

Научно-практический сетевой журнал  
Выходит 2 раза в год

Учредитель и издатель  
Пензенский государственный  
университет архитектуры  
и строительства

Главная редакция:  
С.А. Болдырев (главный редактор)  
А.М. Данилов (заместитель  
главного редактора)  
И.А. Гарькина (ответственный  
секретарь)

Адрес редакции:  
440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28,  
ПГУАС  
Тел/факс 8412 420501  
E-mail: regas@pguas.ru  
fmatem@pguas.ru  
www.vestnikpguas.ru

Редакторы: М.А. Сухова,  
Н.Ю. Шалимова

Дизайн обложки Л.А. Васин

Компьютерная верстка  
Н.А. Сазонова

Перевод О.В. Гринцова

Журнал зарегистрирован  
в Федеральной службе по надзору  
в сфере связи, информационных  
технологий и массовых коммуникаций  
(Роскомнадзор)

Свидетельство о регистрации  
Эл. № ФС77-61513 от 24 апреля 2015 г.

Авторы опубликованных материалов  
несут ответственность за достоверность  
приведенных сведений, точность данных  
по цитируемой литературе и за исполь-  
зование в статьях данных, не подлежа-  
щих открытой публикации.

Редакция может опубликовать статьи  
в порядке обсуждения, не разделяя точку  
зрения автора.

# ВЕСТНИК ПГУАС: СТРОИТЕЛЬСТВО, НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ 2(9)/2019

## Содержание

СТРОИТЕЛЬСТВО. АРХИТЕКТУРА.....	3
<b>Белякова Е.А., Москвин Р.Н., Юрова В.С., Утюгова Е.С.</b> ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ.....	3
<b>Логанина В.И.</b> ПРИМЕНЕНИЕ НАНОКРЕМНЕЗЕМА В СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛАХ.....	10
<b>Логанина В.И.</b> ОЦЕНКА ДОСТОВЕРНОСТИ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	22
<b>Нежданов К.К., Гарькин И.Н.</b> ПОДКРАНОВЫЕ БАЛКИ ЭЛЛИПТИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ С ПОВЫШЕННОЙ ВЫНОСЛИВОСТЬЮ.....	32
<b>Гарькин И.Н.</b> ПОВЫШЕНИЕ ВЫНОСЛИВОСТИ ПОДКРАНОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ: ИЗМЕНЕНИЕ СТАТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ.....	38
<b>Логанина В.И.</b> МЕТОДИКА ОЦЕНКИ УРОВНЯ НЕСООТВЕТСТВИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЗАЩИТНО-ДЕКОРАТИВНЫХ ПОКРЫТИЙ.....	41
<b>Поршакова А.Н.</b> ЭФФЕКТИВНОСТЬ УПРАВЛЕНИЯ ЗЕМЕЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ КУЗНЕЦКОГО РАЙОНА, ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ .....	45
<b>Поршакова А.Н., Киселева Н.А., Улицкая Н.Ю.</b> ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕРРИТОРИЙ ПОД ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЖИЛИЩНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО В ПЕНЗЕНСКОМ ГОРОДСКОМ ОКРУГЕ .....	53
ТРАНСПОРТ.....	62
<b>Бажанов А.П.</b> АНАЛИЗ ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ, РАЗРУШЕНИЙ И ДЕФЕКТОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ .....	62

**ОБЩИЕ И КОМПЛЕКСНЫЕ  
ПРОБЛЕМЫ ТЕХНИЧЕСКИХ  
И ПРИКЛАДНЫХ НАУК.....70**

**Данилов А.М., Гарькина И.А.**  
ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
ЭРГАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ..... 70

**Кузина В.В.**  
ОСОБЕННОСТИ ИНФОРМАЦИОННОЙ  
ТЕХНОЛОГИИ BLOCKCHAIN ..... 75

**Титова Е.И., Акимова И.В.**  
ЭЛЕКТРОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ  
РЕСУРСЫ В ИЗУЧЕНИИ  
ГРАФИЧЕСКИХ РЕДАКТОРОВ ..... 79

**Лева Г.А., Баншева Д.Р.**  
КОЛЛЕКТИВНО-ГРУППОВАЯ  
ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТЬ СТУДЕНТОВ  
ТЕХНИЧЕСКОГО ВУЗА КАК ФАКТОР ИХ  
ГОТОВНОСТИ К ПРОДУКТИВНОЙ  
ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ  
САМОРЕАЛИЗАЦИИ ..... 84

