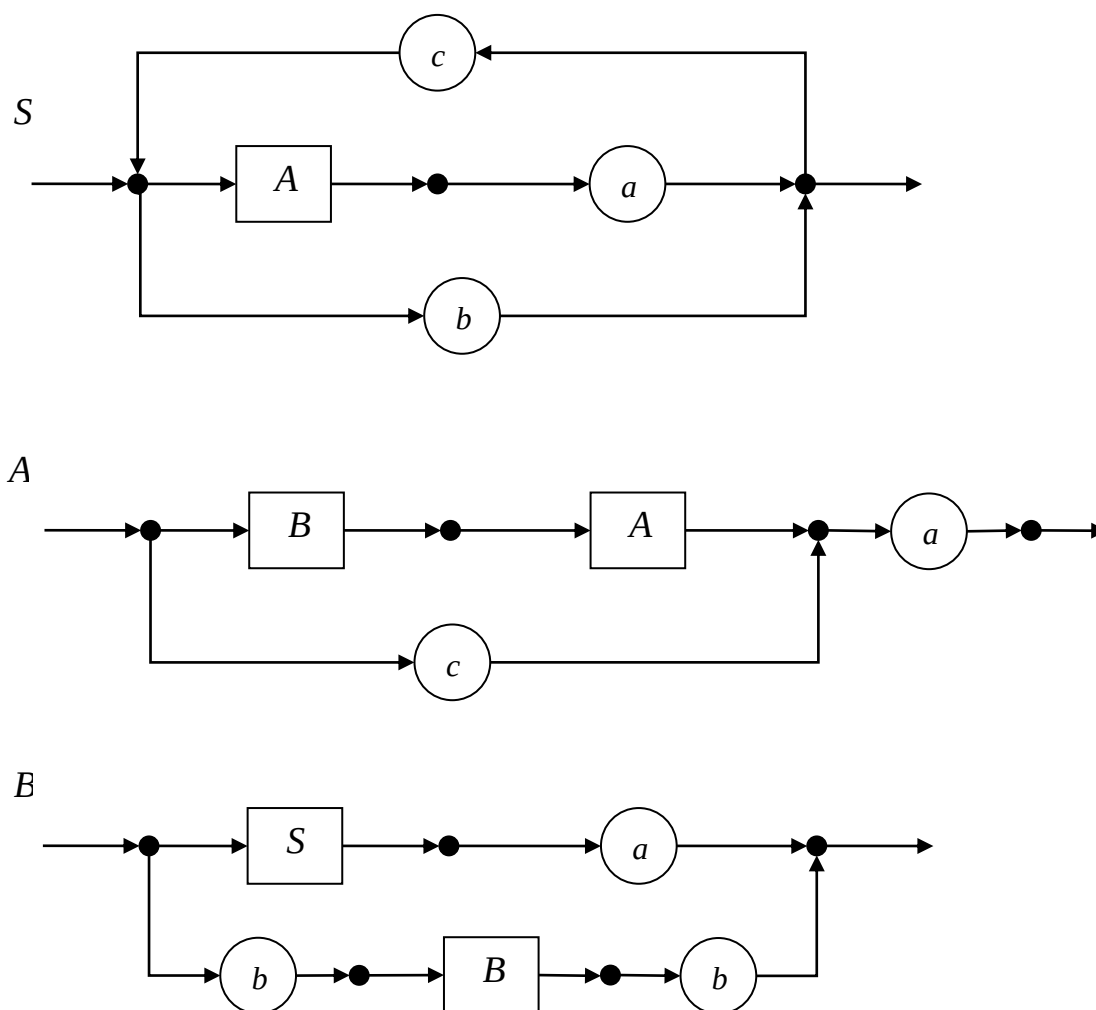


Рис. 1. Синтаксическая диаграмма

Выводимые из нетерминала  $S$  цепочки определим следующим образом:

1) цепочка  $S$  – выводимая;

2) если цепочка  $\gamma A \beta$  выводимая, где  $\gamma$  и  $\beta$  – цепочки, состоящие из терминалов и нетерминалов, возможно пустые, а  $A$  – нетерминал, и некоторая цепочка  $\alpha \in \alpha_A$ , то цепочка  $\gamma \alpha \beta$  выводимая. Цепочка  $\gamma \alpha \beta$  получается из цепочки  $\gamma A \beta$  путем замены нетерминала  $A$  на цепочку  $\alpha \in \alpha_A$ .

Цепочку языка можно получить, «двигаясь» по дугам СД от точки входа начальной компоненты к ее точке выхода. При этом если дуга идет в терминальную вершину, то вписанный в нее символ добавляем в цепочку, если дуга идет в нетерминальную вершину, то переходим в соответствующую компоненту и движемся по ней аналогичным образом до точки выхода, после чего возвращаемся в предыдущую компоненту и продолжаем движение. После прохождения выходной дуги начальной компоненты в цепочку добавляем концевой маркер.

Символ  $x$ , который может быть добавлен в цепочку после прохождения выходящей из узла

дуги  $e$ , принадлежит множеству выбора дуги  $e$  (ВЫБОР( $e$ )). Узел  $u$  называется детерминированным, если множества выбора любых двух дуг, выходящих из узла  $u$ , не пересекаются. СД является детерминированной, если в ней все узлы детерминированные. В работах [8, 11] описаны алгоритмы вычисления множеств выбора дуг, выходящих из узлов, и определения принадлежности СД классу детерминированных СД.

**Самолеворекурсивные компоненты синтаксических диаграмм.** Компоненту  $A$  ПСД, в которой из начального узла одна из дуг идет в нетерминальную вершину с нетерминалом  $A$ , назовем самолеворекурсивной. Нетерминальную вершину с нетерминалом  $A$ , в которую идет дуга из начального узла, назовем леворекурсивной. Если считать компоненту  $A$  начальной в СД и в процессе левого вывода использовать только эту компоненту, то в ней можно вывести цепочки терминалов и нетерминалов вида  $\beta \alpha^*$ , где  $\beta$  – цепочка терминалов и нетерминалов, соответствующая пути от начального узла до заключи-

тельного, не проходящая через леворекурсивную вершину, а  $\alpha^*$  – последовательность цепочек терминалов и нетерминалов, возможно пустая, соответствующих путям от узла, в который входит дуга из леворекурсивной вершины, до заключительного узла. Точно такие же цепочки будем получать, если из компоненты  $A$  исключим леворекурсивную вершину, а из заключи-

тельных узлов проведем  $\varepsilon$ -дуги в узел, в который шла дуга из леворекурсивной вершины. Таким образом рекурсия в самолеворекурсивной компоненте заменяется итерацией.

На рис. 2 изображена самолеворекурсивная компонента ПСД. Устраняя левую рекурсию в этой компоненте по описанному выше правилу, получим компоненту, представленную на рис. 3.

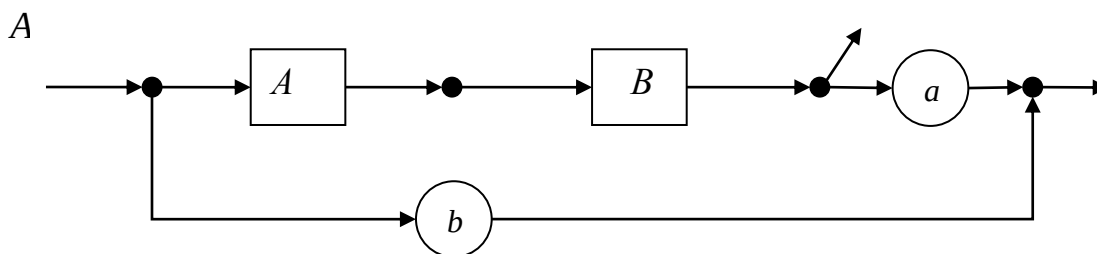


Рис. 2. Самолеворекурсивная компонента

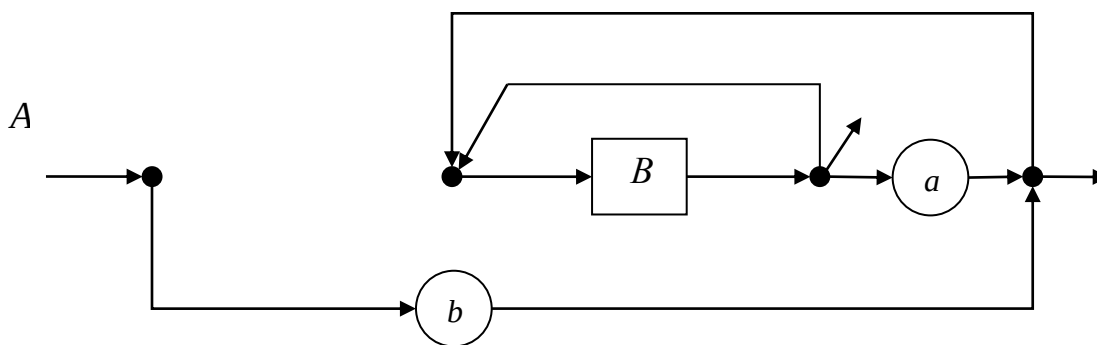


Рис. 3. Компонента без левой рекурсии

Компонента на рис. 3 не является псевдодетерминированной, так как содержит  $\varepsilon$ -дуги. Преобразуем ее в псевдодетерминированную

(рис. 4), используя алгоритм, описанный в работе [12].

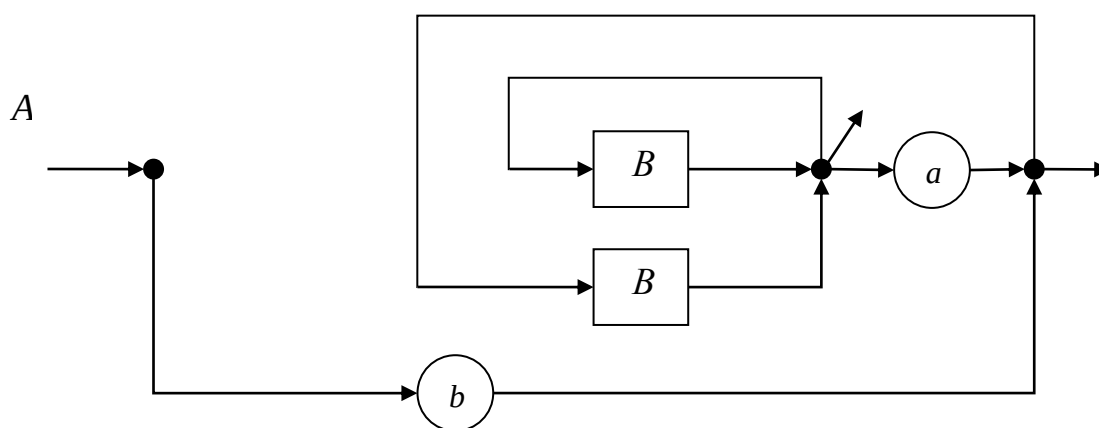


Рис. 4. Псевдодетерминированная компонента без левой рекурсии

**Леворекурсивные компоненты синтаксических диаграмм.** Компоненту  $A$  назовем леворекурсивной, если существует выводимая из  $A$  цепочка  $Aa$ , т. е. из  $A$  выводится цепочка, начинающаяся с нетерминала  $A$ . Очевидно, что

самолеворекурсивная компонента является леворекурсивной. Для определения, является ли несамоелеворекурсивная компонента  $A$  леворекурсивной, введем множество  $M^A$  нетерминалов, с которых начинается хотя бы одна цепочка, вы-

водимая из  $A$ . Такое множество можно получить следующим образом:

1.  $M^A := \emptyset$ .

2. Если из начального узла компоненты  $A$  дуга идет в нетерминальную вершину с нетерминалом  $X$ , то  $X$  добавить в множество  $M^A$ .

3. Если  $X \in M^A$  и из начального узла компоненты  $X$  дуга идет в нетерминальную вершину с нетерминалом  $Y$ , то  $Y$  добавить в множество  $M^A$ .

4. Повторять п.3, пока множество  $M^A$  растет.

Если  $A \in M^A$ , то компонента  $A$  леворекурсивная.

СД, содержащую хотя бы одну леворекурсивную компоненту, назовем леворекурсивной.

Пусть из начального узла леворекурсивной компоненты  $A$  дуга идет в вершину с нетерминалом  $X$ . Если множество  $M^X$  нетерминалов, с которых начинается хотя бы одна цепочка, выводимая из  $X$ , содержит нетерминал  $A$ , то такую дугу назовем леворекурсивной. Дугу, выходящую из начального узла, не являющуюся леворекурсивной, назовем нелеворекурсивной.

Покажем, что множества выбора леворекурсивной дуги и нелеворекурсивной дуги пересекаются.

Очевидно, что множество выбора дуги, входящей в нетерминальную вершину с нетерминалом  $X$  равно объединению множеств выбора дуг, выходящих из начального узла компоненты  $X$ .

Рассмотрим обязательно существующую в леворекурсивной СД последовательность дуг  $e_1, e_2, \dots, e_k$ , такую, что

$e_1$  — леворекурсивная дуга, идущая из начального узла компоненты  $A$ , в вершину с нетерминалом  $X_1$ ;

$e_2$  — дуга, идущая из начального узла компоненты  $X_1$ , в вершину с нетерминалом  $X_2$ ;

$e_k$  — дуга, идущая из начального узла компоненты  $X_{k-1}$ , в вершину с нетерминалом  $A$ .

Пусть  $e$  — нелеворекурсивная дуга компоненты  $A$ , тогда

$\text{ВЫБОР}(e) \subseteq \text{ВЫБОР}(e_k) \subseteq \dots \subseteq \text{ВЫБОР}(e_2) \subseteq \text{ВЫБОР}(e_1)$ , т. е.

$\text{ВЫБОР}(e) \cap \text{ВЫБОР}(e_1) \neq \emptyset$ .

Следовательно, начальный узел леворекурсивной компоненты не является детерминированным и леворекурсивная СД так же не является детерминированной.

**Устранение левой рекурсии в синтаксических диаграммах.** Выше показано, что леворекурсивная СД не является детерминированной, поэтому, для преобразования СД в детер-

минированную, нужно, как минимум, устранить левую рекурсию.

Алгоритм устранения левой рекурсии следующий.

1.  $K_1 := \emptyset$  — множество обработанных компонент (нетерминалов);

$K_2 := N$  — множество необработанных компонент (в начале алгоритма все компоненты (нетерминалы) необработанны).

2. Пока  $K_2 \neq \emptyset$ , выполнять п. 3.

3. Обработать компоненту  $A$ ,  $A \in K_2$  по следующему алгоритму:

3.1. Если в компоненте  $A$  существует дуга, идущая из начального узла в вершину с нетерминалом  $X$ ,  $X \in K_1$  и  $A \in M^X$ , то заменить вершину с нетерминалом  $X$  компонентой  $X$ , иначе выполнить п. 3.3.

3.2. Полученную в п. 3.1 компоненту  $A$  преобразовать в псевдодетерминированную и выполнить п. 3.1.

3.3. Если компонента  $A$  самолеворекурсивная, то устранить в ней левую рекурсию.

3.4.  $K_2 := K_2 \setminus \{A\}$ ,  $K_1 := K_1 \cup \{A\}$ , т. е. исключить компоненту  $A$  из множества необработанных компонент и включить ее в множество обработанных компонент.

4. Конец алгоритма.

Рассмотрим устранение левой рекурсии в СД, представленной на рис. 1.

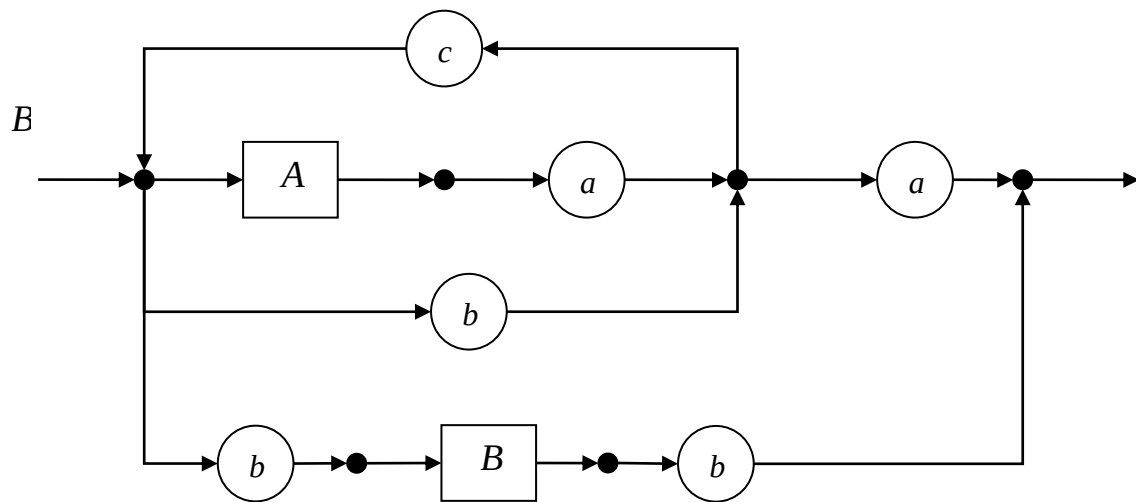
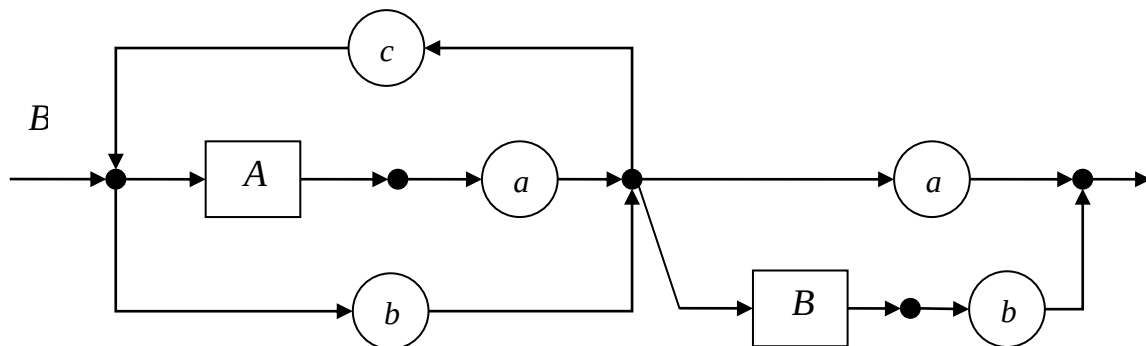
В этой диаграмме все компоненты леворекурсивные, т. к.  $M^S = \{A, B, S\}$  и  $S \in M^S$ ,  $M^A = \{B, S, A\}$  и  $A \in M^A$ ,  $M^B = \{S, A, B\}$  и  $B \in M^B$ .

В исходном состоянии  $K_1 = \emptyset$ ,  $K_2 = \{S, A, B\}$ .

Множество  $K_2$  не пусто, берем из него компоненту  $S$ . В компоненте  $S$  нет дуги, идущей из начального узла в вершину с нетерминалом, принадлежащим множеству  $K_1$ , т. к.  $K_1$  — пусто. Компоненту  $S$  исключаем из множества  $K_2$  и включаем в множество  $K_1$ :  $K_1 = \{S\}$ ,  $K_2 = \{A, B\}$ .

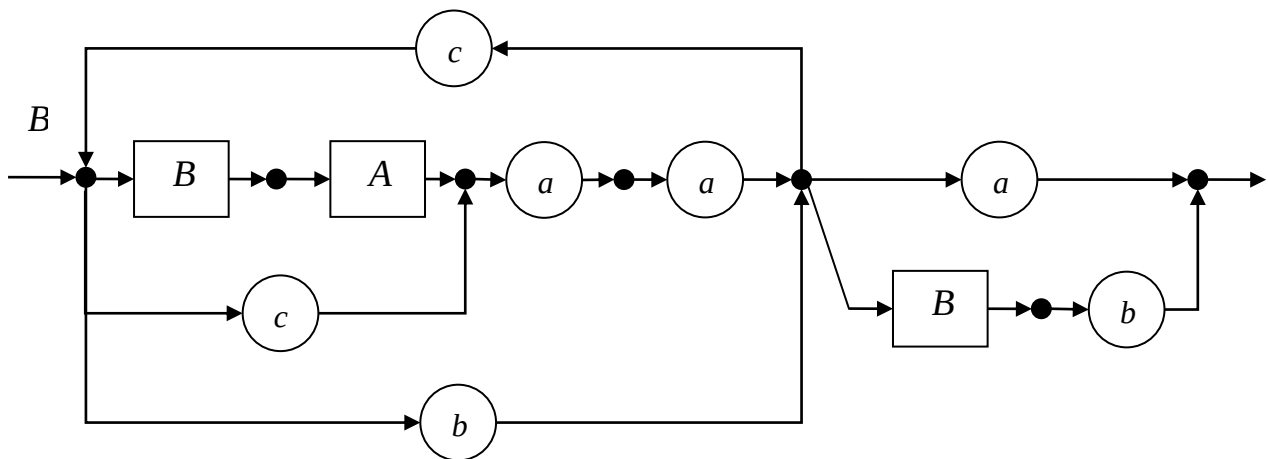
Из множества  $K_2$  берем компоненту  $A$ . В ней нет дуги, идущей из начального узла в вершину с нетерминалом, принадлежащим множеству  $K_1$ . Компоненту  $A$  исключаем из множества  $K_2$  и включаем в множество  $K_1$ :  $K_1 = \{S, A\}$ ,  $K_2 = \{B\}$ .

Из множества  $K_2$  берем компоненту  $B$ . В ней есть дуга, идущая из начального узла в вершину с нетерминалом  $S$ , принадлежащим множеству  $K_1$ . Множество  $M^S = \{A, B, S\}$ , оно содержит компоненту  $B$ . Заменяем в компоненте  $B$  вершину с нетерминалом  $S$  компонентой  $S$  (рис. 5). Полученную компоненту преобразуем в псевдодетерминированную (рис. 6).

Рис. 5. Компонента  $B$ Рис. 6. Псевдодетерминированная компонента  $B$ 

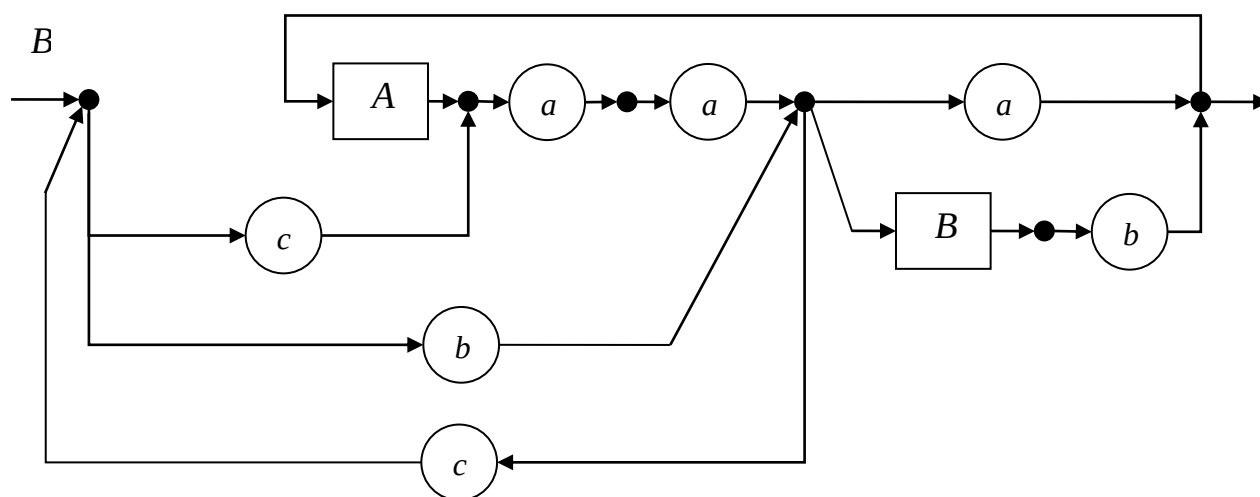
В этой компоненте (рис. 6) есть дуга, идущая из начального узла в вершину с нетерминалом  $A$ , принадлежащим множеству  $K_1$ . Множе-

ство  $M^A = \{B, S, A\}$ , оно содержит компоненту  $B$ . Заменяем в компоненте  $B$  (рис. 6) вершину с нетерминалом  $A$  компонентой  $A$  (рис. 7).

Рис. 7. Самолеворекурсивная компонента  $B$ 

Компонента  $B$  (рис. 7) самолеворекурсивная. Устраняя левую рекурсию, получаем компоненту  $B$  (рис. 8).



Рис. 8. Компонента  $B$  без левой рекурсии

В этой компоненте нет дуги, идущей из начального узла в вершину с нетерминалом, поэтому компоненту  $B$  считаем обработанной, исключаем ее из множества  $K_2$  и включаем в множество  $K_1$ :  $K_1 = \{S, A, B\}$ ,  $K_2 = \emptyset$ .

Множество  $K_2$  пусто, СД без левой рекурсии получена. В этой СД действительно нет ни самолеворекурсивных компонент, ни леворекурсивных, т. к.  $M^S = \{A, B\}$  и  $S \notin M^S$ ,  $M^A = \{B\}$  и  $A \notin M^A$ ,  $M^B = \emptyset$ .

**Выводы.** В статье дано определение самолеворекурсивной и леворекурсивной компоненты СД, предложен алгоритм, определяющий принадлежность СД классу леворекурсивных СД, показано, что леворекурсивные СД не являются детерминированными и не могут быть использованы для построения эффективных распознавателей. Предложен алгоритм преобразования леворекурсивной синтаксической диаграммы в эквивалентную ей диаграмму без левой рекурсии. Это преобразование является обязательным в процессе преобразования недетерминированной СД в детерминированную и построения эффективных распознавателей языков.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Jensen K., Wirth N. Pascal User Manual and Report, Springer-Verlag, New York, 1975. p. 167.
2. Jensen K., Wirth N. Pascal Standard Iso – Jackson Libri, 1996. p.290.
3. Легалов А.И. Основы разработки трансляторов. URL: <http://www.softcraft.ru/translat> (дата обращения 22.01.2016).
4. Легалов А.И., Швец Д.А., Легалов И.А. Формальные языки и трансляторы. Красноярск: Сибирский федеральный университет. 2007. 213 с.

5. Карпов Ю.Г. Теория и технология программирования. Основы построения трансляторов. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 272 с.

6. Свердлов С.З. Языки программирования и методы трансляции. СПб.: Питер, 2007. 638 с.

7. Мартыненко Б.К. Синтаксические диаграммы Н. Вирта и граф-схемы в Syntax-технологии // Компьютерные инструменты в образовании. 2014. № 2. С. 3–19.

8. Рязанов Ю.Д., Севальнева М.Н. Анализ синтаксических диаграмм и синтез программ-распознавателей линейной сложности // Научные ведомости БелГУ. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика. 2013, № 8 (151). Вып. 26/1. С. 128–136.

9. Поляков В.М., Рязанов Ю.Д. Алгоритм построения нерекурсивных программ-распознавателей линейной сложности по детерминированным синтаксическим диаграммам // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. № 6, С. 194–199.

10. Рязанов Ю.Д. Преобразование недетерминированных синтаксических диаграмм в детерминированные // Вестник ВГУ, серия: системный анализ и информационные технологии, 2015. № 1. С. 139–147.

11. Рязанов Ю.Д., Крамаренко П.В. Графовый способ анализа синтаксических диаграмм // Научный электронный архив. URL: <http://econf.rae.ru/article/8214> (дата обращения: 20.01.2016)

12. Рязанов Ю.Д., Севальнева М.Н. Псевдодетерминированные синтаксические диаграммы // Прикладная математика, управление и информатика: сборник трудов Междунар. молодеж. конф., Белгород, 3–5 октября 2012 г. : в 2 т., Белгород : ИД «Белгород». 2012, Т2. С. 546–553.

---

**Ryazanov Yu.D.****ELIMINATION OF LEFT RECURSION IN SYNTAX DIAGRAMMS**

*In this article the problem of the recognition of context-free languages is considered. The deterministic syntax diagrams are used for constructing effective recognizers. The class of left-recursive syntax diagrams is being considered in this article. The components of syntax diagrams with direct and indirect left recursion are defines in this paper. It is shown that left-recursive diagram is not deterministic and can not be used to construction effective recognizers. The author suggest the algorithm for converting left-recursive syntax diagram into equivalent diagram without left recursion, which can be deterministic. This algorithm expanded the class of syntax diagrams, which can be used for constructing effective recognizers.*

**Key words:** *context-free language, recognizer, syntax diagram , left recursion , equivalent transforming.*

---

**Рязанов Юрий Дмитриевич**, аспирант кафедры программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

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

E-mail: Ryazanov.iurij@yandex.ru

Гвоздецкий И.Н., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ПРИМЕНЕНИЕ АГЕНТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА ДЛЯ РАСШИРЕНИЯ ВОЗМОЖНОСТЕЙ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ДИСПЕТЧЕРСКОГО УПРАВЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОНТОЛОГИЙ

igorek@intbel.ru

*Информационные системы современных предприятий являются сложными иерархическими структурами, включающие в себя огромное количество разнородных элементов. Многообразие существующей элементной базы обусловлено спецификой подходов к построению такого рода систем. При анализе вопросов взаимодействия элементов среды в географически распределенных информационных системах, встает вопрос создания и адаптации к работе интерфейсов обмена данными между различными аппаратными и программными ресурсами. При этом необходимо учитывать возможности по унификации протоколов взаимодействия данных сред, специфику методов, алгоритмов получения, обработки и хранения информации. Модернизация современных систем диспетчеризации и постоянное обновление или дополнение элементной базы требует использовать подходы построения мультиагентных систем, которые позволяют использовать различные инновационные методы искусственного интеллекта, параллельного программирования.*

**Ключевые слова:** агент, агентные системы, онтология, распределенные вычислительные системы, автоматизированная система диспетчерского управления.

Информационные системы современных предприятий являются сложными иерархическими структурами, включающие в себя огромное количество разнородных элементов. Многообразие существующей элементной базы обусловлено спецификой подходов к построению такого рода систем. При анализе вопросов взаимодействия элементов среды в географически распределенных информационных системах, встает вопрос создания и адаптации к работе интерфейсов обмена данными между различными аппаратными и программными ресурсами. При этом необходимо учитывать возможности по унификации протоколов взаимодействия данных сред, специфику методов, алгоритмов получения, обработки и хранения информации.

Для управления распределенными вычислительными системами используют комплекс различных подходов таких, как сервис-ориентированный и агентный.

Модернизация современных систем диспетчеризации и постоянное обновление или дополнение элементной базы требует использовать подходы построения мультиагентных систем, которые позволяют использовать различные инновационные методы искусственного интеллекта, параллельного программирования. Использование данной технологии приводит к необходимости применения усовершенствованных методов связанных с накоплением, переработкой и структурированием знаний в таких системах, что позволит обеспечить более высокий уровень интеграции с современными информационными подсистемами и веб-сервисами[1].

Мультиагентные системы в контексте использования распределенного искусственного интеллекта предполагает нахождение решения путем взаимодействия различных типов подсистем. Результат достигается из-за возможности применить универсальность взаимодействия цепочки агент – пользователь – система – интернет. Применение онтологической модели знаний (онтологии) позволяет использовать более приемлемую для машинной обработки информацию. Таким образом, модернизация существующих систем диспетчерского управления, где существующие элементы имели бы возможность использовать унифицированную модель взаимодействия, где предметная область была бы структурирована и описана в виде онтологии, открывало бы возможности для решения задач диагностики и восстановления работоспособности, а также позволило использовать преимущества онтологий, агентных платформ, искусственного интеллекта.

**Ключевые слова:** агент, агентные системы, онтология, распределенные вычислительные системы, автоматизированная система диспетчерского управления.

**Введение.** Одним из преимуществ автоматизированной системы диспетчерского управления БГТУ является использование различных технологий, применяемых при построении телекоммуникационной среды[2], для интеграции в единое целое различных модулей, элементов и подсистем. Неоднородность при выборе оборудования и программного обеспечения в подобных АСДУ системах обусловлена поэтапным вводом новых

подсистем, модернизацией программного обеспечения, а также добавлением новой усовершенствованной элементной базы к текущим подсистемам, что в свою очередь позволяет использовать агентно-ориентированный подход для решения задач оптимизации работы, диагностики и унификации подсистем.

**Методология.** Применение в существующей системе автоматизированного диспетчерского управления в рамках технологической площадки Белгородского государственного технологического университета агентных подходов, позволяющих оптимизировать выполнение диагностических задач. Унификация методов взаимодействия подсистем за счет применения онтологического подхода и формирования структурированной предметной области элементов системы.

**Основная часть.** Для обеспечения взаимодействия компонентов системы, весь программно-аппаратный комплекс можно разделить на три базовых уровня на которых можно осуществить стандартизацию подходов и методов[2].

- Технологический уровень – включает набор элементов, осуществляющих взаимодействие с технологическими системами (контроллеры, триггеры, агенты управления)

- Коммуникационный уровень – обеспечивает возможность интеграции элементов технологического уровня с помощью различных протоколов связи в единую телекоммуникационную среду (коммуникационное оборудование, агенты обеспечения взаимодействия)

- Уровень управления (SCADA - уровень) – программный слой управления, мониторинга и сбора информации (программные пакеты, агенты мониторинга, управления и принятия решений)

Каждый уровень АСДУ может быть унифицирован по определенным признакам, зачастую такими признаками могут быть типы оборудования, поддерживаемые протоколы, типы программного обеспечения, а также многие другие параметры компонентов. Для обеспечения высокого уровня взаимодействия между любыми элементами и возможности оперативного расширения функционала комплекса в целом был проведен анализ существующих методов управления разнородными системами.

Для реализации систем взаимодействия агентов используют готовые технологические платформы, включающие в себя набор функций обеспечивающий функционирование среды МАС [3]. Из свободно распространяемых или проприетарных программных решений, существующих в настоящее время можно выделить наиболее развитую в техническом плане модель агентной платформы JADE.

JADE является платформой и средой для функционирования агентов, контроля выполнения, целостности, утилизации ресурсов, а также включает классы Java, необходимые для полного спектра разработки. Основной единицей среды исполнения агентов в подходе JADE является контейнер, содержащий необходимый минимум для работы агента. Совокупность контейнеров образует общую платформу исполнения и реализовано в виде бесшовной структуры единого слоя без привязки к конечному программно-аппаратному комплексу (операционная система, технологический элемент, контроллер, сетевая инфраструктура)[3].

Данная платформа позволяет агенту использовать базовые принципы работы, каждый агент можно считать элементом пиринговой сети в общей оболочке, где фактически среда может быть географически распределена. JADE позволяет агенту выполнять функции по ориентированию в оболочке, находить элементы, настраивать интерфейсы взаимодействия групп агентов.

На программном уровне идентификация агента происходит с помощью уникального именования, тут же происходит формирования базовых сервисов, согласно специфики деятельности агента. Агент является интеллектуальным элементом в том числе может управлять своим жизненным циклом, изменять набор своего функционала путем взаимодействия с онтологической моделью, внешним источником информации или других агентов.

Данная пиринговая модель позволяет агентам обмениваться различными сообщениями, зачастую модель коммуникации элементов представляется в виде отсылки асинхронных пакетов данных, причем сама платформа позволяет создавать единую коммуникационную среду не упираясь в существующие ограничения нижнего уровня взаимодействия. Фактически для проведения обмена информацией между элементами агенту достаточно указать имя получателя, не имеет значения где он находится, и кем он является. Сообщение будет сконвертировано в определенный формат необходимый для получателя с сохранением семантики, без ограничений по временным параметрам. Основным преимуществом можно выделить доступность отправителя и получателя в рамках взаимодействия[2].

Однако, в данном контексте встает вопрос о продолжительности периода доставки данного сообщения.

Предположим, что в результате выполнения поставленной задачи агентной передачи сообщения  $S$ , каждое действие  $k \in j$  будет исполнено за время  $C_k(S)$ .

На решение задачи  $j$ , потребуется времени не меньше, чем

$$C_j(S) = \max C_k(S)$$

где  $j$  – поставленная задача передачи сообщения;  $k$  – действия, направленные на решение задачи.

Найдем время действия  $k \in j$  как  $p_k$ . Время решения  $p_j$  задачи  $j$  можно вычислить по следующей формуле

$$p_j = C_j(S) - \min(C_k(S) - p_k)$$

Значения, полученные в результате вычислений дают возможность оценить интегральные свойства распределенной многоагентной структуры. Показатель максимального опоздания задач можно использовать для представления уровня качества анализа службы, вычисляемое

$$L_{\max} = \max(C_j(S) - d_j)$$

где  $d_j$  – время, до которого пользователь желает получить сообщение.

Для получения наиболее оптимальных уровней работы информационной системы нужно обеспечивать минимальные значения данного показателя, а также обеспечить подсчет опоздавших событий[4].

$$j \in \tau \wedge C_j \geq d_j$$

При вычислении данных параметров в системе можно получить полную информацию о загрузке среды при прохождении сообщений в частности обращений агентов, пользователей и необработанных пакетов.

Модель передачи сообщения в мультиагентной системе (рис. 1) изображена в форме графа

$$G(S, T)$$

где  $S$  – множество состояний

$T$  – множество переходов при передаче сообщения

$$T \subset S^2$$

Дуга  $(v, t) \in T$  существует, если существует правило разговора для перехода с текущего состояния  $v$  в следующее состояние  $t$ . В графе переходов все состояния должны быть достижимы из начального состояния [5].

Для решения задачи интеграции с внешними источниками данных, обеспечение поддержки онтологий и действий с ними используется модуль JADE content, при этом информация об онтологиях представляется не в виде языка описаний, а структурирована в формате java-объекта.

Платформа также имеет возможность подключения дополнительных классов и пакетов для увеличения возможностей разработчика. Библиотека AgentOWL поддерживает модели агентов RDF/OWL и является более эффективным. Описание модели знаний агента при использовании онтологий основано на пяти основных элементах: Ресурсы, Акторы, Действия, Содержание и События[4]. Обмен сообщениями происходит в формате RDF/OWL, возможно включение элементов в созданные онтологии. При расширении возможностей для работы агентов с онтологиями необходимо добавить методы работы и передачи сообщений OWL и SPARQL, что обеспечивает в том числе при взаимодействии с онтологическими моделями знаний. В основе работы AgentOWL лежит фреймворк Jena, поэтому данный подход легко расширять новыми возможностями работы с онтологической моделью знаний, используя Jena API.

Использование модели использования агентов и онтологий ставит сложную задачу создания интерфейса взаимодействия приложений SCADA-уровня и мультиагентной платформы[3]. Возможно использовать несколько решений по осуществлению интеграции. Решение JADEGateway реализует обмен сообщениями между платформой JADE и прикладным сервисом. Класс JADE.wrapper.gateway создает интерфейс взаимодействия веб-агентов, при непосредственном контроле всех запросов к сервису.

Мультиагентная система работает по принципу взаимодействия прикладной сервис – шлюз – мультиагентная система, при этом достигается наилучший результат интеграции[5].

Интеграция посредством компонента JADE4spring – обеспечивает взаимодействие фреймворка Spring и функционирующих контейнеров агентов JADE. Решение позволяет расширять возможности агента путем применения функционала технологии Spring. Работа по визуализации онтологических моделей осуществляется с использованием модуля Flare Prefuse. Flare это ActiveX библиотека позволяющая использовать объекты Adobe Flash. Эта библиотека позволяет преобразовать онтологическую модель знаний агента в owl-граф с последующей публикацией в виде элемента Adobe или SWF-объекта[1].

Для преобразования OWL в формат, требуемый для Flare, используется OWL2Prefuse. Используя библиотеку Flare можно получить OWL-граф, информация о котором сохраняется в формате SWF. Объект SWF встраивается на страницу, при этом необходимо обеспечить обмен информацией между указанным объектом и агентами, запущенными в контексте веб-приложения,

для обеспечения динамической визуализации онтологических моделей.

Программные решения рассмотренные выше полностью обеспечивают возможности интеграции мультиагентных систем и онтологических моделей знаний[2]. Направлениями использования данных технологий можно считать не только

автоматизированные системы диспетчерского управления, но и различные информационные системы, база знаний которых подразумевает формализацию в виде онтологической модели, а также существует конечная достижимая результирующая составляющая.

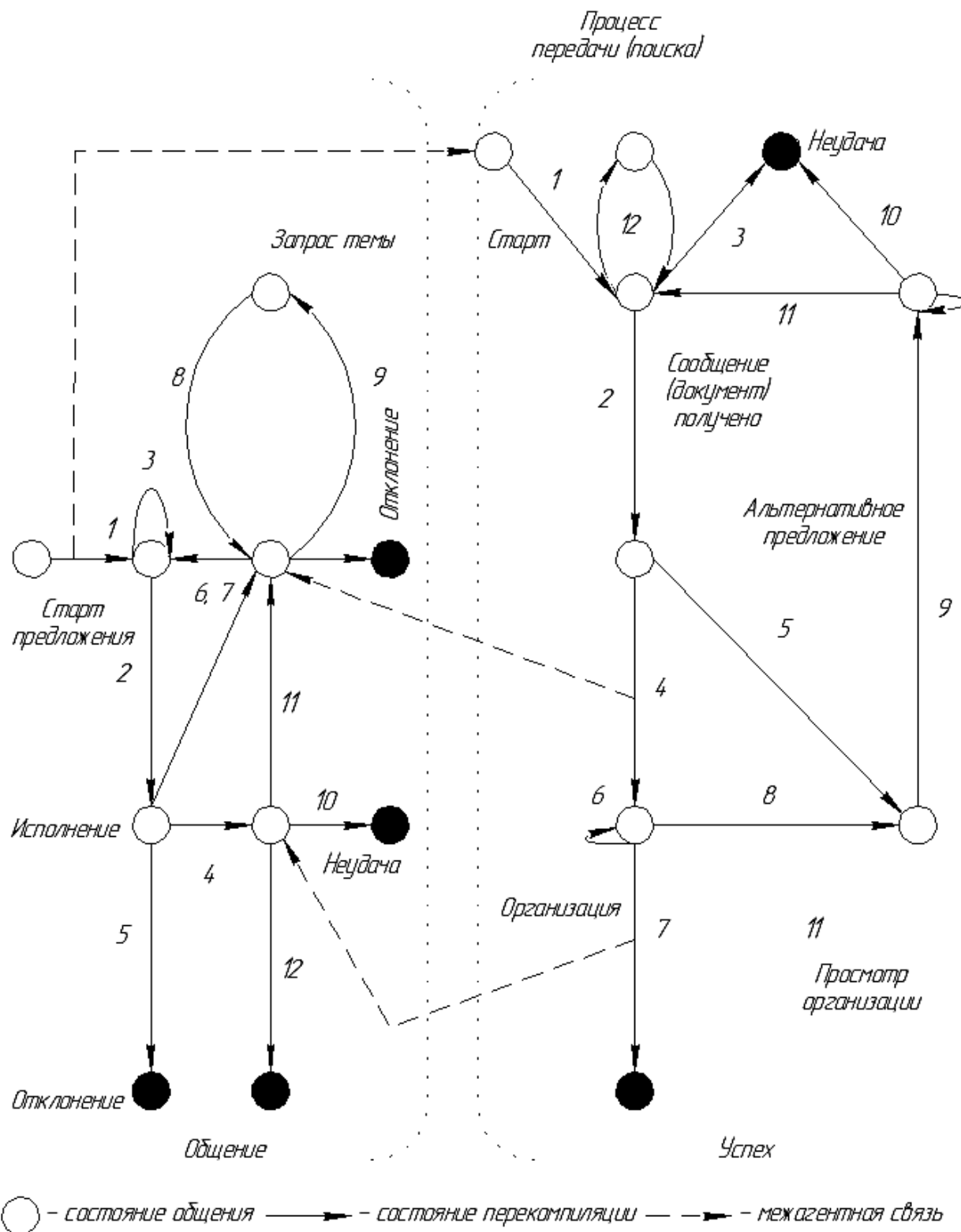


Рис. 1. Модель передачи сообщения в мультиагентной системе

При создании мультиагентной системы (МАС) следует учесть требования, обусловленные поставленными задачами. Используя методы построения абстрактной логической модели, представим многоагентную распределенную систему.

$$E = \{O, S, \Omega\}$$

где  $O$  – объекты агентной среды;

$S$  – связи между объектами среды  $O$ ;

$\Omega$  – действия над объектами в пространстве  $E$ .

На примере рассмотрим создание математической модели распределенной мультиагентной сети, основанной на технологии JADE, для объединения на уровне доступа к информации баз данных, являющихся частями существующих автоматизированных систем.