**Данилов А.М., Гарькина И.А.**  
СПЕЦИАЛЬНЫЕ ГЛАВЫ ВЫСШЕЙ  
МАТЕМАТИКИ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ  
КОМПЕТЕНЦИЙ МАГИСТРАНТОВ,  
ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО НАПРАВЛЕНИЮ  
ПОДГОТОВКИ 23.04.01 «ТЕХНОЛОГИЯ  
ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ» ..... 93

**Гарькина И.А., Данилов А.М.**  
ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
СЛОЖНЫХ СИСТЕМ: МОДУЛЬНЫЙ  
ПРИНЦИП..... 98

## Contents

**CONSTRUCTION. ARCHITECTURE ...3**

**Belyakova E.A., Moskvin R.N.,  
Yurova V.S., Utyugova E.S.**  
APPROACHES TO QUALITY ASSESSMENT  
OF CITY ENVIRONMENT ..... 3

**Loganina V.I.**  
THE USE OF NANOSILICA IN BUILDING  
MATERIALS ..... 10

**Loganina V.I.**  
RELIABILITY OF QUALITY CONTROL  
OF BUILDING MATERIALS ..... 22

**Nezdanov K.K., Garkin I.N.**  
CRANE BEAMS OF ELIPTIC PROFILE  
WITH INCREASED ENDURANCE ..... 32

**Garkin I.N.**  
INCREASE OF CRANE STRUCTURES  
ENDURANCE: CHANGE OF STATIC  
SCHEME ..... 38

**Loganina V.I.**  
TECHNIQUE OF ESTIMATION A LEVEL  
OF DISCREPANCY FOR QUALITY  
PARAMETERS OF PROTECTIVE-  
DECORATIVE COATINGS.....41

**Porshakova A.N.**  
THE EFFICIENCY OF LAND  
MANAGEMENT IN THE KUZNETSK  
DISTRICT OF THE PENZA REGION ..... 45

**Porshakova A.N., Kiseleva N.A.,  
Ulitskaya N.Y.**  
ORGANIZATION OF TERRITORIES FOR  
INDIVIDUAL HOUSING CONSTRUCTION  
IN PENZA ..... 53

**TRANSPORT ..... 62**

**Bazhanov A.P.**  
ANALYSIS OF REASONS OF ORIGIN OF  
DEFORMATIONS, DESTRUCTIONS AND  
DEFECTS OF HIGHWAYS ..... 62

**GENERAL AND COMPLEX  
PROBLEMS OF TECHNICAL  
AND APPLIED SCIENCES ..... 70**

**Danilov A.M., Garkina I.A.**  
SIMULATION OF ERGATIC SYSTEMS ..... 70

**Kuzina V.V.**  
FEATURES OF BLOCKCHAIN  
INFORMATION TECHNOLOGY ..... 75

**Titova E.I., Akimova I.V.**  
ELECTRONIC AND EDUCATIONAL  
RESOURCES IN THE STUDY OF GRAPHIC  
EDITORS ..... 79

**Levova G.A., Baisheva D.R.**  
COLLECTIVE AND GROUP LIFE ACTIVITY  
OF TECHNICAL UNIVERSITY STUDENTS  
AS A FACTOR OF THEIR READINESS FOR  
PRODUCTIVE PROFESSIONAL SELF-  
REALIZATION ..... 84

**Danilov A.M., Garkina I.A.**  
SPECIAL CHAPTERS OF HIGHER  
MATHEMATICS WHEN FORMING  
COMPETENCIES OF UNDERGRADUATES  
(TRAINING DIRECTION 23.04.01  
«TRANSPORT PROCESSES  
TECHNOLOGY») ..... 93

**Garkina I.A., Danilov A.M.**  
SIMULATION MODELING OF COMPLEX  
SYSTEMS: MODULAR PRINCIPLE..... 98

---

# СТРОИТЕЛЬСТВО. АРХИТЕКТУРА

# CONSTRUCTION. ARCHITECTURE

УДК 711.4+711.5

*Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства*

Россия, 440028, г. Пенза,  
ул. Германа Титова, д.28,  
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

**Белякова Елена Александровна,**  
кандидат технических наук, доцент кафедры  
«Кадастр недвижимости и право»  
E-mail: var\_lena@mail.ru

**Москвин Роман Николаевич,**  
кандидат технических наук, доцент кафедры  
«Эксплуатация автомобильного транспорта»  
E-mail: moskva\_in@mail.ru

**Юрова Варвара Сергеевна,**  
аспирант  
E-mail: varya\_bel@mail.ru

**Утюгова Елена Сергеевна,**  
магистрант  
E-mail: lena-ut1@mail.ru

*Penza State University of Architecture  
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,  
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

**Belyakova Elena Aleksandrovna,**  
Candidate of Sciences, Associate Professor of  
department «Real estate cadastre and right»  
E-mail: var\_lena@mail.ru

**Moskvin Roman Nikolaevich,**  
Candidate of Sciences, Associate Professor  
of the department «Operation of Road Transport»  
E-mail: moskva\_in@mail.ru

**Yurova Varvara Sergeevna,**  
Postgraduate student  
E-mail: varya\_bel@mail.ru

**Utyugova Elena Sergeevna,**  
Undergraduate  
E-mail: lena-ut1@mail.ru

## ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Е.А. Белякова, Р.Н. Москвин, В.С. Юрова, Е.С. Утюгова

Выявлены основные современные подходы к оценке качества городской среды. Показано, что индикаторами состояния городов независимо от подхода являются доступность жилья, наличие ветхого и аварийного жилья, развитие инфраструктуры, возможность населения пользоваться различными услугами, загрязнение окружающей среды, уровень и возможности развития местного самоуправления и некоторые другие. Проведен анализ основных мировых и российских рейтингов, оценивающих качество городской среды и основанных на факторах, влияющих на градостроительную деятельность.

*Ключевые слова: подходы к оценке, качество городской среды, системный подход, индикаторы оценки*

## APPROACHES TO QUALITY ASSESSMENT OF CITY ENVIRONMENT

Е.А. Belyakova, R.N. Moskvin, V.S. Yurova, E.S. Utyugova

The main modern approaches to assessing the quality of the urban environment are identified. It is shown that indicators of the state of cities, regardless to the approach, are housing availability of

old and emergency housing, infrastructure development, the ability of the population to use various services, environmental pollution, the level and possibilities of local government development, and some others. The analysis of the main world and Russian ratings evaluating the quality of urban environment, and based on factors affecting urban development.

*Keywords: assessment approaches, the quality of the urban environment, a systematic approach, assessment indicators*

Вопросам оценки качества городской среды посвящено большое количество зарубежных исследований. Так, в странах Евросоюза были внедрены такие методики индикации качества городской среды, как «Европейская премия за зеленый капитал», European Green City Index, «Европейский индекс зеленых городов», «Справочная основа для устойчивых городов», «Городская экосистема Европы», «Рамки изменений и показатели устойчивости городов», «Индикаторы для устойчивых городов» и др. В Китае с 2011 г. используется «Индекс устойчивости городов Китая». Учеными Австралии, Бразилии, Малайзии и ряда других стран предложены подходы, учитывающие региональную специфику. Разные системы индикации отличаются прежде всего степенью дифференциации показателей, но в целом ориентируются на ключевые группы свойств – экологические, социальные и экономические.

Формирование качественной городской среды связано с внедрением новых подходов в систему муниципального управления, включая принципы циклов улучшений Шухарта – Деминга (цикл PDCA) – планируй (plan), делай (do), проверяй (check), действуй (act), приведенных в ГОСТ Р ИСО 9004-2001. Это означает, что добиться необходимого качества городской среды можно лишь в рамках осуществления планомерной деятельности – от замысла до контроля исполнения.

В настоящее время внедрение стандартов качества городской среды становится одним из главных подходов к ее регулированию. В институте урбанистики выделяют принципы функционального разнообразия, комфортности городской среды, комфортной мобильности, комфортной среды общения, гармонии с природой.

Фонд «Институт экономики города» (ИЭГ) с 1999 года занимался разработкой системы индикаторов для мониторинга социально-экономического положения муниципальных образований. В 2001 г. был организован проект, получивший название «Городской барометр», реализуемый в рамках программы «Социально-экономическое развитие и управление на местном уровне: новое качество роста» при поддержке Агентства США по международному развитию (USAID).

Результаты анализа основных современных подходов к оценке качества городской среды представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Основные подходы к оценке качества городской среды\*

<i>Индекс процветания городов</i>	градостроительная среда характеризуется с помощью показателей плотности населения, интенсивности использования общественного транспорта и степени озелененности общественного пространства. Оценка входящей в состав градостроительной среды социальной инфраструктуры предлагается проводить на основе бюджетных расходов на душу населения
<i>Индекс городского развития</i>	Формируется на основе показателей производства валового городского продукта, качества систем здравоохранения и образования, состояния инфраструктуры и количества образования твердых бытовых отходов

\* Составлено авторами по результатам анализа литературы.