Фактически имеется набор агентов на базе одной мультиагентной платформы JADE. Все агенты работают по своим определенным задачам, собирая статистику с функционирующих узлов и создавая элементарные базы данных на каждом узле. По запросу пользователя в определенный момент времени каждый агент пересылает набор данных который определяет функционирование узла, работоспособность сервисов и сетевых протоколов[1].

Для задачи, которая рассматривается, в качестве объектов модели будут выступать компоненты современной информационной системы – разные типы хранилищ данных, в том числе реляционные базы данных

$$O = \{db_n \mid n = \overline{1, N_O}\}$$

Отношение

$$S = \{s_n \mid n = \overline{1, N_S}\}$$

позволяет определить стабильную систему взаимодействий между элементами распределенной мультиагентной  $E$ , ориентированной на определенного пользователя или агента

Тогда множество пользователей

$$G = \{g_n \mid n = \overline{1, N_G}\}$$

Все действия в данной системе могут быть выполнены только на основании множества операций в зависимости от предъявленной цели

$$\Omega = \{g_n \mid n = \overline{1, N_\Omega}\}$$

Элементарными

операциями

$\Omega = \{q_1, q_2, \dots, q_n\}$  на примере работы с базами данных будут являться операции обработки информации в виде простых запросов SQL

$$\{\text{«select»}, \text{«insert»}, \text{«update»}, \text{«delete»}\}$$

Для обеспечения доступа к информации и обмену информацией в информационном пространстве предложено использовать мультиагентную систему, математическое представление которой имеет вид

$$U_A = \{A, S_A, \Omega_A\}$$

где  $A$  – множество программных агентов;

$S_A$  – отношения в мультиагентной системе;

$\Omega_A$  – множество операций, которые могут выполнять агенты.

Отношения  $S_A$  в мультиагентной системе делятся на взаимоотношения

$S_{AA}$  между самими агентами и отношения

$S_{AE}$  между агентами  $A$  и объектами

информационного пространства

$$S_A = S_{AA} \cup S_{AE}$$

$$S_A = S_{AA} \cap S_{AE} = \emptyset$$

Для мультиагентной системы, которая не привязана к конкретной конфигурации информационного пространства

$$S_{AE} = \emptyset$$

Определим понятие мультиагентного пространства как расширения информационного пространства. Тогда модель мультиагентной среды будет иметь вид

$$E_A = E \cup U_A = \{O_g, S_g, \Omega_g\}$$

При этом множество объектов информационного пространства можно представить в виде

$$O_g = O \cup A$$

Множество отношений представим

$$S_g = S \cup S_A = S \cup S_{AA} \cup S_{AE}$$

где

$$S_{AE} \neq \emptyset$$

Множество операций будет иметь вид

$$\Omega_g = \Omega \cup \Omega_A$$

В мультиагентной среде множество объектных операций над объектами в случайные моменты времени  $t_1, t_2, \dots, t_m, t_{m+1} \geq t_m$  проводит актор  $g_n$  мультиагентной среды на основе последовательности действий, которая зачастую будет являться формализованной

$$z_{n_1}(t_1), z_{n_2}(t_2), \dots, z_{n_m}(t_m)$$



либо унифицированного действия  $z_1(t_1)$ .

Взаимодействие пользователя с мультиагентным пространством реализуется через агента пользователя  $a_C$ , который взаимодействует с соответствующими системными агентами

$$A_{Si} = \{a_{S1}, a_{S2}, \dots, a_{Sn}\}$$

каждый из которых сопоставлен с некоторым информационным ресурсом пространства  $E$ .

Множество агентов  $A$  мультиагентного пространства будет состоять из множества агентов пользователя  $A_C$  и множества системных агентов  $A_S$

$$A = A_C \cup A_S$$

Поскольку, рассматриваемая модель мультиагентного пространства не предусматривает взаимодействие между однотипными агентами, то компонент отношений в мультиагентной системе будет иметь следующий вид

$$S_A = S_{CS} \cup S_{SE}$$

где  $S_{CS}$  – отношения между разными типами агентов (агент-агент);

$S_{SE}$  – отношения между агентами множества  $AS$  и объектами информационного пространства (агент-система).

Соответственно, множество операций будет иметь вид

$$\Omega_A = \Omega_{CS} \cup \Omega_{SE}$$

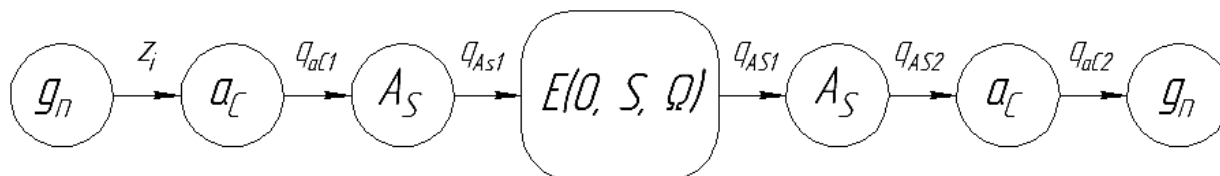


Рис. 2. Схема взаимодействия пользователя с мультиагентным пространством

Как указано выше, в системе используется два типа агентов  $a_C$  и  $a_S$ .

Основной задачей агента  $a_C$  является взаимодействие с пользователем, передача запросов, получение и консолидация информации от группы агентов  $A_{Si}$ . Агент  $a_S$  выступает в роли системного агента, основная задача которого – взаимодействие с базой данных на узлах системы и передача данных агенту  $a_C$  в ответ на его запрос.

На каждом из узлов информационного пространства, на котором находится база данных к которой необходимо иметь доступ, должен быть установлен один  $a_S$ . Агент  $a_C$  устанавливается на тех узлах, из которых необходимо предоставить доступ пользователю к распределенным данным.

где  $\Omega_{CS}$  – множество операций, выполняемых агентами в отношениях  $S_{CS}$ ;

$\Omega_{SE}$  – множество операций в отношениях  $S_{SE}$ , для доступа агентов множества  $A_S$  к объектам информационного пространства.

Формализованная задача  $z_i$ , поставленная пользователем, преобразуется агентом пользователя  $a_C$  в последовательность команд, которые отсылаются системным агентам  $A_{Si}$ , и последующую обработку информации после получения ответа от агентов  $A_{Si}$ .

Например, задача

$$z_i = \{ \text{find\_data\_in\_database} \}$$

которую ставит пользователь, будет реализована последовательностью действий агента пользователя  $q_{ac}$  и системных агентов  $q_{As}$  (рис. 2)

$$q_{ac} = q_{ac1} \cup q_{ac2}$$

где  $q_{ac1}$  – (get\_search\_parameters, search\_available\_agents, form\_query, send\_query);  
 $q_{ac2}$  – (collect\_all\_results, merge\_results, show\_final\_result)

$$q_{Ac} = q_{As1} \cup q_{As2}$$

$$q_{As} = q_{As1} \cup q_{As2}$$

где  $q_{AS1}$  – (receive\_query, execute\_query, get\_result);  
 $q_{AS2}$  – (form\_result, send\_result).

Согласно спецификации FIPA реализация мультиагентной системы предусматривает наличие дополнительного агента в системе, агента Directory Facilitator (DF), который внедряет сервис «желтых страниц» [5].

С помощью этого сервиса агенты системы могут узнать, какие еще агенты есть в этой системе и какие сервисы они предлагают. После включения агентов, все агенты  $a_S$ , которые есть в системе, регистрируются в сервисе «желтых страниц», то есть в DF. Это нужно для того, чтобы  $a_C$  при посылке запросов мог иметь актуальную информацию о существующих на данный момент активных агентах в системе. Чаще всего  $a_S$  предлагает сервис доступа к базам данных, а  $a_C$  использует этот сервис для решения задач поставленных пользователем.

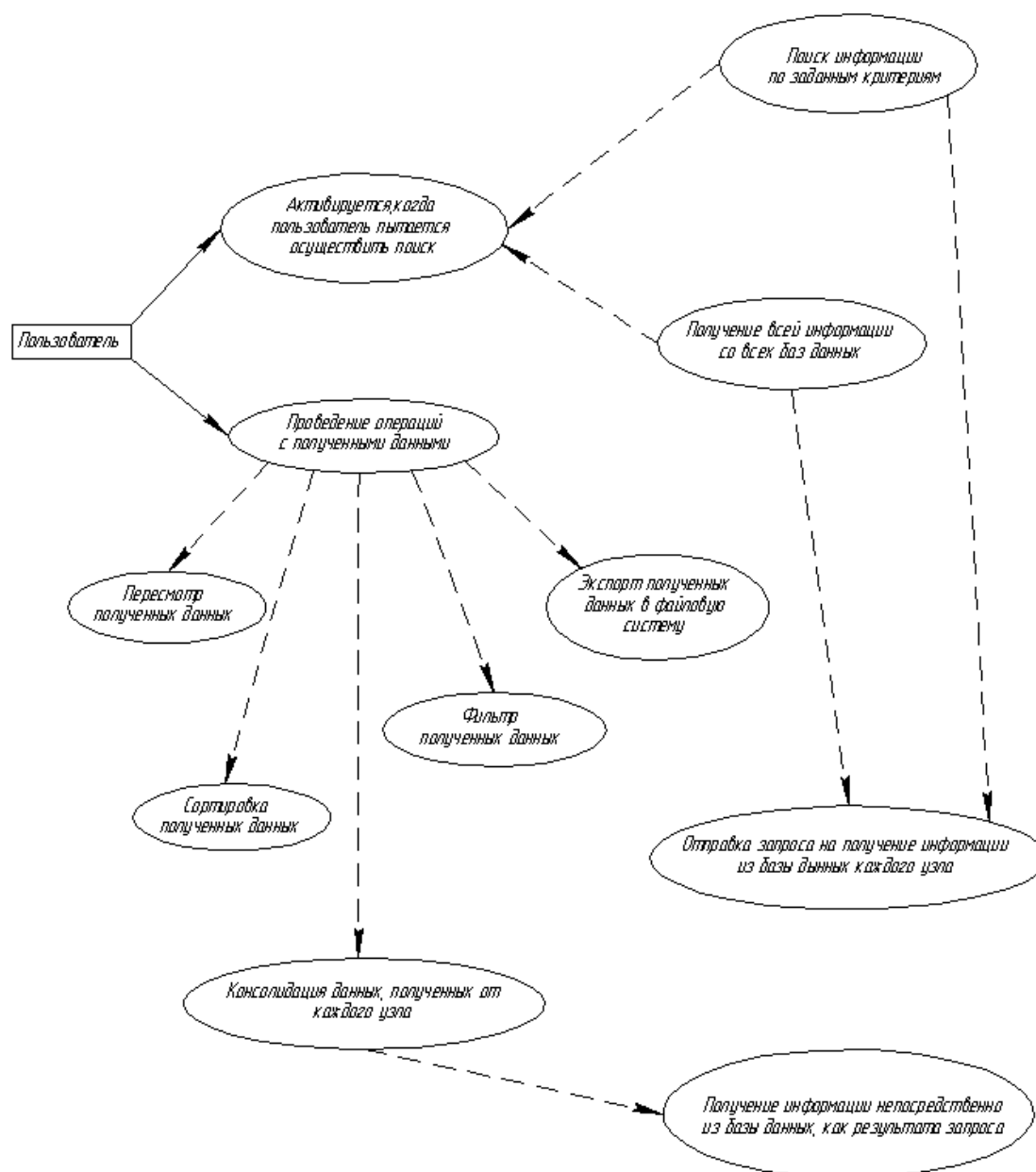


Рис. 3. Диаграмма прецедентов взаимодействия пользователя с мультиагентным пространством согласно полученной математической модели

Для четкого понимания схемы взаимодействия между объектами в смоделированной мультиагентной системе была составлена диаграмма агентов (рис. 4).

Смоделированная система легко адаптируется к изменениям в среде. В случае, если в си-

стеме появляется новый узел, его подключение к системе не требует дополнительных усилий и в основном заключается в правильной конфигурации подключения агента.

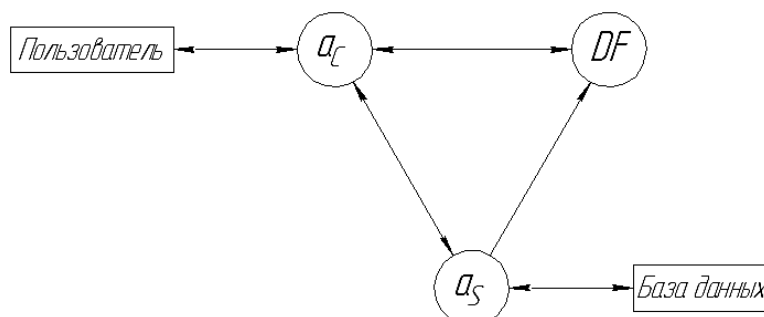


Рис. 4. Диаграмма агентов МАС получения и обмена информации

**Выводы.** Предложенная в работе математическая модель мультиагентной системы предоставляет формальный аппарат для построения распределенной информационной системы на основе агентных технологий. Рассмотренный подход к реализации позволяет получить достаточно гибкую, независимую и устойчивую к изменениям в информационной среде систему. Реализованный прототип многоагентной системы показал адекватность модели и возможность ее использования в реальных распределенных системах.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Поляков В.М., Буханов Д.Г., Синюк В.Г. Базовые структурные модели распределенных вычислительных систем в многоагентной диагностической среде. // Журнал «Информационные системы и технологии». 2012. №4(72). С. 52-56
2. Белоусов А.В., Глаголев С.Н., Быстров А.Б., Кошлич Ю.А. Демонстрационная зона по энергосбережению БГТУ им. В.Г. Шухова – база для развития энергоэффективных проектов в регионе // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. 2013. No 10 (116). С. 10–17.
3. Письменный В.Ю., Терновой М.Ю. Организация доступа к гетерогенным базам данных с использованием агентных технологий // Международный научный журнал «Компьютинг». 2011. Т.10, Вып. 2. С. 183–191.
4. Филатов В.А. Мультиагентные технологии интеграции гетерогенных информационных систем и распределенных баз данных : Дис. д-ра техн. наук: 05.13.06 // ХНУР. Х., 2004. 341с. с. 313-336.
5. Международный Стандарт FIPA. Агентные платформы [Электронный ресурс]. Систем. требования: Веб-браузер. URL: [http://www.fipa.org/specs/fipa00023/SC00023K.html#\\_Toc75951006](http://www.fipa.org/specs/fipa00023/SC00023K.html#_Toc75951006) (дата обращения: 25.09.2015)
6. Международный Стандарт FIPA. Спецификация [Электронный ресурс]. Систем. требования: Веб-браузер. URL: <http://fipa.org/specifications/index.html> (дата обращения: 13.10.2015).
7. Агентная платформа JADE. [Электронный ресурс]. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. URL: [http://jade.tilab.com/doc/tutorials/JADE\\_methodology\\_website\\_version.pdf](http://jade.tilab.com/doc/tutorials/JADE_methodology_website_version.pdf) (дата обращения: 18.10.2015).

---

**Gvozdevskiy I.N.**

### **AGENT-ORIENTED APPROACH FOR THE EMPOWERMENT OF AUTOMATED SUPERVISORY SYSTEMS WITH THE USE OF ONTOLOGIES**

*Information systems of modern enterprises is a complex hierarchical structure, including a huge number of heterogeneous elements. The variety of existing components due to the specific approaches to building such systems. In analyzing the issues of interaction between elements of the environment in a geographically distributed information systems, there is a question of creating and adapting to the communication interfaces between the various hardware and software resources. It is necessary to take into account the possibility of unification of the interaction of these media reports, the specifics of methods, algorithms, receiving, processing and storing information. Modernization of dispatching systems and constant updating of or addition to the element base requires the use of the approaches for constructing multi-agent systems that allow you to use a variety of innovative methods of artificial intelligence, parallel programming.*

**Key words:** agent, agent systems, ontology, distributed computing systems, automated dispatch control system.

---

**Гвоздевский Игорь Николаевич**, аспирант кафедры программного обеспечения и автоматизированных систем.

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

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

E-mail: igorek@intbel.ru

# ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Коновалов В.М., канд. техн. наук,

Перескок С.А., канд. техн. наук,

Петрова М.А., инженер

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Образумов А.Н., инженер

ООО ПФ «АЯН»

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОМАССОБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЦЕМЕНТА \*

[konovalov52@mail.ru](mailto:konovalov52@mail.ru)

*Ресурсо-энеогосбережение – важное направление исследований для такой многотоннажной и энергоемкой отрасли как цементное производство. Использование техногенного сырья и комплексный подход к процессам теплообмена в отдельных зонах цементной печи позволил разработать эффективные конструкции теплообменных устройств, что значительно снижает энергозатраты на выпускаемую продукцию. Установлено, что предварительное термическое воздействие (ПТВ) части сырьевой смеси позволяет изменять морфологию кристаллов извести, создавать центры кристаллизации клинкерных минералов, что ускоряет процессы высокотемпературного синтеза. Предложен теплообменник, позволяющий моделировать процесс ПТВ и интенсифицировать теплообмен в печи. Цементы, полученные предложенным способом, обладают повышенной прочностью*

**Ключевые слова:** цемент, шлаки, эксергия, теплообменник предварительное термическое воздействие.

Решение вопросов энергосбережения, в том числе и путем внедрения новых технологий с низким уровнем энергозатрат, является важнейшим фактором перспективного развития цементного производства. Руководствуясь принципами комплексного подхода к решению задачи ресурсо-энергосбережения, все энергосберегающие технологические процессы условно можно разбить на две группы:

- энергосбережение за счет изменения вещественного состава сырья и вяжущего, снижения клинкерной составляющей в смешанных цементах;

- энергосбережение за счет повышения эффективности энергообмена как в тепловых, так и помольных агрегатах.

В первой группе следует выделить перспективность эксергетического подхода при выборе рационального компонентного и вещественного состава сырьевой смеси, что позволяет снизить затраты на клинкерообразование. Такой подход в полной мере реализуется при использовании техногенного сырья в качестве сырьевых компонентов, подбора и оптимального способа ввода минерализаторов [1, 2].

В настоящее время в различных регионах страны накоплены значительные запасы техногенных материалов, прошедших тепловую обработку, например шлаков, которые с успехом мо-

гут частично заменить природное сырье. В случае их использования удельный расход топлива может быть снижен в 1,5–2 раза, а выброс углекислого газа в атмосферу – на 20–25 %, что особенно актуально в связи с возникновением и постепенным усилением парникового эффекта, приводящего к глобальному потеплению и изменению климата Земли в целом.

Приведенные в табл. 1 данные эффективности использования различных шлаков, как компонента сырьевой смеси при мокром способе производства цемента, свидетельствуют, что допустимая дозировка шлака лимитируется содержанием кислых оксидов и ограничивается 30–45 % (в пересчете на клинкер). При этом удельный расход условного топлива на обжиг клинкера ( $q_{уд}$ ) при мокром способе может приблизиться к уровню сухого способа производства.

Использование металлургических шлаков в качестве дополнительного питания вращающейся печи имеет свою особенность. Из производственного опыта известно, что шлаки нельзя размалывать совместно с сырьевыми компонентами при мокром способе производства цемента, так как они частично гидратируют, схватываются и осаждаются в бассейнах, емкостях и трубопроводах. Поэтому наиболее рациональным способом их применения является подача без

измельчения непосредственно во вращающуюся печь.

В этом случае основная масса материала, предназначенного для дополнительного питания, в силу своего генезиса незначительно участвующая в твердофазовых процессах, требующих развитой удельной поверхности, взаи-

модельствует с оксидом кальция сырьевой смеси преимущественно на стадии жидкофазного спекания. Таким образом, степень измельчения этого компонента не играет той решающей роли в процессе клинкерообразования, с которой связано завершение процесса обжига в основной сырьевой смеси.

Таблица 1

## Эффективность использования шлаков

| Материал      | Содержание оксидов, % |                  |                                |                                |     | Предельная дозировка, % | Ограничение по оксиду          | $Q_{уд}$ , кут/т кл. |
|---------------|-----------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----|-------------------------|--------------------------------|----------------------|
|               | CaO                   | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | MgO |                         |                                |                      |
| Шлам          | 43                    | 14               | 3,6                            | 2,6                            | 0,5 | –                       | –                              | 205                  |
| Шлак:         |                       |                  |                                |                                |     |                         |                                |                      |
| - липецкий    | 47                    | 36               | 8                              | 0,4                            | 7   | 45                      | SiO <sub>2</sub>               | 105                  |
| - челябинский | 37                    | 37               | 15                             | 0,4                            | 6   | 35                      | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 125                  |
| - ОЭМК        | 39                    | 21               | 5                              | 14                             | 12  | 30                      | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 135                  |

Это обстоятельство позволяет использовать для дополнительного питания печи немолотые шлаки с размером зерна до 5–10 мм. При этом достигаются следующие преимущества перед традиционным способом использования шлака, предусматривающим его совместный помол с сырьевым шламом:

- уменьшается на 25 % расход электроэнергии на помол;
- сокращается на 25 % расход мелющих тел;
- не подвергается абразивному износу оборудование транспортировки шлама;
- не загустевает шлак при хранении в шламбассейнах.

Таким образом, при максимальном использовании шлаков ОЭМК в качестве компонента цементной сырьевой смеси может быть достигнуто до 30 % экономии топлива, снижено до 30 % выбросов углекислого газа, и на столько же – выбросов других парниковых газов в атмосферу. Это позволит не только повысить энергоэффективность производства цемента, но и улучшить экологическую обстановку.

Весьма перспективным направлением является использование техногенных материалов при получении компонентов, составляющих композиционные специальные цементы, так как с одной стороны, это позволяет экономить природные сырьевые ресурсы и удешевлять производственный процесс, а с другой стороны – способствует интенсификации процессов обжига за счет содержащихся в техногенных материалах примесей, выступающих в роли интенсификаторов. Использование в производстве смешанных цементов низкоосновного клинкера и термоактивированного природного сырья (аргиллитов, трепелов и др.) позволяет значительно сократить долю портландцементного клинкера [3–5] при высоких потребительских качествах готового продукта.

Вторым направлением энергосбережения является интенсификация теплообмена в печи между материалом и газовым потоком. Применение мероприятий, увеличивающих эксергию теплового потока от сжигаемого топлива, будут способствовать (при прочих равных условиях) уменьшению эксергетической потери при передаче теплоты от продуктов сгорания к нагреваемому телу. Необходимо стремиться к получению максимально возможной температуры в зоне горения топлива, что может быть достигнуто совершенствованием горелочных устройств и эффективными параметрами работы обжигового агрегата.

Кроме того, увеличению температуры в зоне горения будет способствовать увеличение энтальпии вторичного воздуха, которая определяется работой клинкерного холодильника. Сущность такой высокой эффективности экономии тепла при охлаждении клинкера заключается в том, что часть теплоты топлива заменяется теплотой горячего вторичного воздуха. При этом снижаются объем и скорость топочных газов, и значительно повышается теплообмен в печи. На практике это приводит к уменьшению температуры отходящих газов, улучшению условий образования обмазки в зоне спекания и снижению температуры корпуса печи и, следовательно, снижению теплотерь в окружающую среду.

Выполнение практических рекомендаций по рациональному распределению охлаждающего воздуха в подрешеточном пространстве колосникового холодильника типа «Волга» на ряде цементных заводов обеспечило повышение теплового к.п.д. колосникового холодильника с 0,7 до 0,93 и, как следствие, значительное снижение расхода топлива.

Многолетний опыт работы кафедры «Технологии цемента и композиционных материа-

лов» БГТУ им. В.Г. Шухова подтвердил на практике важность экономии тепла в горячей части печи.

Одним из важнейших условий эффективной работы вращающихся печей является интенсификация теплообмена в подготовительных зонах, где происходит сушка, подогрев материала и его декарбонизация. В печах сухого способа эффективность теплообмена определяется работой суспензионных теплообменников и декарбонизаторов. В печах мокрого способа интенсификация теплообмена в зоне сушки и подогрева определяется рациональной конструкцией цепных завес. Для уточнения интенсивности теплообмена при различном состоянии шлама [6] выполнены исследования на горячей модели цепной завесы. Полученные результаты свидетельствуют, что с увеличением пластичности материала в области конвективного теплообмена и ростом толщины пленки материала на цепях интенсивность теплообмена возрастает. При снижении влажности шлама, когда материал переходит в сыпучее состояние, величина регенеративного теплообмена определяется относительным временем пребывания теплообменного элемента в газовом потоке и материале. Следовательно, при проектировании цепных завес необходимо учитывать адгезионно-когезионные свойства сырьевых шламов, что позволит избежать ошибок расчетного характера.

Совместная разработка БГТУ им. Шухова и ООО ПФ «АЯН» цепной завесы с различными коэффициентами плотности по участкам и равномерно распределенной навеской цепей по объему печи, обеспечивающими низкое аэродинамическое сопротивление и высокую эффективность теплообмена, хорошо себя зарекомендовала на ОАО «Мордовцемент», ОАО «Себряковцемент» и ОАО «Топкинский цемент», уменьшив топливопотребление на 10–15 кг у.т./т клинкера.

Стремление повысить экономичность печей мокрого способа производства предполагает интенсификацию процессов тепломассообмена, что влечет дальнейшее расширение цепной завесы к горячему концу печи. Сегодняшний уровень развития техники позволяет расширить завесу до температуры газового потока 1200 °С. Для защиты футеровки от механического истирания цепями в высокотемпературных зонах хорошо зарекомендовали себя металлические пластины оригинальной конструкции производства ООО ПФ «АЯН», используемые при проектировании цепных завес. Это позволяет увеличить объем рабочего пространства в печи, улучшить регенеративный теплообмен между

материалом и футеровкой и значительно продлить срок эксплуатации бетона.

Основываясь на работах Гипроцемента и НИИЦементов по интенсификации тепломассообменных процессов в цементных печах, работах РХТУ им. Д.И. Менделеева по термохимической активации сырья при обжиге клинкера, принципиально новым подходом можно считать целенаправленную активизацию процессов синтеза клинкерных фаз посредством дискретного термического воздействия.

Основными принципами, заложенными в технологию предварительного термического воздействия (ПТВ) в высокотемпературных силикатных системах, являются:

- увеличение площади химического взаимодействия реагентов в твердом состоянии посредством развития рекристаллизационных процессов на границе раздела фаз, достигаемого изменением условий термического воздействия;
- увеличение количества кристаллических затравок, являющихся промотерами формирования основной клинкерной фазы – алита;
- создание условий массовой кристаллизации алитовой фазы, обеспечивающее целенаправленное формирование поликристаллической структуры портландцементного клинкера.

Такой клинкер обладает повышенной гидравлической активностью и формирует цементный камень высокой прочности. Для реализации на практике процесса термохимического модифицирования разработан вариант внутривспышного лопастного керамического теплообменника, выполняющего функцию встроенного декарбонизатора. Теплообменник может быть установлен на любой вращающейся печи с минимальными затратами, что помимо повышения активности клинкера, позволит повысить на 5–15 % производительность печи и, соответственно, снизить расход топлива.

Установлено, что прерывание процесса кристаллизации оксида кальция путем импульсного термического воздействия на низкотемпературных стадиях позволяет изменить его структуру и дисперсность. Под микроскопом (рис. 1) можно четко проследить влияние щелочных солей и

вторичного термовоздействия на характер кристаллизации СаО. В контрольном образце частицы извести представлены округлыми рыхлыми зернами размером 40–100 мкм, края которых имеют четкие, ровные границы.

При повторном обжиге имеют место процессы рекристаллизации, приводящие к совершенствованию и уплотнению структуры зерна. Присутствие добавки щелочных солей  $K_2SO_4$  и  $Na_2SO_4$  (3:1) в количестве 2 % по  $R_2O$  от массы

известии, как известно, ускоряющих и понижающих температуру разложения  $\text{CaCO}_3$ , усиливает рекристаллизацию оксида кальция за счёт появления солевых расплавов ( $t_{\text{пл.}} \text{K}_2\text{SO}_4 = 1069^\circ\text{C}$ , и эвтектики  $5\text{CaCO}_3 \cdot 4\text{NaK}_3(\text{SO}_4)_2$  с  $t_{\text{пл.}} = 820^\circ\text{C}$ ).

Вместе с тем, при повторном обжиге, термомодифицированный оксид кальция приобретает полидисперсный состав, возрастает доля мелких кристаллов размером 1-3 мкм, а так же образуются более крупные частицы размером

20–30 мкм. Структура поверхности частиц  $\text{CaO}$  уплотняется и, в результате взаимодействия его с  $\text{SiO}_2$ , повышается скорость диффузии и интенсивность реакции синтеза  $\text{C}_2\text{S}$ . При этом крупные, рекристаллизованные частицы  $\text{CaO}$ , способствуют образованию белита в области высоких температур, а образовавшийся  $\text{C}_2\text{S}$  не подвержен рекристаллизации, что увеличивает количество центров кристаллизации алитовой фазы.

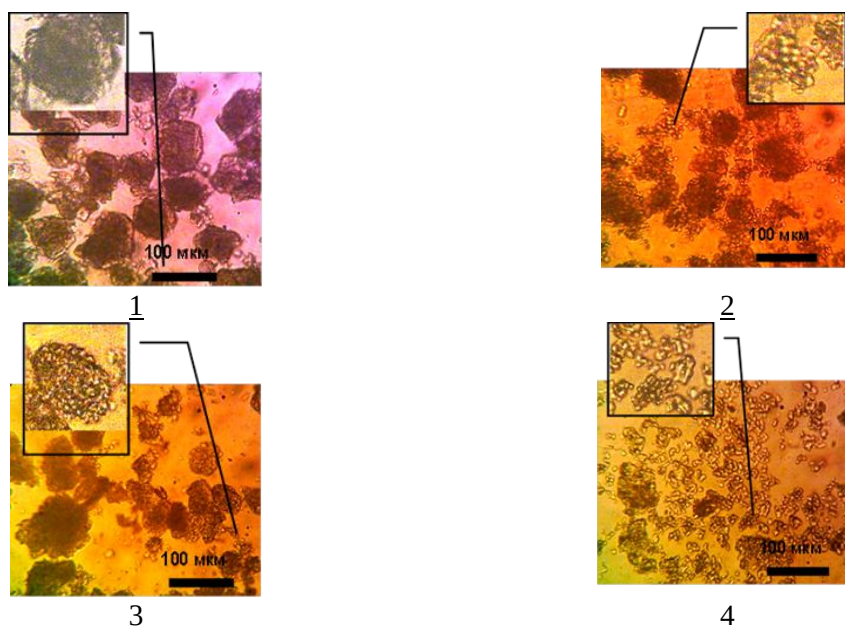


Рис. 1. Микрофотография иммерсионного препарата извести (обжиг при  $1200^\circ\text{C}$ ), 1,2 – нормального обжига; 3,4 – двукратного обжига (ПТВ); 1,3 – без добавок; 2,4 – с 2 %  $\text{R}_2\text{O}$

На рис. 2 приведены результаты испытания в малых образцах (1:0) цементов, полученных из сырьевых смесей, при обжиге которых часть сырьевой смеси предварительно обжигалась при температуре  $1000^\circ\text{C}$ . Максимальную прочность

показали образцы с 30 % предварительно обожженной шихты. Клинкер этой партии отличался полидисперсным составом фазы алита, что обеспечило высокий темп набора прочности как в ранние, так и поздние сроки.

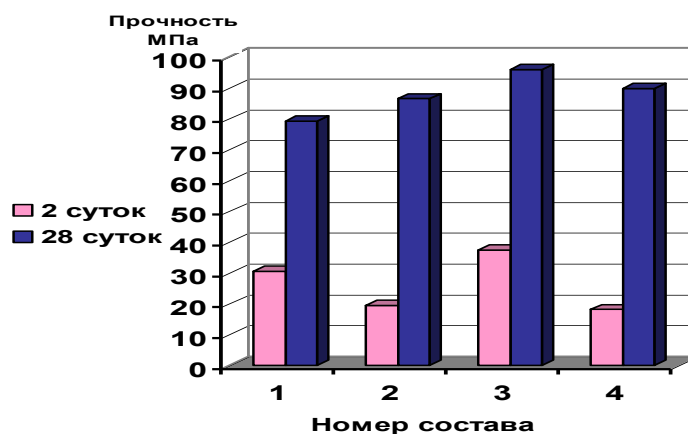


Рис.2. Прочностные показатели цементов на основе сырья с различным содержанием термообработанной сырьевой смеси: 1 – 0 %; 2 – 10 %; 3 – 30 %; 4 – 100 %



Для практической реализации разработан [7] керамический пересыпной теплообменник (рис. 3.), который устанавливается в печи в зоне «декарбонизации» при температуре газового потока  $\approx 1400^\circ\text{C}$ . Такое расположение теплообменника обеспечивает подачу части материала в газовый поток и дальнейшую его присадку к

более холодному материалу, что имитирует двукратный обжиг сырьевой смеси. Это обеспечивает улучшение теплообмена в печи и позволит примерно, на 10 % увеличить единичную мощность обжигового агрегата при незначительных капитальных затратах, что повысит конкурентоспособность мокрого способа производства.

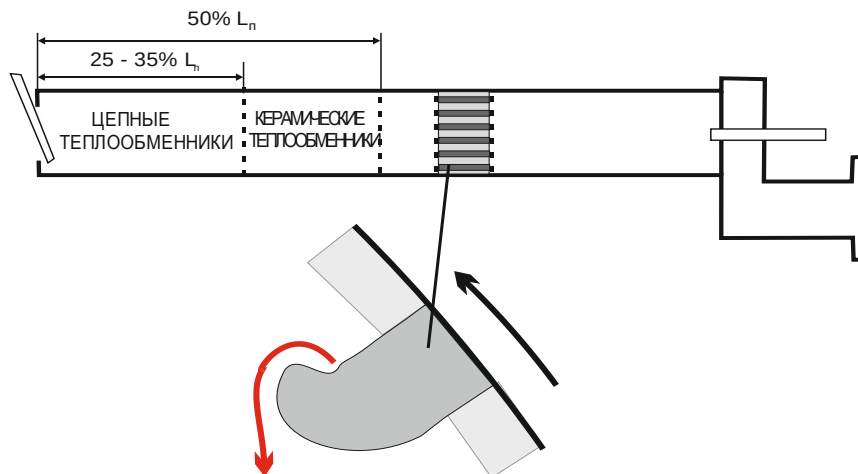


Рис. 3. Керамический теплообменник пересыпного типа и место его установки

**Выводы.** Исследования тепломассообменных процессов в цементной промышленности выявили основные направления энергосбережения позволяющие повысить эффективность производства. Использование техногенного сырья и разработка конструкторских решений по совершенствованию теплообменных и горелочных устройств позволили получить значительную экономию природного сырья и топлива. Применение принципа ПТВ для цементных сырьевых шихт обеспечило интенсификацию процессов минералообразования и позволило развить представления по термохимической активации сырья за счет изменения морфологии реагирующих веществ.

*\*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №НК-14-41-08031 р\_офи\_м.*

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лугинина И.Г., Коновалов В.М. Цементы из некондиционного сырья. Новочеркасск: Уч.-изд., 1994. 232 с.
2. Коновалов В.М., Чекулаев В.Г., Гликин Д.М. Влияние условий введения минерализатора на термомодифицированные портландцементные смеси / Научные чтения, Сб. докл., часть 1, Белгород: Изд-во БГТУ. 2014. С.130–135.

3. Борисов И.Н., Мандрикова О.С., Семин А.Н., Расширяющаяся добавка на основе сульфатированного и ферритного отходов для получения специальных цементов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. №1. С. 125-128.

4. Классен, В.К. Эффективность использования шлако-меловой смеси в качестве сырьевого компонента для производства цементного клинкера / В.К. Классен, И.А. Шилова, Е.В. Текучёва // Фундаментальные исследования. 2006. №12. С. 77-80.

5. Коновалов В.М., Гликин Д.М., Соломатова С.С. Использование аргилитов в производстве смешанных цементов // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2; URL: <http://www.science-education.ru/129-22244>

6. Борисов И.Н. Управление процессами агломерации Материалов и формирования обмазки во вращающихся печах цементной промышленности. Белгород: Изд. «Белаудит», 2003. 112 с.

7. Пат. 91141 Российская Федерация, МПК F23D 14/20 (2006/1). Вращающаяся обжиговая печь для производства цементного клинкера / В.М. Коновалов, В.Н. Шевченко, А.Н.Образумов А.Н., А.А. Гончаров, А.В. Литовченко, М.А. Акуликина; заявитель и патентообладатель ООО ПФ «АЯН», БГТУ им В.Г. Шухова. - №2009134733, заявл. 17.09.2009. опубл. 27.01.2010, Бюл. №3 – 6 с.

---

**Konovalov V.M., Pereskok S.A., Petrova M.A., Obrazumov A.N.****INCREASE OF EFFICIENCY OF HEATMASS-EXCHANGED PROCESSES IN CEMENT PRODUCTION**

*Resource-energy-saving is an important research direction for such large-scale and power-hungry industry as cement production. Use of the technogenic raw materials and complex approach to the heat exchange processes in separate zones of cement kiln allowed to work out the effective constructions of heat-exchange devices, that considerably reduces energy consumptions connected with the produced products. It is found that preliminary thermal influence (PTI) of raw materials mixture part allows to change morphology of lime crystals also to create the centers of clinker minerals crystallization that accelerates the processes of high temperature synthesis. A heat-exchanger that allows to design the process of PTI and to intensify a heat exchange in a stove is offered. The cements got by an offered method possessed enhanceable durability.*

**Keywords:** cement, slag, exergy, heat-exchanger, preliminary thermal influence

---

**Коновалов Владимир Михайлович**, кандидат технических наук, доцент.

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

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

E-mail: konovalov52@mail.ru

**Перескок Сергей Алексеевич**, кандидат технических наук, доцент.

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

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

E-mail: spereskok@mail.ru

**Петрова Марина Александровна**, инженер.

ООО «Магма»

Адрес: Россия, 430030, г. Саранск, ул. Васенко, 38Б.

E-mail: akumarina@yandex.ru

**Образумов, Александр Николаевич**, инженер.

ООО ПФ «АЯН»

Адрес: Россия, 301295, Тульская обл, Киреевский р-н, п. Шахты - 8, ул. Дорожная, д. 1

E-mail: obrazum@yandex.ru

Барбаниярэ В.Д., д-р, техн. наук, проф.,  
Матвеев А.Ф., канд. техн. наук, проф.,  
Смаль Д.В., канд. техн. наук, доц.,  
Москвичев Д.С., н. с.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ В ТРУБНЫХ МЕЛЬНИЦАХ\*

xtsm@intbel.ru

Использованием отношения массы мелющих тел к массе размалываемого материала в лабораторных условиях изучены процессы измельчения материалов в шаровой трубной мельнице. Установлена возможность интенсификации процесса измельчения в результате применения максимально плотной шаровой загрузки, которая обеспечивает более высокоэнергетичный помол материала за счет наличия двух факторов: импульса истирающего действия (ИИД) и импульса ударного сжатия (ИУС). В опытно-промышленных испытаниях достигнуто повышение производительности мельницы на 15-20%.

**Ключевые слова:** плотная загрузка, импульс истирания, импульс ударного сжатия.

Предпринят новый подход к исследованию измельчения в шаровых трубных мельницах [1–10], в основу которого положено применение не энергетических показателей процесса, как это общепринято в научно-технической литературе, а отношение масс взаимодействующих ингредиентов-мелющих тел и размалываемого материала. Отношение их масс позволило выделить фактор, величина которого оказывает существенное влияние на процесс помола. Этим фактором оказался объем размалываемого материала, численное значение которого находится в знаменателе, из чего следует, что для увеличения воздействия мелющих тел на размалываемый материал необходимо уменьшить знаменатель рассматриваемого отношения, что возможно только уменьшая объем размалываемого материала, находящегося в пустотах между шарами, т.е. увеличивая плотность укладки шаров. Так возникла идея применения максимально плотной шаровой загрузки для интенсификации процесса помола.

Предложен механизм воздействия совокупности шаров мелющей загрузки на размалываемый материал в виде импульса ударного сжатия (ИУС) [7], возникающего в момент их макси-

$$\text{ИУС} = \frac{m_{\text{м.т.}}}{m_{\text{орм.}}} = \frac{\gamma_{\text{м.т.}} \cdot V_{\text{м.т.}}}{\rho_{\text{орм.}} \cdot V_{\text{орм.}}} = \frac{7,86 \cdot 0,74}{1,5 \cdot 0,26} = 14,91 \left[ \frac{\text{т}}{\text{т}} \right]$$

Данное соотношение показывает, что размалывающее действие практически в два раза больше, чем при обычной загрузке.

Размер пустоты между шарами характеризуется диаметром вписанного в неё шара. Виды возможных плотных шаров, размеры пустот и вписанных в них шаров приведены табл. 1.

Не все приведенные в таблице мелкие шары могут быть использованы в качестве вписанных в пустоты между основными (крупными) шара-

мального контакта в нижней точке соприкосновения шаров с цилиндрической поверхностью барабана мельницы. В расчете на 1 м<sup>3</sup> шароматериальной загрузки рассматриваемое соотношение имеет следующий вид:

$$\text{ИУС} = \frac{m_{\text{м.т.}}}{m_{\text{орм.}}} = \frac{\gamma_{\text{м.т.}} \cdot V_{\text{м.т.}}}{\rho_{\text{орм.}} \cdot V_{\text{орм.}}} \left[ \frac{\text{т}}{\text{т}} \right],$$

где  $m_{\text{м.т.}}$  – масса мелющих тел, т/м<sup>3</sup>;  $m_{\text{орм.}}$  – масса одновременно размалываемого материала, т/м<sup>3</sup>;  $\gamma_{\text{м.т.}}$  – плотность мелющих тел, т/м<sup>3</sup>;  $\rho_{\text{орм.}}$  – насыпная масса размалываемого материала, т/м<sup>3</sup>;  $V_{\text{м.т.}}$ ,  $V_{\text{орм.}}$  – доля общего объема загрузки, занимаемая мелющими телами и размалываемым материалом соответственно.

Применительно к 1 м<sup>3</sup> шаровой загрузки 1-ой камеры мельницы:

$$\text{ИУС}_{\text{ст}} = \frac{7,86 \cdot 0,59}{1,5 \cdot 0,41} = 7,54 \left[ \frac{\text{т}}{\text{т}} \right] \quad (1)$$

При плотной упаковке шаров пустоты между ними составляют 26% общего объема, шары соответственно занимают 74% шароматериальной загрузки. Отношение массы шаров к массе материала:

При диаметре шаров 10–15 мм могут пройти в отверстия межкамерных и выгрузочных диафрагм. Если размеры основного и вписанного шара различаются в 10 раз и более, то подвергаются самосортировке в мельнице, которая в данном случае является своеобразным ситом, на котором всегда разделяются мелкие и крупные фракции материала. Для формирования устойчивой плотной укладки оптимальной является пара шаров (основной и вписанный), отношение

масс которых должно находиться в интервале 1,5–3,5. Указанному условию соответствуют пары шаров с заполнением кубической пустоты,  $d_0/d_b$ : 100/70, 80/60, 70/50, 40/30, 30/20, 25/17. Для формирования мелющей загрузки двухка-

мерной мельницы достаточно взять четыре размера шаров (две пары), вместо 10 размеров шаров в традиционной загрузке.

Таблица 1

## Двухшаровые плотные упаковки

| Виды шаров                                   | Варианты пар шаров плотной упаковки |              |              |              |              |
|----------------------------------------------|-------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                                              | 1                                   | 2            | 3            | 4            | 5            |
| Диаметр основного шара ( $d_0$ ), мм         | 100                                 | 80           | 70           | 50           | 40           |
| Диаметр вписанного в пустоту шара $d_b$ , мм | $70^1; 40^2; 20^3$                  | $60^1; 33^2$ | $50^1; 30^2$ | $40^1; 20^2$ | $30^1; 17^2$ |

1 – кубическая пустота (образуется восьмью соседними шарами);

2 – октаэдрическая пустота (образуется шестью соседними шарами);

3 – тетраэдрическая пустота (образуется четырьмя соседними шарами).

Расчеты показывают, что производительность мельницы с плотной шаровой загрузкой выше на 60–70%, чем на традиционной загрузке. Однако лабораторные испытания на двухкамерной мельнице Гипроцемента и кратковременные опытно-промышленные испытания, показали повышение производительности мельницы в пределах 20–30%. Основная причина заключается в сортировке шаров по размерам в процессе их взаимодействия с бронефутеровкой мельницы. При этом часть крупных шаров концентрируется около межкамерной и выгрузочной диафрагм, что частично разрушает плотность шаровой загрузки. Для сохранения устойчивой шаровой загрузки нами предложена специальная бронефутеровка, содержащая желоба, направленные вдоль окружности барабана мельницы, и спиральные канавки. Желоба препятствуют передвижению и классификации шаров вдоль оси мельницы, а спиральные канавки предназначены для ускорения движения размалываемого материала и достижения его оптимального количества, чтобы сохранить заданную величину ИУСа и обеспечить высокую степень измельчения материала и повышенную производительность мельницы.

Отличительная особенность энергии мелющей шаровой загрузки состоит в том, что она диссипирована (распределена, раздроблена) на микроскопические доли энергии отдельных шаров, которые корректнее рассматривать на примере одного шара: ударное действие шара в водопадном режиме описывается выражением  $ИУС = m \cdot g \cdot \tau$ , где  $m$  – масса шара, кг;  $g$  – ускорение силы тяжести,  $м/с^2$ ;  $\tau$  – время падения шара, с.

$$\tau = \sqrt{\frac{2 \cdot h}{g}},$$

где  $h$  – высота падения шара, м.

$$\tau = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,3}{9,81}} = 0,5 \text{ с.}$$

$$ИУС = 1,41 \cdot 9,81 \cdot 0,5 = 6,9 \text{ кг} \cdot \text{м/с.}$$

Детальный анализ показал, что в водопадном режиме движения шаров имеет место еще один механизм действия шаров на размалываемый материал, представляющий собой импульс истирающего действия (ИИД), количественно равный кинетической энергии шара в верхней точке отрыва от поверхности барабана. О наличии такой энергии свидетельствует последующая траектория движения шара по параболе, в отсутствии такой энергии шар падает вниз по вертикальной линии (доказано экспериментально на лабораторной мельнице). Количественно энергия шара диаметром 70 мм равна:  $ИИД = m \cdot V$ , где  $m$  – масса шара, кг;  $V$  – скорость отрыва шара от поверхности барабана, м/с, равная линейной скорости движения окружности барабана, контактирующей с шаровой загрузкой на подъемном участке траектории:

$$V = \frac{2\pi R \cdot \nu}{60},$$

где  $R$  – радиус мельницы, м;  $\nu$  – частота вращения мельницы,  $мин^{-1}$ .

$$V = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 1 \cdot 23,2}{60} = 2,43 \text{ м/с.}$$

$$ИИД = 1,41 \cdot 2,43 = 3,4 \text{ кг} \cdot \text{м/с.}$$

Таким образом, шар в водопадном режиме оказывает двойное действие на размалываемый материал, а именно, истирание материала в верхней точке отрыва от поверхности барабана и ударное сжатие материала при контакте с поверхностью в нижней точке барабана. Суммарное действие шара массой 1,41 кг за один цикл (подъем-падение) составляет:

$$ИУС + ИИД = 6,9 + 3,4 = 10,3 \text{ кг} \cdot \text{м/с.}$$

Полученные результаты подтверждают высокую эффективность процесса грубого помола клинкера в первой камере мельницы, имеющего кратность измельчения, равную  $\sim 50$  (с 15 мм до 0,3 мм) и в том числе 20–30 % готового цемента конечной тонкости помола ( $< 80$  мкм).

Совсем другая ситуация имеет место во второй камере тонкого помола материала, оснащенной гладкой бронефутеровкой. В движении мелких шаров из-за их недостаточной высоты подъема отсутствует четко выраженные импульсы ударного сжатия и истирающего действия. Основная масса мелких шаров ( $d=20-30$  мм) совершает медленное поступательно-вращательное движение с полным перемешиванием материала за один оборот барабана мельницы. Так как общее количество шаров во вто-

рой камере мельницы на порядок больше, чем в первой камере, то переданная им энергия диссипирована до такой степени, что единичный шар не в состоянии совершить необходимый истирающий акт воздействия над материалом. Таким образом, почти вся совокупность энергии мелких шаров превращается в теплоту, а процесс измельчения материала прекращается, наглядным примером которого является диаграмма помола на рис. 1, на которой удельная поверхность и остаток на сите 008 представлены ровными линиями параллельными оси абсцисс. Очевидно, что следует и во второй камере создать действенный энергетический потенциал шарово-материальной загрузки по аналогии с первой камерой.

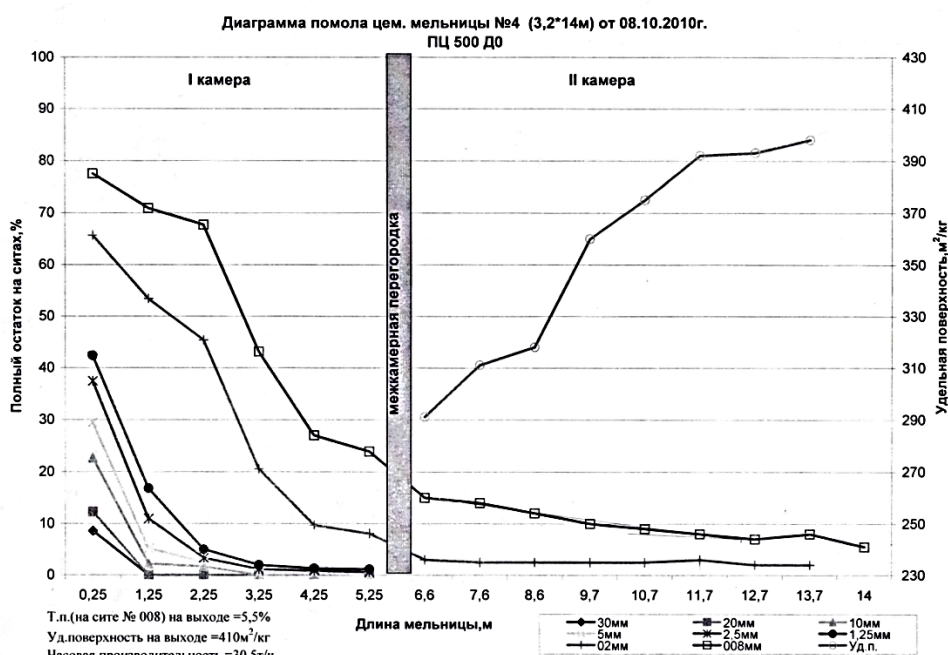


Рис. 1. Диаграмма помола

Основные результаты и выводы.

1. Предпринят новый подход к исследованию процесса измельчения материала в трубных мельницах, в основу которого положено применение не энергетических показателей процесса, как это общепринято в научно-технической литературе, а отношения масс взаимодействующих ингредиентов – мелющих тел и размалываемого материала.

2. Предложен механизм воздействия совокупности шаров мелющей загрузки на размалываемый материал в водопадном режиме в виде двух импульсов:

– импульса истирающего действия (ИИД), количественно равного кинетической энергии шаров в верхней точке отрыва от поверхности барабана;

– импульса ударного сжатия (ИУСа), возникающего в момент максимального контакта в нижней точке соприкосновения шаров с цилиндрической поверхностью барабана мельницы, равного отношению масс  $m_{\text{мт}}/m_{\text{рм}}$ .

3. Предложен способ повышения удельной энергии импульсов истирающего действия и ударного сжатия – применением плотной упаковки шаров в мелющей загрузке; плотная упаковка шаров концентрирует удельную массу мелющих тел в единице объема размалываемого материала и усиливает ИУС в 2 раза.

4. Для сохранения высокой энергии ИИД и ИУСа одновременно с быстрым измельчением необходимо увеличить скорость продвижения размалываемого материала по длине мельницы и его выгрузку, для чего следует и во второй камере тонкого измельчения организовать водо-

падный режим движения шаров с применением лифтерно-желобчатых бронеплит со спиральными дорожками, направленными по образующим барабана мельницы.

*\*Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № НК 14-41-08029 р\_офи\_м.*

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Андреев С.Е., Товаров В.В., Перов В.А., Закономерности измельчения и исчисления характеристики гранулометрического состава. М.: Металлургиздат, 1959. 437 с.
2. Бажанова О.И., Богданов В.С., Шаптала В.Г. Моделирование температурно-влажностного режима цементной мельницы // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2012. №4. С. 91–95.
3. Севостьянов В.С., Михайличенко С.А., Ильина Т.Н., Маркидин А.А., Сиваченко Т.Л. Способы совершенствования измельчителей ударного действия на основе многостержневых рабочих органов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. №4. С. 87–90.
4. Крыхтин Г.С., Кузнецов Л.Н. Интенсификация работы мельниц. Новосибирск: ВО «Наука», 1993. 240 с.
5. Пироцкий В.З. Цементные мельницы: технологическая оптимизация. С.-Пб.: Изд-во Центра профессионального обновления, 1999. 145 с.
6. Дешко Ю.И., Креймер М.Б., Крыхтин П.С. Измельчение материалов в цементной промышленности. М.: Изд-во литературы по строительству, 1966. 270 с.
7. Капалнец Е.Г. Взаимосвязь работы мельющих тел и футеровочных плит шаровых мельниц // Цемент и его применение. 2010. № 3. С. 80–81.
8. Пат. № 2477659 Российская Федерация, МКП В 02 С 17/20 Шаровая загрузка барабанной мельницы / В.Д. Барбаниягрэ; заявитель и правообладатель БГТУ им. В.Г. Шухова. – № 2010121271, заявл. 25.05.10; опубл. 20.03.13.
9. Ходаков Г.С. Тонкое измельчение строительных материалов. М.: Стройиздат, 1972. 240 с.
10. Барбаниягрэ В.Д., Смаль Д.В. Плотнейшая шаровая загрузка трубной мельницы и ее эффективность // ИнформЦемент. 2011. № 2(32). С. 49–56.

**Barbanyagre V.D., Matveev A.F., Smal D.V., Moskvichyov D.S.**

### PHYSICAL AND TECHNICAL BASICS OF GRINDING MATERIALS IN PIPE MILLS

*By using the ratio of the mass of grinding media to the mass of the grinding material in the laboratory it was studied the processes of grinding material in a ball mill. It was found the possibility of an intensification of the milling process as a result of the most dense ball load, which provides a high-energy grinding of the material due to the presence of two factors: the impulse of abrasion action (IAA) and impulse of impact compression (IIC). In pilot tests it was achieved increasing the productivity of ball mill by 15–20 %.*

**Key words:** dense loading, impulse of abrasion action, impulse of impact compression.

**Барбаниягрэ Владимир Дмитриевич**, доктор технических наук, профессор, кафедры технологии цемента и композиционных материалов.

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

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

E-mail: xtsm@intbel.ru.

**Матвеев Александр Фролович**, кандидат технических наук, профессор, кафедры технологии цемента и композиционных материалов.

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

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

E-mail: xtsm@intbel.ru.

**Смаль Дмитрий Викторович**, кандидат технических наук, кафедры технологии цемента и композиционных материалов.

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

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

E-mail: xtsm@intbel.ru.

**Москвичев Дмитрий Сергеевич**, научный сотрудник, кафедры технологии цемента и композиционных материалов.

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

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

E-mail: xtsm@intbel.ru.

# ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Дорошенко Ю.А., д-р эконом. наук, проф.,  
Климашевская А.А., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ЕГО КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ

anastasia.klimashevskaya@gmail.com

*В статье отмечается большое значение внедрения технологической модернизации на предприятиях в целях повышения их конкурентоспособности. Важным является выбор пути модернизации, который зависит от целей компании, ее стратегий и нынешней ситуации. Существует несколько направлений модернизации, но приоритетной остается именно технологическая. Необходимость проведения изменений подкрепляется статистическими данными, говорящими о высоком степени износа основных фондов и не в полной мере положительной ситуации в отраслях. Для лучшего понимания путей технологической модернизации, в статье описываются основные ее направления: частичное улучшение технологий, модернизация в уже имеющейся технологии, кардинальные изменения, модернизация технологической цепочки. Часто необходимым в процессе технологической модернизации выступает покупка нового оборудования, основные способы которой отмечены в статье. Внедрение на предприятиях программ по технологической модернизации производства обеспечивает компанию конкурентными преимуществами, которые положительно сказываются на их деятельности.*

**Ключевые слова:** модернизация, конкуренция, технологическая модернизация, конкурентное преимущество, технологический парк оборудования.

К одной из важнейших задач, которые стоят перед Российской промышленностью на сегодняшний день можно отнести повышение конкурентоспособности предприятия. В настоящий момент условия деятельности промышленных предприятий можно охарактеризовать с одной стороны ускорением процессов глобализации и становлением постиндустриальных обществ, а с другой стороны – необходимостью оперативной модернизации технологий на инновационной основе и техники для повышения конкурентоспособности экономики и удержания данного состояния в будущем [1].

На уровне компании реализуются и взаимодействуют и политическая, и технологическая, и духовно-нравственная модернизация, и социальная, т.к. компания представляет собой социально-экономическую систему, которая интегрирует цели, ресурсы, капиталы и интересы участников. Кроме этого, в структуре и деятельности предприятия отражается, как в капле воды, структура и функционирование социума и экономики страны. Большинство изменений, происходящих в экономике или обществе, имеют проекцию на компании. И наоборот, изменения, которые происходят на предприятиях и охватывающие большое количество предприятий, отражаются в функциональной и институ-

циональной структуре общества. Компании являются своего рода инкубатором, аккумулятором, а часто и генератором институциональных преобразований. По этим причинам модернизация компаний значима не только по причине экономического роста, но и благодаря институциональному развитию общества и экономики. Предприятие – своеобразный полигон для институциональных и экономических инноваций и естественный объект модернизации.

Важность выбора пути модернизации предприятия, которая в будущем приведет к повышению его конкурентоспособности, очень велика и зависит от стратегии, реализуемой предприятием, от цели развития, а также логистической и технико-технологической проработки вопросов [2]. Кроме того стоит отметить, что сегодня наметилась ситуация, в которой руководители предприятий не всегда стремятся вкладывать значительные финансовые средства в обновление технологического парка оборудования, и при этом надолго откладывают решение экологических задач. В процессе разработки концепции обновленного производства (или изменения уже существующего), новой технологии или ее частичного обновления, наряду с выполнением технико-технологических вопросов должны выполняться следующие задачи:

уменьшение времени производственного цикла, оптимизация перемещения запасов в процессе снабжения производства, снижение простоев и потерь, модернизация во всей технологической цепочке производственного цикла.

Каким должен быть главный вектор модернизации компаний? Технологическая модернизация предприятий – наиболее грамотное направление. Обновление производственных фондов, реформирование структуры управления, существенная трансформация внутрифирменной культуры являются первоочередными предметами модернизации. Совершенствование структуры используемых ресурсов, уменьшение потерь в процессе производства требуют значительного изменения технологий в промышленности, т.е. процесса модернизации. В сегодняшней ситуации в ближайшие годы Российские

промышленные предприятия должны провести технологическое перевооружение, без осуществления которого весьма сложно решить проблему изготовления конкурентоспособной продукции.

Необходимость в полномасштабном обновлении технического парка производственных предприятий в нашей стране очевидна. Об этом говорят скупые на эмоции статистические цифры.

Свои неутешительные оценки по этому поводу дает и Федеральная служба государственной статистики (Росстат). В 2013 году отмечается увеличение степень износа основных фондов на предприятиях более чем в половине отраслей по сравнению с 2012 годом. Статистика по отраслям представлена в табл. 1.

Таблица 1

**Степень износа основных фондов в организациях по видам экономической деятельности**

| Отрасль                                                  | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 |
|----------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|
| Добыча полезных ископаемых                               | 49,6 | 51,1 | 52,2 | 51,2 | 53,2 |
| Обрабатывающие производства                              | 45,7 | 46,1 | 46,7 | 46,8 | 46,8 |
| Строительство                                            | 46,9 | 48,3 | 47,5 | 49,0 | 50,0 |
| Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство             | 42,2 | 42,1 | 42,8 | 42,5 | 42,7 |
| Производство и распределение электроэнергии, газа и воды | 50,7 | 51,1 | 50,5 | 47,8 | 47,6 |

Кроме этого, для понимания общей ситуации на предприятиях, стоит обратить внимание на следующие данные:

1. В 2014 году производственные мощности отечественных предприятий снизились по сравнению с 2012 годом.

2. Индекс предпринимательской уверенности, который отражает обобщенное состояние предпринимательского поведения, в марте 2015г. в сравнении с декабрем 2014г. увеличился в обрабатывающих производствах с (-10 %) до (-6 %), в добывающих производствах с (-7 %) до (-5%), и снизился в производстве и распределении электроэнергии, воды и газа с (4 %) до (-11 %).

3. Около трети предприятий в России убыточны.

4. Около половины предприятий в 2014 году не закупали оборудование два и более месяцев подряд.

Как мы видим, необходимость технического перевооружения очевидна. Для того, чтобы лучше разобраться в процессе технологической модернизации стоит обозначить ее основные

направления, которые каждое предприятие выбирает для себя согласно проведенному ранее анализу эффективности [3]. Основные направления модернизации промышленного производства представлены в табл. 2.

Если технологическая модернизация осуществляется посредством замены оборудования, перед предприятием становится важный вопрос о выборе производителя данного оборудования. Существует несколько вариантов по приобретению оборудования, основные из которых представлены далее.

**1. Модернизация посредством использования российского оборудования.** Данный способ на сегодняшний день представляет собой наиболее распространенным благодаря дешевизне: российское оборудование приобретают, чаще всего, по причине ценовой недоступности иностранного и нежелания проводить дорогостоящую модернизацию при макроэкономической нестабильности.

Российские машины не предъявляют завышенных требований к квалификации работни-



ков, а низкий уровень технической поддержки компенсируется простотой в использовании. Стоит отметить, что модернизация оборудования «по-русски» – это не только его приобретение и установка. Применение российских машин предполагает их обязательную «доводку» в течение 3–4 месяцев уже на местах, что обязывает создавать на предприятии целую инфраструктуру дополнительных ремонтников и специалистов.

У предпринимателя есть возможность не нанимать постоянный технический персонал, но принимать на временную документально оформленную работу мастеров и инженеров предприятия.

«Потенциал улучшения» отечественного оборудования сейчас выражается в полуподпольном копировании его иностранных аналогов нашими производителями.

С другой стороны, часто описываемая в литературе проблема адаптации технологий и оборудования выражается в том, что оно оказывается в «технологической ловушке». Низкий производственный потенциал российских технологий быстро исчерпывается. Адаптация отдельных узлов оборудования другого (особенно, зарубежного) изготовителя ведет за собой определенное количество сопутствующих инноваций по совмещению старого и нового оборудования. Столкнувшись с данной проблемой, предпринимателю приходится либо полностью менять основное оборудование (что очень часто становится неприемлемым из-за финансовых затрат), либо просто менять изношенное оборудование на новое такого же типа, что создаст предпосылки технологического отставания предприятия в будущем.

Таблица 2

### Направления модернизации промышленного производства

|                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Частичное улучшение технологии                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>Выбор и разработка уникального технологического оборудования, которое способно решить многоцелевые задачи модернизации;</li> <li>Разработка и выбор планировочного решения расстановки уже существующего и вновь приобретаемого оборудования в рамках единой технологической цепи;</li> <li>Оценка потребности компании в модернизации технологии и оборудования;</li> <li>Выбор нового оборудования в рамках всей технологии производства;</li> </ul>                                                                                                                                                                                                               |
| 2. Модернизация производства в рамках уже имеющейся технологии | <ul style="list-style-type: none"> <li>Выявление «узких мест»;</li> <li>«Расшивка узких мест» с помощью самостоятельно изготовленных специальных приспособлений;</li> <li>Сопоставление затрат на замену и улучшение оборудования в рамках уже имеющейся технологии и прогнозирование экономических характеристик реализации и производства</li> <li>Выявление влияния «узких мест» на использование технологии на смежных участках, влияние на окружающую среду;</li> <li>Создание схемы «производительности материального потока», с установлением элементов системы, благодаря которым возможно улучшение, или понимание каким из них необходима замена на аналогичные по производительности;</li> </ul> |
| 3. Кардинальное изменение технологии/или оборудования          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Появление спроса на продукцию с качественно новыми характеристиками (потребительские свойства, надежность, дизайн, экологическая безопасность);</li> <li>Оценка рисков колебания спроса и расчет финансовой нагрузки;</li> <li>Выстраивание и укрупнение цеха в последовательности движения производственного цикла изготовления продукта (соответственно, переносить при этом устаревшее оборудование не выгодно)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                        |
| 4. Модернизация части технологической цепочки                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Изготовление и проектирование специальных устройств, как небольших узлов, так и крупных технологических установок.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

**Модернизация посредством применения лицензионного оборудования.** Сегодня большое количество отечественных предприятий – производителей оборудования освоили производство технологий по лицензиям ведущих ми-

ровых компаний, и предложение подобных технологий повышается с каждым годом.

Пока что лицензионные технологии, которые обладают более низкой, нежели у иностранных, ценой и более высокими производственными характеристиками, чем у традиционных

российских технологий, пользуются чуть меньшей популярностью благодаря отсутствию оптимального соотношения качества и цены.

**Модернизация посредством применения зарубежного оборудования.** Чаще всего, зарубежное упаковочное и производственное оборудование солидных фирм – наиболее желаемый выбор для компаний, и при наличии финансовых возможностей безусловное предпочтение отдается именно ему. Кроме производственно-технических характеристик (долговечности, качества), в пользу оборудования западных производителей говорит и уровень сервисного и гарантийного обслуживания, до которого пока что далеко российским производителям. В отличие от российского, зарубежное оборудование адаптируется более «цивилизованным» путем, часто благодаря прямому сотрудничеству с фирмами-поставщиками оборудования.

Применение более совершенного оборудования предъявляет и также завышенные требования к качеству рабочих, что заставляет руководство компаний проводить обучение специалистов и рабочих. Обычно на это идут, несмотря на издержки по причине того, что ведь имея более подготовленных сотрудников, компания тем самым повышает свою "социальную" и "техническую" способность, т.е. накапливает преимущества для своей модернизации и в будущем.

Для повышения уровня конкурентоспособности на предприятии необходима системность в процессе модернизации [4]. Это говорит о том, что модернизация должна: 1) охватывать все стороны деятельности компании как социально-экономической системы; 2) организовать сохранение целостности, идентичности компании как системы и внутренней интегрированности; 3) проводиться, в основном, за счет внутренних ресурсов компании; 4) обладать стратегическим характером и соответствующими механизмами самоподдержки.

Для получения желаемого результата от модернизации производства стоит осуществить целый комплекс мер и одним из главных является создание рациональной структуры источников финансирования модернизации в компании. К внутренним источникам финансирования можно отнести амортизацию и прибыль. К внешними источниками относят заемные средства, государственную политику, лизинг.

Государственная политика в данной области строится на необходимости создания и воплощения важнейших инновационных проектов государственного значения по приоритетным направлениям, на организацию которых концен-

трируются ресурсы и которые подкрепляются государственной поддержкой.

Обеспечение государством положительной инвестиционной среды, поощрение венчурных капиталовложений в инновационные проекты и обеспечение нужных для достижения этого экономических условий, акционерное участие в бизнесе компании или предоставление государством гарантированных займов, прямое бюджетное финансирование, безусловно, увеличивает объём частных инвестиций, тем более если условия строятся на частно-государственном партнерстве, т.к. государство не может быть единственным (и доминирующим) источником финансирования для предприятий промышленности по причине того, что у него нет достаточной информации и мотивации для их развития. Банковское кредитование, под инвестиционный проект, чаще всего, трудно получить из-за достаточно высоких рисков для банков, которые обусловлены жёсткими в реализации требованиями к их ликвидности, а следовательно, и повышенных процентных ставок, а также необходимостью предоставления залога. Стоит отметить, что одной из действенных мер государственной поддержки промышленного производства в процессе модернизации представляют собой федеральные целевые программы.

В целом, внедрение на предприятии программ по технологической модернизации производства компании позволит обеспечить реальные конкурентные преимущества промышленному предприятию в краткосрочной и долгосрочной перспективе.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Глазьев С. Ю. Мировой экономический кризис как процесс смены технологических укладов // Вопросы экономики. 2009. №3. С. 27–30
2. Резниченко А.А. Обоснование выбора направления инновационного развития предприятия // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2012. №4. С. 116–119
3. Ефимычев Ю.И., Трофимов О.В., Ефимычев А.Ю., Шипилов А.Г. Модернизация предприятий промышленности: концепция, стратегии и механизм реализации // Креативная экономика. 2011. №11. С. 31–36
4. Блохин К.А. Методический подход к исследованию гибкой системы управления промышленным предприятием // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2012. №1. С. 112–115

---

**Doroshenko Y.A., Klimashevskaya A.A.****TECHNOLOGICAL MODERNIZATION OF THE ENTERPRISE AS FACTOR OF INCREASE OF ITS COMPETITIVENESS**

*The article notes the importance of implementation of technological modernization in enterprises in order to enhance their competitiveness. The important is to choose the path of modernization, which depends on the company's objectives, its strategies and the current situation. There are some directions of modernization, but priority remain technological. The need for change is supported by statistical data, talking about the high degree of depreciation of fixed assets and not fully the positive situation in the industry. For the best understanding of ways of technological modernization, in article its main directions are described: partial improvement of technologies, modernization in already available technology, cardinal changes, modernization of a technological chain. It is often necessary in the process of technological modernization serves the purchase of new equipment, the main ways in which the marked article. Introduction at the enterprises of programs for technological modernization of production provides the company with competitive advantages which positively affect their activity.*

**Key words:** modernization, competition, technological modernization, competitive advantage, technological park of the equipment.

---

**Дорошенко Юрий Анатольевич**, профессор, доктор экономических наук, заведующий директором института экономики и менеджмента.

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

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

E-mail: ROGOVA@intbel.ru

**Климашевская Анастасия Александровна**, аспирант кафедры стратегического управления, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

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

E-mail: anastasia.klimashevskaya@gmail.com

Абакумов Р. Г., канд. экон. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ВОСПРОИЗВОДСТВО ОСНОВНЫХ СРЕДСТВ

abakumovrg2000@mail.ru

*В статье рассматривается методология исследования факторов, влияющих на воспроизводство основных средств. Приводится и обосновывается классификация факторов, влияющих на воспроизводство основных средств по группировочным признакам. Систематизированы факторы по характеру воздействия на воспроизводство основных средств организации. Описаны механизмы влияния отдельных факторов.*

**Ключевые слова:** воспроизводство, основные средства, факторы, методология.

На воспроизводство основных средств на всех уровнях влияет большое количество самых разных факторов. Учитывая, что в экономической литературе не достаточно проработаны и систематизированы эти факторы, рассмотрение этого вопроса является необходимым компонентом научного исследования.

Фактор как понятие, по определению есть причина, движущая сила явления, определяющая его характер или отдельные черты [1].

При исследовании факторов воспроизводства основных средств, необходимо это понятие рассматривать шире, то есть не только как движущую силу движения и развития, но и как причину замедления этих процессов.

На основе обобщения литературных источников, а также личных исследований автора, все факторы воспроизводства основных средств, можно классифицировать по следующим признакам (рис. 1).

В зависимости от масштабности влияния их можно разделить на три уровня:

- факторы, влияющие на воспроизводство основных средств на макроуровне;
- факторы, влияющие на воспроизводство основных средств на мезоуровне;
- факторы, влияющие на воспроизводство основных средств на уровне предприятия (организации).

Рассмотрим эту классификацию факторов более подробно.

К факторам, влияющим на воспроизводство основных средств на макроуровне, можно отнести: эффективность проводимой государством экономической и социальной политики; инвестиционный риск; совершенство налоговой системы; уровень инфляции; политическая и социальная обстановка в стране; ставка рефинансирования ЦБ РФ и процентная ставка коммерческого банка; инвестиционная привлекательность; совершенство нормативной базы в области инвестиционной деятельности; внешнеполитические факторы; степень совершенства инвестиционной инфраструктуры; созданные усло-

вия для привлечения иностранных инвестиций; эффективность проводимой государством инвестиционной политики и др. [2].

К факторам, влияющим на воспроизводство основных средств на мезоуровне, можно отнести: эффективность проводимой экономической и социальной политики в регионе; инвестиционная привлекательность региона; созданные условия для привлечения иностранных инвестиций; совершенствование налоговой системы на региональном уровне; эффективность проводимой региональной инвестиционной политики; степень совершенства региональной инвестиционной инфраструктуры; уровень инвестиционного риска и др. [3].

К факторам, влияющим на воспроизводство основного капитала на уровне предприятия (организации), можно отнести: эффективность проводимой предприятием экономической и социальной политики; качество и конкурентоспособность выпускаемой продукции; уровень использования основных средств; степень рациональности использования имеющихся ресурсов на предприятии; компетентность руководителей предприятия и степень совершенства управления предприятием; качество и эффективность реализуемых инвестиционных проектов и др. [4].

В зависимости от направленности воздействия на воспроизводство основных средств, все факторы можно объединить в две группы: позитивные, которые положительно влияют на эффективность инвестиций; негативные, которые отрицательно влияют на эффективность инвестиций.

Например, к позитивным факторам можно отнести снижение уровня инфляции, налогового бремени, ставки рефинансирования ЦБ РФ и др., а к негативным – обострение экономического кризиса в стране; нестабильная социальная и политическая обстановка в стране, повышение уровня инфляции и др.

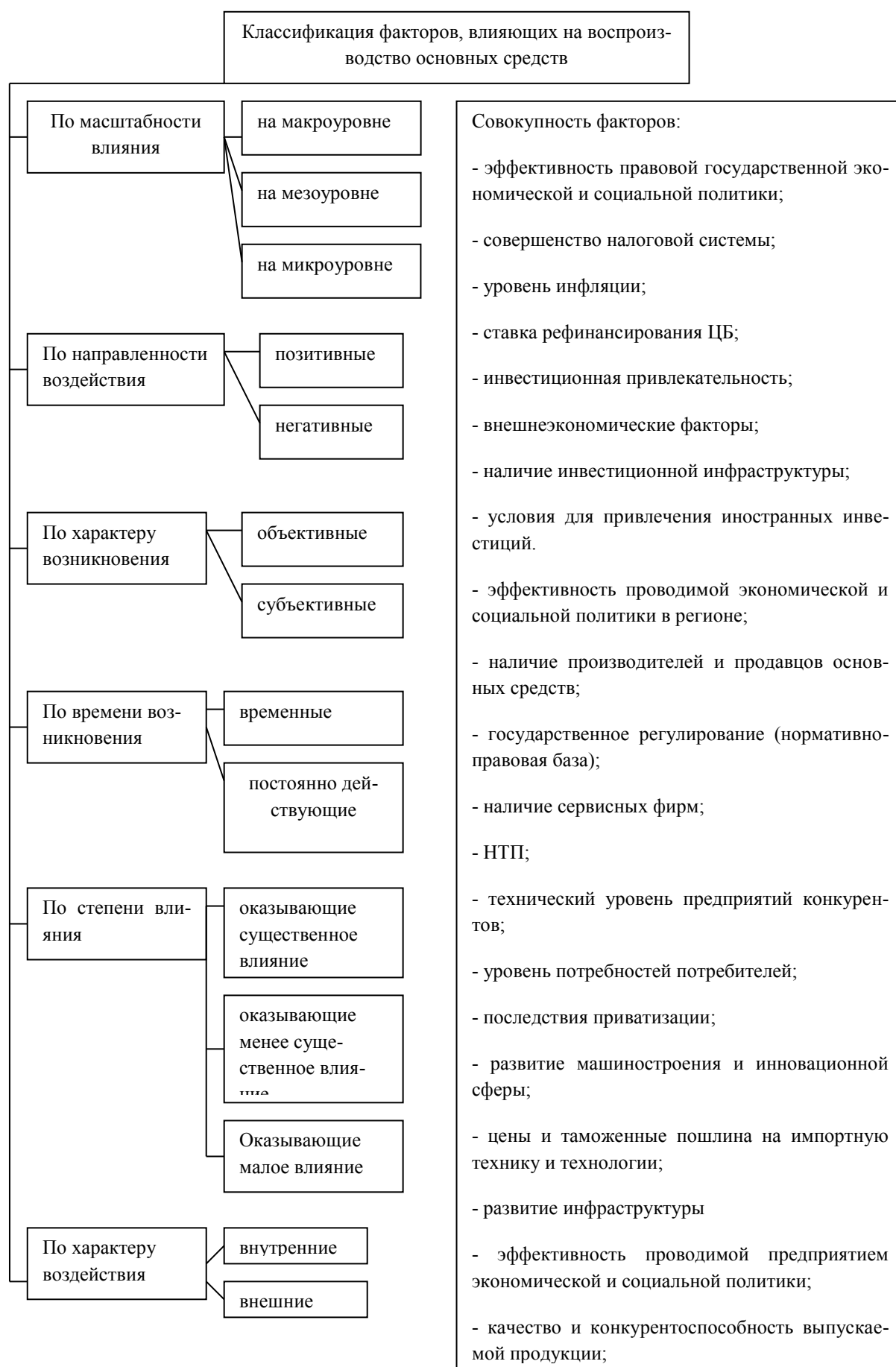


Рис.1. Классификация факторов, влияющих на воспроизводство основных средств по группировочным признакам

В зависимости от характера возникновения, все факторы, влияющие на воспроизводство основных средств, можно объединить в две группы: объективные, то есть факторы, возникновение которых не связано с человеческой деятельностью, а обусловлено природными или подобными явлениями; субъективные, то есть факторы, возникновение которых связано и обусловлено человеческой деятельностью, в частности управленческой и созидательной деятельностью.

Все факторы, влияющие на воспроизводство основных средств, в зависимости от времени их возникновения, можно разграничить на временно действующие и постоянно действующие.

В зависимости от степени влияния на воспроизводство основных средств, все факторы можно разделить на три группы: оказывающие существенное влияние; оказывающие менее существенное влияние; оказывающие слабое влияние. Эта классификация правомерна только для небольшого отрезка времени, так как с изменением ситуации изменяется и степень влияния отдельных факторов [5].

В зависимости от характера воздействия на воспроизводство основных средств организации их можно разделить на факторы внешнего характера и внутреннего характера. По нашему мнению, указанный классификационный признак является наиболее существенным для управления воспроизводством основных средств. Рассмотрим более подробно эту условную классификацию факторов на рис. 2.

Факторы внешнего характера - это обстоятельства, определяемые воздействием на предприятие внешних сил - внешней среды (государственное регулирование, НТП, наличие производителей и продавцов, технический уровень предприятий-конкурентов, уровень потребностей потребителей, наличие сервисных фирм, инфляция и т.д.) [4].

Рассмотрим характеристику некоторых основных факторов влияющих на воспроизводство основных средств:

1. Инфляция самым пагубным образом отражается на процессе формирования и использования амортизационного фонда, а следовательно, и на процессе воспроизводства основных средств. Разложим на составляющие инфляционное воздействие на формирование амортизационного фонда: обесценивание балансовой стоимости основных средств; обесценивание во время нахождения продукции в стадии производства; обесценивание амортизационных отчислений во время нахождения готовой продукции на складах; обесценивание амортизаци-

онных отчислении тогда, когда они являются частью дебиторской задолженности; обесценивание амортизационных отчислений на стадии нахождения их в качестве денежного фонда; опережающая инфляция в инвестиционной сфере [3].

Механизм влияния инфляции на воспроизводство основного капитала представлен на рис. 3.

2. Развитие машиностроения и инновационной сферы. Процесс воспроизводства основных средств в первую очередь зависит от развития машиностроения. Ведомственные институты и конструкторские бюро разрабатывали различные типы и виды оборудования одного и того же функционального назначения, а работ по их унификации не проводилось.

Это привело к распылению затрат на разработку, создание и внедрение однотипного стандартизированного оборудования, что снижало общую эффективность, повышая общую фондоемкость, трудоемкость единицы ВВП [2].

Очевидно, что поток иностранных техники подавляет развитие национального машиностроительного комплекса и прикладной науки, создает реальную опасность возникновения технологической зависимости отечественной промышленности от зарубежных разработок [2].

Из-за дороговизны импортной техники и заложенной в отечественном машиностроении возникает вынужденное финансирование капитального ремонта за счет амортизации, которая предназначена для полного восстановления.

3. Наличие источников финансирования воспроизводства основных средств. Уровень развития и становление рынка ссудного капитала, фондового рынка влияют на выбор и использование предприятиями современных методов и средств финансового обеспечения воспроизводства основных средств. Предприятия в условиях ограниченных внутренних ресурсов должны рассматривать весь спектр их мобилизации. В экономике наблюдается низкий уровень реальных денежных доходов населения и уменьшение, соответственно, валовых сбережений в секторе домашних хозяйств, а также сохраняющееся недоверие граждан к финансовым институтам, работающим с физическими лицами [1].

Проявляются слабые возможности отечественной экономики в плане накоплений, в том числе в силу утраты немалой части материальной базы из-за кризисного обесценивания производственного капитала и его сокращения, а также крупномасштабной утечки отечественного капитала за рубеж. По оценкам экспертов, отток капитала в настоящее время превышает 20 млрд. долл. в год [5].

Концентрация инвестиционных ресурсов в регионах и отраслях, являющихся естественными монополистами, и превращение их в абсолютных монополистов не только товарных рынках, но и на рынке инвестиционных ресурсов.

Достаточно высокая цена коммерческого кредитования, несмотря на заметное снижение ставок на финансовом рынке и поэтапное снижение ставки рефинансирования. Недостаточный уровень развития фондового рынка и институтов коллективного инвестирования, включая незначительное использование в инвестиционном процессе средств страховых компаний,

пенсионных и инвестиционных фондов. Отсутствие эффективных и надежных механизмов трансформации сбережений населения в инвестиции и их защиты от обесценивания и недобросовестности аккумулирующих фирм. Отсутствие системы регулирования потоков инвестиций в реальный сектор и контроля за их целевым использованием. Перелив (изъятие) инвестиционных ресурсов из реального сектора экономики.

Механизм влияния наличия источников финансирования на воспроизводство основного капитала представлен на рис. 4.



Рис. 2. Классификация факторов по характеру воздействия на воспроизводство основных средств организации



Рис.3. Механизм влияния инфляции на воспроизводство основных средств

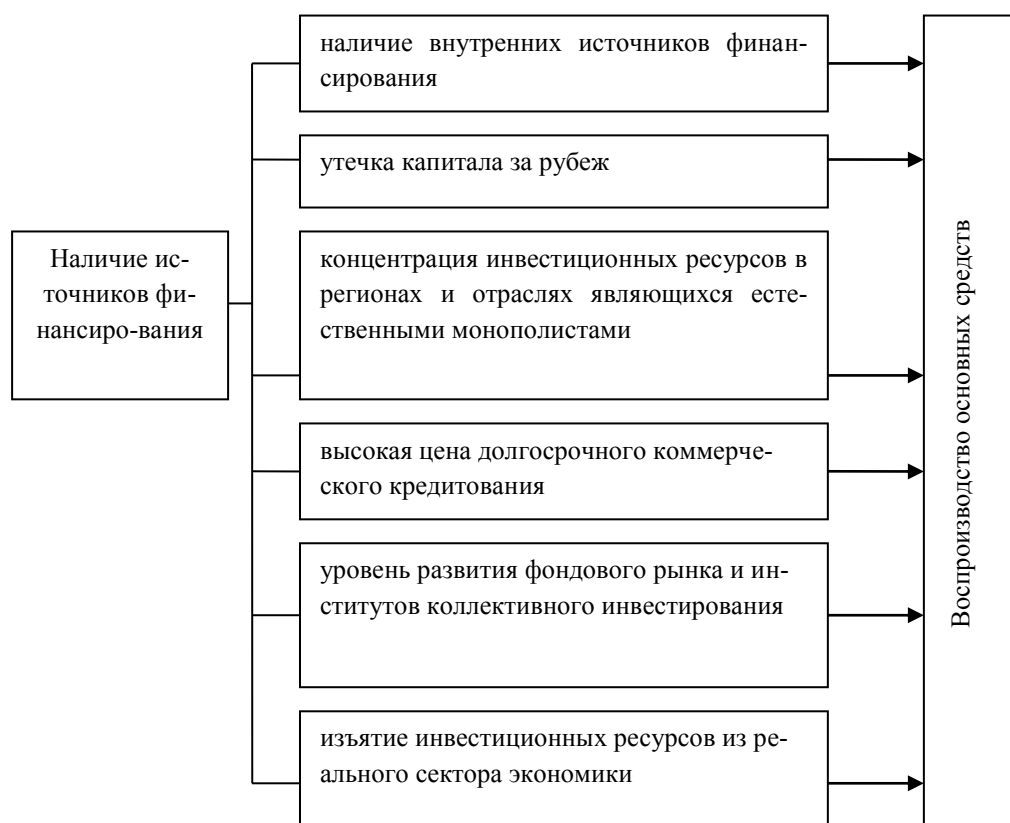


Рис.4. Механизм влияния наличия источников финансирования на воспроизводство основных средств

4. Низкая цена живого труда на рынке труда препятствует производительному применению новейших технологий, препятствует динамике основного капитала. Этот фактор также является

внешним фактором управления его воспроизводством [3].

5. Сложившаяся экспортно-сырьевая структура экономики. Это обусловило необходимость



все большего переключении финансовых ресурсов на инвестиции для поддержания производства в этих отраслях из-за ухудшения условий добычи и первичной переработки сырья.

Сохраняющиеся диспропорции в наличии ресурсов для инвестиций между отраслями топливно-энергетического комплекса и отраслями с высоким уровнем добавленной стоимости.

6. Аварийное состояние значительной части основных средств, что ограничивает возможности перетока капитала в высокотехнологичные сферы, определяющие перспективные структурные сдвиги.

7. Неразвитость рыночной инфраструктуры, обеспечивающей информационную, юридическую и прочую поддержку инвесторам и инициаторам инвестиционных проектов.

8. Теневой характер экономики, выраженный, в частности, в непрозрачности и закрытости финансовой деятельности предприятий, а также в использовании механизмов занижения выручки при составлении официальной отчетности, что создает дополнительные риски возвратности средств внешних инвесторов.

9. Потенциальные потребности потребителей обосновывают стратегические цели предприятия и потребность в основном капитале и являются стимулом к их воспроизводству. Спрос на продукцию влияет на выбор доступных источников инвестиционных ресурсов. Так, недостаточный спрос на продукции снижает рентабельность производства, что ограничивает использование как собственных источников инвестиционных ресурсов, таких как прибыль и амортизация, так и заемных, таких как кредиты. Для привлечения кредита необходимо, чтобы уровень рентабельности превышал ставку процента по кредиту.

10. Замедление, а скорее нарушение непрерывности процесса воспроизводственного процесса. Либерализация границ, приток импортных товаров, обострение конкуренции привели к тому, что отечественные товары зачастую не могут успешно конкурировать с импортными, в том числе из-за морального старения средств производства, с помощью которых они производятся, что привело к частичной или полной остановке многих предприятий [2].

11. Состояние рынка основных средств, определяет возможности приобретения предприятием того или иного технологического вида оборудования.

12. Инвестиционный риск – это вероятность возникновения непредвиденных финансовых потерь. К инвестиционным рискам относят: системный риск, селективный риск, риск ликвидности, кредитный риск, региональный риск, от-

раслевой риск, риск предприятия, инновационный риск [5]. Инвестиционные риски влияют на цену источников инвестиционных ресурсов (чем выше уровень риска, тем выше цена источника) и соответственно влияют на объемы привлечения средств из источников.

Факторами внутреннего характера, влияющими на воспроизводство основных средств являются:

1. Износ определяет длительность кругооборота основных средств предприятия и является главным фактором при принятии решения об обновлении средств труда.

2. Методы обновления основных средств влияют на размер необходимых источников финансирования.

3. Возможность предприятия своевременно и эффективно обновлять основные средства определяется наличием источников финансирования, к числу которых необходимо отнести амортизацию.

4. Основными факторами, влияющими на качество принятия управленческого решения являются личностная оценка руководителем ситуации (система его ценностей и ценностные ориентации, культурные различия).

5. Недостаток оборотных средств у предприятий. Он приводит к практике использования бартера, денежных суррогатов и других неденежных форм расчетов между контрагентами. Данные инструменты хозяйствования в свою очередь деформируют систему ценообразования и увеличивают издержки и себестоимость продукции (так как бартерные и иные неденежные сделки осуществляются по заведомо завышенным ценам). В результате ценовая конкурентоспособность продукции снижается, а бюджетная система недополучает налоговые платежи в значительных размерах. С другой стороны, использование неденежных форм расчетов ухудшает финансовые показатели предприятий и снижает их привлекательность для потенциальных инвесторов.

6. Производственная программа определяет планируемую производственную мощность предприятия в прогнозируемом периоде, может корректироваться в зависимости от спроса на продукцию и внутреннего потенциала предприятия, определяет выбор методов воспроизводства.