<i>Урбосервейинг</i>	Предполагает управление факторами, обеспечивающими привлечение человеческого и инвестиционного капитала в городское экономическое пространство. Территории с высокой инвестиционной активностью характеризуются высоким качеством городской среды, поскольку развитие бизнеса создает места приложения квалифицированной рабочей силы, обеспечивает наполнение местного бюджета. В концепции урбосервейинга можно выделить несколько блоков, характеризующих самостоятельные направления управленческой деятельности на территории города: бюджетирование, градопланирование, градорегулирование, градоустройство, градостроительство. Градостроительная деятельность формирует градостроительную среду – важнейший элемент городской среды жизнедеятельности человека
<i>Каркасная оценка качества городской среды</i>	Перспективный метод преобразования видится в масштабной градостроительной деятельности в условиях современного развития городов России с необходимым научным обоснование альтернативного подхода к преобразованию городских пространств с позиций достижения тех качеств, которые могут быть обеспечены только при включении многокомпонентной среды. Основа метода – это приведение в соответствие структуры городских пространств и изменившегося характера их использования; принцип биопозитивности – последовательное увеличение компонентов живой природы в структуре городских открытых пространств; принцип образной идентичности; создание городской среды, обладающей индивидуальностью и образным разнообразием; принцип социальной направленности – формирование городской среды, обеспечивающей реальные нужды населения и отвечающей интересам различных возрастных и социальных групп. Оценка качества городской среды осуществляется по трем блокам: 1) качество «каркасной» (базовой) инфраструктуры города; 2) качество городского пространства; 3) безопасность и комфортность проживания и доступность услуг для всех социально-демографических категорий населения
<i>Комплексная оценка уровня экологического благополучия городской среды</i>	Проводится по совокупности медико-демографических, санитарно-гигиенических и экономических показателей. Учитывается качественное состояние здоровья населения, природной и искусственной среды. Существует два варианта оценки: определение балльного показателя экологического благополучия и расчет индекса устойчивого развития города. Для <i>определения балльного показателя</i> выделяют 7 ступеней экологического состояния городской среды, каждая из которых характеризуется определенной суммой баллов. Отдельные зоны города характеризует балльный показатель, установленный в соответствии со степенями экологического состояния среды. Уровень экологического благополучия городской среды в целом оценивается в сумме баллов всех зон города с учетом весовых коэффициентов, установленных экспертной оценкой. <i>Расчет индекса устойчивого развития города</i> проводится с учетом фактического и нормативного показателей и их весовых коэффициентов. В качестве показателей рекомендуется рассматривать степень загрязнений атмосферного воздуха (воды, почвы, растительности), среднюю продолжительность жизни, уровень среднедушевого дохода населения, отношение расходов на социальные программы к ВВП. По значениям балльного показателя и индекса устойчивого развития города анализируется динамика изменения качества городской среды. Устойчивость и развитие городской среды предполагают повышение уровня экологического баланса населения

<i>Новая стратегия устойчивого планирования ООН-Хабитат</i>	Пять принципов: 1. Достаточное пространство для улиц и эффективная уличная сеть. 2. Высокая плотность населения. 3. Смешанное землепользование. 4. Размещение различных по ценовому диапазону и способу владения видов жилья. 5. Ограниченная специализация землепользования. Принципы тесно взаимосвязаны и поддерживают друг друга. Соблюдение принципов обеспечивает рост населения, экономический рост, быструю урбанизацию, устойчивое городское развитие и др. В этой системе население и городская инфраструктура взаимосвязаны; диверсификация социальных сетей и разнообразие землепользования обеспечивают их совместное развитие; городское пространство и городские жители живут и развиваются в гармонии
<i>Методика оценки качества городской среды проживания, утвержденная приказом Министерства регионального развития РФ от 09.09.2013 г. № 371</i>	Обосновывается необходимостью создания генерального рейтинга привлекательности городской среды проживания (обитания). Основой является использование в разных комбинациях более или менее постоянного состава факторов с соответствующим набором показателей (индикаторов, как объективно измеряемых, так и субъективно оцениваемых), а также прямо или косвенно влияющих на градостроительную деятельность. При этом отметим, что при отсутствии федеральной концепции качества жизни и качества городской среды в ряде регионов накоплен большой опыт разработки и реализации концепции повышения качества жизни населения. Среди них: Белгородская, Кемеровская, Нижегородская область, Красноярский край, Республика Татарстан и др.
<i>Методы разработки индикаторов устойчивого развития (документ ООН)</i>	Перечень показателей устойчивого развития, разработанный Комиссией по устойчивому развитию ООН, содержит 50 основных показателей, представляющих собой часть более широкого набора из 96 показателей устойчивого развития

Стремительный процесс урбанизации и недостаточность знаний мирового сообщества о реальном состоянии городов, в которых стала проживать большая часть населения мира, привели к необходимости создать еще в 1970-е годы в системе ООН специальное подразделение – Программу ООН по населенным пунктам, известную под названием ООН-Хабитат. Эта организация является сегодня ведущим учреждением по координации деятельности внутри системы ООН в области устойчивого развития населенных пунктов. Странами-участницами ООН была принята Повестка дня Хабитат, согласно которой на ООН-Хабитат возлагалась задача постоянного мониторинга развития городских поселений, а страны-участницы обязались регулярно отслеживать развитие своих городов и сообщать о его основных тенденциях. Индикаторы состояния городов характеризуют такие проблемы, как доступность жилья, ветхое и аварийное жилье, развитие инфраструктуры, возможность населения пользоваться различными услугами, загрязнение окружающей среды, уровень и возможности развития местного самоуправления и т.д. В целом система городских и жилищных индикаторов включает в себя более 20 тыс. элементов информации.

Данная система применяется почти в 150 странах мира. В общем перечне этих стран 14 % составляют страны с переходной экономикой. В соответствии с принятыми решениями по программе сотрудничества между ООН и Правительством Российской Федерации с 1997 г. в нашей стране проводились исследования, целью которых была оценка выполнения обязательств по устойчивому развитию городов и выполнению

целей Повестки дня Хабитат. Методическое сопровождение работы с российской стороны осуществлялось НИ НП «Город – Регион – Семья». На рисунке показан перечень индикаторов, которые предназначены для формирования глобальной базы данных ООН-Хабитат.



Индикаторы, формирующие глобальную базу данных ООН-Хабитат

В табл. 2 сведены распространенные рейтинги, оценивающие качество городской среды.

Т а б л и ц а 2

Рейтинги, оценивающие качество городской среды

Название рейтинга	Учитываемые факторы, влияющие на градостроительную деятельность
1	2
Индекс уровня глобализации городов мира	Уровень деловой активности, человеческий капитал, культурный уровень, политический вес
Forbes: 30 лучших городов для бизнеса	Инфраструктура, доступность финансовых ресурсов, налоги, кадры, административные барьеры, доступность госзаказов
Рейтинг городов мира по уровню качества жизни (Mercer Human Resource Consulting)	Количество больниц и качество медицинской помощи, доступность школ и качество образования, удобство транспортной системы, наличие кафе и ресторанов, мест отдыха, театров, социально-экономическая обстановка, банковские услуги, утилизация отходов, климатические условия, угроза природных катаклизмов, уровень преступности, личная безопасность, внешнеполитическая обстановка, политическая стабильность, цензура