7. Амортизационная политика предусматривает метод начисления амортизации, норму амортизации, срок службы, сменность работы предприятия. При выборе метода начисления амортизации, сначала необходимо разграничить две сферы применения начисления амортизации,

это – в целях бухгалтерского учета и в целях налогового учета.

8. Организационно-правовая форма влияет на выбор доступных источников инвестиционных ресурсов. Например, только ОАО, ЗАО могут использовать такие источники инвестиционных ресурсов, как акции и облигации.

9. Большое влияние на воспроизводство оказывает финансовый потенциал организации. Финансовый потенциал предприятия это отношения, возникающие на предприятии по поводу достижения максимально возможного финансового результата при условии: наличия собственного капитала, достаточного для выполнении условий ликвидности и финансовой устойчивости; возможности привлечения капитала, в объеме необходимом для реализации эффективных инвестиционных проектов; рентабельности вложенного капитала; наличия эффективной системы управления финансами, обеспечивающей прозрачность текущего и будущего финансового состояния.

Так уровень рентабельности должен превышать ставку процента по кредиту. А соотношение собственных и заемных средств является одной из характеристик финансовой устойчивости предприятия.

Все выявленные факторы тесно связаны друг с другом, и изменение любого из них вызывает изменение других, что непосредственно влияет на состояние воспроизводства основных средств.

Управление воспроизводством основных средств сталкивается с проблемой выбора ключевых факторов влияния, поскольку учёт всех факторов (как значимых, так и не очень) требует привлечения значительного объёма информации и сложных экономико-математических моделей. Очевидно, что для управления воспроизводством основных средств в реальных условиях требуется нахождение определённого баланса между степенью адекватности действительности, включающей всю совокупность факторов и возможностью получения оптимального управленческого решения, обеспечиваемое выделением ключевых факторов.

Предложенная классификация позволит при принятии управленческих решений учесть их роль и характер влияния для более эффективного управления.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абакумов Р.Г., Яреско К.И. Принципы и функции управления воспроизводством основных средств организации // Наука и кооперация: взгляд молодых исследователей. Материалы международной студенческой научной конференции. В 3 частях. Белгород, 2012. С. 9–14.
2. Абакумов Р.Г. Современные подходы экономического обоснования выбора метода воспроизводства основных средств в организациях потребительской кооперации // Современные подходы к модернизации экономики, образования и кооперации. Материалы международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава и аспирантов. Белгородский университет кооперации, экономики и права. 2012. С. 53–62.
3. Абакумов Р.Г. Учет эффективности управления воспроизводством основных средств в системе современного менеджмента организации // Образование, наука и современное общество: актуальные вопросы экономики и кооперации Тезисы докладов международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава и аспирантов. Белгородский университет кооперации, экономики и права. Белгород, 2013. С. 24–26.
4. 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. Белгород, 2013. С. 18–23.
5. Авилова И.П., Жариков И.С. Методика оценки инвестиционной привлекательности реконструкции здания (сооружения) для последующей его реализации как объекта недвижимости коммерческого, жилого или социального назначения // Экономика и предпринимательство. 2015. № 4–1 (57–1). С. 966–971.
6. Авилова И.П., Рыкова М.А., Шарапова А.В. К вопросу о повышении достоверности экономической оценки эффективности инвестиционно-строительного проекта // Перспективы развития науки и образования сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. Тамбов, 2014. С. 8–10.
7. Мамзина Т.Ю., Наумов А.Е., Авилова И.П. Анализ и выбор наиболее привлекательного инвестиционно-строительного проекта с помощью расчета показателей экономической эффективности // Научные труды SWorld. 2014. Т. 23. № 2. С. 65–68.
8. Рыкова М.А., Авилова И.П., Байдина О.В. Практические аспекты количественного учёта рисков при определении экономической эффективности инвестиционно-строительных проек-

тов // Экономика и предпринимательство. 2014. № 12-4 (53-4). С. 594–596.

9. Рыкова М.А., Авилова И.П., Байдина О.В. К вопросу о совершенствовании понятийно-методологического аппарата инвестиционной деятельности в недвижимости // Экономика и предпринимательство. 2014. № 12-4 (53-4). С. 588–590.

10. Рыкова М.А., Авилова И.П., Байдина О.В. Практические аспекты количественного учёта рисков при определении экономической эффективности инвестиционно-строительных проектов // Экономика и предпринимательство. 2014. № 12-4 (53-4). С. 594–596.

11. Авилова И.П., Стрекозова Л.В. Ретроспективный подход к оценке организационно-технологических рисков инвестиционно-строительного проекта // Недвижимость: экономика, управление. 2013. № 1. С. 24–27.

12. Щенятская М.А., Авилова И.П., Наумов А.Е. К вопросу об учете рисков при анализе эффективности инвестиционно-строительных проектов // Образование и наука современное со-

стояние и перспективы развития: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. Тамбов, 2015. С. 180–183.

13. Соколова Н.Ю., Наумов А.Е., Щенятская М.А. Качественное влияние инфраструктурного насыщения территории на риски реализации жилых объектов // Наука и образование в жизни современного общества. Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 30 апреля 2015 г.: в 14 томах. Тамбов, 2015. С. 138–141.

14. Урсу И.В. Прогрессивное инновационное развитие как безальтернативный тип развития экономики России // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2012. № 1. С. 460–464.

15. Галкин Л.Г., Урсу И.В. Системный подход в анализе факторов экономического развития организаций // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2009. № 3. С. 82–86.

---

**Abakumov R.G.**

**METHODOLOGY OF RESEARCH OF THE FACTORS INFLUENCING REPRODUCTION OF PERMANENT ASSETS**

*In clause the methodology of research of the factors influencing reproduction of permanent assets is considered. Classification of the factors influencing reproduction of permanent assets to attributes is resulted and proved. Factors on character of influence on reproduction of permanent assets of the organization are systematized. Mechanisms of influence of separate factors are described.*

**Key words:** reproduction, permanent assets, factors, methodology.

---

**Абакумов Роман Григорьевич**, кандидат экономических наук, доцент.

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

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

E-mail: abakumovrg2000@mail.ru

*Трошин А.С., д-р экон. наук, проф.,  
Божков Ю.Н., доц.,  
Неджад Рами Рашид Абдуллах, аспирант  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова  
Растопчина Ю. Л., канд. экон. наук, доц.,  
Сазыкина С.А., аспирант  
Белгородский государственный национальный исследовательский университет*

## ПРОБЛЕМЫ КЛАССИФИКАЦИИ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РИСКОВ В РАМКАХ ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА

as\_troshin@inbox.ru

*В статье проанализированы проблемы распределения рисков, связанных с развитием государственно-частного партнерства, а также классифицированы основные из них. Авторами выделяются четыре основные категории рисков, характерных для крупных инфраструктурных проектов в области государственно-частного партнерства: во-первых, политические и правовые, во-вторых, технические, в-третьих, коммерческие и, в-четвертых, валютные и финансовые. Анализируемая концепция разделения рисков в государственно-частном партнерстве заключается в том, чтобы каждый риск был отнесен к той стороне партнерства, которая имеет больше возможностей на покрытие данного риска, его минимизацию или его полное нивелирование. В статье предложены пути преодоления рассмотренных рисков на практике в виде перечня рекомендаций для региональных властей. Обоснована роль управления рисками при реализации проектов государственно-частного партнерства на практике. Подчеркивается, что успешность проекта во многом зависит от степени диверсификации рисков между всеми участниками проекта.*

**Ключевые слова:** *государственно-частное партнерство, контракты жизненного цикла, риски, инвестиции, государственная инфраструктура, инфраструктурные проекты.*

В условиях кризиса проекты государственно-частного партнерства (далее – ГЧП) становятся все более дорогостоящими и менее привлекательными для инвесторов. Одной из проблем данного изменения является неразумное распределение рисков между участниками партнерства.

Одной из главных задач ГЧП является решение проблемы верного классифицирования и распределения рисков, которыми может лучше управлять один из участников партнерства. Для современного партнерства характерно широкое, многоплановое разделение рисков между государством и частным сектором. Неверно оцененные потоки транспортных средств, спрос на электроэнергию, тарифы, колебания иностранной валюты и другие факторы могут приводить к существенному увеличению в затратах, падению прибыли и прекращению реализации проектов ГЧП.

Проблема разделения рисков – одна из сложных и малоизученных в теоретическом и особенно практическом планах. В мире достаточно много проектов, которые были прекращены или не начали реализовываться из-за чрезмерно высоких рисков. Распределение рисков между участниками проекта в рамках ГЧП практически для всех случаев представляет собой договорной процесс, определяемый специфическими особенностями страны, состава

участников проекта, его отраслевой принадлежностью и т.п.

Анализ рисков и их распределения между различными участниками проекта является ключевым элементом, потому что он влияет на стимулы партнерской деятельности. Отдельные виды рисков должны брать на себя субъекты, наиболее приспособленные к их оценке, контролю и управлению. В зависимости от типа риска и его источника в различных странах и международных организациях (Всемирный банк, ЕБРР, ЮНИДО) разработаны стандартные рекомендации для снижения риска в проектах ГЧП.

Степень ответственности государства и масштабы закрываемых им рисков в коммерческих программах строительства и эксплуатации инфраструктурных объектов могут быть самыми разнообразными – от фактически нулевых до практически стопроцентных, когда государство детализирует все спецификации проекта, строительных работ, закупок и т.д. Более низкий уровень вовлеченности государства в проект позволяет частному сектору внедрять современные инновационные решения, улучшать конкурентные условия и гибко приспосабливаться к рыночному спросу. Однако, это также ведет к тому, что частный партнер берет на себя больше обязательств, а

значит и ответственен за большее несение рисков.

Концепция разделения рисков в ГЧП заключается в том, чтобы каждый риск был отнесен к той стороне партнерства, которая имеет больше возможностей на покрытие данного риска, его минимизацию или его полное нивелирование. Если государство стремится переложить на частную компанию некоторые риски, которыми она неспособна эффективно управлять, то это только увеличит стоимость участия бизнеса в проекте ГЧП ввиду необходимости получения вознаграждения за несение данного вида риска [4]. Если наоборот, частный партнер стремится снять с себя ответственность по техническим, коммерческим или финансовым рискам и переложить их на государство, то под сомнение попадает сама концепция механизма ГЧП, польза от реализации проекта и компетентность частной компании.

Одна из характерных черт проектного финансирования состоит в том, что на разных стадиях осуществления проекта роль отдельных участников в управлении рисками может меняться. Так, например, на инвестиционной стадии основной кредитуемый банк, как правило, не несет ответственности за риски строительно-монтажных работ. Они возлагаются на заемщика, подрядчика, поставщиков машин и оборудования и т.д. Но на этапе эксплуатации банк уже берет на себя часть коммерческих, валютных и иных рисков. В реализацию проекта на этой стадии оказываются вовлеченными другие финансовые институты, которые предоставляют гарантии банку-кредитору и другим участникам проекта [1]. Политические риски часто берут на себя государственные или полугосударственные агентства по страхованию операций инвесторов.

На практике не всегда легко определить, до какой степени частная компания способна управлять теми или иными рисками. Опыт показывает, что частный сектор лучше справляется с управлением коммерческими рисками и не должен нести затраты по внешним рискам, где он не имеет подлинного контроля. Однако есть одно правило в управлении рисками, применимое не только к партнерским объектам, но и ко многим другим крупным проектам: успешность проекта во многом зависит от степени диверсификации рисков между всеми участниками проекта [4].

Риски несут не только государство и частные компании, но также и управляющие компании, подрядчики, финансовые институты и страховые компании, что свидетельствует о сложности ГЧП-партнерств как явления

хозяйственной жизни, в котором задействовано множество игроков со своими интересами.

В научной литературе существует огромное количество различного рода классификаций рисков. Поскольку нас интересуют основные категории рисков, то выделим четыре основных категории, характерных для крупных инфраструктурных проектов: (1) политические и правовые, (2) технические, (3) коммерческие, (4) валютные и финансовые [3].

Политические и правовые риски. Эти риски несет правительство, предоставляя частному сектору гарантии, где и когда это необходимо. Политические и правовые риски охватывают три области:

- политический форс-мажор, военное положение или гражданские волнения;
- законодательные изменения;
- изменения в экономической политике, в правилах регулирования, а также неспособность правительства выполнить свои договорные обязательства.

Технические риски связаны с прединвестиционной стадией и строительством (процесс производства, дата завершения, качество, стоимость отсрочки и изменения первоначально согласованных требований и условий). Эти риски несет частный партнер и/или строительная фирма (подрядчик) и/или операционные компании.

Коммерческие риски представляют собой риски, возникающие в процессе реализации товаров и услуг, произведенных или купленных частной стороной. Они обычно ложатся на частного партнера. Однако опыт показывает, что они могут быть слишком большими, чтобы покрываться лишь за счет бизнес партнера. Иногда солидарную ответственность по этим рискам разделяет государство.

Характерная особенность коммерческих рисков в том, что они чрезвычайно зависимы от времени, этапа реализации проекта, сферы его реализации, местоположения объекта и т.п.

На эксплуатационной стадии риски могут распределяться между субъектами контракта в зависимости от их источника происхождения. Если, например, правительство не выполнило определенное обязательство по предоставлению разрешения или лицензии, оно несет соответствующие издержки и компенсирует частному партнеру недополученную им прибыль. Риски получения дохода закрываются, как правило, частным партнером, если договор не предусматривает иного. Они также могут быть снижены за счет страховой компании. Если ожидаемый доход недополучен из-за правительственных действий (отказ увеличить тарифы согласно оговоренным в контракте или

законе формулам), то и ответственность несет государство.

Валютные и финансовые риски. Эти риски определяются неуверенностью экономических агентов в возможностях экономического роста, темпах инфляции, стабильности других макроэкономических показателей, в том, из-за чего сейчас бизнес структуры не вступают в ГЧП-проекты.

Риски снижения экономического роста, деловой активности и недополучения частным партнером доходов целиком ложатся на бизнес этого партнера.

Ввиду снижения деловой активности, нами были выработаны определенные рекомендации по управлению рассмотренными рисками в период кризиса.

1. Введение бонусов для поощрения работы частного партнера за эффективное осуществление проекта ГЧП: например, за введение объекта в эксплуатацию раньше запланированного срока, сокращение плановых расходов на реализацию проектов и т.п. Однако, мы считаем важным введение штрафов в отношении частного партнера, в случае, если строительство не окончено в срок или объект не сдан в эксплуатацию, или превышена смета на более чем 15% от запланированной и т.п.

2. Мобилизация средств местных финансовых рынков для скорейшей оплаты расходов по проекту.

3. Страхование рисков в крупных страховых компаниях, зарекомендовавших себя на рынке данных услуг и имеющих опыт участия в ГЧП-проектах.

4. Распределение части рисков между иными сторонами партнерства: кредиторами, инвесторами, подрядчиками, поставщиками и т.п.

5. Правовое закрепление всех условий проекта в контракте, в особенности четкое разграничение ответственности, обязательств и распределение рисков.

6. Привлечение к реализации ГЧП-проекта опытных экспертов, в особенности на стадии проектирования.

7. Обеспечение полной прозрачности проекта уже на этапе его инициирования, в том числе предоставление информации о финансовых инструментах поддержки проекта со стороны государства [7].

8. Установление валютных коридоров по кредитам.

9. Закрепление значимых для функционирования ГЧП-проекта регуляторных правил и нормативно-правовых актов, а также

обеспечение того, чтобы они были понятными, прозрачными и исполнимыми [5].

Таким образом, для активизации реализации ГЧП-проектов государству необходимо предоставить частному партнеру такие условия и права, какими никакой иной коммерческий партнер не обладает в принципе. Важно, чтобы ответственный за ГЧП орган как можно точнее определил перечень рисков по ГЧП-проекту и подготовил своего рода «матрицу» возможных мер по их нивелированию или минимизации.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абдрахманов А.И. Государственно-частное партнерство как актуальный механизм посткризисного развития России // Проблемный анализ и государственно-управленческое проектирование. 2011. Т. 1. № 3. С. 30–36.
2. Аблаев И.М. Основные принципы государственно-частного партнерства в условиях модернизации российской экономики / И.М. Аблаев // Экономические науки. 2013. №2. С. 17–20.
3. Варнавский В. Г. Партнерство государства и частного сектора: формы, проекты, риски // ИММО. М.: Наука, 2005. 145 с.
4. Деллмон Дж. Государственно-частное партнерство в инфраструктуре. Практическое руководство для органов государственной власти [Электронный ресурс]. URL: [https://www.ppiarf.org/sites/ppiarf.org/files/publication/Jeff%20Delmon\\_PPP\\_russian.pdf](https://www.ppiarf.org/sites/ppiarf.org/files/publication/Jeff%20Delmon_PPP_russian.pdf).
5. Лохтина Л.К., Батуев Э.Д. Понятие и сущность государственно-частного партнерства [Электронный ресурс] // Социальные аспекты здоровья населения. 2010. URL: <http://vestnik.mednet.ru/content/view/212/27>.
6. Спиридонов А.А. Государственно-частное партнерство: понятие и перспективы совершенствования законодательного регулирования // Бизнес и власть в современной России: теория и практика взаимодействия. М.: РАГС, 2010. С. 14–19.
7. Хоксуорт Я. Принципы ОЭСР для ГЧП [Электронный ресурс] // Семинар по государственно-частному партнерству в России. Москва, 17 октября 2013г. URL: <http://www.myshared.ru/slide/500391>.
- Гостяева Ю.Ю., Щетинина Е.Д. Принятие управленческих решений в условиях делового партнерства // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 6. С. 155–158.

---

**Troshin A.S., Bozhkov Y.N., Nejad Rami Rashid Abdullah, Rastopchina Y.L., Sazykina S.A.  
PROBLEM CLASSIFICATION AND ALLOCATION OF RISKS IN PUBLIC-PRIVATE  
PARTNERSHIP**

*The article analyses the problem of distribution of risks associated with the development of public-private partnerships, and classified the main ones. The authors identified four major categories of risk that are typical for large infrastructure projects in public-private partnerships: first, the legal political and, second, technical, third, commercial and fourthly, monetary and financial. Analyze the concept of risk sharing in public-private partnership is that each risk has been assigned to the other side of the partnership, which has more options to cover this risk, the minimization or complete leveling. The article suggests ways to overcome the risks considered in practice in the form of a list of recommendations for regional authorities. The role of risk management in the implementation of public-private partnership in practice. It is emphasized that the success of the project largely depends on the degree of diversification of risks among all project participants.*  
**Key words:** public-private partnerships, life cycle contracts, risks, investment, government infrastructure, infrastructure projects.

---

**Трошин Александр Сергеевич**, доктор экономических наук, профессор кафедры менеджмента и внешнеэкономической деятельности.

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

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

E-mail: as\_troshin@inbox.ru

**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

**Неджад Рами Рашид Абдуллах**, аспирант кафедры менеджмента и внешнеэкономической деятельности.

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

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

E-mail: ramynejad@mail.ru

**Ратопчина Юлия Леонидовна**, кандидат экономических наук, доцент кафедры мировой экономики.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет.

Адрес: 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85.

E-mail: rastopchina1978@mail.ru

**Сазыкина Софья Александровна**, аспирант кафедры мировой экономики.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет.

Адрес: 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85.

E-mail: s.sofy@mail.ru

**Моисеев В.В., д-р ист. наук, доц., проф.**  
**Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова**

## КОМУ ВЫГОДНА ДЕВАЛЬВАЦИЯ РУБЛЯ?

din\_prof@mail.ru

*Вследствие очередного кризиса, обусловленного снижением цен на нефть и другие сырьевые товары, поступление валютной выручки в нашу страну резко снизилось, возникли проблемы с наполнением доходной части федерального бюджета. В условиях экономического кризиса, отягощенных антироссийскими санкциями, Центральным Банком Российской Федерации совместно с правительством было принято решение о девальвации национальной валюты. Сберегая международные резервы, Центробанк отказался от интервенций в целях стабилизации курса рубля. В статье показано, как девальвация рубля способствует наполнению госбюджета, как она влияет на экономику, уровень жизни граждан и кому выгодно и не выгодно ослабление национальной валюты.*

**Ключевые слова:** экономический кризис, западные санкции, девальвация рубля.

**Введение.** Под девальвацией в России принято понимать падение рубля относительно «валютной корзины» или по отношению к так называемым «твердым» валютам – доллару и евро. Обесценение рубля, как показала практика, происходит в нашей стране вследствие экономических и финансовых кризисов. Так, в кризисном 1998 г. произошло резкое падение рубля: всего за два месяца его курсовая стоимость по отношению к доллару снизилась в 3 раза, с 6 до 18 рублей. В результате масштабной девальвации национальной валюты экономика России получила мощный толчок для дальнейшего развития, в страну пришли иностранные инвестиции, стало налаживаться производство, появились новые рабочие места. При высокой стоимости доллара началось активное импортозамещение [2].

Очередной этап девальвации национальной валюты начался в сентябре 2008 г. в период глобального финансово-экономического кризиса. Российские власти предпринимали попытки успокоить население, обеспокоенное резким падением курса рубля по отношению к доллару и евро. Так, В. В. Путин, в то время глава Правительства РФ, через средства массовой информации в октябре 2008 г. убеждал россиян не переводить свои сбережения в иностранную валюту. «Дело сомнительное, – заявил национальный лидер, – потому что еще не известно, каким будет доллар». Общаясь с народом в прямом телеэфире, премьер-министр заверил россиян: «Никаких резких колебаний курса рубля не будет». Д. А. Медведев, в ту пору Президент РФ, в интервью еженедельнику «Аргументы и факты» 29 октября 2008 г. заявил: «Все свои счета в банках я сохранил. Денег не снимал, не переводил рубли в доллары. Уверен, что моим накоплениям, так же как и деньгам

остальных российских вкладчиков, ничего не угрожает» [1].

ЦБ РФ признал факт девальвации рубля только спустя два месяца после свершившегося факта – 10 ноября 2008 г., когда национальная валюта успела уже подешеветь на 17 %. Спустя еще несколько месяцев на официальном сайте Президента России завуалировано сообщалось о проведенной девальвации: «Мы должны его (курс рубля – авт.) поддерживать в определенных границах, но в то же время этот курс должен быть чуть более гибким, чем это было последнее время, с тем, чтобы не создавать внутриэкономических проблем». Характерно, что спустя несколько месяцев, в течение которых длилась скрытая девальвация рубля, Д. А. Медведев сделал важную оговорку: «Но все, что ни будет делаться, будет делаться открыто. И, безусловно, это не должно привести к потерям у граждан Российской Федерации. Потому, что линия поведения властей не может быть такой, как в 98-м году, когда какие-то решения были приняты, а на следующие утро все проснулись ограбленными, почувствовали, что они потеряли очень и очень сильно». 17 августа 1998 г. россиянам объявили о дефолте и масштабной девальвации рубля по отношению к доллару: с 6 до 26 рублей за 1 доллар США [1].

До кризиса 2008 г. Россия располагала международными резервами, достигавшими почти 600 млрд. долларов, занимая по этому показателю 3-е место в мире. На поддержку курса рубля в кризисном 2008 г. за короткий срок была потрачена валюта, равная 40 процентам всего Фонда национального благосостояния. Если международные резервы Российской Федерации по состоянию на 1 августа 2008 г. составляли 596,6 млрд. долларов, то к 13 марта 2009 г. они сократились на 220,5 млрд. до 376,1 млрд. долларов.



Здесь вполне уместен вопрос: почему около \$400 млрд было не достаточно, чтобы избежать дальнейшей девальвации? Возможно, потому что внушительная часть этих резервов находилась в то время в активах, мягко говоря, сомнительного качества. Председатель Центробанка С. Игнатьев, отчитываясь перед Госдумой 19 ноября 2008 г., подтвердил факт покупки Россией сомнительных активов за нефтедоллары, назвав точную сумму вложений: «Если еще в начале года вложения составляли 100 миллиардов долларов, то теперь облигаций скуплено только на 20,9 миллиарда долларов», доложил депутатам руководитель Центробанка РФ [1].

Из-за неосмотрительного размещения своих международных резервов в ценные бумаги США в сумме 120,9 млрд долларов Россия накануне глобального кризиса оказалась в очень трудном положении и не смогла валютными интервенциями сдержать спекулятивные атаки на рубль. Сильнее российской валюты упали в кризис только исландская крона – на 45,9 %, украинская гривна – на 42 % и польский злотый – на 41,3 %. В этот период японская иена прибавила по отношению к доллару США 17 %. Вывод здесь однозначен: какая экономика, такая и валюта.

В похожей ситуации, сложившейся в 2014 г., когда для поддержания стабильности национальной валюты России межбанковский рынок требовал новых долларов и евро из международных резервов, Центробанк России официально отказался оказывать рублю финансовую поддержку. Один из самых сильных аргументов в пользу этого шага здесь – сохранение золотовалютных (международных) резервов страны.

Заметим, что количество валюты в стране резко уменьшается за счет вывоза капитала за рубеж. В пересчете на рубли страну покинуло в трудное время около 10 триллионов. Как будто эту крупную сумму нельзя было бы потратить в виде инвестиций на поддержание отечественной экономики, импортозамещение и выравнивание курса рубля. Правительство, фиксируя утечку денег из страны, пыталось кое-как воспрепятствовать этому негативному процессу. Первый вице-премьер И. Шувалов, выступая на закрытой сессии форума "Тройки Диалог" в Москве, заявил, что программа ВЭБа по рефинансированию частного внешнего долга из Фонда национального благосостояния закрывается. Напомним, что правительство обещало олигархам выделить на эти цели 50 млрд. Однако Внешэкономбанк успел раздать олигархам, так и не возвратившим выведенные

деньги из страны, 11 млрд долларов из запланированных \$50 млрд. Среди получивших государственную финансовую поддержку: олигархи О. Дерипаска (\$4,5 млрд) и Р. Абрамович (\$1,8 млрд), а также Госкорпорация «Роснефть» (\$800 млн) и ряд других коммерческих структур.

После кризиса вывоз капитала из России не закончился. За восемь последних лет бизнесмены вывели из нашей страны свыше 700,7 млрд долларов США, что по курсу ЦБ РФ на 30 ноября 2015 г. превышает 46 трлн рублей или более трех годовых бюджетов Российской Федерации.

Рассмотрим, как следует различать девальвацию в зависимости от ее темпов и размеров, каковы ее последствия в стране с сырьевой экономикой и чем девальвация может обернуться для населения?

Постепенная (мягкая) девальвация характеризуется постепенным, как в 2014 г., почти ежедневным изменением рубля по отношению к другим валютам. Очень приличные деньги можно было заработать на мягкой девальвации национальной валюты по отношению к доллару или евро. Если по состоянию на 1.01.2014 г. один евро стоил 45,06 рубля, а через 10 месяцев – уже 59,32 или на 14,26 рубля больше. Следовательно, конвертировав российские рубли накануне мягкой девальвации или в самом ее начале, можно было не только сохранить свои сбережения, но и прирастить их на 32 процента. А немного выждав, то есть не закрепляя полученную прибыль при обратной конвертации, можно при продолжавшейся девальвации еще увеличить свои накопления: в 2015 г. по курсу ЦБ РФ на 30 ноября 2015 г. 1 евро стоит 70,39 рубля [6]. Почувствуйте разницу: 45,06 рубля за 1 евро на 1.01.2014 г. и 70,39 рубля спустя менее двух лет.

Свое негативное влияние на рубль оказывают дешевеющая нефть, антироссийские санкции, а также напряженные отношения с Турцией из-за сбитаго над Сирией бомбардировщика Су-24 и другие негативные факторы. Так, ноябрьские 2015 г. цены на нефть марки Brent упали ниже 45 долларов за баррель, достигнув своего минимума за последние четыре года. Напомним, что цена на бочку нефти (159 литров) в лучшие годы превышала 145 долларов. Разница в 100 долларов за баррель отрицательно сказалась на притоке нефтедолларов в Россию и негативно отразилась на курсе национальной валюты.

Принимая во внимание сложившуюся конъюнктуру цен на нефть, можно

предположить, что курс рубля по отношению к доллару и евро продолжит свое падение. Поэтому, на взгляд авторов, еще не все опоздали с конвертацией рубля в эти валюты. На это указывает и повышенный спрос иностранной валюты в российских банках в последнее время.

В изменении курса национальной валюты различают два вида: поэтапная или частичная девальвация и масштабная или крупная девальвация. Поэтапная (частичная) девальвация – это, как правило, медленное, постепенное изменение курса. «Ползучая» девальвация российского рубля применялась финансовыми властями довольно часто, в том числе и в 2014-2015 годах.

Масштабная или крупная девальвация – это разовое, но очень большое падение курса национальной валюты по отношению к стабильным валютам, которое может быть кратным. Российское государство с самого начала нового кризиса выбрало мягкую или постепенную девальвацию. Один за другим правительственные чиновники успокаивают население, утверждая, что фундаментальных тенденций к масштабному ослаблению рубля нет, и вообще, это не рубль упал, а «евро и доллар подорожали». На собственном опыте некоторые из них (министр финансов А. Силуанов, министр экономического развития А. Улюкаев, глава Центробанка России Э. Набиуллина и др.) знают, как плохой прогноз может повредить не только курсу рубля, но и банковской системе, фондовому рынку, экономике в целом. Если следовать рекомендациям членов нашего правительства, то переводить свои сбережения и накопления в иностранную валюту не стоит. Пусть деньги, отложенные на покупку импортных холодильников, стиральных машин, автомобилей, квартир и т.п., дешевеют от девальвации. Впрочем, россияне не спешат верить властям и предпочитают время от времени посещать обменные пункты.

Коммерческие банки в это время могут свободно пользоваться деньгами вкладчиков для извлечения максимальной прибыли. К примеру: скупил банк на привлеченные деньги вкладчиков в январе 2015 г. 10 млрд долларов США, продал их (даже по официальному курсу ЦБ РФ) в ноябре того же года, он реально получит прибыль не менее 30-40 %, а при хорошей конъюнктуре (снижения курса рубля) – и того больше. В абсолютных числах его валовая прибыль составит около 5000000000 долларов или 230 млрд рублей. При таких валютных курсах будет ли этот банк инвестировать деньги в реальный сектор

экономики, в производство автомобилей, например, где норма прибыли не превышает, по разным оценкам 8-10 процентов, а то и убыточна, как в случае с автозаводом в Тольятти.

Кому выгодна девальвация? В ней заинтересованы, в первую очередь, экспортеры сырья. Продавая свои товары за подорожавшие доллары и евро, они будут получать на них значительно больше рублей, которыми расплачиваются со своими поставщиками и работниками, а также налоговыми органами. По некоторым оценкам, нефтяные корпорации получили на этом реальную выгоду в размере 500-700 млрд рублей.

Девальвация рубля выгодна банкам, зарабатывающим огромные прибыли на обменных курсах. Превратив деньги вкладчиков в доллары и евро, банкиры весь период девальвации в стране. После этого рублевые вклады можно будет вернуть населению и остаться с большой маржой.

Девальвация выгодна государству, так как позволяет улучшить платежный баланс, торговое сальдо и приток капитала. По состоянию на 20 ноября 2015 г. международные резервы РФ составляют \$364,5 млрд [6], которые позволят в случае необходимости предпринять эффективные меры для стабилизации курса российского рубля. В создавшихся условиях вопрос лишь в том, будет ли дальнейшее ослабление рубля более масштабным или оно останется плавным и контролируемым Центробанком. Масштабная девальвация может произойти, когда Центробанк окажется не в состоянии влиять на курс рубля по отношению к иностранным валютам. Эти сценарии отличаются не только экономическими, но и политическими последствиями. Как отмечалось выше, валютные запасы страны не бесконечны. После того, как последний доллар будет израсходован на валютной бирже, рубль перейдет в неуправляемое падение. Некоторые эксперты уже не стесняются называть курс российской валюты в 60, 70 и даже 100 руб. за доллар. Когда его резервы закончатся, тогда рынок будет устанавливать кросс-курсы. Если иной порядок не будет введен административным (нерыночным) путем.

Подсчитано, что подорожание доллара всего на 1 рубль позволяет пополнить госбюджет на 84 млрд рублей. Девальвируя национальную валюту по отношению к доллару США на 30 пунктов, государство смогло зачислить в доходную часть свыше 2,5 трлн дополнительных рублей. При желании можно

легко подсчитать, на сколько сотен миллиардов пополнились государственный бюджет, Резервный фонд и Фонд национального благосостояния за счет курсовой разницы рубля к доллару. Таким образом, главным получателем выгоды от девальвации рубля является государство.

Кому не выгодна девальвация? Прежде всего, импортерам, и тем предприятиям, у кого долги в иностранной валюте, а выручка в рублях. Можно ли рассчитывать, что отечественные предприниматели теперь наладят импортозамещающее производство, как утверждают в правительстве? Скорее всего, нет. Уже более восьми лет пытаются наладить собственное производство высокотехнологичного оборудования – станков, кузнечнопрессовых агрегатов и т.д., но даже в благоприятных условиях не смогли выполнить задачу по импортозамещению.

Что принесет девальвация населению? Ответ однозначный: она ухудшает положение простых россиян, так как влечет за собой повышение цен на товары импортного производства. Девальвацию, осуществленную в 2014–2015 гг. уже почувствовали на себе все россияне. В 1,5–2 раза выросли в 2015 г. по сравнению с 2013 г. цены на заграничные автомашины, бытовую технику, одежду, обувь, косметику, продовольствие и другие товары из-за рубежа, уже выросли и в 2016 г. еще существенно возрастут. Труднее будет с импортным продовольствием. В отсутствии импорта, в том числе плодовоовощного из Турции и стран Евросоюза, запрещенного указами Президента РФ В.В. Путина от 6 августа 2014 г. и от 28 ноября 2015 г., российские производители продуктов, конечно, попытаются взвинтить цены, тем более этому способствует ситуация с западными санкциями и российскими антисанкциями (эмбарго). Хотелось бы верить, что активизация антимонопольной службы сгладит скачок цен. А можно ли было иным путем решить проблемы с дефицитом госбюджета, не прибегая к столь значительному обесценению рубля и косвенному ограблению и без того небогатого населения? Думается, что в социальном государстве можно было найти и другие пути. Во-первых, можно безболезненно для общества, но с пользой для госбюджета сократить бюрократический аппарат. Первоначально хотя бы на треть, если нельзя наполовину. Напомним, что за последние 10 лет число бюрократов в нашей стране возросло в 2 раза. Во-вторых, на 15–20 % можно сократить государственные расходы на инвестиционные

проекты. Известный факт: когда взялись пересчитывать смету на олимпийские объекты в Сочи, обнаружился резерв «оптимизации финансирования» на 15 %. А если посчитать лучше? И не только сочинские проекты, но и многочисленные федеральные целевые программы. Стоило ли тратить 800 млрд рублей на подготовку саммита АТЭС, проходившего всего несколько дней на Дальнем Востоке, если есть прекрасно отреставрированный для этих целей Константиновский дворец на берегу Финского залива рядом с Санкт-Петербургом? Ведь только на строительство моста на остров Русский было потрачено свыше 200 млрд рублей, в то время как в целом ряде регионов детское пособие не превышает 500 рублей в месяц. В кризис социальное государство должно больше заботиться о своих гражданах, поддерживать малоимущие слои населения. Не секрет, что сегодня в Российской Федерации, объявившей себя социальным государством (ст. 7 Конституции РФ 1993 г.) проживает за чертой бедности свыше 22 млн граждан.

Кто еще потеряет на девальвации? Возможно, потеряет финансово-экономический блок правительства. Это он своей непрофессиональной работой довели российский бизнес до критических заимствований за рубежом. Это они привели экономику России к длительной рецессии и новому кризису 2014–2016 гг. и, постоянному снижению ВВП страны, постоянно растущей инфляции и ухудшению жизни простых россиян.

Представители Минфина и ЦБ, советуя россиянам хранить сбережения в падающем рубле, тем самым способствовали обнищанию людей. На свои рублевые сбережения, подешевевшие с началом девальвации 1913 г. по настоящее время почти в 2 раза, россияне смогут купить теперь гораздо меньше продуктов и товаров первой необходимости из-за обесценения их денег. Многие миллионы людей почувствуют разницу не только на своем кошельке. Они теперь могут увидеть и разницу между тем, что утверждается по телевизору, и тем, что происходит в реальности. Таким образом, граждане России, поверив членам правительства и не превратив своевременно свои рублевые сбережения в иностранную валюту, понесли большие потери. Объем этих потерь практически соответствует степени девальвации рубля и проценту его обесценения из-за роста товаров и услуг.

Девальвация и сопутствующая ей инфляция подорвали доверие к рублю. Дело не только в том, что сбережения наши обесцениваются.

Фактически граждане из своих сбережений призваны финансировать бюджетный дефицит государства. Но в данном случае их не только не спрашивали, но даже ничего не объяснили. А потому патриотический порыв не состоялся. Осталось лишь недоумение и раздражение.

Вся тяжесть последствий девальвации рубля в России в совокупности с растущей инфляцией будет относиться всё чаще на счет правительства и политического руководства, их неспособности защитить население с помощью антикризисных мер. Наши власти теряют возможность объяснять российские экономические проблемы только влиянием мирового финансового кризиса. Это наглядно видно по письмам простых россиян в средства массовой информации. Например, житель города на Неве вопрошает: «Неужели наше правительство во главе с премьером действительно не понимает, что дело не в сбережениях, которых у многих просто нет, а в том, что в результате обвала рубля моментально подскочат цены на всё, и мы опять окажемся ограбленными родным государством?»

Люди старшего поколения вспоминает кризис 1998 г. как мощную, но короткую встряску, за которой последовал уверенный подъем экономики и уровня жизни россиян. В новых экономических условиях девальвация, по мнению многих экономистов, не даст такого же эффекта. Основная причина состоит в том, что после ослабления рубля десять лет назад начался рост мировых цен на нефть, газ, металлы, в тех условиях девальвация способствовала росту экспорта (снижала его себестоимость, кратно увеличивала рублевую прибыль капиталистов-экспортеров). Благодаря нефтедолларам возрастали доходы предприятий-смежников, обслуживавших добычу и переработку полезных ископаемых. Вместе с доходами казны росли доходы населения и спрос на товары – как отечественные, так и импортные. Но в отличие от ситуации 1998 г. в конце 2015 – начале 2016 г. мировые потребители российского сырья переживают спад производства и не нуждаются в таких же объемах и по таким же высоким ценам, как раньше. Европейские потребители газа, поддерживая Украину, обеспечивают ее реверсными поставками голубого топлива, снижая за счет других поступлений газовый импорт из России. Поэтому внешний спрос не может быть таким же мощным локомотивом для российской экономики, как раньше.

Когда В.В. Путин обнадеживал население скорым выходом из кризиса, он надеялся, что США, Западная Европа, Япония выйдут из

затянувшегося глобального кризиса и потащат за собой сырьевую Россию, но кризис в этих странах затягивается. Для того чтобы наша отсталая экономика начала расти, нужен дополнительный толчок в виде роста промышленного производства в экономиках Китае, Индии, других государств. Но, к сожалению, и в этих странах начался процесс замедления темпов роста.

В отсутствие высоких цен на сырье государство может прибегнуть к стимулированию роста экономики за счет дешевых государственных кредитов. Одно из ключевых направлений здесь – выделение денег реальному сектору на импортозамещение – производство новых современных технологий, оборудования и замену устаревших производств, так как в условиях западных санкций приобрести новое оборудование и технологии за рубежом становится более чем проблематично. Можно прибегнуть также к стимулированию за счет налоговых льгот и других преференций реальному сектору. Пока же правительство и Госдума не предпринимают в этом направлении сколько-нибудь серьезных шагов. Видимо ждут, когда вернутся высокие цены на российское экспортное сырье.

Анализируя ситуацию, многие российские компании и банки часто в ущерб основной деятельности избавляются от слабеющего рубля. О нарастании спроса на иностранную валюту можно судить и по объемам торгов на ММВБ. Доллар укрепляется еще и потому, что россияне не верят своему правительству. Этот вывод не очень приятен нашему правительству, но он соответствует действительности больше, чем его прогнозы о развитии экономики и притоку в нее инвестиций.

Таким образом, при плавной девальвации рубля произошло перераспределение валютных резервов государства и средств бюджета в валютные активы банков, компаний и населения. Больше всех на этом выиграли, без сомнения, банки, которые в период девальвации использовали триллионы рублей для конвертации в доллары и евро. Складывается впечатление, что эти процессы происходили параллельно потому, что в правительстве и Госдуме успешно поработало банковское лобби. Иначе чем объяснить тот факт, что банки сначала получили рубли без всяких обременений, затем по выгодному обменному курсу перевели их в твердую валюту, а только после завершения главного этапа девальвации государство стало требовать от банков отчета о том, куда потрачены выделенные им деньги и

почему не кредитуются реальный сектор экономики.

Изменение стоимости бивалютной корзины, расширение, полная отмена коридора «колебания рубля», отправление слабой национальной валюты в свободное плавание не является гарантией того, что девальвация рубля завершилась. Следом за нефтью подешевеет и российский газ, поставляемый на экспорт. Его цены привязаны к цене на нефть и действуют с задержкой в 5–6 месяцев. Мировые цены на российские металлы уже снизились и довольно значительно – в среднем на 20–30%. Валютная выручка, которая будет поступать в нашу страну от продажи нефти, газа, металлов, удобрения, круглого леса, других сырьевых товаров в 2016 г., будет низкой, поэтому к концу 2016 г. будет трудно наполнять доходную часть государственного бюджета. Судя по всему, официальные прогнозы по девальвации рубля, состоянию экономики и финансов в период кризиса ожидает та же незавидная участь, что и участь прогнозов по инфляции. Чиновники будут озвучивать психологически приемлемую для граждан планку, чтобы не вызывать паники, а с течением времени будут менять ее в худшую сторону. Как известно, за ошибки в прогнозах у нас давно не наказывают.

В условиях общего спада в российской экономике каждый новый прогноз членов правительства воспринимается как очередное признание масштабного кризиса и неспособности чиновников справиться с его последствиями.

Нет сомнения, что при дефиците госбюджета, дальнейшем снижении цены на нефть и другие экспортные российские товары на мировом рынке, уменьшении валютной выручки Центробанк будет вынужден снова прибегнуть к девальвации, продолжив обесценение национальной валюты.

Так откуда же в 2016 г. у современной России возьмется столько иностранной валюты, чтобы покупать на нее недостающее продовольствие, технологическое оборудование для модернизации предприятий, платить по иностранным долгам да еще поддерживать прежний курс рубля? Надеяться на то, что в трудный для экономики год рубль по отношению к доллару будет дорожать – это означает либо впасть в глубокое заблуждение самому, либо намеренно вводить в заблуждение других. Вот только стоит ли свои обоснованные прогнозы о росте доллара публиковать в период ажиотажного спроса россиян на валюту?

Таким образом, девальвация рубля продолжалась в 2014–2015 гг. потому, что она

была выгодна государству, экспортерам, банкам и биржевым игрокам. Реальный курс рубля объективно падал в результате спада российской экономики, снижения цен на нефть и сокращения золотовалютных резервов государства. Возможно, лучшей политикой властей было бы не препятствовать этому ослаблению и не тратить резервы на то, чтобы поддерживать слишком высокий (по отношению к падающему экспорту) курс рубля. Но одновременно принимать действенные меры к импортозамещению, модернизации производства, не на словах, а на деле переходить от сырьевого на инновационный путь развития экономики.

Время покажет, на какой отметке закончится девальвация рубля. С ростом цен на нефть и другое сырье на мировых рынках приток иностранной валюты увеличится, и наш рубль будет укрепляться. Но вот сравняется ли он когда-нибудь с долларом или евро – большой вопрос. Чтобы это случилось, российская экономика должна вырасти в несколько раз. И, разумеется, не за счет добычи только полезных ископаемых.

Курс национальной валюты – это, по сути, самый верный показатель прочности ее экономики. Если исходить из того, что состояние рубля отражает состояние экономики, то вывод будет не утешительным. Ослабление рубля по отношению к доллару и евро говорит о том, что все прежние заявления представителей власти о нашей «динамично развивающейся экономике» не подтвердились с падением цен на нефть. Падение курса национальной валюты в полтора-два раза – это показатель того, что устойчивого развития экономики в России попросту нет. Она по-прежнему зависит от мировых цен на сырье, которое продает другим странам.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Моисеев В.В. Россия в глобальном кризисе. Монография. Орел: АПЛИТ, 2009. 360 с.
2. Глаголев С.Н., Моисеев В.В. Проблемы иностранных инвестиций в России в условиях экономических санкций. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2014. 295 с.
3. Глаголев С.Н., Моисеев В.В. Проблемы импортозамещения в России // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. № 1. С. 204–208.
4. Моисеев В.В., Старостенко А.М. Экономический кризис и девальвация рубля // Среднерусский вестник общественных наук. 2009. № 5. С. 22–24.

5. Девальвация рубля: потери и выгоды// Человек и труд. 2009. № 1. С. 125–130.

6. Официальный сайт Центрального Банка России. – URL: <http://cbr.ru/> (дата обращения – 29.11.2015).

---

**Moiseev V.V.**

**WHO BENEFITS FROM RUBLE DEVALUATION ?**

*As a result of another crisis caused by falling oil prices and other commodities, foreign currency earnings to our country has fallen sharply, there were problems with the filling of a profitable part of the federal budget. With the economic crisis, burdened with anti-Russian sanctions, the Central Bank of the Russian Federation together with the government, it was decided to devalue the national currency. Saving the international reserves, the central bank refused to interventions to stabilize the exchange rate. The article shows how the devaluation of the ruble contributes to filling the state budget, as it affects the economy, the living standards of citizens, and who benefit, and not beneficial to the weakening of the national currency.*

**Keywords:** *economic crisis, Western sanctions, the devaluation of the ruble.*

---

**Моисеев Владимир Викторович**, доктор исторических наук, доцент, профессор кафедры социологии и управления.

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

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

E-mail: [din\\_prof@mail.ru](mailto:din_prof@mail.ru)

Костромицкая О.И., аспирант,  
Сомина И.В., канд. экон. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ УПРАВЛЕНИЯ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕМ В РОССИЙСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

olga.kostromitzkaya@yandex.ru

*В своем Послании Федеральному Собранию РФ В.В. Путин назвал импортозамещение одним из приоритетных направлений развития экономики России в современных условиях. В промышленности проблема импортозамещения наиболее остро встала после введения антироссийских санкций. В статье рассмотрены условия реализации политики импортозамещения, ее положительные и отрицательные последствия. Охарактеризована роль государства в процессе импортозамещения. Подчеркивается, что механизм управления импортозамещением целесообразно рассматривать на трех уровнях – макро-, мезо- и микроэкономическом. Выделены ключевые элементы организационно-экономического механизма управления импортозамещением на соответствующих уровнях.*

**Ключевые слова:** импортозамещение, Послание Президента Федеральному Собранию РФ, промышленность, условия, последствия, государственная поддержка, механизм управления.

**Введение.** 4 декабря 2015 года В.В. Путин выступил с традиционным ежегодным Посланием Федеральному Собранию РФ (далее - Послание). Как одно из приоритетных направлений развития экономики России Президент назвал импортозамещение, которое позволит минимизировать отрицательный эффект от антироссийских санкций и усложнения внешнеполитических отношений.

Проблема импортозамещения для российской промышленности не нова, однако наиболее остро она встала именно после присоединения Крыма к России и последовавшей реакции США и стран Запада. Сложившаяся экономическая ситуация предоставляет государству возможность в довольно короткие сроки справиться со стагнацией промышленности и обеспечить ускоренный подъем производства страны путем мобилизации внутренних ресурсов, содействия российским производителям и усвоения передового зарубежного опыта.

Вышеуказанные обстоятельства требуют развития теоретико-методологических и практических аспектов реализации стратегии импортозамещения в современных российских условиях.

**Основная часть.** Импортозамещение представляет собой тип экономической стратегии и промышленной политики государства, направленной на защиту внутреннего производителя путем замещения импортируемых промышленных товаров товарами национального производства [1]. Целью импортозамещения выступает создание условий для роста отечественной промышленности – стимулирование развития промышленного производства, повышение качества выпускаемой продукции, освоение современных инновационных технологий, ввод импортных ограничений.

Провозглашенный Правительством РФ курс на импортозамещение предполагает переход от производства простой к производству сложной, высокотехнологичной продукции, это становится возможным вследствие высвобождения и организации новых производственных мощностей и предприятий. В итоге, осуществление эффективной политики импортозамещения должно привести к выпуску более конкурентоспособной отечественной продукции. Соответственно, импортозамещение целесообразно расценивать как особый инструмент промежуточного этапа перехода к экспортному ориентированию российской экономики.

При импортозамещении немаловажным становится временное проведение политики протекционизма, направленного как на защиту внутреннего рынка страны, так и на активное поощрение выхода российской продукции на внешний рынок.

Процесс замещения импорта может носить упреждающий (предотвращение выхода иностранных производителей на отечественный рынок) и реактивный характер (вытеснение зарубежных предприятий с определенных сегментов рынка). В любом случае, чтобы реализация политики импортозамещения оказалась эффективной, необходимо соблюдение условий:

- стимулирование внутреннего спроса;
- смягчение денежно-кредитной политики в государстве;
- введение налоговых послаблений для отечественных производителей;
- ужесточение контроля за движением бюджетных денежных средств, включая предоставление субсидий предприятиям промышленности;

- трансфер технологий с целью сокращения технологического отставания от развитых стран;

- приведение содержания российских стандартов в соответствие с международными;

- развитие проектного финансирования;

- повышение качества регулирования отечественного бизнеса.

Одним из главных направлений политики импортозамещения выступает стимулирование внутреннего спроса, в осуществлении которого важную роль играет государство. Однако за счет бюджета или прямого государственного заказа полностью решить проблему сокращения спроса на фоне резкого спада потребления в экономике невозможно, для этого потребуются восстановление деловой активности. Активизировать экономическую деятельность и привлечь капитал в модернизацию существующих и создание новых производственных мощностей и технологических предприятий можно путем поддержки потребительского кредитования, субсидирования процентных ставок, развития института лизинга и системы защиты прав собственности.

В экономическом ракурсе реализация политики импортозамещения имеет как положительные, так и отрицательные последствия.

Среди положительных последствий осуществления данной политики следует выделить:

- рост занятости населения, и, как следствие, снижение безработицы и повышение качества жизни, более полное использование национальных ресурсов социально-экономического развития;

- повышение уровня научно-технического прогресса и, как следствие, уровня образования, стимулирования процессов инновационного развития социально-экономической системы;

- укрепление экономической и продовольственной безопасности страны, повышение устойчивости национального развития;

- рост спроса на товары внутреннего производства, что, в свою очередь, стимулирует развитие экономики страны, расширение производственных мощностей, техническое перевооружение и общий подъем деловой активности;

- сохранение валютной выручки внутри страны и, как следствие, рост валютных резервов, улучшение торгового и платежного баланса страны, появление возможности переориентации валютных ресурсов на иные направления использования [2].

К отрицательным последствиям замещения импорта могут быть отнесены:

- ограничение процессов экономической интеграции, снижение уровня участия государ-

ства в международном разделении труда и, возможно, специализации экономики страны;

- искусственное ограничение конкуренции и, как следствие, снижение эффективности деятельности отечественных предприятий, стимулов к поиску механизмов повышения конкурентоспособности, инновационной активности, низкая конкурентоспособность продукции;

- противоречие положениям свободной международной торговли, монополизм;

- замещение активности частного сектора государственными инвестициями, развитие коррупции в условиях временного протекционизма;

- отсутствие возможности использовать эффект масштаба, если внутренний рынок невелик;

- стимулирование роста цен отечественных товаров в условиях ограничения конкуренции, снижение доходов населения.

Поскольку импортозамещение – это своеобразная форма протекционизма, в некоторой степени противоречащая положениям свободной торговли, то в целях предотвращения слепого ограничения конкурентной борьбы на рынке последствия проведения политики импортозамещения необходимо детально проработать на законодательном уровне.

Президентом РФ в Послании были определены важнейшие направления развития экономики России, в т.ч. отмечена важность политики импортозамещения, перечислены меры ее государственной поддержки.

На сегодняшний день структурные преобразования в российской экономике неизбежны: экономическая ситуация требует изменения соотношения сфер деятельности – переориентации из торгово-посреднической деятельности в производственную. «Только изменив структуру экономики, мы сможем решать масштабные задачи в сфере безопасности и социального развития, создавать современные рабочие места и повышать качество и уровень жизни миллионов наших людей» [3], – подчеркнул В.В. Путин.

Государственные гарантии стимулирования инвестиций в импортозамещающие проекты подкрепляются внедрением так называемого механизма специального инвестиционного контракта. Президент предложил дать регионам страны право на снижение ставки налога на прибыль до нуля с целью обеспечения окупаемости инвестиций, а также позволить Правительству РФ закупать до трети выпущенной в рамках таких контрактов продукции. Остальную продукцию следует реализовывать на свободном рынке, чтобы отечественные предприятия стремились выпускать высококачественную, соответствующую мировым стандартам продукцию.



Как отмечалось ранее, развитие экспорто-ориентированных производств является долгосрочной задачей российской политики импортозамещения. В.В. Путин сделал акцент на том, что государством будут поддержаны конкурентные национальные производства, способные не просто производить современную качественную продукцию для внутреннего рынка, а завоевывать рынки внешние. С целью поддержки экспорта в 2015 году в структуре Внешэкономбанка был учрежден Российский экспортный центр, оказывающий различные услуги – от консультирования экспортеров до обеспечения поставок за рубеж.

Президент подчеркнул, что необходимо обеспечить увеличение объемов экспорта сырьевых товаров и считать его одним из основных показателей деятельности отраслевых министерств [3]. В данном направлении заметна положительная тенденция: объем сырьевого экспорта в денежном выражении в 2013 году составил 251 млрд. дол., в 2014 году – 286 млрд. дол. (или 51,5 % всего экспорта). К тому же, в ближайшей перспективе прогнозируется стабильное увеличение доли сырьевого экспорта в общем объеме экспорта.

В настоящее время реализация проектов по замещению импорта активно поддерживается Фондом развития промышленности, который в 2015 году для осуществления 59 таких проектов выдал займы на сумму в 20 млрд. руб. Президент предложил в 2016 году провести докапитализацию Фонда на 20 млрд руб. [3]. По образцу федерального планируется создание региональных фондов, что позволит ослабить концентрацию капитала и управленческих полномочий в федеральном центре и «регионах опережающего роста» и привлечь инвестиционные ресурсы непосредственно во все регионы России.

В сложившихся экономических условиях, помимо господдержки импортозамещения, актуальной становится организация деловых миссий и бизнес-туров отечественных предпринимателей и руководителей госпредприятий. Данные мероприятия, как правило, проводят специализированные организации делового туризма в формате заграничной поездки в страны, накопившие опыт в сфере разработки и внедрения инноваций и современных технологий. Проведение этих мероприятий позволит применить зарубежный опыт, установить контакты с иностранными компаньонами, вывести российскую продукцию на зарубежные рынки.

Реализация политики импортозамещения возможна благодаря результативному управлению импортозамещением – процессу, требующему привлечения высококвалифицированных

специалистов, применения методов стратегического планирования, разработки и внедрения в производство передовых технологий.

Задачу осуществления управления импортозамещением можно решить посредством механизма управления импортозамещением, применение которого позволит эффективно руководить замещением импорта и повысить эффективность как экономики государства, так и деятельности отдельного предприятия.

Считаем, что механизм управления импортозамещением целесообразно рассматривать на трех уровнях – общегосударственном, региональном и отраслевом, корпоративном (внутрифирменном). Отметим, что первые два уровня управления должны регулироваться государством, их можно рассматривать отдельно, а затем интегрировать в единую государственную программу.

Проведенный нами анализ работ отечественных ученых-экономистов [1, 4, 5 и др.] позволяет сформировать представление о ключевых элементах механизма управления импортозамещением на каждом из уровней.

На макроуровне программу импортозамещения должно формировать и реализовывать Правительство РФ. На данном уровне следует выделять такие элементы механизма управления импортозамещением, как:

1. Выработка идеологии политэкономического развития государства.
2. Постановка проблемы импортозамещения на системную основу.
3. Перестройка системы образования.
4. Перестройка научной системы с позиции ее ориентации на инновационное развитие.
5. Стимулирование внедрения наукоемких технологий в производственную деятельность.
6. Разработка и реализация национальной экспортной политики.
7. Формирование эффективной промышленной политики.

Разработка программы мезоуровня в условиях импортозамещения находится в компетенции региональных и отраслевых органов управления. Данная программа должна быть направлена на совершенствование уже сложившихся и разработку новых механизмов в реализации достижений науки и техники:

1. Применение опыта ведущих специалистов в сфере образования, науки и производства; разработка мероприятий, направленных на повышение мотивации их деятельности.
2. Управление качеством инноваций и высокотехнологического производства; осуществление мероприятий по его повышению.

3. Управление качеством экспортной деятельности; его повышение.

4. Финансовое обеспечение научной, инновационной и высокотехнологичной деятельности.

5. Освоение эффективного управления интеллектуальной собственностью.

Совершенствование вышеперечисленных элементов механизмов возможно в рамках программы государственно-частного партнерства – действенного инструмента политики импортозамещения.

Разделяя точку зрения ряда отечественных экономистов [1, 4 и др.], полагаем, что без учета микроэкономического уровня программа импортозамещения в России будет обречена на провал, поскольку именно от результативности деятельности отдельных предприятий зависит эффективность экономики в целом.

Механизм управления импортозамещением на микроуровне, т.е. на уровне отдельного предприятия, должен содержать следующие элементы:

1. Маркетинговый анализ и исследование рынка.

2. Оценка имеющихся в распоряжении у предприятия ресурсов, его резервов.

3. Разработка плана импортозамещения.

4. Финансовое обеспечение деятельности по импортозамещению.

5. Использование передовых технологий.

6. Подбор специалистов и повышение их квалификации.

7. Совершенствование информационного обеспечения предприятия.

8. Запуск производства импортозамещающей продукции в рамках существующего или вновь созданного производства.

9. Контроль выполнения плана импортозамещения, оценка результатов.

Для получения максимально возможного положительного эффекта и избежания негативных последствий вследствие осуществления политики импортозамещения в России необходимо формирование открытой экономики и обеспечение конкуренции на внутреннем рынке страны. Роль государства при этом должна заключаться в активном развитии импортозамещающих и экспортоориентированных производств с целью создания условий роста отечественной промышленности и обеспечения независимости экономики России от внешнего воздействия.

**Выводы.** Итак, в настоящее время в России во главу угла ставится необходимость преодоления технологического отставания экономики и развитие производственных компетенций, требуемых для ее устойчивого развития. Проведение политики импортозамещения, в т.ч. грамотное применение механизма управления импортозамещением, может служить одним из способов решения этой задачи.

Полагаем, исключительное импортозамещение для российской экономики бессмысленно, поскольку вовсе отказаться от ввоза зарубежной продукции невозможно в силу ограничений по ресурсам страны. Вследствие этого, импортозамещение следует рассматривать лишь как особый экономический инструмент промежуточного этапа перехода к экспортному ориентированию национальной экономической системы.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Перегородиева Л.Н. Преимущества и недостатки российской экономики для реализации стратегии импортозамещения // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. 2011. № 1. С. 70–72.

2. Аналитический вестник. О мерах по реализации импортозамещения в гражданских отраслях промышленности в интересах укрепления национальной безопасности [Электронный ресурс] / под общ. ред. д-ра экон. наук В.Д. Кривова. – Москва. 2014. №27. 79 с. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: [http://www.budgetrf.ru/Publications/Magazines/VestnikSF/2014/27\\_545/VSF\\_NEW\\_27\\_545.pdf](http://www.budgetrf.ru/Publications/Magazines/VestnikSF/2014/27_545/VSF_NEW_27_545.pdf) (дата обращения: 06.12.2015)

3. Послание Президента Федеральному Собранию. [Электронный ресурс] // Сайт Президента РФ [Офиц. сайт]. 04.12.2015 г. URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/50864> (дата обращения: 06.12.2015)

4. Глаголев С.Н. Моисеев В.В. Проблемы импортозамещения в России // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 1. С. 204–208.

5. Максимчук Е.В., Суворова А.А. Некоторые экономические аспекты импортозамещения // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 6. С. 109–112.

---

**Kostromitskaya O.I., Somina I.V.****ORGANIZATIONAL-ECONOMIC MANAGEMENT MECHANISM OF IMPORT SUBSTITUTION IN THE RUSSIAN INDUSTRY**

*Russian President Vladimir Putin said in his Address to the Federal Assembly that the import substitution is one of the priority directions in economic development of Russia today. In industry, the import substitution problem has become most acute after imposing anti-Russian sanctions. This article describes the conditions of successful implementation of import substitution policy, its positive and negative consequences. The role of the state in the process of import substitution has been presented. It is emphasized that the management mechanism of import substitution is to be considered at macro-, meso- and microeconomic levels. Key elements of the organizational-economic management mechanism of import substitution at appropriate levels have been determined.*

**Keywords:** *import substitution, The President's address to the Federal Assembly of the Russian Federation, industry, conditions, consequences, state support, management mechanism.*

---

**Костромицкая Ольга Ивановна**, аспирант кафедры стратегического управления.

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

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

E-mail: olga.kostromitzkaya@yandex.ru

**Сомина Ирина Владимировна**, канд. экон. наук, доцент кафедры стратегического управления.

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

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

E-mail: irasomina@yandex.ru

Кузьмина О.Е., канд. экон. наук

Волгоградский филиал «Российский экономический университет им. Г.В. Плеханов»

## ИННОВАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ КАК НЕОТЪЕМЛЕМЫЙ КОМПОНЕНТ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

olga\_06-86@mail.ru

Цель научного исследования заключается в уточнение теоретических основ выявления инновационного потенциала и разработке методических рекомендаций для оценки исследуемого потенциала у предприятий. Предметом исследования выступают экономико-управленческие решения, применяемые в ходе оценки инновационного потенциала предприятий. Теоретической основой исследования представляются фундаментальные положения теорий инноваций и теорий управления инновациями, а методами выступали - системный подход, сравнительный, статистический, общий анализ и синтез. Вопросы, связанные с исследованием структуры инновационного потенциала, его экономической сущности, а также разносторонность методов оценки искомого потенциала у предприятий требуют достаточно глубокой проработки в данной области исследования. При проведении анализа среди распространенных и широко используемых методик оценки инновационных показателей предприятия выявлено, что факторы, используемые при расчете «индекса инновативности» региона, в экономическом смысле сильнее соответствуют инвестициям для инновационной составляющей экономики региона, отражая потенциальные возможности региона.

**Ключевые слова:** экономика регионов, инновационный потенциал предприятий, оценка эффективности инновационного потенциала.

**Введение.** В современном обществе преобладают тенденции мирового развития, которые непосредственно связывают страну в переход общества к постиндустриальной стадии. В процессе развития общества возникают новейшие технологии и разработки, грань социально-экономического развития в стране становится определяющим моментом инновационного уровня его развития, базирующегося на интеллектуальной составляющей, наукоемкого и информационного производства, эффективно использующего и качественно совершенствованного всеми факторами производства. Каждый субъект наделен неким общим потенциалом, в современных условиях которым становится инновационный потенциал. Переходом к инновационной экономике страны выступает формирование качественного роста, факт умеренного или высокого инновационного потенциала, вполне обеспечит такой переход по благоприятному сценарию. Поскольку в качестве инновационного потенциала выдвигает наиважнейший элемент, определяющий будущее страны в целом и его отдельных составляющих, а на сегодняшний момент времени отсутствуют комплексные исследования по его оценке, обеспечивающие объективный анализ всех его составляющих.

**Основная часть.** Все подходы к оценке инновационного потенциала имеют определенные возможности, из этого выстраиваются определенные способности инновационной деятельности, что обеспечивает определенный уровень готовности и способности осуществлять инновационную деятельность на предприятии. Под инновационным потенциалом предприятия по-

нимается возможность, готовность и способность предприятия создавать согласно имеющегося ресурсного обеспечения и пользоваться инновацией с получением разнообразных эффектов (рис. 1). Потенциал малого и среднего предпринимательства с позиции активного участия в стабилизации определенного сектора экономики и в решение социально значимых задач региона, определяет способность объединенных ресурсов этих предприятий взаимодействовать в решение современных и будущих проблем развития этих предприятий. Данный потенциал включает кадровые, материально-технические, финансовые, организационные, информационные, инновационные компоненты, периодически подвергавшиеся влиянию факторов со стороны внутренних и внешних ресурсов. Согласно чего управление потенциалом следует трактовать как процесс целенаправленного взаимодействия накопленного потенциала у предприятий с субъектом его управления [1].

Управленческая составляющая имеет вид объединяющего прочие элементы потенциала целостной системы, которая работает в тесной связке с информационным, организационным и кадровым элементами, представляя единый потенциал малого или среднего предприятия, обобщая способности материально-технических, инвестиционных, финансовых и инновационных показателей. Поэтому для проведения анализа показателей инновационной инфраструктуры региона с последующей оценкой потенциала предприятий значимым является метод полной нормализации показателей, в связи с тем, что возникает сложность в установление четких

граней и выявлении их нормативных значений. В итоге следует произвести нормировку показателей к определению математического расчета и сравнению комплексных оценок развития инновационной инфраструктуры региона. В теоретических подходах к экономическому анализу комплексной оценки разнообразных систем используются такие методы, как методы сумм, суммы мест, расстояний, таксонометрический, и способ многомерного сравнительного анализа. В основу комплексной оценки закладывается сум-

мирование фактических значений показателей или их темпов в отношении базы сравнения [2]. Данный метод имеет недостаток заключающийся в возможности получения высокого значения к общему показателю, в отношении других показателей которые отстают, поскольку происходит процесс сглаживания, конечным значение является выровненный общий результат. Такой метод может быть использован в случае однопавленного влияния исследуемых показателей в отношении эффективности систем.

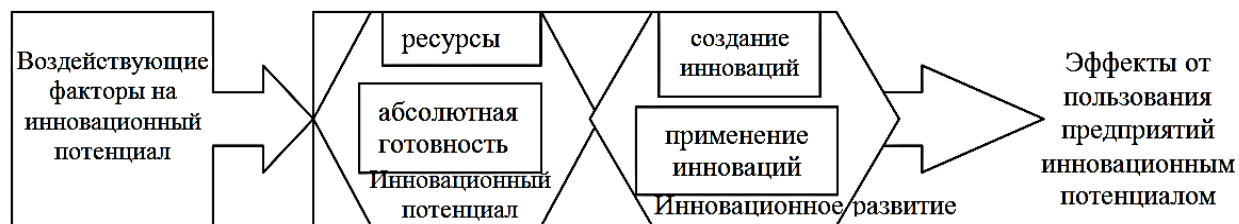


Рис. 1. Схематичное представление применения инновационного потенциала у предприятий

Методы *сумм мест* содержат подготовительное распределение каждого элемента участвующего в анализе коррелируя с уровнем исследуемого показателя. Радикально показатели, изначально разделяются на стимуляторы (в порядке возрастания) и дестимуляторы (в порядке убывания). В ходе рассмотрения каждого из показателей - суммируются занятые им места, согласно сумм мест показателей происходит ранжирование. Используя метод *расстояний* определяется близость анализируемых объектов к «идеальному» объекту, согласно каждого сравниваемого показателя. «Идеальным» объектом считается условный объект исследования с максимально допустимыми показателями индекса - стимулятора и с минимальными показателями индекса - дестимулятора. Порой идеальным, считается типичный объект, показатели индексов которого, равняются средним арифметическим уровням индекса, или используется 100-процентное выполнение плана по всем индексам, подчеркивая недовыполнение и перевыполнения плана предприятия. Под *таксонометрическим* методом понимается обобщенное понимание метода расстояний, учитывающий абсолютные значения индексов с возможностью элиминирования в различные вариации. Такой метод рассматривается и применяется чаще всего с замыслом проводить оценку привлекательности регионов для потенциальных венчурных инвесторов. Построение *балльных оценок*, происходит на основе исходных данных о значениях индексов предприятия, задавая шкалу для возможности оценивания каждого показателя. Достаточно популярными показателями являются непрерывные и дискретные шкалы, характе-

ризующиеся наименьшим и наибольшим количеством баллов, рассчитывающих индекс. Грани шкал имеют как положительные и отрицательные значения, дискретная шкала определяет номинальное число ступеней оценок (или баллов), принять выбирать целочисленные балльные оценки. Непрерывная шкала оценки принимает любые численные значения анализируемого индекса. Алгоритм расчета рейтинговой (или балльной) оценки предприятия (или региона) не отличается от алгоритма метода суммы мест. Необходимо знать, что границы балльных оценок для каждого показателя должны быть обдуманными и взвешившими все шкалы оценок, которые согласовываться между собой [3].

Множество методик связанных с оценкой социально-экономического развития, в том числе инновационного потенциала, как предприятия так и региона в целом, рассчитывают интегральный показатель используя различные виды средних величин (например такие, как среднее арифметическое простое, среднее арифметическое взвешенное, метод экспертных оценок, среднее геометрическое, среднее квадратическое). В разных подходах и методиках оценки, учтены компоненты инновационной инфраструктуры региона сбалансированные между собой, имеющие равные веса в интегральном показателе, складывающемся из комплексных показателей каждой компоненты [4].

Предлагается рассчитывать комплексные индикаторы по каждой составляющей инфраструктуры интегрального индекса, характеризующие региональную инновационную инфраструктуру в целом региона. Определяя совокупные показатели и индексы инновационной ин-

фраструктуры региона, которые представлены на рисунке 2. Предложенный комплекс показателей оценки инновационного потенциала предприятий основывается на субъективном (непосредственно авторским) представлении об экономической сущности инновационного потенциала, учитывающий непосредственно управляемые факторы, влияющие на него [5].

При оценке инновационного потенциал предприятий следует учитывать влияние раз-

личных посторонних факторов. Проведя анализ экономической литературы, получены данные об отсутствии систематизации классификаций факторов, потенциально влияющих на инновационный потенциал предприятия. В данной статье обобщена и систематизирована часть классификационных признаков факторов, влияющих на инновационный потенциал предприятий региона, в части промышленного комплекса.

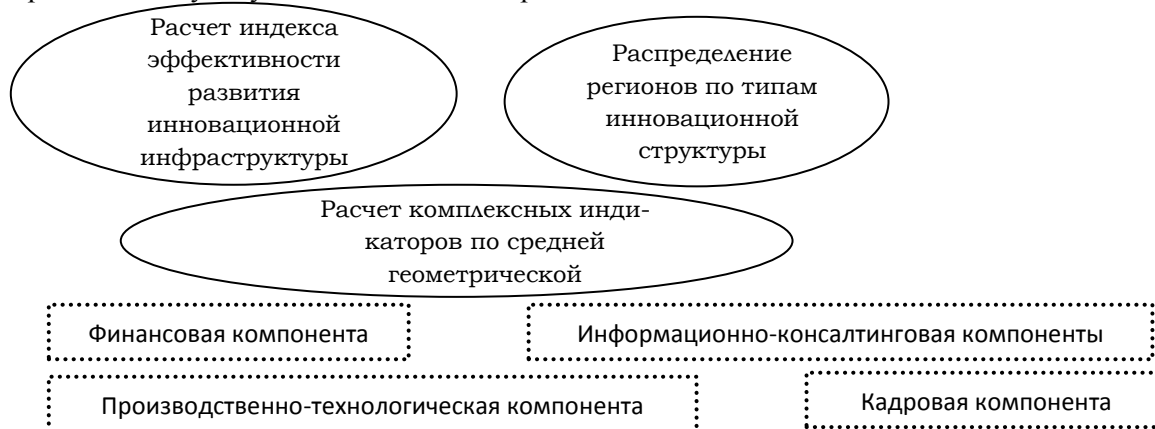


Рис. 2. Совокупные показатели и индексы инновационной инфраструктуры региона.

Совместно с традиционными признаками, предлагается классификационный признак инновационного потенциала – степень управляемости, позволяющий выделять группы непосредственно, частично и косвенно управляемых факторов, в совокупности влияющих на инновационный потенциал [6].

К косвенно управляемым факторам относятся те факторы, влияние которых на инновационный потенциал предприятия не зависит от принятого управленческого решения. К частично управляемым факторам относят те факторы, результат влияния которых на инновационный потенциал предприятия зависит как от принятого управленческого решения, так и от внешнего воздействия. И непосредственно управляемые факторы те, чей результат влияния на инновационный потенциал предприятия зависит полностью от принятого управленческого решения [7].

Классификацию факторов, которые влияют на инновационный потенциал предприятия, по степени управляемости выделяет те факторы, на которые предприятие оказывает влияние, прямое или косвенное [8]. По результатам оценки инновационного потенциала с учетом влияния на него группы прямо управляемых факторов, руководству предприятия предоставляется возможность к разработке мероприятий по корректировке инновационного потенциала в сторону его увеличения. В показателях эффективности инноваций выделяются три группы, представленные в таблице. В процессе нахождения значений

показателей, их нормируют, после чего назначают веса, выводя составляющую рейтинга (табл. 2).

В ходе проведения расчетов нормированного значения, показатели экономических эффектов инноваций разделяются по соответствующим показателям региона. В процессе проведения расчетов определяется рейтинговая оценка эффективности инноваций предприятия, вследствие чего применяют альтернативу в принятии решения конкретного инновационного проекта. Затруднение, связанное с установлением порогового значения рейтинга инновационного проекта, считается допустимым [9]. Оценка предприятий за счет рейтинговой системы инновационного проекта масштабируется с помощью удельного веса каждого из предприятия к определенному региону.

Согласно практикой стороны управления, на сегодняшний момент не существует единого подхода к оценке инновационного уровня развития регионов, что является тормозящим моментом в процессе оценке результативности государственной поддержке федерального и регионального значения в инновационной сфере деятельности, эффективности и правомерности расходования бюджетных ассигнований. Существующие методики оценки инновационного уровня включают в себя [10]:

- 1) исследование статистических данных разного уровня;
- 2) поиск показателей разнообразного интегрального значения.

Таблица 1

## Показатели характеризующие эффективность инноваций

| Группы эффективности инноваций         | Показатели   | Характеристика                                                                                                                                                                  |
|----------------------------------------|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Интегральная оценка нововведений       | Динамические | чистая текущая стоимость (NPV); эквивалентный аннуитет; внутренняя норма рентабельности (IRR, MIRR); индекс доходности проекта (PI); дисконтированный период окупаемости (DPP). |
|                                        | Статические  | суммарная и среднегодовая прибыль; рентабельность инвестиций (ROI); период окупаемости (PP).                                                                                    |
|                                        | Рейтинговые  | рейтинг; комплексный оценочный показатель.                                                                                                                                      |
| Частные оценочные показатели инноваций | Коэффициенты | ликвидность; обеспеченность собственными средствами; финансовый рычаг; точка безубыточности; оборачиваемость; рентабельность; ресурсоотдач и ресурсоемкость.                    |
| Оценка рисков инноваций                | Коэффициенты | индивидуальная ставка дисконта по проекту; аналитические и $\beta$ – коэффициенты; рисковая чувствительность;                                                                   |
| Оценка рисков инноваций                | Коэффициенты | среднеквадратичное отклонение; вариация.                                                                                                                                        |

Таблица 2

## Нормировка значений в рейтинге

| Показатель                                                          | Значение                    | Нормировка значения | Весовой коэффициент | Составляющий коэффициент в рейтинге |
|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------|---------------------|---------------------|-------------------------------------|
| Текущая стоимость инновационного                                    | NPV, млн. руб.              | $NPV / I$           | $V_1$               | $Ind_1 = NPV / I * V_1$             |
| Базовые затраты инновационного проекта                              | I, млн. руб.                |                     |                     |                                     |
| Количество созданных рабочих мест, за счет инновационного проекта   | Рм, чел.-мест               | $P_m / B$           | $V_2$               | $Ind_2 = P_m / B * V_2$             |
| Среднее количество безработных регионов                             | Б, чел.                     |                     |                     |                                     |
| Прирост ВВП за счет инновационного проекта                          | $\Delta BVP$ , млн. руб.    | $\Delta BVP / BVP$  | $V_3$               | $Ind_3 = \Delta BVP / BVP * V_3$    |
| Общий показатель текущего ВВП региона                               | BVP, млн. руб.              |                     |                     |                                     |
| Прогноз прироста заболеваемости населения                           | $\Delta Z$ , чел.-дн. / год | $\Delta Z / Z$      | $V_4$               | $Ind_4 = \Delta Z / Z * (-V_4)$     |
| Текущий уровень заболеваемости населения                            | Z, чел.-дн. год             |                     |                     |                                     |
| Денежный эффект в результате реализации инновационного проекта      | $\Delta I$ , млн. руб.      | $\Delta I / I$      | $V_5$               | $Ind_5 = \Delta I / I * (V_5)$      |
| Региональный бюджет                                                 | I, млн. руб.                |                     |                     |                                     |
| Прогноз выбросов загрязняющих элементов в ходе реализации инноваций | $\Delta ПДК$                | $\Delta ПДК / ПДК$  | $V_6$               | $Ind_6 = \Delta ПДК / ПДК * (-V_6)$ |
| Текущее значение выбросов загрязняющих элементов                    | ПДК                         |                     |                     |                                     |
| Прочие показатели                                                   | $\Delta N, N$               | $\Delta N / N$      | $V_N$               | $Ind_N = \Delta N / N * (-V_N)$     |
| Итоговый рейтинг                                                    | -                           | -                   | -                   | Сумма ( $Ind_i$ )                   |

В теории также имеются модели оценки альтернативного характера, оценивающие грамотность, представление, понимание и определенные компетенции предприятий в регионах. В ходе расчетов индексов или компонентов наличия потенциала инновативности у предприятий, большая часть авторов придерживается мнения равноценного влияния факторов, которые участвуют в образование разнообразных показателей

для каждого уровня инновационного развития в регионе [11].

**Выводы.** Выбор метода оценки инновационного потенциала, является сложным, многоаспектным и нуждающимся в дальнейшем изучении. Изложенные выше результаты исследования являются малой базой имеющегося опыта у предприятий и базисом к наиболее полной характеристике инновационного потенциала, как к объекту управления и инструменту воздействия на

иные элементы хозяйствующей системы.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бурмистрова Л.М. Финансы организаций (предприятий): Учебное пособие. 2-е изд. М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. 224 с.
2. Горфинкель В.Я., Попадюк Т.Г. Малый инновационный бизнес: Учебник. М.: Вузовский учебник: НИЦ Инфра-М, 2013. 264 с.
3. Туровец, О.Г., Родионов, В.Б., Бухалков, М.И. Организация производства и управление предприятием: Учебник. 3-е изд. М.: ИНФРА-М, 2011. - 506 с.
4. Угнич Е.А. Экономическая природа и противоречия развития венчурного капитала в российской экономике // Вестник Донского государственного технического университета. 2013. №7/8 (75). С. 148–156
5. Савицкая Г.В. Комплексный анализ хозяйственной деятельности предприятия: Учебник. 6-е изд., перераб. и доп. М.: НИЦ Инфра-М, 2013. 607 с.
6. Липсиц И.В., Коссов В.В. Инвестиционный анализ. Подготовка и оценка инвестиций в реальные активы: Учебник. М.: НИЦ Инфра-М, 2013. 320 с.
7. Секерин В.Д. Инновационный маркетинг: Учебник. М.: ИНФРА-М, 2012. 238 с.
8. Розенков Д.Н. Управление развитием отношений бизнеса, общества, государства // Управление. Научно-практический журнал. 2014. №2 (4). С. 63–74
9. Медынский В.Г. Инновационный менеджмент: Учебник. М.: НИЦ Инфра-М. 2013. 295 с.
10. Кучеренко А.И. Методы оценки инновационного потенциала и инновационной активности предприятия // НИР. Экономика фирмы. 2012. № 1(1). С. 4–13
11. Володин А.А., Самсонов Н.Ф., Бурмистрова Л.А. Управление финансами. Финансы предприятий: Учебник. Под ред. А.А. Володиной. 2-е изд. М.: ИНФРА-М, 2012. 510 с.

---

**Kuzmina O.E.**

### INNOVATION POTENTIAL, AS AN INTEGRAL COMPONENT PERFORMANCE EVALUATION ENTERPRISE

*In the analysis, including common and widely used methods of evaluation of innovative enterprise performance revealed that the factors used in the calculation of the «index of innovativeness» of the region, in economic terms, more consistent investment for innovation component of the region's economy, reflecting the potential of the region. From this position, the indicators are potential in identifying innovative potential of economic enterprises in the region. Of course, on an equal basis to identify potential indicators seem to be those indicators that characterize the real situation in the whole of innovation in the region, while allowing to assess the degree of compliance or implementation of potential businesses. The main components of the innovation potential are, at the same time, the object of control and instrument the impact on other elements of the economy system. These include resource, logistical, financial and human component. Fine relationship resource, and effective internal parts of the innovation potential in practical terms, identify the optimal ratio.*

**Keywords:** *economy of regions, the innovative potential of enterprises, performance evaluation of innovative potential.*

---

**Кузьмина Ольга Евгеньевна**, кандидат экономических наук, ассистент кафедры экономики и менеджмента. Волгоградский филиал «РЭУ им. Г.В. Плеханова».

Адрес: Россия, 400131, Волгоград, ул. Волгодонская, д. 11.

E-mail: olga\_06-86@mail.ru



Азаренко Н.Ю., канд. экон. наук, доц.,  
Ковалевский В.В., д-р. техн. наук, проф.  
Сергутина Т.Э., канд. техн. наук, доц.

Брянский государственный инженерно-технологический университет

## КОМПЛЕКСНАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ НАСЕЛЕНИЯ РЕГИОНА (НА ПРИМЕРЕ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ)

salovanat@mail.ru

*В статье представлены результаты анализа основных индикаторов, характеризующих систему качества жизни населения Брянской области за 2010-2014 г.г. Разработана модель оценки качества жизни населения с использованием коэффициентов регрессии. Результаты анализа могут быть использованы в процессе разработки управленческих решений по вопросам улучшения качества жизни в регионе.*

**Ключевые слова:** Индикативные показатели, качество жизни, моделирование, система показателей, среднедушевые доходы населения.

В современных социально-экономических концепциях качество жизни является критерием прогрессивности социально-экономических преобразований в обществе, главной целью общественного развития. Однако становится очевидным, что основанные на формальных критериях обеспеченности и доступности базовых государственных социальных услуг, ранее существовавшие методы оценки качества жизни населения в российских регионах стали практически малоприменимыми, поскольку проблематика определения качества жизни населения стала более сложной.

При этом применение большого количества индикативных показателей для достоверного исследования качества жизни населения не только значительно осложняет процесс самого исследования, но и увеличивает срок его проведения. Применение в исследовании минимального количества индикативных показателей качества жизни населения, хотя и снижает срок его проведения, но вызывает опасение, что полученные результаты сомнительны и не вполне достоверно описывают объективно существующую реальность.

Создание модели «качества жизни» из набора показателей системы качества жизни населения усложняется из-за отсутствия общепризнанной системы показателей [1, 2].

В современных экономических исследованиях достаточно часто применяются методы корреляционно-регрессионного анализа. Расчет коэффициентов корреляции позволяет выявить тесноту и направление взаимосвязи изучаемых показателей. Регрессионный анализ является логичным продолжением корреляционного и заключается в определении аналитического выражения связи результирующей величины с факторными показателями. Использование данных методов

позволяет в итоге:

- 1) получить корреляционно-регрессионную модель связи в исследуемом явлении,
- 2) сформировать выводы о воздействии того или иного фактора на результирующую величину,
- 3) прогнозировать результат управленческого воздействия на изменение факторов данной модели.

Информационной базой анализа и разработки модели оценки качества жизни населения Брянской области послужили нормативно-правовые акты и статистические данные, публикуемые Федеральной службой государственной статистики и территориальным органом Росстата по Брянской области в виде сборников, размещенных на страницах официальных сайтов этой службы [3], [4].

Разработка корреляционно-регрессионной модели осуществлялась в несколько этапов: от выделения факторных и результирующего показателя до интерпретации полученных результатов.

Далее представлено подробное содержание каждого из этапов разработки корреляционно-регрессионной модели оценки качества жизни населения Брянской области.

Первый этап – выделение ключевых индикаторов качества жизни населения Брянской области.

Интегральный показатель качества жизни населения Брянской области может быть сформирован на основе анализа таких синтетических блоков категории качества жизни населения как: качество экологической, экономической, социальной и демографической сред.

Второй этап разработки корреляционно-регрессионной модели – это определение результирующего показателя служащего основным индикатором качества жизни

населения Брянской области. В качестве такого показателя предлагается использовать среднеожидаемую продолжительность жизни при рождении, лет. В настоящее время продолжительность жизни считается наиболее адекватным и объективным индикатором качества жизни населения [5].

На третьем этапе разработки корреляционно-регрессионной модели необходимо построить систему исследуемых показателей.

Предлагается набор из 10 показателей,

сгруппированных по четырем структурным компонентам качества жизни населения. Блоки индикаторов, составляющих комплексную систему показателей качества жизни, выведенную на основе количественных характеристик основных потребностей человека для разработки модели оценки качества жизни населения Брянской области, приведена в табл. 1. Число показателей, включаемых в модель больше двух, поэтому для моделирования используется модель «множественной регрессии».

Таблица 1

**Система показателей качества жизни населения Брянской области за 2010-2014 гг. для разработки корреляционно-регрессионной модели**

| Показатель                                                                                                                   | 2010 г. | 2011 г. | 2012 г. | 2013 г. | 2014 г. |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| <b>Качество экологической среды</b>                                                                                          |         |         |         |         |         |
| объем сброшенной загрязненной сточной воды, млн. м <sup>3</sup>                                                              | 91,28   | 85,38   | 81,50   | 77,40   | 74,33   |
| <b>Качество экономической среды</b>                                                                                          |         |         |         |         |         |
| среднедушевые денежные доходы населения в месяц, руб.                                                                        | 13358   | 15348   | 176469  | 20152   | 21875   |
| удельный вес численности населения с денежными доходами ниже величины прожиточного минимума в общей численности населения, % | 13,5    | 12,6    | 10,5    | 11,7    | 12,8    |
| уровень безработицы, %                                                                                                       | 8,0     | 7,1     | 5,1     | 5,2     | 4,5     |
| <b>Качество социальной среды</b>                                                                                             |         |         |         |         |         |
| площадь жилищ, приходящихся в среднем на одного жителя, кв. м.                                                               | 24,6    | 25,2    | 25,6    | 26,1    | 27,0    |
| число зарегистрированных преступлений на 100 000 чел. населения                                                              | 2184    | 2140    | 2141    | 1973    | 1833    |
| <b>Качество демографической среды</b>                                                                                        |         |         |         |         |         |
| население в трудоспособном возрасте из общей численности населения, тыс. чел.                                                | 769,9   | 754,6   | 738,8   | 722,4   | 630,4   |
| число родившихся на 1000 человек населения, чел.                                                                             | 10,7    | 10,9    | 11,4    | 11,1    | 11,0    |
| коэффициент естественной убыли населения на 1000 человек населения                                                           | 6,3     | 5,2     | 4,7     | 4,8     | 5,0     |
| численность пенсионеров, тыс. человек                                                                                        | 407     | 408     | 409     | 411     | 413     |
| ожидаемая продолжительность жизни при рождении, лет                                                                          | 67,9    | 68,83   | 69,06   | 69,75   | 69,8    |

Табл. 1 содержит в себе статистические данные по индикаторам качества жизни населения Брянской области за период 2010-2014 гг., которые представляют собой результирующий и факторные показатели [6].

Исходя из таблицы наблюдаем положительную динамику у половины показателей качества жизни населения региона, кроме численности населения с денежными доходами ниже величины прожиточного минимума в общей численности населения, населения в трудоспособном возрасте из общей численности населения, числа родившихся на 1000 человек населения, коэффициента естественной убыли населения на 1000 человек населения и численности

пенсионеров.

Статистические данные за период с 2010 по 2014 гг. свидетельствуют об отсутствии единой тенденции изменений данного явления и необходимости выявления факторов, оказывающих наибольшее влияние на показатель, с целью их дальнейшего мониторинга для оценки качества жизни населения Брянской области.

Определение зависимостей между изучаемыми показателями качества жизни населения Брянской области является важнейшей задачей следующего этапа разработки модели.

Для выбора вида зависимости, из-за четкой интерпретации параметров, используется линейная функция. В основе линейной модели

лежит гипотеза о том, что каждый фактор что-то добавляет или что-то отнимает от значения результативного признака.

Формула (1) демонстрирует уравнение множественной линейной регрессии:

$$y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_mx_m + \varepsilon \quad (1)$$

где  $y$  – результативный признак (зависимая, результирующая, эндогенная переменная);  $x_1, x_2, \dots, x_n$  – признаки-факторы (регрессоры, объясняющие, предикторные, предопределенные, экзогенные переменные);  $a_1, a_2, \dots, a_n$  – коэффициенты регрессии;  $b$  – свободный член регрессии;  $\varepsilon$  – компонента, отражающая в модели влияние случайных факторов, из-за которых реальное значение показателя может отклоняться от теоретического (регрессионный остаток).