1	2
Рейтинг городов мира по уровню качества жизни (Global Liveability)	Инфраструктура, здравоохранение, образование, культура и окружающая среда, стабильность
Город России. Национальный выбор	Народное Интернет-голосование на сайте проекта <a href="http://город-россии.рф">http://город-россии.рф</a>
100 лучших городов России	Композитный индекс социальной инфраструктуры, композитный индекс капитального строительства, композитный индекс человеческого капитала, композитный индекс производства и предпринимательства, композитный финансовый индекс
Качество жизни в российских городах	Удобство города для жизни, качество жилого фонда и жилищное строительство, доступность культурных учреждений, качество медицинского обслуживания, качество образования, состояние дорожного хозяйства, отношение к работе муниципальных властей, коррупция в работе муниципальных структур
Генеральный рейтинг привлекательности городской среды проживания (обитания)	Транспортная инфраструктура, доступность жилья, развитие жилищного сектора, инженерная инфраструктура, социальная инфраструктура, экономика города, кадровый потенциал, благосостояние граждан, демографические характеристики населения, природно-экологическая ситуация, динамика численности населения, социальные параметры общества, инновационная активность
Рейтинг городов по качеству жизни	Качество жилого фонда и работа ЖКХ, уровень благоустройства города, качество дорожного хозяйства, уровень материального благополучия, качество медицинского обслуживания, качество образования
Интегральный рейтинг крупнейших городов России	Обеспеченность жильем на человека, уровень загруженности городских дорог, уровень городского благоустройства, возможность приобретения собственного жилья, возможность аренды однокомнатной квартиры, уровень расходов на оплату ЖКХ, внешняя транспортная доступность, наличие современных форматов потребления, освещенность города степень благоприятности природных условий, уровень экологического загрязнения, уровень расходов на потребление, покупательская способность населения, уровень преступности
Рейтинг городов – участников конкурса на звание «Самое благоустроенное городское (сельское) поселение России»	Размер средств, выделенных на развитие ЖКХ и увеличение уровня благоустройства, объем незавершенного жилищного строительства, благоустройство жилья основными видами инженерного обеспечения, ликвидация аварийного жилья, приведение фасадов зданий в надлежащее состояние, улично-дорожная сеть, состояние транспортного обслуживания и безопасность дорожного движения, озеленение городского поселения, благоустройство на территориях рекреационного назначения, обеспеченность детскими игровыми площадками, установка в жилых и общественных зданиях приборов учета, оплата потребления ЖКУ, выполнение капитального ремонта общего имущества жилых домов, выполнение санитарно-эпидемиологических требований и обеспечение экологической безопасности населения, государственный кадастровый учет объектов ЖКХ, маломобильные группы населения, энергосбережение и повышение энергетической эффективности

---

Таким образом, анализ показал, что подходы и большинство из существующих методов оценки качества среды города основываются на индексном и интегральном положениях. Индексный подход определения влияния факторов на обобщающий показатель использует относительные показатели, выражающие отношение уровня влияния того или иного фактора к его уровню в прошлый период или к уровню влияния, принятому в качестве базы. Следует согласиться, что интегральный подход основывается на суммировании приращений функции, определяемой как частная производная, умноженная на приращение аргумента на бесконечно малых промежутках.

### Список литературы

1. Григорян, Э.С. Исследование модели формирования жилищной политики в зарубежных странах / Э.С. Григорян // Финансовая аналитика: проблемы и решения. – 2011. – №24 (66). – С. 56–66.
2. A new strategy of sustainable neighbourhood planning: Five Principles // Urban planning discussion, note 3.
3. Housing review of 15 countries in Europe and Central Asia: affordability, livability, sustainability / Habitat for Humanity would. – 146 p.

### References

1. Grigoryan, E.S. The study of the model of the formation of housing policy in foreign countries / E.S. Grigoryan // Financial analytics: problems and solutions. – 2011. – №24 (66). – P.56–66.
2. A new strategy of sustainable neighbourhood planning: Five Principles // Urban planning discussion, note 3.
3. Housing review of 15 countries in Europe and Central Asia: affordability, livability, sustainability / Habitat for Humanity would. – 146 p.

Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства

Россия, 440028, г. Пенза,  
ул. Германа Титова, д.28,  
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

**Логанина Валентина Ивановна**,  
доктор технических наук, профессор,  
зав. кафедрой «Управление качеством  
и технология строительного производства»  
E-mail: loganin@mai.ru

*Penza State University of Architecture  
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,  
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

**Loganina Valentina Ivanovna**,  
Doctor of Sciences, Professor,  
Head of the department «Quality management  
and construction technologies»  
E-mail: loganin@mai.ru

## ПРИМЕНЕНИЕ НАНОКРЕМНЕЗЕМА В СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛАХ

В.И. Логанина

Приведены сведения о применении кремнезема при изготовлении строительных материалов. Рассмотрены вопросы применения золя кремниевой кислоты при изготовлении сухих строительных смесей, бетонов, лакокрасочных материалов.

*Ключевые слова: микрокремнезем, сухие строительные смеси, бетоны, лакокрасочные материалы*

## THE USE OF NANOSILICA IN BUILDING MATERIALS

V.I. Loganina

Information on the use of silica in the manufacture of building materials is given. The issues of silicic acid sol use in the manufacture of dry construction mixtures, concrete, paints and varnishes are considered.

*Keywords: silica fume, dry mortar, concrete, paints and varnishes*

Одним из основных направлений технического прогресса в области строительства является создание строительных материалов высокого качества и долговечности. Широкие возможности в технологии строительных материалов открывают добавки-наномодификаторы, которые приводят к значительному изменению структуры композита. Применение нанотехнологий в строительном материаловедении является перспективным и актуальным направлением, т.к. позволяет существенно расширить возможности использования композиционных материалов [1–5].