Для построения модели не используется субъективная оценка качества жизни потому, что спрогнозировать субъективное мнение населения невозможно.

Четвертый этап – построение матрицы коэффициентов парной корреляции. Для оценки тесноты и направления связи (прямая или обратная зависимость) между изучаемыми пере-

менными используются показатели корреляции.

Коэффициент парной корреляции ( $r_{xy}$ ) определяется по формуле (2):

$$r_{xy} = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \sum y^2 - (\sum y)^2]}}, \quad (2)$$

где  $n$  – количество измерений;  $x, y$  – значения исследуемых величин.

Значение коэффициентов парной корреляции лежит в интервале от (-1) до (+1). Положительное значение показателя свидетельствует о прямой связи между переменными, отрицательное – об обратной (когда с ростом одной переменной другая уменьшается).

Качественная оценка тесноты связи между величинами может быть произведена на основе шкалы Чеддока: «связь признается достаточно сильной (высокой), если коэффициент корреляции по абсолютной величине (без учета положительного или отрицательного знака) превышает 0,7, и слабой, если меньше 0,3».

Для построения матрицы коэффициентов парной корреляции воспользуемся возможностями пакета «Анализ данных» офисного приложения Microsoft Excel. Результаты расчетов приведены в табл.2.

Таблица 2

Матрица коэффициентов парной корреляции

|     |         | 1       | 2       | 3       | 4       | 5       | 6       | 7       | 8       | 9      | 10 |
|-----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|----|
|     |         |         |         |         |         |         |         |         |         |        |    |
| X1  | -0,9827 | 1       |         |         |         |         |         |         |         |        |    |
| X2  | 0,9624  | -0,9913 | 1       |         |         |         |         |         |         |        |    |
| X3  | -0,8479 | 0,8050  | -0,7266 | 1       |         |         |         |         |         |        |    |
| X4  | 0,9271  | -0,9739 | 0,9824  | -0,6730 | 1       |         |         |         |         |        |    |
| X5  | -0,8960 | 0,9591  | -0,9792 | 0,6287  | -0,9918 | 1       |         |         |         |        |    |
| X6  | -0,4421 | 0,4170  | -0,3366 | 0,8070  | -0,2422 | 0,2434  | 1       |         |         |        |    |
| X7  | -0,9116 | 0,9527  | -0,9344 | 0,8504  | -0,9065 | 0,9130  | 0,6177  | 1       |         |        |    |
| X8  | -0,7655 | 0,8532  | -0,8827 | 0,4421  | -0,9490 | 0,9523  | 0,0030  | 0,7754  | 1       |        |    |
| X9  | 0,5452  | -0,5475 | 0,4737  | -0,8546 | 0,4029  | -0,4078 | -0,9789 | -0,7430 | -0,1937 | 1      |    |
| X10 | 0,9160  | -0,9616 | 0,9849  | -0,6123 | 0,9913  | -0,9912 | -0,1814 | -0,8793 | -0,9423 | 0,3369 | 1  |

где  $Y$  – среднеожидаемая продолжительность жизни при рождении, лет; X1 – объем сброшенной загрязненной сточной воды, млн. м<sup>3</sup>; X2 – среднедушевые денежные доходы населения, руб.; X3 – коэффициент естественной убыли населения, человек на 1000 населения; X4 – площадь жилищ, приходящихся в среднем на одного жителя (кв. м); X5 – число зарегистрированных преступлений, на 100 000 чел. населения; X6 – удельный вес численности населения с денежными доходами ниже величины прожиточного минимума в общей численности населения, %; X7 – уровень безработицы, %; X8 – население в трудоспособном возрасте из общей численности населения, тыс. чел.; X9 – число родившихся на 1000 человек населения, чел.; X10 – численность пенсионеров, тыс. чел.

Как видно из данных таблицы 2, существует достаточно высокая и положительная (прямая)

связь показателей среднедушевых денежных доходов населения (0,96237), площади жилищ,

приходящихся в среднем на одного жителя (0,9271) и численности пенсионеров (0,9160) с показателем средней ожидаемой продолжительности жизни при рождении.

Показатели числа родившихся на 1000 человек населения (0,5452) и удельный вес численности населения с денежными доходами ниже величины прожиточного минимума в общей численности населения (-0,4421) находятся в обратной и умеренной или слабой зависимости с показателем средней ожидаемой продолжительности жизни при рождении, что позволяет принять решение об исключении указанных факторов в дальнейшем анализе из модели.

Также стоит указать на обнаруженную высокую тесноту связи между показателями среднедушевых денежных доходов населения (0,9624), площади жилищ, приходящихся в среднем на одного жителя (0,9271) и численности пенсионеров (0,9160) и показателем средней ожидаемой продолжительности жизни при рождении, что приводит к мысли о возможном наличии явления мультиколлинеарности.

Мультиколлинеарность между факторами делает вычисление параметров регрессионной модели в дальнейшем либо невозможным, либо затрудняет содержательную интерпретацию параметров модели. Окончательное решение по этим факторам будет принято по результатам следующего этапа – проверки качества модели.

Из таблицы 2 видно, что между факторами X1 и X2, X1 и X4, X1 и X5, X1 и X7, X1 и X10, X2 и X4, X2 и X5, X2 и X7, X2 и X10, X4 и X5,

X4 и X7, X4 и X8, X4 и X10, X5 и X7, X5 и X8, X5 и X10, X6 и X9, X8 и X10 существует заметная корреляционная связь ( $r_{xy} > 0,7$ ). Для того, чтобы избежать мультиколлинеарности требуется исключить некоторые из них из модели.

В данном случае исключим факторы: X3, X4, X6, X7 и X9. Исключаем X3, X4, X7 для избежания мультиколлинеарности, а X9 – число родившихся на 1000 человек населения и X6 – удельный вес численности населения с денежными доходами ниже величины прожиточного минимума в общей численности населения т.к. они оказывают меньшее влияние на Y 0,5452 и -0,4421 соответственно.

Таким образом, в модель множественной линейной регрессии необходимо включить факторы X1- (объем сброшенной загрязненной сточной воды), X2- (среднедушевые денежные доходы населения), X5- (число зарегистрированных преступлений, на 100 000 чел. населения) и X8- (население в трудоспособном возрасте из общей численности населения).

На пятом этапе предстоит определение вида уравнения регрессии, численная оценка ее параметров и определение качества регрессионной модели.

Использование функции «ЛИНЕЙН» офисного приложения Microsoft Excel позволило получить следующие параметры линейной регрессионной зависимости при аргументе «Константа» равном 1, которые представлены в табл.3.

Таблица 3

Параметры линейной регрессионной зависимости факторов модели

| Показатель    | Коэффициенты | Стандартная ошибка | t-статистика | p-Значение | Нижние 95 % | Верхние 95 % | Нижние 95,0 % | Верхние 95,0 % |
|---------------|--------------|--------------------|--------------|------------|-------------|--------------|---------------|----------------|
| Y-пересечение | 59,6182      | #Н/Д               | #Н/Д         | #Н/Д       | #Н/Д        | #Н/Д         | #Н/Д          | #Н/Д           |
| X 1           | -0,1205      | 0,1733             | 0,5946       | 0,6585     | -2,0989     | 2,3050       | -2,0989       | 2,3050         |
| X 2           | 0,0003       | 6,2047             | 19,122       | 0,0333     | 0,0004      | 0,0020       | 0,0004        | 0,0020         |
| X 5           | 0,0090       | 0,0126             | 2,0664       | 0,2869     | -0,1346     | 0,1868       | -0,1346       | 0,1868         |
| X 8           | -0,0052      | 0,0181             | -1,0308      | 0,4903     | -0,2483     | 0,2110       | -0,2483       | 0,2110         |

Цифры первого столбца табл. 3 позволяют сформировать уравнение линейной регрессии, демонстрирующей зависимость результирующего показателя у (средней ожидаемой продолжительности жизни при рождении, лет) от факторных: объема сброшенной загрязненной сточной воды (X1), среднедушевых денежных доходов населения (X2), числа зарегистрированных пре-

$$y = 59,6182 - 0,1205 \cdot X1 + 0,0003 \cdot X2 + 0,0090 \cdot X5 - 0,0052 \cdot X8,$$

где X1 – объем сброшенной загрязненной сточной воды; X2 – среднедушевые денежные доходы населения; X5 – число

ступлений, на 100 000 чел. населения (X5) и населения в трудоспособном возрасте из общей численности населения (X8).

Таким образом, многофакторная корреляционно-регрессионная модель оценки качества жизни населения Брянской области будет представлена в виде формулы (3):

(3)  
зарегистрированных преступлений, на 100 000 чел. населения; X8 – население в трудоспособном возрасте из общей численности

населения.

Цифры второго столбца таблицы дают возможность определить стандартные значения ошибок для коэффициентов регрессии. Значения находятся в достаточно большом диапазоне, что объясняется числовыми значениями используемых факторных признаков. Главное – это отсутствие нулевых значений, которые бы свидетельствовали о наличии явления мультиколлинеарности. Следовательно, в построенной регрессионной модели можно оставить все обозначенные переменные.

Проведенный корреляционно-регрессионный анализ позволил выявить наиболее значимые факторы, определяющие нахождение возможных направлений повышения качества жизни населения Брянской области. К ним относятся (по мере убывания тесноты связи): объем сброшенной загрязненной сточной воды, среднедушевые денежные доходы населения, число зарегистрированных преступлений на 100 000 чел. населения, население в трудоспособном возрасте из общей численности населения. Полученная многофакторная корреляционно-регрессионная модель может быть использована органами государственной власти субъекта РФ при разработке государственной целевой программы «Повышение качества жизни населения», при осуществлении мониторинга качества жизни населения в том или ином субъекте РФ.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Айвазян С. А. Анализ синтетических категорий качества жизни населения субъектов Российской Федерации: их измерение, динамика, основные тенденции// Уровень жизни регионов России. 2012. № 11. С. 210-216.
2. Айвазян С.А. Интегральные показатели качества жизни населения: их построение и использование в социально – экономическом управлении и межрегиональных сопоставлениях. М.: ЦЭМИ РАН, 2010. С. 115-120.
3. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Брянской области: [Электронный ресурс]. Брянск, 2014. URL: <http://bryansk.gks.ru/> (дата обращения 19.09.2015).
4. Управление государственной службы по труду и занятости населения Брянской области: [Электронный ресурс]. Брянск, 2014. URL: <http://www.rabota-bryanskobl.ru/> (дата обращения 17. 10. 2015).
5. Гришина И.В., Полянев А.О., Тимонин С.А. Качество жизни населения регионов России: методология исследования и результаты комплексной оценки// Современные производительные силы. 2012. № 1. С. 70– 83.
6. Куликов Н.И., Вдовина Е.С. Вопросы современной науки и практики: Оценка качества жизни населения региона, университет им. В.И. Вернадского. №7– 9(30). 2010.С.191– 203.

---

**Azarenko N.Y., Kovalevsky V.V., Sergutina T.E.**

### **A COMPREHENSIVE MODEL FOR ASSESSING THE QUALITY OF LIFE OF THE POPULATION OF THE REGION (ON THE EXAMPLE OF BRYANSK REGION)**

*The article presents the results of analysis of main indicators, characterizing the system of the quality of life of the population of the Bryansk region for 2010-2014. Developed a model for assessing the quality of life of the population using the regression coefficients. The results of the analysis can be used in the process of development of administrative decisions on improving the quality of life in the region.*

**Key words:** *Indicators, life quality, simulation, scorecard, average income per capita.*

---

**Азаренко Наталья Юрьевна**, кандидат экономических наук, доцент кафедры государственного управления и финансов.

Брянский государственный инженерно-технологический университет

Адрес: Россия, 241037, г. Брянск, пр. Станке Димитрова, 3

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

**Ковалевский Владимир Викторович**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой государственного управления и финансов.

Брянский государственный инженерно-технологический университет

Адрес: Россия, 241037, г. Брянск, пр. Станке Димитрова, 3

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

**Сергутина Татьяна Эдуардовна**, кандидат технических наук, доцент кафедры государственного управления и финансов.

Брянский государственный инженерно-технологический университет

Адрес: Россия, 241037, г. Брянск, пр. Станке Димитрова, 3

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

Бендерская О.Б., канд. экон. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ: ТРАДИЦИОННОЕ И СОВРЕМЕННОЕ ЗНАЧЕНИЯ ТЕРМИНА

obenderskaya@gmail.com

*В статье рассматриваются значения термина «устойчивое развитие» применительно к характеру изменения в динамике экономических систем разных уровней. Выделены традиционное и современное значения, последнему из которых в английском языке соответствует термин «sustainable development», вошедший в экономическую терминологию в связи с Концепцией устойчивого развития Организации Объединенных Наций; перечислены смысловые отличия этих двух значений. Рассмотрены возможные варианты перевода термина «sustainable development» и причины закрепления в русском языке варианта «устойчивое развитие». Обоснована необходимость дополнения «Основных положений государственной стратегии Российской Федерации по охране окружающей среды и обеспечению устойчивого развития» понятийным аппаратом и описанием социальных целей и условий устойчивого развития. Рассмотрено состояние научных исследований и применения на практике стратегий устойчивого развития в современном его понимании. Сделан вывод о сильном отставании практики от теории. Приведены аргументы в пользу того, что в настоящее время в российском бизнесе имеет место абсолютное доминирование приоритетов устойчивого развития в традиционном понимании этого термина.*

**Ключевые слова:** управление компаниями, экономический рост, устойчивое развитие, Концепция устойчивого развития ООН, цели устойчивого развития, интегрированная отчетность.

**Введение.** Для русскоязычной экономической терминологии в отличие, скажем, от математической или физической, характерна меньшая строгость. Если в математике, химии или физике за каждым понятием закрепляется определенный, причем единственный термин, который уже не может использоваться для обозначения других понятий, то в экономике часто приходится сталкиваться с тем, что одно и то же понятие у разных авторов может быть названо по-разному, или наоборот, один и тот же термин используется для обозначения разных понятий [1]. Предметом рассмотрения в настоящей статье является термин «устойчивое развитие» применительно к экономическим системам разных уровней. Цель рассмотрения – раскрытие разных значений этого термина: традиционного и современного [2], появившегося в связи с Концепцией устойчивого развития Организации Объединенных Наций [3].

**Основная часть.** Традиционно под устойчивым развитием в работах российских экономистов постсоветского периода подразумевается последовательное непрекращающееся развитие, постоянный (другими словами, непрерывный, стабильный) экономический рост, причем такой рост, который не приводит экономическую систему к финансовому кризису [4]. Подчеркнем, что устойчивое развитие экономических систем в традиционном понимании подразумевает ограничение роста только экономическими факторами.

Устойчивое развитие отдельно взятой компании увязывается с повышением эффективности использования ее потенциала, с укреплением финансовой устойчивости, с повышением

конкурентоспособности производимого продукта, с ростом инвестиционной привлекательности. Таким образом, цели и результаты устойчивого развития в традиционном его понимании имеют исключительно экономическую природу.

Аналогичным образом трактуются термины «устойчивое развитие региона», «устойчивое развитие отрасли», «устойчивое развитие страны».

Однако в последние годы все чаще термин «устойчивое развитие» употребляется в значении, для которого в английском языке предусмотрен отдельный термин – «sustainable development», вошедший в употребление в связи с разработкой Концепции устойчивого развития ООН. Как известно, основная идея Концепции – сбалансированность на всех уровнях экономического, социального прогресса и ответственности за окружающую среду ради благополучия живущего поколения и неухудшения условий жизни будущих поколений [3]. В свете этой идеи устойчивое развитие – это «процесс экономических и социальных изменений, при котором эксплуатация природных ресурсов, направление инвестиций, ориентация научно-технического развития, развитие личности и институциональные изменения согласованы друг с другом и укрепляют нынешний и будущий потенциал для удовлетворения человеческих потребностей и устремлений» [2]. Как видно из этого определения, значение термина «устойчивое развитие» в контексте Концепции ООН (назовем это современным значением) и традиционное для российских экономистов значения отличаются.

Сущность устойчивого развития в соответствии с Концепцией ООН на сегодняшний день

можно определить через его цели, которые были согласованы более чем 190 странами-членами ООН, определены в июле 2014 г. в итоговом документе Межправительственной рабочей группы ООН открытого состава по целям устойчивого развития (ЦУР) и обсуждались на Всемирном Саммите ООН по устойчивому развитию 25-27 сентября 2015 г. в Нью-Йорке. Это 17 целей [5]. Большинство из них имеют социальный и экологический характер. В области экономики ЦУР предусматривают устойчивое развитие сельского хозяйства и энергетики, экономический рост, всеохватную индустриализацию и поощрение инноваций, рассматривая их не как самоцель глобального развития, а скорее как средства достижения социальных и экологических целей. ЦУР определяют такие ограничения для развития во всех сферах экономики, как:

- сохранение экосистем, поддержание биоразнообразия и рациональное использование всех природных ресурсов;
- обеспечение безопасности городов и населенных пунктов;
- разумное потребление;
- борьба с изменениями климата.

Таким образом, можно сделать вывод, что на современном этапе и на перспективу Концепция устойчивого развития ООН устанавливает приоритет неэкономических целей глобального развития и ограничение экономического развития, если оно вредит благополучию природной среды и людей текущего и будущих поколений.

Буквальный перевод англоязычного термина «sustainable development» на русский язык – «поддерживаемый рост», однако в официальном переводе Концепции ООН на русский язык и в разработанных впоследствии в Российской Федерации официальных документах стало использоваться словосочетание «устойчивое развитие», неверное понимание смысла которого может приводить к путанице.

По мнению авторов статьи об устойчивом развитии в соответствии с Концепцией ООН в русскоязычной Википедии [2], перевод данного термина на русский язык является неточным, поскольку воспринимается просто как «постоянный», «устойчивый рост». Более подходящим, по их мнению, был бы перевод «продолжающееся» или «самодостаточное развитие».

Как кажется нам, между терминами «постоянное» и «продолжающееся развитие» нет разницы, и оба они не отвечают смыслу понятия. Что же касается эпитета «самодостаточное», то он служит для обозначения качества человеческой личности и не подходит для характеристики процесса. Термин «поддерживаемое развитие» также не подходит, поскольку может создать впечатление, что речь идет о таком развитии, которое нуждается в поддержке со стороны.

Нам представляется, что более точным переводом на русский язык термина «sustainable development» был бы вариант «сбалансированное» или, еще лучше, «согласованное развитие». Однако вряд ли можно изменить официально принятый и признанный перевод. Поэтому во избежание путаницы рекомендуем использовать словосочетания «развитие в соответствии с Концепцией устойчивого развития ООН» или «устойчивое развитие в контексте Концепции ООН».

Для наших исследований наибольший интерес представляют вопросы развития экономических систем микроуровня. Для обозначения устойчивого развития в соответствии с Концепцией ООН таких систем иногда используют термин «корпоративное устойчивое развитие». Аналитик лаборатории социальных инноваций Екатерина Синицына определяет его как «создание компанией долгосрочных ценностей в финансовой, социальной, экологической и этической сферах» [6]. Н.С. Батырова (Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации) дает более развернутое определение: «устойчивое развитие компании – долгосрочный процесс создания, поддержания и наращивания финансового капитала на требуемом инвесторами уровне, достигаемый за счет сбалансированного развития иных видов капитала: социального, природного, интеллектуального, производственного» [7].

Нужно отметить, что в России основы государственной стратегии по обеспечению устойчивого развития страны в контексте Концепции ООН были разработаны еще в 90-е годы прошлого века. В тексте «Основных положений государственной стратегии Российской Федерации по охране окружающей среды и обеспечению устойчивого развития» используется термин «экологически безопасное устойчивое развитие» и декларируется, что «хозяйственная деятельность ориентируется на достижение экономического благосостояния в сочетании с экологической безопасностью России» [8]. Таким образом, может создаться впечатление, что основной программный документ Российской Федерации по устойчивому развитию устанавливает приоритет экономической и экологической составляющих и игнорирует социальную составляющую. Это не совсем так, потому что под экономическим благополучием в Стратегии, по нашему мнению, как раз подразумевается высокий уровень жизни населения и развитие социальной сферы. Тем не менее, следует признать недостаточную проработанность текста Стратегии и необходимость новой его редакции, которая включала бы понятийный аппарат, а также перечень социальных целей и условий устойчивого развития.

Число исследований различных аспектов развития в соответствии с Концепцией устойчивого развития ООН в России в последнее время неуклонно ширится. Так, доктор экон. наук, профессор О.В. Ефимова занимается вопросами управления, основанными на стратегии устойчивого развития компании. Она определяет устойчивое развитие как долгосрочную стратегию, основанную «на оценке взаимодействия и комплексном управлении важнейшими финансовыми и нефинансовыми факторами создания стоимости компании (экономическими, социальными и экологическими) для обеспечения долгосрочной устойчивости компании» [9]. Доктор экон. наук, профессор А.Д. Шеремет – теоретик и практик анализа хозяйственной деятельности (АХД). Он считает, что учет показателей устойчивого развития в соответствии с Концепцией ООН означает выход АХД в России на новый исторический этап развития. Шеремет определил «современное понятие устойчивого развития экономики» как совокупность финансовой, экологической и социальной устойчивости [10]. С ними согласны и другие российские экономисты. Так, Л.А. Федорова пишет: «Развитие считается устойчивым, если оно не только направлено на достижение экономического роста, но и сбалансировано с потребностями общества по повышению качества жизни и политикой, направленной на предотвращение деградации окружающей среды. ...развитие можно назвать устойчивым только в том случае, если оно закладывает основы дальнейшего роста, в противном случае идет экстенсивное расходование существующих ресурсов, формирующее отсталость в будущем» [11].

В целом, можно сделать вывод о широком использовании и правильном понимании большинством научного экономического сообщества России термина «устойчивое развитие» в соответствии с Концепцией ООН.

Актуальным является вопрос: должно ли это значение термина «устойчивое развитие» вытеснить традиционное его понимание, или они могут существовать параллельно? Очевидно, это зависит от стратегий развития, выбираемых собственниками компаний, властями регионов и руководством страны. В каждом конкретном случае выбор определяется как объективными условиями (внешнеполитическая ситуация, государственная политика, уровень развития производительных сил, степень социальной ответственности бизнеса, уровень подготовки менеджеров всех уровней и т.д.), так и субъективными (в первую очередь, менталитет руководителей).

Чтобы оценить, как много российских компаний привержено идеям устойчивого развития в соответствии с Концепцией ООН, можно использовать такой индикатор, как интегрирован-

ная отчетность, которая составляется для раскрытия, наряду с финансовыми, нефинансовых показателей деятельности компании именно с целью реализации идей Концепции устойчивого развития ООН на микроэкономическом уровне. По данным [7], по состоянию на сентябрь 2014 г. нефинансовые отчеты в России составляли 148 компаний. При этом общее количество коммерческих компаний к началу 2015 г. составило 3991 тысяч [12]. Таким образом, менее 0,004 % российских компаний раскрывают нефинансовые показатели. Это вполне красноречиво свидетельствует о том, что пока стратегии развития российского бизнеса в соответствии с Концепцией ООН существуют больше в теории, чем на практике.

Таким образом, на современном этапе развития России в ее экономике доминируют приоритеты устойчивого развития в традиционном понимании этого термина [13, 14]. Менталитет государственных руководителей всех уровней и собственников бизнеса таков, что возможность реализации экологических и социальных целей развития признается ими только на основе достижения прочного экономического благополучия. Прошедшее десятилетие с его высокими ценами на нефть и стабильным развитием сырьевых отраслей экономики было достаточно благополучным, но и планка представлений о том, что такое экономическое благополучие, в умах существенно выросла. И хотя объективно платформа для перехода к современной парадигме устойчивого развития была создана, на ментальном уровне поворота к ней не произошло. А когда в 2014 г. вмешались объективные причины: начались обострение международной напряженности и экономические санкции против России, снизились цены на нефть и курс российской валюты, – приоритеты Концепции устойчивого развития ООН в российской экономике отодвинулись на задний план.

**Выводы.** Итак, на сегодняшний день применительно к экономическим системам разных уровней востребованы как традиционное, так и современное значения термина «устойчивое развитие», и поэтому важны их четкое разграничение и правильная интерпретация. Также необходимы разработка новой редакции «Основных положений государственной стратегии Российской Федерации по охране окружающей среды и обеспечению устойчивого развития» и совершенствование терминологии экономических исследований вопросов устойчивого развития.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бендерская О.Б. Предложения по совершенствованию терминологии управления финансовой устойчивостью предприятий //



Наукоемкие технологии и инновации (XXI Научные чтения): Юбилейная Междунар. науч.-практ. конф., посвященная 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова (Белгород, 9-10 октября 2014 г.). Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. Ч. 7. С. 32-35.

2. Устойчивое развитие [Электронный ресурс].

URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Устойчивое развитие](https://ru.wikipedia.org/wiki/Устойчивое_развитие) (дата обращения 22.11.2015).

3. Наше общее будущее: доклад Международной комиссии по окружающей среде и развитию [Электронный ресурс]. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. URL: <http://www.un.org/ru/ga/pdf/brundtland.pdf> (дата обращения 07.12.2015).

4. Слабинская И.А. Современная интерпретация финансовой устойчивости организации // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 6. С. 253–256.

5. Цели в области устойчивого развития [Электронный ресурс]. URL: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/summit/> (дата обращения 23.11.2015).

6. Концепция устойчивого развития [Электронный ресурс]. URL: <http://www.cloudwatcher.ru/analytics/2/view/72/> (дата обращения 02.12.2015).

7. Батырова Н.С. Методологические основы разработки и реализации стратегии устойчивого развития хозяйствующего субъекта // Экономический анализ: теория и практика. 2014. № 44. С. 14–23.

8. Указ Президента РФ «О государственной стратегии Российской Федерации по охране

окружающей среды и обеспечению устойчивого развития» от 04.02.1994 № 236 [Электронный ресурс].

URL: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=3079;rnd=180312.25488189328461885;div=LAW> (дата обращения 07.12.2015).

9. Ефимова О.В. Анализ устойчивого развития компании: стейкхолдерский подход // Экономический анализ: теория и практика. 2013. № 45. С. 41–51.

10. Шеремет А.Д. Комплексный анализ показателей устойчивого развития предприятия // Экономический анализ: теория и практика. 2014. № 45. С. 2–9.

11. Федорова Л.А. Модель оценки устойчивости развития наукоемких производств авиационной промышленности // Экономический анализ: теория и практика. 2014. № 4. С. 20–29.

12. Интерфакс. Центр раскрытия корпоративной информации [Электронный ресурс]. URL: <https://www.e-disclosure.ru/vse-novosti/novost/2263> (дата обращения 03.12.2015).

13. Дорошенко Ю.А., Антипов Е.А. Оценка управления стратегическим развитием промышленного холдинга // Российское предпринимательство. 2011. № 8–2. С. 43–48.

14. Чижова Е.Н., Шевченко М.В. Интегральная эффективность системы управления промышленным предприятием // Вестник Белгородского государственного технологического университета имени В.Г. Шухова. 2011. № 1. С. 95–99.

---

## **Benderskaya O.B.**

### **STABLE DEVELOPMENT OF THE ECONOMICAL SYSTEMS: TRADITIONAL AND MODERN MEANINGS**

*The article depicts the term «stable development» used in order to outline type of various changes in the economical systems' dynamics. Traditional and modern meanings of this term are provided; the latter one refers to the «sustainable development» term, which originated due to the Sustainable Development Conception under UN framework; semantic differences between these two meanings are listed. Possible options of the term's «sustainable development» translation and causes behind the consolidation in the Russian-language version «устойчивое развитие» are considered. The article describes necessity of supplement the «Basic provisions of the state strategy of the Russian Federation for Environmental Protection and Sustainable Development» with a conceptual device and a description of the social objectives of and conditions for sustainable development. The state of scientific research and practical application of sustainable development strategies in the modern sense is reviewed. The conclusion about the gap between practice and theory is made. Arguments are provided in favor of the fact that at present in Russian business an absolute dominance of the stable development priorities in the traditional sense of the term occurs.*

**Key words:** economic systems, corporate governance, economic growth, stable development, sustainable development, UN Sustainable Development Conception, sustainable development goals, integrated Reporting.

---

**Бендерская Ольга Борисовна**, 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: obenderskaya@gmail.com

Мочалов В.Д., канд. техн. наук, проф.,  
Мочалова Я.В., канд. экон. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ПРОБЛЕМЫ ФИНАНСИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ В РОССИИ

Leschinskaya@bsu.edu.ru

*Успех инновационной деятельности предприятий во многом зависит от её финансирования. На сегодняшний день основным источником финансирования инновационной деятельности для большинства предприятий остаются собственные средства, которые не всегда имеются на предприятии. Конечно, это ограничивает возможности разработки, и внедрения новшеств в производство. Поэтому создание хорошо обоснованной системы финансирования инновационной деятельности устраняет основные проблемы и создает условия для накопления финансовых средств. А это в свою очередь, способствует стимулированию и развитию инновационной деятельности предприятий. Следовательно, возникает необходимость определения наиболее эффективных форм финансирования инновационной деятельности предприятий.*

**Ключевые слова:** промышленное предприятие, финансирование, проблемы, условия, инновационная деятельность.

**Введение.** Финансовая составляющая предприятий является важнейшей характеристикой экономической деятельности любой организации. Она определяет конкурентоспособность предприятия, возможности сотрудничества с зарубежными партнерами, а также имидж самой организации [3].

Вполне очевидно, для того чтобы обеспечить выживаемость предприятия в жестких условиях конкурентной борьбы необходимо обеспечить планирование финансовой деятельности организации на всем этапе ее осуществления и проведение эффективной финансовой политики [1].

Определение наиболее эффективных форм финансирования инновационной деятельности предприятий является одной из первоочередных задач в деятельности предприятия на современном этапе [5].

Считаем, что это в свою очередь позволит решить ряд проблем не только на уровне отдельного предприятия, но и на уровне страны в целом. Всё это ещё раз подтверждает актуальность выбранной темы исследования

**Методология.** Изучению проблем финансирования инновационной деятельности предприятий в современных условиях хозяйствования значительное внимание уделяется со стороны государства, внешних кредиторов и самих руководителей предприятий.

Кроме того, проблемы финансирования инновационной деятельности предприятий рассматривались многими отечественными и зарубежными учеными. Значительный вклад в исследование механизмов финансирования предприятий внесли такие российские ученые, как Глазьев С.Ю., Дагаев А.А., Осипов Ю.М., Яновский А.М. и многие другие ученые. Среди зарубежных ученых вклад в исследование данной

проблемы внесли А. Рок, Т. Перкинс, Ю. Клейнер и многие другие.

Однако, до сих пор отсутствует единый подход к определению форм финансирования инновационной деятельности предприятий. Именно поэтому проблема финансового обеспечения инновационной деятельности предприятий является важной в современных условиях и требует всестороннего подхода к её решению.

**Основная часть.** В настоящее время развитие инновационной деятельности предприятий в России испытывает существенные затруднения. Одной из основных проблем пока остается проблема финансирования инноваций.

Считаем, что необходимо определить само понятие «финансы». В научной литературе существует неоднозначная трактовка данного термина.

Например, Л. Гитман дает следующее определение: «Финансы – это искусство и наука управления деньгами. Финансы охватывают процессы, институты, рынки и инструменты, имеющие отношение к циркуляции денежных средств между индивидуумами, фирмами и правительствами» [2].

В словаре Р. Паркера можно найти следующее определение: «Финансы — обобщенный термин, используемый для характеристики монетарных ресурсов и способов их генерирования и использования».

В Словаре современной экономики приводится следующее определение: «Финансы – в узком смысле могут быть интерпретированы как капитал в монетарной форме, то есть в форме фондов, выданных или полученных, как правило, с долгосрочной целью, с помощью финансового рынка или института. В широком смысле этот термин относится к фондам, полученным из

любых источников и используемым для несения любых расходов».

По нашему мнению, под финансами следует понимать экономические отношения, возникающие в процессе управления (расходования, поступления и т.д.) денежными ресурсами в различных сферах деятельности на протяжении определенного периода времени.

Целью исследования является разработка теоретических рекомендаций и методического инструментария определения наиболее эффективных форм финансирования инновационной деятельности предприятий.

В рамках поставленной цели должны быть решены следующие задачи: изучить теоретические основы исследования проблем финансирования инновационной деятельности предприятий; рассмотреть источники финансирования инновационной деятельности предприятий; выявить основные проблемы, связанные с процессом финансирования инновационной деятельности; определить наиболее эффективные формы финансирования инновационной деятельности предприятий.

Научная новизна исследования заключается в определении наиболее эффективных форм финансирования инновационной деятельности предприятий.

В развитых странах финансирование инновационной деятельности осуществляется как из государственных, так и из частных источников. Для большинства стран Западной Европы и США характерно примерно равное распределение финансовых ресурсов между государственным и частным капиталом.

Принципы организации финансирования должны быть ориентированы на множественность источников финансирования, и предполагать быстрое и эффективное внедрение инноваций и последующий рост финансовой отдачи от инновационной деятельности [5].

В России существуют на сегодняшний день несколько источников финансирования инновационной деятельности. По видам собственности они делятся следующим образом:

1) государственные инвестиционные ресурсы (бюджетные средства, средства внебюджетных фондов, государственные заимствования, пакеты акций, имущество государственной собственности);

2) инвестиционные, в том числе финансовые ресурсы хозяйствующих субъектов, а также общественных организаций, физических лиц и т.д.

Это инвестиционные ресурсы коллективных инвесторов, в том числе страховых компаний, инвестиционных фондов и компаний, негосударственных пенсионных фондов. Сюда же относятся собственные средства предприятий, а

также кредитные ресурсы коммерческих банков, прочих кредитных организаций и специально уполномоченных правительством инвестиционных банков.

На уровне государства и субъектов Федерации источниками финансирования являются:

1) собственные средства бюджетов и внебюджетных фондов;

2) привлеченные средства государственной кредитно – банковской и страховой систем;

3) заемные средства в виде внешнего (международных заимствований) и внутреннего долга государства (государственных облигационных и прочих займов).

На уровне предприятия источниками финансирования являются:

1) собственные средства предприятия (прибыль, амортизационные отчисления, страховые возмещения, нематериальные активы, временно свободные основные и оборотные средства);

2) привлеченные средства, полученные от продажи акций, а также взносы, целевые поступления и пр.;

3) заемные средства в виде бюджетных, банковских и коммерческих кредитов на различной основе.

Проблема финансового обеспечения предприятий может быть обусловлена несколькими причинами. К основным причинам можно отнести следующие: дефицит государственного бюджета; слабое развитие производственной инфраструктуры, недооценка инноваций коммерческими банками, экономический риск освоения новой продукции предприятия и многие другие причины. Существенное влияние на уровень финансирования инновационной деятельности оказывает уровень инфляции в стране, налоговая политика и многие другие причины.

Это в свою очередь требует разработки и внедрения политики, направленной на решение данных проблем [4].

Считаем, что на предприятии должно уделяться большое внимание как рассмотрению причин и проблем, приводящих к дестабилизации инновационного развития предприятий, так и факторов влияющих на финансовую устойчивость данных предприятий.

Исходя из анализа источников финансирования инновационной деятельности предприятия необходимо определить наиболее эффективные формы финансирования инновационной деятельности организаций.

Несмотря на разнообразие существующих форм и методов финансирования инновационной деятельности многие предприятия затрудняются в их выборе.

В работе нами предлагается использование венчурного финансирования для развития инновационной деятельности предприятий. Венчур-

ное финансирование в России находится на начальном этапе своего развития и поэтому необходимо создавать благоприятные условия для дальнейшего расширения деятельности. Венчурное финансирование осуществляется в двух основных формах: 1) путем приобретения акций новых предприятий; 2) посредством предоставления кредитов различного вида.

Зарубежная практика показывает, что наиболее эффективными формами организации венчурного финансирования инновационной деятельности являются:

1) прямые инвестиции, которые увеличивают как риск, так и прибыль при успешном исходе; 2) совместные инвестиции крупных инновационных проектов, которые делают минимальным риск участников, но также и уменьшают личную прибыль каждого инвестора; 3) учреждение венчурного фонда, распределяющего риск между большим количеством вкладчиков, увеличивающего надёжность средств за счёт уменьшения размера доли конкретного инвестора и управления инновационными проектами специалистами венчурного капиталовложения.

Средства в венчурные фонды поступают не только от крупных организаций, но и из фондов пенсионного страхования, страховых компаний, государственных и частных фондов поддержки и развития малого бизнеса и др. [1].

Считаем, что именно венчурное финансирование позволит повысить активность инновационной деятельности предприятий, увеличить их конкурентоспособность на мировом рынке, создать условия для внедрения инноваций на рынке и т.д. По нашему мнению, активное развитие этих процессов внутри страны создаст все необходимые условия для оздоровления инновационной сферы в целом, а также будет способствовать расширению возможностей выхода

многих российских предприятий на мировой уровень.

Формируя свою концепцию финансовой устойчивости предприятия, смогут также укрепить свои позиции на внутреннем и на внешнем рынке, решать при этом экономические, социальные, политические и другие задачи [3].

Выводы. Проведенный анализ позволяет сделать ряд обобщений, которые имеют как теоретическое, так и практическое значение. Считаем, что именно венчурное финансирование позволит повысить активность инновационной деятельности предприятий, увеличить их конкурентоспособность на мировом рынке, создать условия для внедрения инноваций на рынке и т.д.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Генатулин М.А. Венчурное финансирование инновационной деятельности в России // Экономика и менеджмент инновационных технологий. 2013. № 3. С.11–13.
2. Маховикова Г.А., Ефимова Н.Ф. Инновационный менеджмент. М.: ЭКСМО, 2010, 208 с.
3. Мочалова Я.В., Мочалов В.Д. Экономико-математическая модель оценки эффективности инновационных проектов промышленных предприятий // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2006. №2. С.68–71.
4. Мочалов В.Д., Мочалова Я.В., Петухов М.В. Методика оценки реализации конкурентных преимуществ современными промышленными предприятиями // Вестник Белгородского государственного технологического университета им В.Г. Шухова. 2015. №5. С.248–250.
5. Оголева Л.Н. Инновационный менеджмент. М.: ИНФРА-М, 2010, 238 с

---

**Motchalov V.D., Mochalova Y.V.**

### PROBLEMS OF FINANCING OF INNOVATIVE ACTIVITY OF ENTERPRISES IN RUSSIA

*The success of innovation activities of enterprises in many respects depends on its financing. To date, the main source of financing of innovative activity for most businesses to have their funds, which are not always available at the facility. Of course, this limits the possibility of developing and implementing innovations into production. Therefore, the establishment of a sound system of financing of innovation activities resolves major problems and creates conditions for the accumulation of funds. And this, in turn, contributes to the promotion and development of innovation activities of enterprises. Consequently, there is a need to identify new forms and methods of financing innovation activities of enterprises.*

**Key words:** industrial enterprise, financing, problems, conditions, innovation.

---

**Мочалов Виктор Дмитриевич**, кандидат технических наук, профессор.  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.  
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

**Мочалова Яна Викторовна**, кандидат технических наук, профессор.  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.  
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.  
E-mail: Leschinskaya@bsu.edu.ru

*Чижова Е.Н., д-р экон. наук, проф.*  
*Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*

## ФИЛОСОФИЯ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ

chizhova\_elena@mail.ru

*Рассматриваются закономерности развития, обосновывается, что развитие не есть только прогрессивная тенденция, исследуются модели развития, носящие универсальный характер и пригодные, в том числе, и для социальных систем, демонстрирующих инновационное развитие.*

**Ключевые слова:** развитие, инновационное развитие, прогрессивное развитие, закон развития, модели развития, типы развития.

Еще древние не сомневались, что «tempora mutantur, et nos mutamur in illis» (времена меняются и мы меняемся вместе с ними), то есть развиваемся. Один из важнейших вопросов, связанных с этим: является ли это изменение однозначно совершенствованием, переходом от простого к сложному, от менее совершенного к более совершенному?

Развитие, как известно, есть переход системы из одного состояния в другое, необратимое и направленное изменение. Его основными формами являются:

- эволюционное развитие, которое означает непрерывные количественные и качественные постепенные изменения. Характеризуется совпадением изменений в технико-технологических и социальных составляющих структуры системы;

- революционное развитие, которое предполагает скачкообразные изменения, преимущественно не совпадающие по составляющим структуры системы.

Есть и два направления развития:

- прогрессивное развитие характеризуется переходами от низшего к высшему, от простого к сложному, к более совершенному, качественному, к более высокому потенциалу;

- регрессивное развитие (деградация) – обратное движение, переход от высшего к низшему, характеризуется возвратом к изжившим себя, ранее пройденным структурам, ухудшением отношений, снижением потенциала.

Прогресс и регресс тесно связаны между собой и составляют диалектическое единство. Без регресса нет прогресса, а без регресса нет прогресса. Прогресс и регресс – это составные части процесса достижения гармонии.

Развитие имманентно всем системам, оно осуществляется в соответствии с законом, который формулируется следующим образом: каждая система стремится достичь наибольшего суммарного потенциала при прохождении всех этапов жизненного цикла.

Иначе, в процессе жизнедеятельности (функционирования и развития) системы происходят закономерные и необратимые изменения,

направленные на максимальное использование потенциала для достижения цели, в результате чего происходит качественное изменение состояния системы.

Формально закон развития может быть представлен следующим образом:

$$P_j = \sum_{i=1}^n (P_{ij}) \rightarrow P_{\max}$$

где  $P_j$  – потенциал системы на  $i$ -м этапе жизненного цикла;  $P_{ij}$  – потенциал системы в  $i$ -й области на  $j$ -м этапе жизненного цикла.

Первые абстрактные (математические) модели развития стали использоваться в биологии. Первые попытки были еще у Л. Эйлера. Как самостоятельное научное направление математическая биология сформировалась в начале XX века с появлением работ В. Вольтерра и А. Лотки.

Математическая модель развития биологических популяций – это аналитическое выражение зависимости численности от времени. Одну из первых функциональных зависимостей для этого предложил Р. Перл в виде логистической функции:

$$Y(t) = \frac{Y_0}{1 + ae^{-bt}},$$

где  $Y(t)$  – численность в единице объема в момент  $t$ ;  $Y_0$  – начальная численность популяции;  $a$  и  $b$  – константы,  $a$  демонстрирует сдвиги во времени,  $b$  – наклон кривой.

Данная логистическая функция (кривая) наглядно показывает основные периоды в развитии системы (популяции):

- первый период  $(0, t_1)$  – начало развития, «молодость»;
- второй период  $(t_1, t_2)$  – интенсивное развитие, «зрелость»;
- третий период  $(t_2, t_n)$  – экстенсивное развитие, «старость».

Зная, на каком из участков развития находится система в момент наблюдения, можно использовать приближенные формулы, описывающие ее развитие.

Так, при малых значениях  $t$ , развитие можно описать следующим образом:

$$y(t) \approx \frac{Y_0}{a} e^{bt}.$$

При больших значениях  $t$ , в период «старости», формула следующая:

$$y(t) \approx Y.$$

В этом случае система асимптотически приближается к максимуму.

Эту логистическую функцию можно использовать для вскрытия внутренней структуры системы и выяснения механизма развития. По мнению П.М. Хомякова, время смены состояний представляется важнейшей характеристикой системы [6].

Практически все процессы роста в живых системах нелинейны, что на определенных этапах развития может приводить к качественным скачкам. Исследования показали универсальность логистической функции, с ее помощью можно описать развитие не только популяции животных, но и развитие экологической системы, а также социальной системы. Было установлено и соответствие всех циклов иерархии критических уровней основных переменных, определяемых геометрическими прогрессиями с модулями, принадлежащими последовательностям степенно-показательных функций «неперова» числа  $e$ . Соотношение последовательных значений между критическими уровнями определяется зависимостью  $e^e = 15,15$ .

Было определено, что эволюционный путь развития большинства естественных систем подчиняется закономерностям аллометрического типа, динамические изменения которых описываются степенной функцией. На одном уровне развития свойства (качества) системы сохраняются. Когда же соотношение основных переменных, описывающих процесс аллометрического типа, достигает некоторого критического значения, происходит скачкообразный переход системы на другой уровень развития.

Как выяснилось, критические рубежи чередуются не произвольно, наблюдается их равномерная синхронизация, описываемая функциями экспоненциального типа, смежные границы аллометрических участков которых отличаются в  $e$  раз.

Было доказано, что всякая естественная система имеет в своем развитии инерционные свойства, и представлена формула в виде дифференциального уравнения с запаздывающим аргументом. Было доказано и то, что не только естественные системы обладают инерционным свойством, это присуще и искусственным системам тоже.

Расчеты относительно развития природных систем показали, что одни и те же природные явления и процессы могут быть описаны, как уже было отмечено, экспоненциальными зависимостями, а также степенными функциями с основаниями в виде золотой пропорции. Это весьма важные выводы, позволяющие увидеть неразрывную (системную) связь между системными законами, в данном случае между законом развития и законом композиции-пропорциональности (гармонии).

Закон развития связан и с законом информированности-упорядоченности. И. Пригожин при моделировании развивающихся физико-химических систем использовал в качестве исходного принцип «неравновесность – источник развития». По его словам, флуктуации предстают как механизмы, «запускающие неустойчивости», при которых система делает «выбор» дальнейшего пути развития [3]. Результаты проявились в обосновании вариантов (типов) развития систем.

Считается, что переход системы в иное состояние с изменением структуры в связи с возникшими новыми условиями существования есть кризис системы. При кризисе компоненты сохраняются, потери в системе могут быть только на уровне элементов в виде их ликвидации. Более глубокие изменения системы называются катастрофами. Катастрофу уже трудно назвать механизмом адаптации. Радикальные изменения навязываются системам извне. Возможности адаптации в данном случае позволяют лишь сохранить систему как таковую.

Катастрофа характеризуется радикальным изменением структуры системы. При этом отдельные компоненты исчезают. На их месте могут появляться новые. Морфология системы существенно меняется. Она уже видится наблюдателю существенно иначе. Интегральные показатели системы меняются значительно и резко.

Еще более радикальные изменения системы называются катаклизмами. Катаклизм есть по существу разрушение системы. Подавляющее большинство составляющих ее структурных элементов разрушается.

Основываясь на положениях И. Пригожина, продолжают исследования относительно типов развития, включая развитие социальных систем. Так, например, А.Г. Теслинов выделяет шесть типов систем развития [5].

1. Динамические системы. В них происходит изменение состояния под воздействием некоторых факторов, что сопровождается какими-либо следствиями.

2. Целенаправленные системы. В них изменение происходит под влиянием

встроенной в систему заранее известной цели, по определенным алгоритмам и функциям. В ней есть управляемая и управляющие части, образующие контур управления системы.

3. Спонтанно самоорганизующиеся системы. В них реализуется принцип открытости к внешней среде и стремление к самосохранению за счет изменения энтропии. Процесс самоорганизации происходит стихийно.

4. Системы с детерминированной самоорганизацией. Этот тип системы является развитием предыдущего с тем отличием, что изменения происходят по некоторому заданному (осознанно или неосознанно) устойчивому сценарию.

5. Системы с управляемой самоорганизацией. Самоорганизация происходит в них под воздействием управляющего механизма, который осуществляет наблюдение за развитием, его осмысливанием и выработкой решений по коррекции развития.

6. Системы как самоорганизующиеся целостности. Это системы высших уровней развития с открытой самоорганизацией без конкретных программ эволюции.

Из закона развития для социальных систем вытекают многочисленные принципы. К числу основных можно отнести следующие:

1. Принцип инерции (принцип запаздывания). Он реализуется в двух направлениях:

1) изменение потенциала системы ( $P_{ij}$ ) должно начинаться спустя некоторое время ( $t_1$ ) после начала функционирования новых ресурсов и продолжаться некоторое время ( $t_2$ ) после их выбытия ( $t_1$  — время нечувствительности жизненного цикла системы;  $t_2$  — прошлые заслуги, труд, имидж);

2) внедрение нового ресурса должно начинаться спустя некоторое время после его создания или приобретения, а устаревший ресурс должен изыматься из использования через некоторое время после внедрения нового.

2. Принцип самозависимости: на ход развития системы (изменение потенциала) влияет потенциал самой системы.

3. Принцип эластичности: каждая система пытается сгладить воздействие внутренних и внешних возмущающих воздействий.

4. Принцип непрерывности: процесс изменения потенциала системы идет непрерывно, меняется лишь знак изменения.

5. Принцип стабилизации: система стремится к стабилизации эффективных этапов жизненного цикла.

Все названные принципы прямо или косвенно формулируются с использованием поня-

тия «потенциал». Потенциал — это ресурсные возможности системы, это способность системы достигать целевых результатов функционирования. Если нет цели и движения к ней, потенциал не раскроется, и большинство ресурсов останутся скрытыми. Это особенно важно для понимания развития систем, включающих социальный элемент. Сама постановка цели, выбор и задействование механизма ее достижения уже есть включение потенциала человеческого ресурса, который в настоящее время получил термин «человеческий капитал».

На заре появления менеджмента как науки терминология отличалась от современной. Самым популярным понятием, характеризующим прогрессивные изменения как продуманные человеком решения относительно развития социально-экономико-технических систем, была рационализация (от латинского «ratio» — разум, рассудок, расчет и «rationalis» — разумный), что означало совершенствование, формирование целесообразной, более развитой, прогрессивной организации чего-либо.

Выдающийся специалист в области теории и практики научного менеджмента Л.Ф. Урвик определял значение рационализации как победу науки и разума над привычками и предрассудками [10].

Важными в процессе рационализации являются следующие моменты. Во-первых, развитие осуществляется на основе продуманных действий человека. Во-вторых, продуманность путей развития есть результат знаний человека, его опыта, творческого, нестандартного мышления (как сегодня говорят, креативного). В-третьих, для реализации поставленных целей необходимы возможности, любое прогрессивное преобразование требует знания возможностей для него, то есть наличия потенциала и его адекватная оценка. В-четвертых, рационализация есть прогрессивное развитие, а, значит, предполагает не расширение применяемых факторов, а их иную структуру, следовательно, интенсификацию факторов, что означает инновационность процесса. В-пятых, в силу системной взаимосвязанности рационально то, что гармонирует с другими составляющими социально-экономико-технической системы.

Из всего отмеченного следует, что рационально — характеристика действий и результатов действий, совершенных для достижения цели, обеспечивающей максимальный уровень полезности субъекта, гармонирующий с полезностями иных субъектов, контактирующих с данным. Напомним о связи между законом развития и законом композиции-пропорциональности (гармонии).

Рациональность сопряжена с принятием решений, но не всякий исход решения будет характеризовать рациональное состояние объекта рационального выбора, а лишь тот, который обеспечивает максимально возможную полезность для субъекта без нанесения ущерба другим субъектам (индивидам, организациям, государству). Таким образом, рационализация – целесообразный, управляемый процесс преобразования реальности, характеризующийся прогрессивными изменениями. Это относится к развитию любой системы.

Возвращаясь к вопросу о том, является ли развитие однозначно прогрессом, отметим, что относительно такой системы, как первичное структурное звено народного хозяйства – предприятие, нарушение принципов развития весьма явно отражает отход от прогрессивности. Так, видные специалисты в области стратегического менеджмента Б. Карлоф и С. Седерберг следующим образом определяют развитие: «Развитие означает перемену состояния. Обычно это понятие используется для обозначения перехода из одного состояния в другое, которое считается лучшим, более эффективным и целесообразным для деятельности» [2]. В то же время эти авторы отмечают, что для организационного развития происходящие перемены могут отражать изменения не только к лучшему, но и к худшему. Ухудшение может происходить, если концепция выбрана неверно или процесс ее реализации происходит неправильно. Таким образом, толкование развития может быть и со знаком «плюс», и со знаком «минус».

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Божков Ю.Н., Кондрашова Е.А. Некоторые аспекты инновационного развития предприятия // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2012. №2. С. 92-94.
2. Карлоф Б., Седерберг С. Вызов лидеров /Пер. со швед. М.: Дело, 1961.
3. Пригожин И. От существующего к возникающему. Время и сложность в физических науках. М.: УРСС, 2002.
4. Старикова М.С. Развитие инновационного сектора российской экономики // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. №6. С. 122–127.
5. Теслинов А.Г. Развитие систем управления: методология и концептуальные структуры. М.: Глобус, 1998.
6. Хомяков П.М. Системный анализ: экспресс-курс лекций: учебное пособие /под ред. В.П. Прохорова. Изд-е 4-е. М.: Изд-во ЛКИ, 2010. 216 с.
7. Чижова Е.Н., Урсу И.В., Аркатов А.Я. Инновационное развитие: проблема единства понимания // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2012. №2. С. 85-88.
8. Чижова Е.Н. Рационализация деятельности предприятия: монография. СПб.: Химиздат, 2002. 342 с.
9. Чижова Е.Н. Рационализаторско-инновационная деятельность предприятия и ее оценка: монография. Белгород: Изд-во БГТУ, 2010. 180 с.
10. Шедрейк Дж. Теория менеджмента: от тейлоризма до японизации /пер. с англ. под ред. В.А. Спивака. СПб.: Питер, 2001.

---

**Chizhova E.N.**

### THE PHILOSOPHY OF INNOVATIVE DEVELOPMENT

*There is discussed the patterns of development, it is argued that development is not only progressive trend, There are analyzed the development models of universal character and also suitable for social systems, demonstrating innovation development.*

**Key words :** *development, innovation development, progressive development, law of development, models of development, types of development.*

---

**Чижова Елена Николаевна**, доктор экономических наук, профессор.

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

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

E-mail: chizhova\_elena@mail.ru



*Селиверстов Ю.И., д-р экон. наук, проф.  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*

## НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ И ИННОВАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ И ВОЗМОЖНОСТИ ЕГО РАЗВИТИЯ

urisel@mail.ru

*В статье рассматриваются и анализируются показатели, характеризующие состояние инновационной среды Белгородской области. Делается вывод о том, что регион располагает существенным потенциалом инновационного развития. Подтверждены возможности белгородских университетов в проведении научно-исследовательских работ и подготовке научных кадров.*

**Ключевые слова:** инновации, инновационный потенциал, университет, научно-исследовательская деятельность, научные кадры

Экономический кризис последних лет внес существенные коррективы в подходы, методы и направления развития инновационных систем стран и регионов мира. На сегодняшний день ключевым фактором преимущества страны в международной конкуренции признается способность к эффективному использованию и расширенному воспроизводству интеллектуального капитала. Инновационная стратегия макроэкономического развития рассматривается большинством развитых стран как единственный путь преодоления системного экономического кризиса в средне- и долгосрочной перспективе. Безусловно Российская Федерация (РФ) – одна из тех стран мира, которая имеет высокоразвитую науку и достаточно высокий стратегический ресурс в современном мире. Поэтому задача перехода на инновационный путь развития с целью снижения зависимости экономики от мировых цен на энергоносители, диверсификации промышленности была поставлена и в России [2, 4, 8]. Это означает, что на смену хаотичным и фрагментарным инновационным процессам должна прийти зрелая национальная инновационная система. Можно говорить о формировании парадигмы инновационного роста, которая закреплена в целом ряде общегосударственных документов, прежде всего, в Стратегии социально-экономического развития РФ до 2020 года. Особая роль в этих процессах принадлежит субъектам РФ, в том числе и Белгородской области, обладающей значительным научным и экономическим потенциалом [9].

При подготовке статьи использовались методы комплексного экономического анализа, а также такие приемы научного исследования, как динамический и структурный анализ. Информационно-эмпирическая база исследования формировалась на основе данных Федеральной службы государственной статистики и ее территориального органа по Белгородской области, официальных сайтов Президента РФ, Правительства РФ, университетов Белгородской области, а также информационных материалов, публикуемых в периоди-

ческой печати и специальной научной литературе.

Основные показатели, характеризующие научно-исследовательский и инновационный потенциал Белгородской области представлен в табл. 1.

Анализируя данные, представленные в таблице 1 и материалах территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Белгородской области [1], можно сделать некоторые выводы о состоянии научно-исследовательского и инновационного потенциала области.

1. За период с 2005 года число организаций, выполняющих исследования и разработки, уменьшилось на 30,4 %. В основном сокращение произошло за счет полного исчезновения конструкторских, технологических, проектных и проектно-изыскательских организаций.

2. Численность работников, выполняющих исследования и разработки с 2005 года существенно не менялась, но произошел существенный качественный рост (удельный вес научных сотрудников, имеющих ученую степень вырос более чем в 3,5 раза, количество докторов наук увеличилось в 4 раза).

3. На протяжении последних 10 лет наблюдалась тенденция роста величины внутренних затрат на исследования и разработки в абсолютных значениях. Однако, если учитывать фактор инфляции, то этот рост будет весьма незначителен или его не будет вообще. Необходимо отметить, что доля внутренних затрат на исследования и разработки в валовом региональном продукте в 2013 году составила лишь 0,26 % в то время как по Российской Федерации в целом этот показатель составлял 1,13 % (в 2014 году – 1,19 %). По данному показателю Белгородская область занимает скромную позицию – 15 место среди регионов Центрального федерального округа и 59 место среди всех субъектов РФ.

4. В последние годы сокращается как число организаций, занимающихся разработкой передовых производственных технологий, так и об-

щее количество таких разработок (в 2014 году было разработано лишь 10 технологий, новых для России и лишь три из них – с использованием запатентованных изобретений).

5. Отчасти указанный в п. 4 недостаток компенсируется стабильным увеличением числа используемых передовых технологий. Так в 2014 году 90 предприятий и организаций области использовали их, в том числе 24 субъекта использовали передовые производственные технологии, разработанные в самой организации. В указанных технологиях было использовано 138

изобретений. Наибольший удельный вес в используемых технологиях имели технологии связи и управления – 41,3 %, технологии производства, обработки и сборки – 30,2 %, проектирования и инжиниринга – 10,8 %. Наименьшая доля приходилась на технологии в сфере автоматизированной транспортировки материалов и деталей, а также осуществления автоматизированных погрузочно-разгрузочных операций – 2,4 % и у производственных информационных систем – 3,0 %.

Таблица 1

**Научно-исследовательский и инновационный потенциал Белгородской области\***

| Показатель                                                                                                                                 | 2005             | 2010          | 2011           | 2012           | 2013           | 2014           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Число организаций, выполнявших исследования и разработки, <i>единиц</i>                                                                    | 23               | 16            | 16             | 14             | 15             | 16             |
| Численность работников, выполнявших научные исследования и разработки, <i>человек</i> ,<br>в т.ч.                                          |                  |               |                |                |                |                |
| - имеющие ученую степень                                                                                                                   | 107              | 309           | 358            | 375            | 363            | 385            |
| - в % от общего количества                                                                                                                 | 8,3              | 26,0          | 29,9           | 30,1           | 29,6           | 28,0           |
| - доктора наук                                                                                                                             | 15               | 45            | 53             | 51             | 56             | 60             |
| Внутренние затраты на исследования и разработки, <i>млн. рублей</i>                                                                        | 254              | 891,7         | 943,5          | 1261,8         | 1465,6         | 1790,5         |
| Число разработанных передовых производственных технологий**, <i>единиц</i>                                                                 | 16               | 10            | 13             | 19             | 12             | 10             |
| Число используемых передовых производственных технологий, <i>единиц</i>                                                                    | 550              | 1215          | 1030           | 1614           | 1421           | 1837           |
| Затраты на технологические инновации, <i>млн. рублей</i>                                                                                   | 734,6***         | 3072,3        | 2136,6         | 1629,0         | 1107,4         | 4108,8         |
| Подано заявок на выдачу патентов на изобретения, полезные модели, промышленные образцы, <i>единиц</i>                                      | 161              | 220           | 231            | 221            | 258            | 311            |
| Выдано патентов на изобретения, полезные модели, промышленные образцы, <i>единиц</i>                                                       | 122              | 161           | 193            | 204            | 203            | 205            |
| Объем отгруженных инновационных товаров, работ, услуг, <i>млн. рублей</i> ,<br>в т.ч. % от общего объема отгруженных товаров, работ, услуг | 2052,7***<br>1,1 | 9391,6<br>2,6 | 15457,4<br>3,7 | 21683,4<br>4,0 | 21246,5<br>4,3 | 23098,3<br>4,4 |
| Инновационная активность предприятий****, %                                                                                                | 12,0***          | 10,9          | 12,2           | 9,2            | 9,6            | 11,5           |

\* – составлено автором на основании данных Росстата

\*\* – технологии и технологические процессы (включая необходимое для их реализации оборудование), управляемые с помощью компьютера или основанные на микроэлектронике и используемые при проектировании, производстве или обработке продукции (товаров и услуг)

\*\*\* – данные за 2006 год

\*\*\*\* – удельный вес организаций, осуществляющих технологические, организационные, маркетинговые инновации в общем числе организаций

В 2014 году было заключено 47 соглашений по импорту новых технологий, из которых 25 – это соглашения о покупке оборудования, 13 – целенаправленный прием на работу квалифицированных специалистов, 6 – права на патенты, лицензии на использование изобретений, промышленных образцов, полезных моделей.

6. Инновационное развитие обеспечивается необходимыми объемами затрат на инновации,

то есть фактическими расходами на различные виды инновационной деятельности. В 2014 году эти затраты увеличились по сравнению с 2013 годом в 3,7 раза и составили более 4 миллиардов рублей. При этом структура затрат по видам инновационной деятельности всегда отличалась серьезными диспропорциями. Так, если в предыдущие годы наибольшая часть средств (от 45 % до 90 %), направляемых на инновации,

расходовались на приобретение машин и оборудования, то в 2014 году в 13,6 раза возросли прочие затраты (стоимость приобретаемых со стороны сырья, материалов, комплектующих изделий, полуфабрикатов, топлива, энергии, работ и услуг производственного характера и др.), составив 64% от общей суммы. Надо полагать, что здесь сказался эффект значительного падения курса рубля по отношению к доллару США и евро. Тем самым продемонстрировав, что проблема импортозамещения для производства инновационной продукции в области стоит достаточно остро.

Еще на один момент хотелось бы обратить внимание. Принципиальное значение для оценки инновационных затрат имеет анализ их распределения по типам инноваций: продуктовым и процессным. Как известно, продуктовые инновации подразумевают существенный прорыв в производстве продуктов чаще всего с использованием принципиально новых технологий. Менее новаторские процессные инновации относятся к уже выпускаемой продукции и нацелены на повышение эффективности производственных процессов. Безусловно позитивным является тот факт, что в 2014 году предприятия были больше ориентированы на создание продуктовых инноваций. Затраты на них составили 3674,5 млн. рублей (89,4 %), на процессные инновации было направлено 434,3 млн. рублей.

7. Особое место в НИС занимает рынок интеллектуальной собственности (ИС), который обеспечивает взаимодействие обладателей имущественных прав на результаты интеллектуальной деятельности и потенциальных потребителей коммерчески привлекательных идей, поддерживая трансформацию новшеств в инновации. ИС – это не только правовая, но и сложная экономическая категория. Она участвует в создании добавленной стоимости, особенно в высокотехнологичных отраслях, где доля ИС в цене продукции составляет 10-15 %; вносит свой вклад в стоимость совокупных активов хозяйствующих субъектов и увеличивает рыночную капитализацию бизнеса; участвует в инвестиционном процессе, причем может выступать не только объектом вложения капитала, но и предметом залога, обеспечивающего обязательства по инвестиционным кредитам. Поэтому данные о патентах являются общепринятым показателем научно-технической активности, и их использование позволяет адекватно оценивать уровень научно-технического развития.

Количество поданных заявок на выдачу патентов в последние годы стабильно растет. Так в 2014 году заявок на получение патентов на изобретения, промышленные образцы и полез-

ные модели было подано на 20,5 % больше, чем в 2013 году. При этом относительно стабильным остается количество выданных патентов. Из поданных заявок на выдачу патентов в 2011-2014 годах почти 80 % удовлетворены.

8. Объем отгруженной инновационной продукции и ее доля в общем объеме отгруженных товаров, работ, услуг в последние годы остается практически на одном невысоком уровне. Так, например, доля инновационной продукции в общем объеме отгруженных товаров, работ, услуг в целом по Российской Федерации в 2014 году составил 8,7 %, по регионам Центрального федерального округа (ЦФО) – 9,6 %, в то время как по предприятиям Белгородской области этот показатель составил лишь 4,4 %. Структурно объем отгруженной инновационной продукции в 2014 году распределился следующим образом: 20,8 млрд. рублей (90 %) – предприятия промышленности, 2,3 млрд. рублей (10 %) – организации сферы услуг.

9. В последние годы спрос на инновации по-прежнему остается на низком уровне, хотя и несколько выше, чем в целом по России и по областям ЦФО (9,9 % и 10,9 % соответственно в 2014 году). В области не наблюдается ни существенных технологических прорывов в экономике, ни признаков интенсивного массового освоения результатов исследований и разработок.

Таким образом, безусловно, Белгородская область обладает существенным потенциалом инновационного развития. Также очевидно и наличие значительных внутренних резервов по расширению и укреплению этого потенциала. В настоящей статье мы рассмотрим один из источников инновационного роста – университеты Белгородской области.

Современные представления о механизме инновационного развития общества соответствуют так называемой модели «тройной спирали» (Triple Helix Model), разработанной Г. Ицковицем и Л. Лейдесдорфом и описывающей процесс инновационного развития как сбалансированное взаимодействие государства, университетов и бизнеса [3]. Согласно этой модели, в обществе, основанном на знаниях, по отношению к государству и бизнесу университеты играют лидирующую роль по причине наличия системы производства знания в виде научных исследований, концентрации значительной части молодых людей. Название модели связано не только с числом участников – институциональных сфер, но и с рассмотрением их взаимодействия в контексте трех условных пространств: пространства знаний, пространства согласия (консенсуса) и пространства иннова-

ций. В первом происходит генерация и накопление знаний университетами, научно-исследовательскими институтами, исследовательскими и опытно-конструкторскими подразделениями компаний.

С переходом от индустриального общества к постиндустриальному роль университетов существенно возрастает. Данный процесс, по мнению многих исследователей, имеет ключевой статус и выражается в появлении новых функций университетов: предпринимательства, инкубации и создания компаний [5, 6, 7]. На сегодняшний день инфраструктура инновационной среды Белгородской области представлена следующими высшими учебными заведениями: НИУ Белгородский государственный университет (НИУ БелГУ); Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова (БГТУ); Белгородский государственный аграрный университет им. В.Я. Горина (БГАУ); Старооскольский технологический институт – филиал Национального исследовательского университета «МИСиС» (СТИ НИУ МИСиС).

На базе белгородских университетов созданы и успешно функционируют профильные инфраструктурные объекты в промышленности строительных материалов, медико-биологическом, агропромышленном и горно-металлургическом, комплексах (табл. 2). Результаты инновационной деятельности трех ведущих университетов Белгородской области представлены в таблице 3.

Таким образом, в Белгородской области уже в ближайшее время возможно формирование следующих индустриальных кластеров с участием белгородских университетов:

- производство наноструктурных материалов для промышленности строительных материалов и других отраслей;
- медико-биологический и фармацевтический;
- аграрный;
- горно-металлургический и т.д.

Высокий потенциал белгородских университетов подтвержден и на федеральном уровне. Так рейтинговое агентство RAEX («Эксперт РА») при поддержке фонда Олега Дерипаска «Вольное Дело» составило четвертый ежегодный рейтинг вузов России, в котором в первую сотню университетов вошли БГТУ им. В.Г. Шухова (61-я позиция) и НИУ БелГУ (72-я позиция). При этом по показателю «Уровень научно-исследовательской деятельности» эти университеты заняли 38-ю и 36-ю позиции соответственно.

Еще одним важным элементом интеграции науки и образования является подготовка высоко-

коквалифицированных кадров для экономики, включая научно-техническую сферу. В настоящее время подготовка научных кадров высшей квалификации стала одним из главных приоритетов совершенствования систем высшего образования. Подготовка таких специалистов в ходе выполнения научных исследований необходима не только для работы в сфере высшего образования и научных исследований. Они должны играть важную роль во всех сферах общественной жизни – в промышленности, торговле, сфере услуг, общественном секторе и т.д. – таково главное условие для развития общества знаний. Сегодня в развитых странах мира аспирантура переживает период интенсивных перемен, обусловленных адаптацией к глобальному рынку интеллектуального труда, необходимостью подготовки нового поколения исследователей в соответствии с запросами общества, основанного на знаниях. Радикальные изменения социально-экономических условий в России, повлекшие исход из науки и высшей школы молодежи и работников наиболее продуктивного «среднего» возраста, выдвинули на первый план задачу восполнения демографического провала в кадровом корпусе научно-исследовательских и образовательных учреждений. Особенно актуальной сегодня стала проблема кадрового обеспечения приоритетных для государства направлений развития науки, технологий и техники.

Основной формой подготовки научных и научно-педагогических кадров высшей квалификации в Белгородской области являются аспирантура и докторантура на базе учреждений высшего профессионального образования. Основные показатели подготовки научных и научно-педагогических кадров высшей квалификации в университетах Белгородской области представлен в таблице 4.

Приведенные данные свидетельствуют о достаточно высоком качестве работы и потенциале аспирантуры и докторантуры белгородских университетов. Особенно это проявляется в сравнении с аналогичными показателями в целом по России и областям ЦФО, а также ведущего университетского центра Центрального Черноземья – г. Воронежа. Так показатель удельного веса выпускников, закончивших аспирантуру с защитой диссертации в 2014 году в Белгородской области составил 40,4 %, в то время как по университетам Воронежской области он составил 14,3 %, по областям ЦФО – 15,9 %, в целом по России – 18,4 %. Аналогичный показатель по выпускникам докторантуры (14,3%) выглядит несколько скромнее, но также сопоставим с показателями других регионов: Воронежская об-

ласть – 21,7 %, по областям ЦФО – 15,0 %, в целом по России – 17,0 %.

Таблица 2

### Некоторые университетские научно-исследовательские центры и лаборатории

| Научно-исследовательский центр, лаборатория, лабораторный кабинет                                                                                                      | Направления проводимых исследований, видов анализов                                                                                                                                             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова»            |                                                                                                                                                                                                 |
| НИЛ синтеза и исследования наносистем                                                                                                                                  | Синтез и исследования наносистем.                                                                                                                                                               |
| НИИ «Наносистемы в строительном материаловедении»                                                                                                                      | Разработка и исследование лабораторных образцов строительных композитов с использованием наномодификаторов.                                                                                     |
| Лаборатория долговечности композиционных материалов                                                                                                                    | Разработка и исследование лабораторных образцов строительных композитов с использованием наномодификаторов.                                                                                     |
| Лаборатория гидротермального синтеза                                                                                                                                   | Разработка и исследование лабораторных образцов строительных композитов с использованием наномодификаторов.                                                                                     |
| Инженерный центр «Корпоративные системы»                                                                                                                               | Разработка и внедрение систем удаленной диспетчеризации энергетического оборудования. Энергетическое обследование.                                                                              |
| Лаборатория термических методов исследования                                                                                                                           | Определение качественного и количественного состава материала.                                                                                                                                  |
| Лаборатория моделирования технологических процессов                                                                                                                    | Исследование влияния на свойства материала технологических процессов.                                                                                                                           |
| Региональный межвузовский Центр строительной экспертизы                                                                                                                | Испытание строительных материалов, изделий и конструкций на соответствие нормативным требованиям.                                                                                               |
| Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Национальный исследовательский университет «Белгородский государственный университет» |                                                                                                                                                                                                 |
| Лаборатория радиационной физики                                                                                                                                        | Исследование проблем взаимодействия излучения с веществом; разработка методов диагностики атомной структуры твердых тел.                                                                        |
| НИЛ механических свойств наноструктурных и жаропрочных материалов                                                                                                      | Разработка сталей для энергоблоков тепловых станций нового поколения, исследования их структуры и механических свойств.                                                                         |
| Лаборатория объемных наноструктурных материалов                                                                                                                        | Исследование и разработка методов и технологий получения объемных материалов с ультрамелкозернистой и нанокристаллической структурой.                                                           |
| Научно-образовательный центр «Прикладной иммуноморфологии и цитогенетики»                                                                                              | Иммуноморфологические исследования опухолей человека (рака молочной железы, мягкотканых сарком, лимфом, метастазов без выявленного первичного очага и др.).                                     |
| НИЛ профилактической и восстановительной медицины                                                                                                                      | Разработка и усовершенствование методов функциональной диагностики, профилактики и восстановительного лечения хронических неинфекционных болезней человека и их осложнений.                     |
| НИЛ химического материаловедения                                                                                                                                       | Изучение морфологических и структурных особенностей природных и синтетических минералов.                                                                                                        |
| Проблемная НИЛ молекулярной генетики человека                                                                                                                          | Оценка роли генетических и средовых факторов в формировании мультифакториальной патологии. Молекулярно-генетическая диагностика возбудителей бактериальных, протозойных и вирусных заболеваний. |
| Межрегиональный центр стоматологических инноваций                                                                                                                      | Клиническая оценка биосовместимых материалов. Клинико-морфологическое исследование остеопластических материалов различного происхождения.                                                       |
| Научно-исследовательский центр «Мама Vita»                                                                                                                             | Диагностика состояния системы мать-плацента-плод на основании результатов ультразвукового, доплерометрического картирования и кардиотокографического мониторингирования                         |
| Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Белгородская государственная сельскохозяйственная академия»              |                                                                                                                                                                                                 |
| Испытательная лаборатория сельскохозяйственных машин                                                                                                                   | Испытание сельскохозяйственных машин                                                                                                                                                            |
| Испытательная лаборатория                                                                                                                                              | Анализ кормов растительного и животного происхождения. Анализ почвы и тепличных грунтов.                                                                                                        |
| Старооскольский Технологический Институт (филиал) НИТУ МИСиС                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                 |
| Лаборатории кафедры химии                                                                                                                                              | Определение массовой концентрации следовых количеств тяжелых металлов в различных пробах. Проведение газового анализа.                                                                          |

Таблица 3

## Показатели инновационной деятельности университетов

| Показатели                                               | БГТУ  | БелГУ   | БГАУ |
|----------------------------------------------------------|-------|---------|------|
| Объемы финансирования НИОКР, млн. рублей, в т.ч.:        |       |         |      |
| - за счет собственных источников                         | 163,2 | 428,0   | 38,6 |
| - по хозяйственным договорам                             | 241,9 | 1 174,5 | 55,1 |
| - гранты (государственные и частные)                     | 342,5 | 151,8   | 35,7 |
| Количество малых инновационных предприятий (МИП), единиц | 105   | 26      | 1    |
| Доходы МИП от инновационной деятельности, млн. рублей    | 405,7 | 30,1    | -    |
| Подано патентных заявок, единиц                          | 280   | 583     | 97   |
| Получено патентов, единиц                                | 254   | 570     | 76   |
| Использовано патентов в деятельности МИП, единиц         | 398   | 27      | 8    |

\*На основании данных за 2010 год – 9 месяцев 2014 года, представленных университетами

Таблица 4

## Основные показатели деятельности аспирантуры и докторантуры в Белгородской области\*

| Показатель                                                                  | 2005      | 2010       | 2011       | 2012       | 2013       | 2014       |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|
| <i>Аспирантура</i>                                                          |           |            |            |            |            |            |
| Количество организаций, ведущих подготовку аспирантов, единиц               | 5         | 5          | 5          | 5          | 5          | 5          |
| Прием в аспирантуру, человек                                                | 376       | 446        | 474        | 435        | 589        | 389        |
| Выпуск из аспирантуры, человек, в т.ч. с защитой диссертации                | 180<br>72 | 221<br>101 | 287<br>124 | 270<br>117 | 302<br>140 | 277<br>112 |
| Удельный вес выпускников, закончивших аспирантуру с защитой диссертации, %  | 40,0      | 45,7       | 43,2       | 43,3       | 46,4       | 40,4       |
| <i>Докторантура</i>                                                         |           |            |            |            |            |            |
| Количество организаций, ведущих подготовку докторантов, единиц              | 4         | 4          | 4          | 4          | 4          | 4          |
| Прием в докторантуру, человек                                               | 18        | 21         | 16         | 13         | 12         | 7          |
| Выпуск из докторантуры, человек, в т.ч. с защитой диссертации               | 13<br>6   | 17<br>5    | 12<br>2    | 17<br>3    | 15<br>6    | 14<br>2    |
| Удельный вес выпускников, закончивших докторантуру с защитой диссертации, % | 46,1      | 29,4       | 16,7       | 17,6       | 40,0       | 14,3       |

\*– составлено автором на основании данных Росстата

Наиболее востребованными направлениями аспирантской подготовки в 2014 году оказались «экономика и управление» (13,6 % от общего числа принятых в аспирантуру), «техника и технологии строительства» (10,8 %), «информатика и вычислительная техника» (7,7 %).

Несколько иные приоритеты научной деятельности проявили слушатели докторантуры. Количество докторантов, занимающихся филологическими науками составило 18,2 % от их общего количества. В сфере социологических и педагогических наук ведут исследования 13,6 % от общей численности докторантов, экономических наук – 9,1 %. На физико-математические науки в 2014 году пришлось 4,5%, что на 4,9 % ниже уровня 2013 года.

На качество подготовки научных кадров безусловно определяющее влияние оказывает уровень научного руководства. Общая числен-

ность научных руководителей аспирантами на конец 2014 года составила 427 человек, из них 225 человек имеют ученое звание профессора, 177 человек – доцента, 2 человека – академики (действительные члены) и 10 человек члены-корреспонденты государственной академии наук.

Таким образом, исходя из вышеизложенного, можно сделать следующие выводы.

1. Формирование инновационной среды, перевод экономики на путь инновационного развития - ключевой фактор, определяющий жизнедеятельность общества и его перспективы.

2. Белгородская область обладает существенным потенциалом инновационного развития, а также значительными внутренними резервами по расширению и укреплению этого потенциала.

3. По мере роста инновационной активности российской экономики роль университетов в структуре модели «тройной спирали» будет постоянно возрастать.

4. Ведущие университеты Белгородской области являются зонами инновационного развития и в ближайшее время смогут позиционировать себя как ключевые центры инновационного роста.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Научно-исследовательская деятельность Белгородской области в 2014 году: аналитический материал // Белгород: Белгородстат. 2015. 60 с.
2. Стратегические императивы и детерминанты экономики современной России: монография // С.Н. Глаголев, Ю.А. Дорошенко, А.Я. Аркатов и др.; под общ. ред. Ю.А. Дорошенко. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. 239 с.
3. Тройная спираль. Университеты – предприятия – государство. Инновации в действии // Генри Ицковиц; пер. с англ. под ред. А.Ф. Уварова. – Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 2010. 238 с.
4. Васин В.А., Миндели Л.Э. Пространственные аспекты формирования и развития национальной инновационной системы // Инновации. № 11 (157). 2011. С. 24-34.
5. Дорошенко Ю.А., Малыхина И.О., Осипцев П.И. Интеллектуальный капитал как фактор успешного формирования инновационной структуры вуза // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 2. С. 192–195.
6. Романович М.А. Технопарк как инструмент стимулирования инновационной деятельности на базе высших учебных заведений // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. № 6. С. 124-128.
7. Селиверстов Ю.И. Сотрудничество университетов и бизнеса – важнейшее условие инновационного развития экономики // Белгородский экономический вестник. Научно-информационный журнал. 2014. №4(76). С. 21-26.
8. Старикова М.С. Развитие инновационного сектора российской экономики // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. № 6. С. 122–128.
9. Токтамышева Ю.С. Индикаторы инновационного развития регионов Российской Федерации в анализе потенциала их экономического роста // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 3. С. 153–159.

---

**Seliverstov Y. I.**

### RESEARCH AND INNOVATIVE POTENTIAL OF BEGOROD REGION AND POSSIBILITIES OF ITS FURTHER DEVELOPMENT

*In article the indicators characterizing the condition of the innovative environment of the Belgorod region are considered and analyzed. It is concluded that the region has the essential potential for innovative development. The possibilities of the Belgorod universities in carrying out research works and training of scientific staff are confirmed.*

**Key words:** *innovation, innovative potential, university, research activity, scientific staff*

---

**Селиверстов Юрий Иванович**, доктор экономических наук, доцент.  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.  
Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.  
E-mail: urisel@mail.ru

Щенятская М.А., канд. экон. наук, доц.,  
Авилова И.П., канд. эконом. наук, проф.,  
Наумов А.Е., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕГРАЛЬНОГО РИСКОВОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ПРИ АНАЛИЗЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ

kafeun@mail.ru

В процессе анализа экономической эффективности инвестиционно-строительного проекта (ИСП) при количественном учете рисков аналитик сталкивается с необходимостью интегральной оценки качественного состояния объекта недвижимости в его влиянии на рисковое окружение ИСП. Предлагаемая методика определения интегрального рискового показателя ИСП и базирующаяся на этом модель учета и анализа инвестиционно-строительных рисков рассматривается в настоящей работе. Универсальность применения методики заключается в комплексном учете индивидуальных условий деятельности инвестора при изменяющейся рыночной конъюнктуре. Обогащение данной методикой традиционного инструментария управления рисками позволит более объективно подойти к оценке эффективности инвестиционно-строительных проектов с получением содержательных модифицированных критериев метода NPV, рассчитанных на основе индивидуальных рисковых профилей ИСП и амплитуды изменения интегрального рискового показателя, обобщенно характеризующего индивидуальное рисковое окружение инвестора/застройщика, что становится особенно актуальным в условиях глобального экономического кризиса, способствующего диверсификации или смене профессионального опыта инвесторов на рынке недвижимости.

**Ключевые слова:** инвестиции, инвестиции в объекты недвижимости, показатели экономической эффективности инвестиционного проекта, риски инвестиционно-строительного проекта, рисковые профили, интегральный рисковый показатель.

**Введение.** В процессе количественного учета рисков ИСП возникает необходимость в интегральной оценке качественного состояния объекта недвижимости в его влиянии на рисковое окружение ИСП. Как было предложено в работах [1, 2], инвестиционно-строительный проект допускает индивидуальные риски неполучения дохода инвестора/застройщика, определяемые ретроспективным анализом его финансово-хозяйственной деятельности, и характеризуется некоторым набором шести рисковых профилей, представляющих собой отражение присущего проекту риска по классам недвижимости. Несмотря на достаточную содержательность и показательность модифицированных критериев метода NPV, полученных с использованием рисковых профилей ИСП [3–7, 15], нам представляется целесообразным использование свертки рисковых профилей проекта как самостоятельного показателя, обобщенно характеризующего индивидуальное рисковое окружение инвестора/застройщика. С этой целью предлагаем использовать интегральный рисковый показатель (ИРП) ИСП, сравниваемый с усредненным ИРП инвестора/застройщика или с ИРП альтернативного ИСП. Разница ИРП, которую назовем «амплитудой изменения ИРП», позволит количественно отразить совокупность:

– качества принимаемого календарного плана реализации ИСП;

– сбалансированности ИСП по классам включенной в него возводимой недвижимости с точки зрения сложившейся рыночной конъюнктуры;

– степени новизны ИСП в контексте имеющегося у инвестора/застройщика опыта хозяйствования на рынке недвижимости.

Наиболее простым методологически и прозрачным содержательно методом построения ИРП проекта, на наш взгляд, может стать взвешенное по классовым стоимостям объектов ИСП суммирование их рисковых профилей [8, 10, 11, 13] и интегрирование полученного суммарного профиля в единый численный показатель.

Рассмотрим обобщенную методику использования интегрального рискового показателя качественного состояния объекта недвижимости на примере оценки риска неполучения дохода вследствие изменяющейся по сроку реализации ИСП инфраструктурной полноты территории застройки. в общем виде данный риск описывается индивидуальным профилем серии R-k, представленным на рис. 1.

**Основная часть.** Взвешенное суммирование рисковых профилей [9, 12, 13] получается выбором точек суммарного рискового профиля  $TR_{\text{инт}}$  и  $TR_{2\text{инт}}$ , имеющих относительно себя минимальный суммарный момент точек  $TR_{1i}$  и  $TR_{2i}$  (1) свертываемых рисковых профилей (в общем случае — шести):



$$\begin{cases} \sum \delta_i \cdot (\overline{TP_{1\text{инт}}; TP_{1i}}) \rightarrow 0, \text{ для } TP_{1\text{инт}}; \\ \sum \delta_i \cdot (\overline{TP_{2\text{инт}}; TP_{2i}}) \rightarrow 0, \text{ для } TP_{2\text{инт}}, \end{cases} \quad (1)$$

где  $(\overline{TP_{1\text{инт}}; TP_{1i}})$  — вектор, соединяющий точки  $TP_{1\text{инт}}$  и  $TP_{1i}$ ;

$(\overline{TP_{2\text{инт}}; TP_{2i}})$  — вектор, соединяющий точки  $TP_{2\text{инт}}$  и  $TP_{2i}$ ;  $\delta_i$  — удельный вес предполагаемой продажной цены  $i$ -го класса основного и вспомо-

могательного вида недвижимости данного ИСП в общей предполагаемой цене реализации объектов недвижимости ИСП.

Интегрирование полученного суммарного профиля, представляющего, как и суммируемые профили, кусочно-непрерывную линейную функцию вида (рис. 1) в единый численный показатель произведем следующим образом:

$$\text{ИРП} = \int_{k=0}^1 R_{\text{инт}}(k) = TP_{1\text{инт}} \cdot k_1 + 0,5 \cdot (TP_{1\text{инт}} + TP_{2\text{инт}}) \cdot (k_2 - k_1) + TP_{2\text{инт}} \cdot (1 - k_2) \quad (2)$$

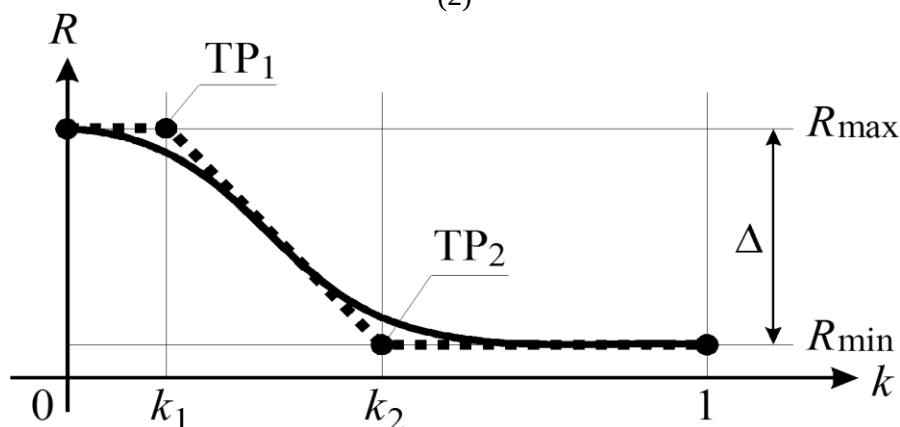


Рис. 1. График зависимости риска от структурной полноты комплекса объектов недвижимости другого вида (пунктирная линия — профиль риска неполучения дохода) [2]

Определим ИРП для ИСП №1 и ИСП №2 в условиях двух инвесторов/застройщиков — ЗАО «Застройщик1» и ООО «Застройщик2». Взвешенное суммирование рискованных профилей и интегрирование суммарного профиля производится в Microsoft Excel с использованием

надстройки «Поиск решения». Удельные веса предполагаемой продажной цены  $i$ -го класса основного и вспомогательного вида недвижимости ИСП в общей предполагаемой цене реализации объектов недвижимости ИСП представлены в табл.1, 2.

Таблица 1

Удельные веса стоимости  $i$ -го класса  
основного и вспомогательного вида недвижимости ИСП №1

| Класс качества | Группа качества  | Регулируемый показатель качества | Уд. вес показателя в группе |
|----------------|------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| эконом         | строительство 1  | 669                              | 0,24                        |
|                | строительство 2  |                                  |                             |
|                | инфраструктура 1 | 236                              | 0,08                        |
|                | инфраструктура 2 |                                  |                             |
| бизнес         | строительство 3  | 1128                             | 0,41                        |
|                | строительство 4  |                                  |                             |
|                | инфраструктура 3 | 277                              | 0,10                        |
|                | инфраструктура 4 |                                  |                             |
| элит           | строительство 5  | 354                              | 0,13                        |
|                | инфраструктура 5 | 114                              | 0,04                        |
| Сумма =        |                  | 2778                             | 1,00                        |

Таблица 2

**Удельные веса стоимости *i*-го класса  
основного и вспомогательного вида недвижимости ИСП №2**

| Класс недвижимости | Объект           | Предполагаемая цена продажи, млн. руб. | Уд. вес в общей цене продажи ИСП |
|--------------------|------------------|----------------------------------------|----------------------------------|
| эконом             | строительство 1  | 356                                    | 0,102                            |
|                    | инфраструктура 1 | 306                                    | 0,088                            |
|                    | инфраструктура 2 |                                        |                                  |
| бизнес             | строительство 2  | 940                                    | 0,269                            |
|                    | инфраструктура 3 | 317                                    | 0,091                            |
|                    | инфраструктура 4 |                                        |                                  |
| элит               | строительство 3  | 943                                    | 0,270                            |
|                    | инфраструктура 5 | 628                                    | 0,180                            |
|                    | инфраструктура 6 |                                        |                                  |
| <b>Сумма =</b>     |                  | <b>3490</b>                            | <b>1,00</b>                      |

Суммируемые и интегральный рисковые профили ИСП условиях инвестора/застройщика

ЗАО «Застройщик1» и ООО «Застройщик2» представлены на рис. 2–5.