Одним из распространенных модификаторов является микрокремнезем (МК), образующийся попутно в результате конденсации из газовой фазы при выплавке кремниевых сплавов (ферросилиция, силикохрома, силикомарганца). Потребность мировой промышленности в аморфном кремнеземе составляет примерно 1 млн тонн в год и имеет тенденцию к значительному росту. Это связано с широким спектром применения аморфных кремнеземов.

Существует несколько разновидностей аморфного кремнезема.

1. Нанодисперсная пыль диоксида кремния, являющаяся продуктом газоочистки при рудотермическом производстве кремнийсодержащих сплавов, содержит около 75–85 %  $\text{SiO}_2$  и большое количество посторонних примесей, таких, как углерод, карбид кремния, железо и т.д. Стоимость исходного продукта газоочистки находится в пределах от 5 до 20 тысяч рублей за тонну. Продукт газоочистки, обогащенный до содержания диоксида кремния 98 %, имеет значительно более широкий спектр применения [6]. Данный продукт может использоваться как модификатор цемента, резины и т.д. [7]. Возрастает и стоимость – на европейском рынке продукт стоит в среднем 1000 долларов США за тонну.

2. Осажденный кремнезем – белая сажа. Данный продукт получают осаждением из раствора силиката натрия кислотой с последующей фильтрацией, промывкой и сушкой. Белая сажа – активный минеральный наполнитель, широко используемый в шинной, резинотехнической, химической и других отраслях промышленности. В зависимости от технологии производства белая сажа представлена на рынке с содержанием  $\text{SiO}_2$  от 90 % до 99 %.

Мировое потребление осажденного кремнезема составляет 2–2,5 миллиона тонн в год. Благодаря относительно низкой себестоимости сырья и несложной технологии производства цена реализации начинается от 500 долларов США за тонну.

3. Пирогенный кремнезем. Пирогенный кремнезем получают взаимодействием газообразного четыреххлористого кремния ( $\text{SiCl}_4$ ) с парами воды при температуре около 1500 °С. Содержание  $\text{SiO}_2$  в продукте составляет от 99 до 99,8 %. Продукт находит применение в фармацевтике, косметике, электронике, при производстве силиконов, герметиков и пр. Мировое потребление пирогенного кремнезема составляет 50–70 тысяч тонн в год. Стоимость пирогенного кремнезема – от 3000 до 5000 долларов США за тонну.

Различные виды аморфного нанокремнезема будут всё более востребованы в ближайшие годы. МК активно используется в производстве сухих строительных смесей, бетона, пенобетона, цемента, керамик, облицовочных плит, черепицы, огнеупорных масс, резины. Применяется в мостостроении, дорожном строительстве, при возведении жилых и производственных объектов, плотин и дамб, буровых платформ и скважин, коллекторных трасс.

Одним из перспективных применений нанокремнезема является модификация свойств бетонов и строительных смесей для достижения повышенных эксплуатационных характеристик и снижения сроков строительства. Данное направление получило название УНПС (Ultra High Performance Concrete). Общемировая тенденция – применение наноразмерных частиц с большой площадью поверхности и высокой пуццолановой активностью. Нанокремнезем (наносилика) – наиболее доступный для массового использования модификатор бетонов.

Микрокремнезем нашел широкое применение в цементных бетонах, особенно в высокопрочных [8]. Положительное влияние МК на структуру и физико-механические характеристики бетона обусловлено двумя причинами: пуццоланической активностью МК, а также высокой дисперсностью его частиц. В неуплотненном состоянии частицы МК в 50–100 раз мельче зерен цемента; удельная поверхность МК составляет 13000–25000  $\text{м}^2/\text{кг}$ . Кремнезем в таком виде способен вступать в реакцию с гидроксидом кальция, высвобождаемым в процессе гидратации силикатных фаз цемента, с образованием низкоосновных гидросиликатов кальция. По данным В.И. Калашникова [9], для обеспечения необходимого эффекта, связанного с образованием высокопрочных гидросиликатов кальция, необходимо вводить МК до 15–20 %.

Менее изучены применительно к цементной технологии ультрадисперсные кремнеземы – нанокремнеземы (НК); эти материалы обладают еще большей дисперсностью по сравнению с МК. Получение нанокремнезема возможно с использованием различных методов, которые разработаны несколькими авторами [10–16]. К основным методам, используемым для синтеза нанокремнезема, относятся: золь-гель метод, электродуговой метод, биологический метод, метод осаждения, альтернативный метод. Нанокремнезем может быть получен из биоотходов, таких, как зола рисовой шелухи.