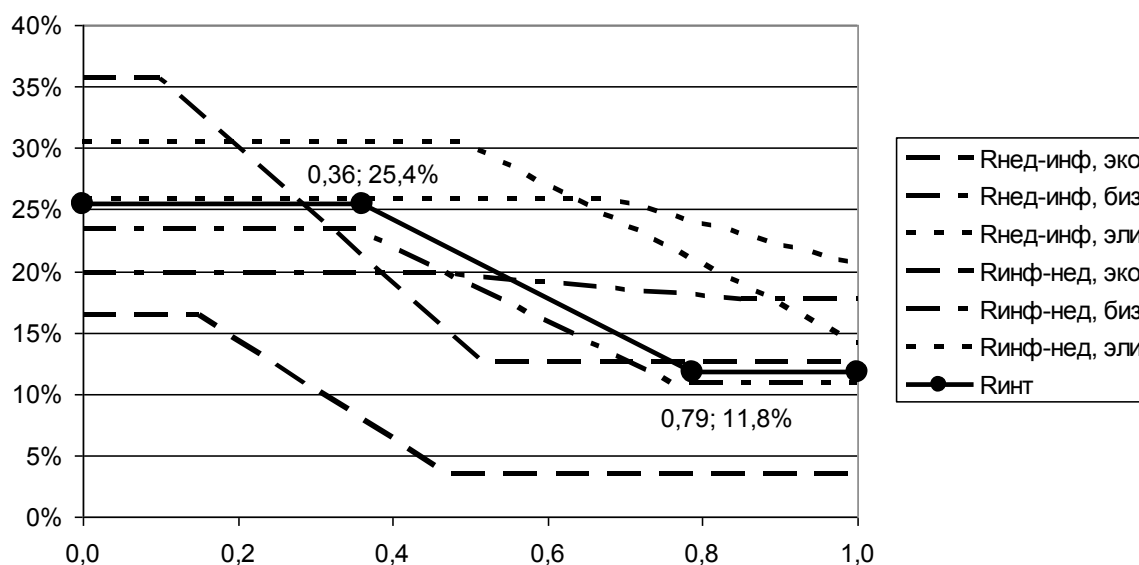


Рис. 2. Суммируемые и интегральный рисковые профили ИСП №1  
в условиях инвестора/застройщика ЗАО «Застройщик1»  
(пунктирными линиями обозначены индивидуальные рисковые профили серии R-k для  
реализации жилой (нед) и инфраструктурной (инф) недвижимости в эконом (эко),  
бизнес (биз) и премиум (эли) классах)

Проинтегрировав суммарные профили риска для обоих инвесторов/застройщиков получим следующие значения показателя ИРП, представленные в табл. 3.

Отметим, что ИРП для ИСП №2 увеличился в условиях обоих инвесторов/застройщиков, однако амплитуда изменения ИРП составила для ЗАО «Застройщик1» 0,015, а для ООО «Застройщик2» — 0,09, что характеризует последнего инвестора как обладающего наиболее сбалансированным и эластичным к изменениям параметров реализуемых ИСП рисковым окружением

в получении дохода проекта. Такого инвестора/застройщика можно условно назвать «осторожным» контрагентом рынка, не склонным к разнообразию объектов инвестирования и связанному с этим широкому разбросу показателей реализованных ИСП. Индивидуальный рисковый профиль неполучения дохода ИСП таким инвестором/застройщиком менее подвержен смещению вправо в зону элит-класса недвижимости, поэтому риски инвестора преимущественно снижаются в процессе реализации недвижимости эконом- и бизнес-классов.

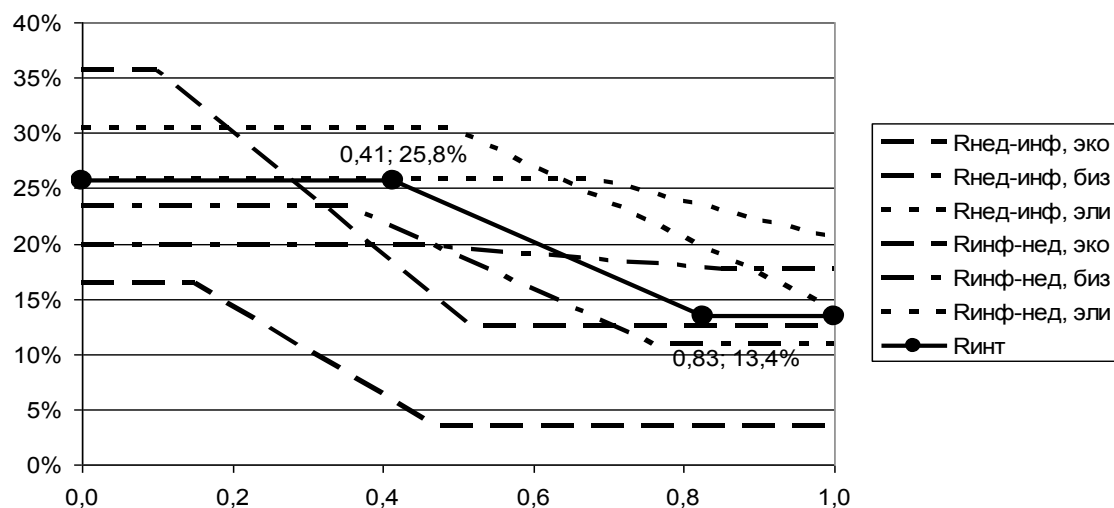


Рис. 3. Суммируемые и интегральный рисковые профили ИСП №2 в условиях инвестора/застройщика ЗАО «Застройщик1»

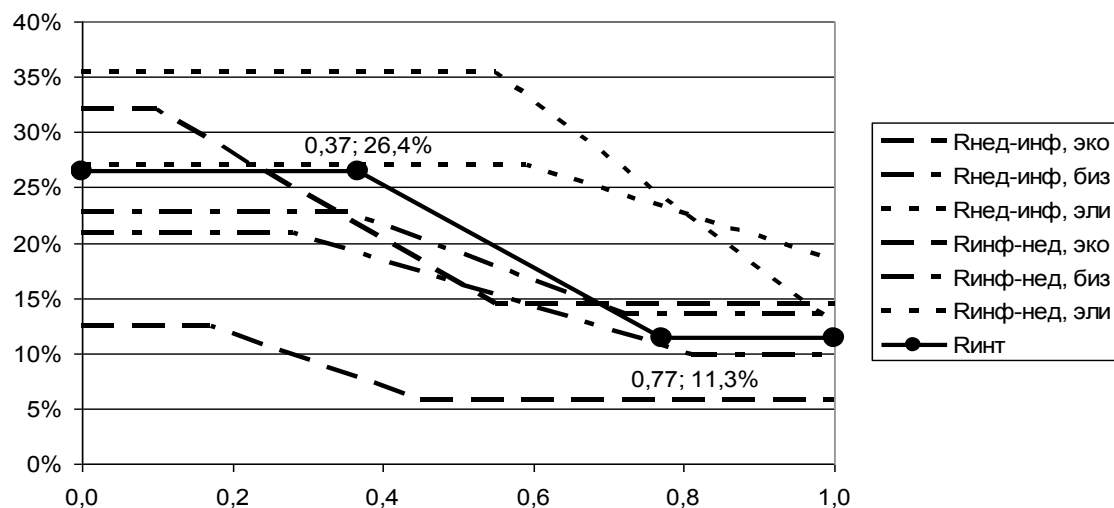


Рис. 4. Суммируемые и интегральный рисковые профили ИСП №1 в условиях инвестора/застройщика ООО «Застройщик2»

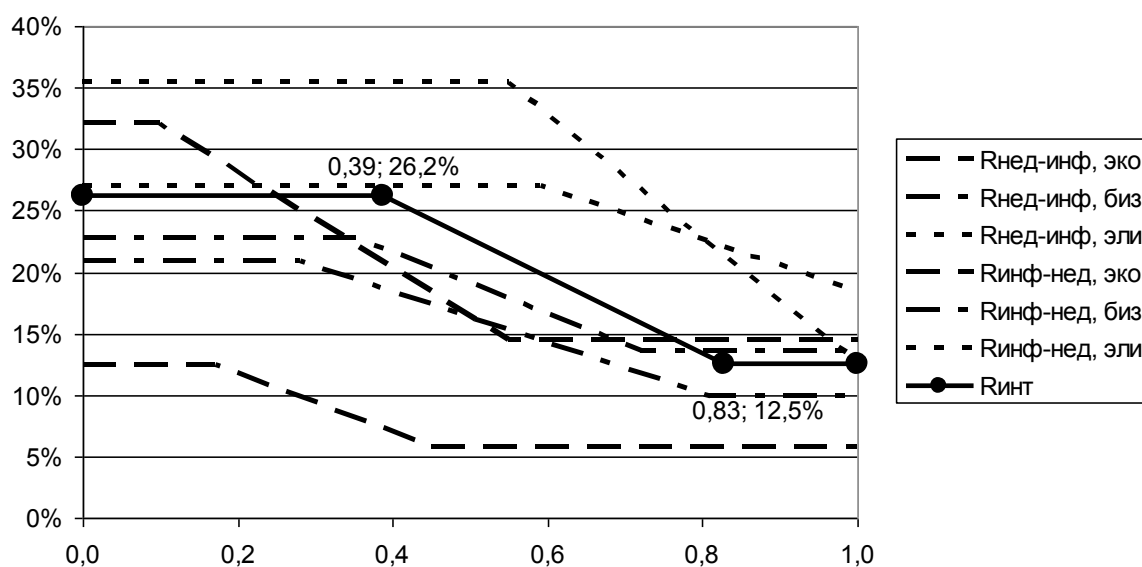


Рис. 5. Суммируемые и интегральный рисковые профили ИСП №2 в условиях инвестора/застройщика ООО «Застройщик2»

Таблица 3

## ИРП рассмотренных ИСП

| ИСП       | ЗАО «Застройщик1» | ООО «Застройщик2» |
|-----------|-------------------|-------------------|
| ИСП №1    | 0,196             | 0,199             |
| ИСП №2    | 0,211             | 0,208             |
| амплитуда | 0,015             | 0,009             |

Напротив, большее значение амплитуды изменения ИРП ЗАО «Застройщик1» указывает на сравнительно «авантюрный» характер его инвестиционных предпочтений, включающих в себя разнообразные ИСП в равной степени во всех классах недвижимости. Рисковый профиль ИСП такого инвестора/застройщика сильнее смещается вправо при изменении условий реализации и параметров ИСП, что позволяет такому инвестору/застройщику менее рискованно реализовывать недвижимость бизнес- и элит-классов.

**Выводы.** Интегральный рисковый показатель совокупного риска инвестиционно-строительного проекта является эффективным инструментом оценки количественного влияния качественного состояния объекта недвижимости на характеристики рискованного окружения инвестиций [14, 16, 17, 18, 19, 20]. ИСП №1, имеющий меньшую совокупную стоимость затрат и величину предполагаемых доходов, ориентированный на недвижимость эконом- и бизнес-классов (удельная цена реализации этих классов в общих доходах ИСП №1 составляет 83%) демонстрирует лучшие скорректированные на индивидуальный риск показатели экономической эффективности в условиях реализации ООО «Застройщик2». ИСП №2, ориентированный на недвижимость бизнес- и элит-классов (82% удельной цены реализации), и имеющий вследствие этого больший размер предполагаемых расходов и доходов экономически эффективнее в условиях более «авантюрного» и диверсифицированного инвестора – ЗАО «Застройщик1». Таким образом, предлагаемый показатель амплитуды изменения ИРП инвестора/застройщика позволит уже на стадии предварительного экспресс-анализа ИСП выявить целесообразность его реализации тем или иным инвестором/застройщиком в контексте его обобщенного рискованного окружения доходной части ИСП, что становится особенно актуальным в условиях экономического кризиса. Данный показатель может быть рассмотрен в качестве действенного эффективного дополнения к традиционному инструментарию аналитика, занимающегося оптимизацией инвестиционных вложений в объекты недвижимости, в том числе

в аспекте их портфельной и антикризисной направленности.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Авилова И.П., Рыкова М.А., Хай Д.З. Модификация показателей экономической эффективности инвестиционно-строительного проекта с использованием профилей риска неполучения доходов проекта // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2014. № 4. С. 133–137.
2. Рагимов Ф.И., Рыкова М.А., Товстий В.П. Методика построения профиля индивидуальных рисков инвестиционно-строительного проекта // Недвижимость: экономика, управление. 2014. № 3–4. С. 25–29.
3. Авилова И.П., Щенятская М.А. Управление эффективностью инвестиционно-строительных проектов через качественное состояние недвижимости // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2015. № 4. С. 141–145.
4. Соколова Н. Ю., Наумов А.Е., Щенятская М. А. Качественное влияние инфраструктурного насыщения территории на риски реализации жилых объектов // В сборнике: Наука и образование в жизни современного общества. Сб. научн. трудов по мат-лам Междун. научно-практ. конф. 30 апреля 2015 г.: в 14 томах. Тамбов, 2015. С. 138–141.
5. Мамзина Т.Ю., Наумов А.Е., Авилова И.П. Анализ и выбор наиболее привлекательно-го инвестиционно-строительного проекта с помощью расчета показателей экономической эффективности // Сборник научных трудов Sworld. 2014. Т. 23. № 2. С. 65–68.
6. Ралко О.Г., Наумов А.Е., Голдобин А.Н. К вопросу о выборе эффективности метода управления объектом недвижимости // В сборнике: Наука и образование в жизни современного общества. Сб. научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 18 частях. 2013. С. 136–138.
7. Щенятская М.А., Наумов А.Е. Совершенствование методологии сравнительной оценки эффективности альтернативных инвестиционных проектов в жилищном строительстве // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2015. № 6. С. 264–268.

8. Авилова И.П., Жариков И.С., Товстий В.П. О содержательной основе ставки дисконтирования метода NPV // Экономика и предпринимательство. 2013. № 12-1 (41). С. 641–643.

9. Рыкова М. А. Эндогенный подход к квалитметрии рисков инвестиций в недвижимость // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2009. № 1. С. 335–338.

10. Коровина Т. А., Наумов А. Е. Основные принципы и методология управления рисками инвестиционно-строительных проектов // В сборнике: Образование и наука современное состояние и перспективы развития: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. Тамбов, 2015. С. 116–119.

11. Щенятская М. А., Авилова И. П., Наумов А. Е. К вопросу об учете рисков при анализе эффективности инвестиционно-строительных проектов // В сборнике: Образование и наука современное состояние и перспективы развития: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. Тамбов, 2015. С. 180–183.

12. Авилова И.П., Рыкова М.А., Шарапова А.В. К вопросу о повышении достоверности экономической оценки эффективности инвестиционно-строительного проекта // В сб.: Перспективы развития науки и образования: сборник научных трудов по материалам Междун. научно-практич. конф. Тамбов, 2014. С. 8–10.

13. Рыкова М.А., Авилова И.П., Байдина О.В. Практические аспекты количественного учёта рисков при определении экономической эффективности инвестиционно-строительных проектов // Экономика и предпринимательство, 2014. №12 (ч. 4). С. 594–596.

14. Борисова Е.В., Наумов А.Е., Авилова И.П. К вопросу оценки коммерческого потенци-

ала городских промышленных территорий // Сборник научных трудов Sworld. 2014. Т. 24. № 2. С. 66–69.

15. Тупикина О. Н., Наумов А. Е. Типовой жилой комплекс как потребитель энергии и коммунальных услуг с точки зрения инфраструктуры // Наука и образование в жизни современного общества: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 30 апреля 2015 г.: в 14 томах. Том 5. Тамбов, 2015. С. 139–141.

16. Михайлюкова Я.Ю., Наумов А.Е. Инфраструктурная полнота как фактор повышения эффективности инвестиций в мультимедийные поселки // Сборник научных трудов Sworld. 2014. Т. 24. № 2. С. 80–84.

17. Рыкова М.А., Авилова И.П., Байдина О.В. К вопросу о совершенствовании понятийно-методологического аппарата инвестиционной деятельности в недвижимости // Экономика и предпринимательство, 2014. №12. Ч. 4. С. 588–590.

18. Щенятская М.А., Авилова И.П., Наумов А.Е. Оценка финансово-экономических рисков инвестиционно-строительного проекта при дефиците исходных данных // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2016. № 1. С. 185–189.

19. Дорошенко Ю.А., Авилова И.П. К вопросу о назначении ставки дисконтирования при оценке эффективности инвестиционных проектов // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: История. Политология. Экономика. Информатика. 2007. Т. 4. № 8. С. 169–172.

20. Бухонова С.М., Дорошенко Ю.А., Томина Э.И., Табурчак А.П. Обеспечение реализации стратегий инновационного развития // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2007. № 1. С. 130–133.

---

Shchenyatskaya M.A., Avilova I.P., Naumov A.E.

#### CUMULATIVE RISK INDICATOR IN THE ANALYSIS OF EFFICIENCY OF CONSTRUCTION PROJECTS INVESTMENT

*In an analysis of the economic efficiency of the construction project investment (CPI) analyst faces the need to evaluate the integral qualitative condition of the property in its impact on the risk environment. The proposed method of determining the cumulative risk indicator (CRI) and based on this model of accounting and analysis of CPI efficiency discussed in this paper. Versatility of the model occurs in strategic analysis of the investor activity in the changing market conditions. Enrichment by this technique of the traditional tools of risk management will allow for more objective approach to assessing the effectiveness of CPI by the means of modified NPV criteria, calculated on the basis of individual risk profiles and the amplitude of the CRI generally characterizes the individual risk environment of an investor. It is particularly relevant in the context of the global economic crisis, contributing to the diversification and change of professional experience of investors in the property market.*

**Key words:** investments, investments in real estate, indicators of economic efficiency of the investment project, risks of investments in real estate, risk profiles, cumulative risk indicator.

---

---

**Щенятская Марина Александровна** кандидат экономических наук, доцент кафедры экспертизы и управления недвижимостью.

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

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

E-mail: marine-r@mail.ru

**Авилова Ирина Павловна**, кандидат экономических наук, профессор кафедры экспертизы и управления недвижимостью.

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

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

E-mail: avilova\_irina@mail.ru

**Наумов Андрей Евгеньевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры экспертизы и управления недвижимостью.

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

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

E-mail: andrena@mail.ru

Аркатов А.Я., д-р экон. наук, проф.  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ФОРМИРОВАНИЕ СОЦИАЛЬНОЙ СТАБИЛЬНОСТИ – ГЛАВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ В НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКЕ РОССИИ

igor\_bgstu@mail.ru

*Общепризнанная всемирная практика показывает, что гарантом инвестиционной деятельности является тщательное изучение инвестором жизненного цикла и технико-экономического обоснования инвестиционно-строительного проекта (ИСП). В результате технико-финансовых исследований, предшествующих принятию решения о начале строительства объекта, необходимо определить достигаемый по окончании инвестиционный эффект, служащий обоснованием для реализации. Очевидно, задачи корректного ранжирования ИСП по степени инвестиционной привлекательности будут решаться тем успешнее, чем более научно обоснованные процедуры, учитывающие как внутренние (инвестиционный климат, макроэкономическое состояние, рыночная конъюнктура), так и внешние (структура инвестиционно-строительного портфеля и субъективные предпочтения девелопера, рисковое окружение ИСП) условия ведения хозяйственной деятельности участниками строительства будут положены в их основу. В работе предлагается эффективный алгоритм разработки технико-экономического обоснования ИСП.*

**Ключевые слова.** Технико-экономическое обоснование, инвестиционно-строительный проект, жизненный цикл ИСП, анализ факторов, эффективность.

Преобразования, которые произошли в России, изменения в социальной структуре и трудовых отношениях в обществе, связаны прежде всего с изменением характера собственности и с особенностями социально-экономической политики в государстве. Одним из факторов, обуславливающих изменение социальной структуры, является изменение демографической ситуации в стране, которая характеризуется, несмотря на положительное сальдо миграции, снижением рождаемости и увеличением смертности. В результате численность населения России уменьшилась с 2001 г. на 4,1 млн. человек и составила на начало 2015 года 146,3 млн. человек, что неизбежно приводит к уменьшению числа лиц трудового возраста и к изменению пропорции между трудоспособным и нетрудоспособным населением в пользу последних.

Наиболее существенное влияние на изменение социальной структуры общества и на характер трудовых отношений оказало изменение характера собственности. Следствием этих изменений явились, во-первых, новая социально-классовая структура общества, во-вторых, появление новых видов социальной дифференциации, затрагивающей все население России. В результате преобразований **численность экономически активного населения** в возрасте 15–72 лет (занятые + безработные) в начале 2015г. составила 77,4 млн. человек, или 53 % от общей численности населения страны. В численности экономически активного населения 73,3 млн. человек классифицировались как занятые **экономической деятельностью** и 4,1 млн. человек – как **безработные с применением критериев МОТ** (т.е. не имели работы или до-

ходного занятия, искали работу и были готовы приступить к ней в обследуемый период). **Уровень безработицы** (отношение численности безработных к численности экономически активного населения) в 2013г. составил 5,3 % (без исключения сезонного фактора). **Уровень занятости населения** (отношение численности занятого населения к общей численности населения обследуемого возраста) в августе 2015г. составил 66,2 %.[1]

На 1 января 2015 г., по сведениям организаций (не относящихся к субъектам малого предпринимательства), **суммарная задолженность по заработной плате** по кругу наблюдаемых видов экономической деятельности составила 3466 млн. рублей и по сравнению с 1 января 2014 г. увеличилась на 233 млн. рублей (на 7,2 %). Просроченная задолженность по заработной плате **из-за отсутствия у организаций собственных средств** на 1 января 2015г. составила 3344 млн. рублей, или 96,5 % общей суммы просроченной задолженности. По сравнению с 1 января 2014 г. она увеличилась на 178 млн. рублей (на 5,6 %). Задолженность **из-за несвоевременного получения денежных средств из бюджетов всех уровней** составила 122 млн. рублей и увеличилась по сравнению с 1 января 2014 г. на 55 млн. рублей (на 83,5 %), в том числе задолженность **из федерального бюджета** составила 98 млн. рублей.

За этими изменениями стоят более глубокие изменения, а именно распределение населения между собственниками и не собственниками факторов производства, или лицами наемного труда в обществе. Несмотря на определенную ограниченность и условность такого деления,

можно сделать вывод о том, что в национальной экономической системе России сформировался значительный класс наемных работников, которые не владеют основными факторами производства и как показывают статистические данные, классовая структура общества может быть представлена в следующем виде. Из общего числа занятых в экономике, составивших 61,5 млн. человек, работающие по найму составляли 58,3 млн. человек; лица, работающие не по найму без привлечения наемных работников 0,9 млн. человек. Таким образом, лица, работающие по найму, составили 94,7 % от всего занятого населения.[2]

Другой тип изменений в социальной структуре общества – изменение статуса и появление новых групп в обществе как по формам занятости, так и по социальному положению. Значительные изменения произошли в распределении населения по группам занятий. Обозначилась тенденция к увеличению доли руководителей различных звеньев экономики и управления. Следует отметить, что в данную группу занятого населения попадают и предприниматели, и руководители предприятий. Произошло значительное увеличение доли населения, занятого в сфере услуг или обслуживания населения (более чем в 2 раза), при определенном уменьшении доли населения, занятого в материальной сфере.

Данная классификация далеко не полностью характеризует изменение положения населения в обществе. Значительно дополняют и корректируют социальную структуру общества изменения в социальном положении, связанные с распределением доходов по различным группам населения.

Статистические данные свидетельствуют о том, что группы населения, имеющие крупнейшие денежные доходы, занимают определяющие позиции в социальной структуре общества. 20 % населения получают 48,8 % всех денежных доходов. Эта группа неоднородна — здесь и крупные собственники, и предприниматели, и менеджеры. Учитывая, что процент данного слоя в обществе растет, а процент беднейших групп фактически остается неизменным, можно сделать вывод о воспроизводстве социальной структуры общества, основанной на существенном различии в положении по получаемым денежным доходам.[2]

Еще одно изменение в социальной структуре общества связано с устойчивыми региональными различиями. В результате трансформации собственности, наличия топливно-сырьевой ориентации, изменения специализации регионов сформировался высокий уровень межрегиональных различий по душевым показателям

ВВП, доходам населения, производительности труда и уровню жизни.

Исторически в России всегда была велика роль отраслей, связанных с разработкой минерально-сырьевых ресурсов. В недрах России находится 12 % разведанных мировых запасов каменного и 34 % бурого угля, примерно треть природного газа и седьмая часть мировых запасов нефти (около 13 %).

На районы Европейской части России и Урала, занимающие четверть территории России, приходится 4/5 всего населения России. Здесь сосредоточена большая часть материальных богатств при дефиците топливно-энергетических ресурсов. Поэтому промышленность Европейской части России ориентирована на развитие трудоемких производств. Здесь производится большая часть сельскохозяйственных продуктов. Сибирь и Дальний Восток располагают самыми крупными сырьевыми и топливно-энергетическими ресурсами, что обусловило развитие энергоемких производств. Это – основные районы добычи и переработки нефти, природного газа, угля, цветных металлов, древесины.

Однако размещение топливно-энергетических ресурсов не совпадает с основными районами их потребления. В восточных районах страны расположено 90 % запасов минерального топлива и свыше 80 % гидроэнергоресурсов, а 80 % топлива и энергии потребляется в западных районах. Современная отраслевая структура промышленности России такова: (в%): топливно-энергетическая – 30,1; черная металлургия – 7,9; цветная металлургия – 8,4; химическая и нефтехимическая – 6,9; машиностроение и металлообработка – 20,3; строительных материалов – 3,1; пищевая – 13,7; другие отрасли – 9,6 [3].

На территории России исторически сложились одиннадцать крупных экономических районов, отличающихся условиями формирования и особенностями хозяйства, что находит отражение в системе межрайонного разделения труда. Вот некоторые из них:

#### 1. Северный район

(Республика Карелия, Республика Коми, Архангельская, Вологодская, Мурманская области, Ненецкий автономный округ).

Суровые природные условия отразились на заселенности района. Несмотря на большую площадь (8,6 % территории России), здесь проживает только около 4 % населения страны.

Минерально-сырьевые ресурсы Кольского полуострова, топливно-энергетические ресурсы Печорского бассейна, Тимано-Печорской нефтегазодобывающей провинции и лесные ресурсы опре-



делили развитие добывающих отраслей промышленности. На базе железных руд Кольского полуострова и Республики Карелия, а также печорских углей, действует металлургический комбинат в Череповце. В современной структуре промышленности на первом месте - топливно-энергетические отрасли, на втором - черная и цветная металлургия, на третьем - деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность.

## 2. Северо-Западный район

(Санкт-Петербург, Ленинградская, Новгородская, Псковская, Калининградская области)

Северо-Западный район занимает 1 % территории России, где проживает 5,4 % населения страны. Минерально-сырьевые и топливно-энергетические ресурсы региона ограничены. Сюда поступают печорский уголь, тимано-печорская нефть и тюменский газ. Собственные ресурсы представлены горючими сланцами (г. Сланцы) и тихвинскими бокситами. Северо-запад специализируется на производстве наукоемкой и трудоемкой промышленной продукции.

В структуре промышленности района четверть составляют машиностроение и металлообработка. Они представлены заводами тяжелого машиностроения, приборостроения, радиоэлектроники, судостроения и др. Машиностроительные предприятия расположены в Санкт-Петербурге, Великом Новгороде, Пскове. Химическое и нефтехимическое производства (Великий Новгород и Кириши) базируются на привозном сырье. В Волхове осуществляется производство глинозема и алюминия. Города Санкт-Петербург, Псков, Великие Луки издавна являются центрами легкой промышленности. Санкт-Петербург - важнейший культурный и научный центр страны. Он является одним из крупнейших портов России. Второй по значению порт Северо-Западного района - г. Калининград.

## 3. Центральный район

(Москва, Брянская, Владимирская, Ивановская, Калужская, Костромская, Московская, Орловская, Рязанская, Смоленская, Тверская, Тульская, Ярославская области)

В Центральном районе проживает пятая часть населения России и производится свыше 20% валового внутреннего продукта (ВВП) страны. Это - один из экономически наиболее развитых регионов; 4/5 населения проживает в городских поселениях. В районе издавна сложилась промышленность, преимущественно обрабатывающая. Здесь находится почти треть всех промышленных предприятий страны. Промышленная специализация района - машиностроение. Району принадлежат ведущие позиции в отечественном автомобилестроении (Москва, Яро-

славль, Брянск). Химическая промышленность преимущественно использует сырье, поступающее на нефтеперерабатывающие заводы (Москва, Рязань, Ярославль). На привозном сырье работают предприятия по производству пластических масс в Москве и Владимире; химических волокон в Рязани и Твери. Природный газ служит в качестве сырья для производства удобрений в Новомосковске (Тульская область). Легкая промышленность сохраняет свое историческое значение в регионе. Иваново, Кострома, Ковров, Муром, Орехово-Зуево - основные ее центры. Пищевая промышленность и производство строительных материалов обслуживают внутренние потребности района. Город Москва - крупнейший экономический центр России, важнейший транспортный узел.

## 4. Центрально-Черноземный район

(Белгородская, Воронежская, Курская, Липецкая, Тамбовская области)

Центрально-Черноземный район занимает только 1% территории России, где проживает 5% населения страны, и отличается высокой степенью хозяйственного освоения территории. Район располагает огромными запасами железных руд (Курская магнитная аномалия) и плодородными черноземными почвами (Белгородская область). В структуре промышленности преобладают: черная металлургия (25%), пищевая (22%), машиностроение и металлообработка (18%). Основные центры черной металлургии - города Липецк и Старый Оскол. Развита станкостроение (Воронеж, Липецк), производство авиационной и телевизионной техники (Воронеж), запасных частей для сельскохозяйственных машин (Курск).

Около 9/10 земельного фонда района находится в пользовании сельскохозяйственных предприятий. В составе посевных площадей - зерновые, технические и кормовые культуры. По уровню производства основных продуктов сельского хозяйства на душу населения Белгородская область занимает ведущее положение в России. Здесь сформировалась одна из крупнейших житниц страны.

## 5. Уральский район

(Республика Башкортостан, Удмуртская Республика, Курганская, Оренбургская, Пермская, Свердловская, Челябинская области, Коми-Пермяцкий автономный округ)

Уральский район занимает около 5% территории России и включает 14% населения страны. Почти три четверти населения Урала - городские жители.

Урал - издавна сложившийся промышленный район, с высокоразвитыми отраслями топливно-энергетического комплекса (26%), черной

и цветной металлургии (30 %) и машиностроения (16 %). является одной из главных металлургических баз страны - производит почти половину российского чугуна, стали и проката. Основные центры черной металлургии - Магнитогорск, Челябинск, Нижний Тагил.

#### 6. Западная Сибирь

(Республика Алтай, Алтайский край, Кемеровская, Новосибирская, Омская, Томская, Тюменская области, Ханты-Мансийский автономный округ - Югра, Ямало-Ненецкий автономный округ)

Территория Западной Сибири, протянувшаяся с севера на юг почти на 3 тыс. км, составляет 14% общей площади страны, на которой проживает 10% ее населения. Здесь расположен основной нефтегазоносный район России. На него приходится более 80% запасов природного газа и более 90% его добычи, 70% запасов нефти и более 60% ее добычи. Район занимает первое место в России по запасам угля (около 50% запасов страны) и дает почти 40% его добычи. В структуре хозяйства Западной Сибири промышленность занимает первое место. Ее основу составляют топливно-энергетические отрасли, дающие 2/3 всей промышленной продукции.

Рассматривая такое территориальное деление как сложившийся многоукладный фактор, все мы понимаем, что для осуществления производства и дальнейшего его развития необходимо располагать соответствующими производственными единицами не только в регионах лидерах, но и по территориальным признакам связывающих их. Задача, следовательно, состоит в том, чтобы обеспечить соединение и нужную пропорцию между трудом и капиталом как в каждой производственной единице, так и связи между ними в государственном масштабе. Механизм решения этой общей задачи может быть различным, и в нашей рыночной системе, считаем, данная задача должна решаться не только с помощью рыночных отношений, но и движением рабочей силы среди производственных единиц, рекомендуемым государством.

Современная экономическая теория вопрос об условиях, необходимых для появления и существования товара-труда, специально не ставит. Она теоретически исходит из фактического положения дел и из того, что на рынке труда в результате спроса и предложения устанавливается заработная плата, равная предельному продукту труда, и изменение зарплаты приводит спрос и предложение труда в равновесие. Если же рассматривать данную проблему исторически, то обойти вопрос об объективных основах существования труда как товара было бы неправомерным.

Для развитого товарного производства необходим свободный работник в двояком смысле – лично свободный и свободный от собственных, лично ему принадлежащих средств производства. При отсутствии первого вида свободы работник превращается из свободного человека в раба, из товаровладельца – в товар. При отсутствии второго вида свободы работник продавал бы не рабочую силу (труд), а результат использования своих собственных факторов производства.

Для продавца труда, поскольку он осуществляет трудовой процесс, важна не только цена на его труд, но и условия и организация труда, вероятность получения производственных травм, степень социальной комфортности во взаимоотношениях участников совместного трудового процесса, характер его взаимоотношений с руководителями и т.п. У носителя труда как товара – свои представления о «справедливости» в трудовых отношениях. К тому же он способен образовывать собственные организации (в частности, профсоюзы) и нерыночными методами (вплоть до забастовочной борьбы) отстаивать свои требования к оплате труда и решать другие вопросы.

Как результат - радикальное снижение объемов производства, периодические обострения экономической конъюнктуры, наличие застойных кризисных явлений, низкая заработная плата – эти и другие факторы создали явную угрозу стабильности социально-трудовых отношений. Риск утраты рабочих мест при отсутствии государственных механизмов и ресурсов для компенсации вынужденной безработицы обостряет все противоречия в обществе. Способом разрешения данных противоречий в сфере занятости приемлемы различные формы адаптации занятости к сложившимся условиям.

Приспособление российского рынка труда к условиям трансформации происходило по ряду направлений, которые позволили сгладить социальную неустойчивость на первом этапе. Эти адаптационные формы (механизмы) в определенной мере действуют и на современном этапе.

Во-первых, широкое распространение неполной занятости, которая предполагает использование рабочей силы неполное рабочее время в силу невозможности эффективного использования работников для производства данного объема благ. Наибольшее развитие получили две формы неполной занятости: вынужденные, инициированные администрацией предприятий, неоплачиваемые (или частично оплачиваемые) отпуска и применение режима неполного рабочего времени. Интенсивное развитие неполной занятости, как правило, стимулируется осуществле-

нием жесткой кредитно-финансовой политики, предполагающей банкротство предприятий и массовое высвобождение работников. Альтернативой этому является поддержка малоэффективных производств при сохранении относительно высокой занятости.[4]

Все мы помним 1996 г., когда 11,4 % всех работников находились в вынужденных отпусках и 5,2 % работали в режиме неполного рабочего времени. В последующие годы масштабы неполной занятости существенно снизились. Данная форма занятости стимулируется тем, что работники сами не стремятся покинуть предприятия, так как статус безработного не обеспечивает необходимого уровня существования, приводит к разрыву с предприятием, а вторичная и неформальная занятость, совмещаемая с режимом формальной занятости, позволяет в ряде случаев увеличить денежные доходы.[5]

В целом неполная занятость выступает одним из факторов консервации застойных явлений в экономике и сопряжена с сохранением большого количества неэффективных рабочих мест, снижением реальных доходов формально занятого населения, разрушением стимулов к высокопроизводительному труду, затруднением структурных сдвигов в производстве, стимулированием инфляции за счет льготного финансирования нерентабельных производств и т.д. Поэтому если на первом этапе неполная занятость выступала альтернативой открытой безработице, являясь своеобразным механизмом адаптации предприятий к экономическим сложностям, способствующим сохранению трудового потенциала предприятий, формой резервирования производственных мощностей в условиях нестабильности, то на современном этапе эта функция занятости – дестабилизирующий фактор. Ее сокращение – важное направление перехода к социальной устойчивости в новых условиях.

Во-вторых, широкое распространение получила и вторичная занятость. Вторичная занятость проявляется либо в занятости на двух или более рабочих местах, либо в совместительстве по основному месту работы. Низкий уровень жизни, влияющая на него неполная занятость порождают стремление к вторичной занятости с целью поддержания уровня доходов. Дополнительные мотивы вторичной занятости населения связаны с не денежными характеристиками рабочего места, такими как поиск более интересной работы, работы с более высокими гарантиями занятости, и др.

Вторичная занятость получила существенное развитие на российском рынке труда. Среди видов деятельности в форме дополнительной работы наиболее распространены совместитель-

ство на другом предприятии, услуги населению по строительству, ремонту, пошиву, профессиональная деятельность по контракту. Дополнительную занятость мужчины чаще имеют, чем женщины, представители срединной группы трудоспособного возраста (25-40 лет) — чаще, нежели крайних возрастных групп.

Следовательно, если неполная занятость смягчает рост безработицы и высвобождение рабочей силы, то вторичная занятость частично компенсирует недостаточность доходов для обеспечения воспроизводства рабочей силы. Тенденции в изменении вторичной занятости на современном этапе трансформации имеют иной характер, чем изменения неполной занятости. Несмотря на рост реальных доходов населения, в 2010 -2014 гг. продолжался рост вторичной занятости. Это отражает потребности в получении более высоких доходов населением в результате роста цен на социальные услуги, стоимости всех элементов воспроизводства рабочей силы, в том числе и стоимости жилья. В свете данной тенденции особенно острой становится проблема роста уровня оплаты труда по основной занятости в сочетании с ростом производительности труда.

В-третьих, широкое распространение неформальной занятости. Одной из особенностей рынка труда в России была и остается неформальная занятость, т.е. занятость с юридически не оформленными трудовыми отношениями, занятость на незарегистрированных предприятиях или юридически не оформленная самостоятельная экономическая занятость. Неформальная занятость наиболее распространена среди таких видов деятельности, как услуги населения по строительству, ремонту, пошиву, уличная торговля. Большое распространение неформальная занятость имеет среди безработных и работающего населения, несколько меньше – среди учащихся и домохозяек. Среди работающего населения в неформальную деятельность больше вовлечены рабочие, в меньшей степени – служащие и руководители.

Неформальная занятость, с одной стороны, играет роль социального амортизатора, сдерживая падение уровня жизни населения и выступая особым механизмом адаптации рынка труда к существующим институтам в сфере занятости. С другой стороны, неформальная занятость расширяет зону социальной и правовой незащищенности в российской экономике, создает устойчивую базу для воспроизводства и распространения криминальных явлений. Неформальная экономическая деятельность ведет к сокрытию доходов и вызывает недополучение государством бюджетных средств. Она часто существует не в

стороне от открытого сектора экономики, а тесно переплетается с ним. В результате работодатель может обеспечивать заработную плату, немного превышающую рыночный уровень, но совершенно неподконтрольную с точки зрения трудового законодательства. Примером может служить система трудовых отношений при оплате «черным налом». Подобная ситуация в конечном счете существенно ухудшает положение самих работников. Создание реальной социальной стабильности требует существенного сокращения данной формы. В этом отношении создание институциональной среды, сокращающей неформальную занятость, теневую деятельность в экономике, – важнейшее направление развития эффективных социально-трудовых отношений.

Считаем что в этих случаях должна действовать государственная программа с предложениями рабочих мест в регионах, где не хватает рабочей силы лицам, имеющим такую возможность, обеспечивая их временным жильем и более высокой заработной платой, другими социальными льготами.

Важную роль должно сыграть социальное партнерство, т.е. система взаимоотношений между работниками, работодателями и органами исполнительной власти по гармонизации их интересов, регулированию трудовых отношений. Законодательно принципы и формы социального партнерства закреплены в Трудовом кодексе РФ, принятом в 2001 г.

Социальное партнерство сохраняет и развивает договорный характер отношений на рынке труда, но при этом качественно отличается от тех договорных отношений, которые складывались на этом рынке на протяжении всей истории. Речь теперь идет не просто о возможности нахождения компромисса интересов работодателя и наемного работника, а об общности этих интересов. Объективная основа такой общности – экономический рост и распределение его результатов между работодателем и работником.

Социальное партнерство развивает договорный характер отношений на рынке труда, позволяет найти компромиссы в ходе коллективных переговоров и закрепить их в правовом акте – коллективном договоре, который заключается, как правило, на 3 года.

Коллективные переговоры и договор включают в себя взаимные обязательства работников и работодателей по формам и системам оплаты труда, выплате пособий и компенсаций при высвобождении работников, механизм регулирования оплаты труда с учетом роста цен, условия и охрану труда работников, условия отказа от забастовок.

Таким образом, формирование социальной устойчивости сталкивается с необходимостью разрешения ряда противоречий как в плане оплаты труда, так и в плане занятости населения. Отсюда – особая задача выработки мер государственного регулирования всего комплекса вопросов социальной устойчивости путем воздействия на все стороны социально-трудовых отношений, а также поиска форм взаимодействия предпринимателей и наемных работников не только по территориальному признаку, но и межрегиональному в целом.

Государство вмешивается в рыночные отношения каждый раз, когда рынок или не срабатывает, или приводит к последствиям, которые не согласуются с распространенными представлениями о справедливости. Это достигается с помощью добровольных сделок на рынке, которые должны базироваться на официальных предписаниях и рекомендациях, выработки мер регулирования всего комплекса вопросов социальной стабильности, трудовых отношений, удовлетворяющих и работника и работодателя.

На федеральном уровне сформирована и действует Российская трехсторонняя комиссия по урегулированию социально-трудовых отношений: работодатели, профсоюзы, правительство. Она вырабатывает генеральное соглашение, определяющее общие принципы регулирования социально-трудовых отношений, с учетом их рекомендаций разрабатываются «правила игры», устанавливаются соответствующие ориентиры. Задача представителей властных структур выступать как в роли арбитра, так и в роли гаранта достигнутых соглашений, а экономическая и социальная связь между регионами, движение рабочей силы под гарантии государства, которые мы оговаривали выше, позволят нам заявить о себе как о социально-стабильном и справедливом обществе в целом.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Прогноз инновационно - технологической и структурной динамики экономики России на период до 2030 года с учетом мировых тенденций. М.; Институт экономических стратегий, 2006.
2. Основы политики Российской Федерации в области развития науки и технологий на период до 2010 года и дальнейшую перспективу // Поиск. 2002. №16. 19 апреля 2002г.
3. Дорошенко Ю.А., Манин А.В. Технологии и актуальные модели инвестиционного развития регионов и городов Российской Федерации // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. №1. С. 128-132.

4. Сомина И.В. Методический инструментальный оценки инновационного развития регионов // Современные проблемы науки и образования. 2013. №6. С. 524.

5. Сомина И.В. Структурирование показателей экономической эффективности инноваци-

онных процессов на макро- и мезоуровне // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. №6. С. 277–280.

---

**Arkatov A.Y.**

**THE FORMATION OF SOCIAL STABILITY – IS THE MAIN TREND IN THE NATIONAL ECONOMY OF RUSSIA**

*The article deals with the transformation in the social structure and labor relations in the society, related to changes in the nature of ownership and with the features of socio - economic policy of the state. It is proposed to carry out production and its further development, it is necessary to have the appropriate production units are not only region leaders, but also on a territorial basis connecting them. In these cases, the government program should operate with offers of jobs in the regions where it is not enough labour force to persons with the opportunity, providing them with temporary housing and higher wage and other social benefits.*

**Key words:** Socio-economic policy, economical efficiency, signature, population science, economical system.

---

**Аркатов Александр Яковлевич**, доктор экономических наук, профессор кафедры стратегического управления.

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

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

E-mail: su402@mail.ru

Научное издание

**«Вестник БГТУ имени В.Г. Шухова»  
№ 4, 2016 г.**

Научно-теоретический журнал

**Ответственный за выпуск Н.И. Алфимова  
Компьютерная верстка А.В. Федоренко  
Дизайн обложки Е.А. Гиенко**

**Учредитель журнала** – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова»  
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

Журнал зарегистрирован Министерством РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовой информации ПИ №ФС77-26533

Сдано в набор 1.02.16. Подписано в печать 01.04.16. Формат 60×84/8

Усл. печ. л. 29,76. Уч.-изд. л. 32

Тираж 1000 экз. Заказ 99. 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