Добавление НК в цементное тесто и бетон имеет различные эффекты воздействия. Можно выделить два основных возможных механизма при введении НК в цемент или бетон. Первый – размерный эффект, то есть в зависимости от природы частиц НК может быть использован в качестве наполнителя, и второй – повышение пуццолановой активности кластерных соединений.

Результаты проведенных авторами [17] исследований позволили выявить закономерности повышения прочности цементного камня с комплексной добавкой микрокремнезема и нанокремнезема. Методами рентгенофазового и дериватографического

анализа изучены особенности структурного состояния и фазового состава цементного камня с добавками. Установлено, что прочность модифицированного комплексной добавкой цементного камня в 28 суток твердения возрастает до 30 % по сравнению с контрольными образцами, показаны закономерности синергетического влияния на свойства цементного камня кремнеземистых добавок с разной степенью дисперсности.

Нанодисперсные добавки оказывают влияние на формирование фазового состава и структуры цементного камня за счет образования дополнительного объема низкоосновных гидросиликатов кальция (ГСК). Согласно данным РФА раздельное введение добавки микрокремнезема и нанодиоксида кремния в разной степени влияет на содержание портландита  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . При введении микрокремнезема интенсивность дифракционных линий портландита заметно уменьшается за счет высокой пуццолановой активности МК, а при введении нанодиоксида кремния, наоборот, увеличивается по сравнению с контрольным образцом, что связано с незначительным содержанием добавки. При совместном введении добавок интенсивность линий  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  вновь снижается. Раздельное введение кремнеземистых добавок разной дисперсности хотя и стимулирует образование дополнительных гидратных новообразований, таких, как  $\text{C}_2\text{H}$ ,  $\text{CSH}(\text{B})$ ,  $\text{C}_3\text{S}_2\text{H}_3$ ,  $\text{C}_3\text{S}_3\text{H}_3$ , но при совместном действии двух разных по дисперсности кремнеземистых добавок состав и количество новообразований в цементном камне увеличивается, что и приводит к повышению прочности цементного камня. Совместное применение добавок активизирует связывание гидроксида кальция, создавая дополнительные объемы низкоосновных гидросиликатов кальция. Значительное уменьшение доли свободного гидроксида кальция способствует предотвращению процессов коррозии затвердевшего цементного камня и бетона на его основе.

По данным авторов [18], при добавлении в бетон нанокремнезема и кремнезема коррозионная стойкость бетона выше, чем у обычного бетона, а также увеличивается долговечность бетона по сравнению с обычным бетоном.

Использование микро- и нанокремнезема позволяет получать бетоны с высокими эксплуатационными характеристиками:

- стойкость к истиранию;
- уменьшенный до 200–450 кг/м<sup>3</sup> расход цемента;
- высокая прочность (прочность на сжатие свыше 120 МПа);
- высокая ранняя прочность при твердении в нормальных условиях (25–40 МПа в 1 сут);
- высокоподвижные (ОК=22–24 см) бетонные смеси повышенной связности – нерасслаиваемости;
- повышенная антикоррозионная стойкость. Добавление МК снижает водопроницаемость на 50 %, повышает сульфатостойкость на 100 %;
- низкая проницаемость для воды и газов W12-W16;
- морозостойкость F200-F600 (до F1000 со специальными добавками);
- повышенная долговечность (стойкость к сульфатной и хлоридной агрессии, к воздействию слабых кислот, морской воды, повышенной до 400 °С температуре, морозостойкость).

При добавлении МК в количестве до 30 % в сочетании с суперпластификатором можно получить смеси с отношением вода/вяжущее ниже 0,3. Такие бетоны могут достигать очень высокой ранней прочности, и они нашли широкое применение там, где осуществляется выдерживание во влажном режиме. Гидравлическая активность МК по показателю пуццоланизации в структуре цементной матрицы более чем в 1,5 раза выше минеральной добавки трепела. По количеству содержания химически связанной воды и степени гидратации портландцемента добавка МК резко ускоряет процесс гидратации на ранней стадии твердения до 7 суток [19–22].

Эффект заполнения пор, создаваемый пуццолановыми сферическими микрочастицами, способствует значительному уменьшению капиллярной пористости и проницаемости бетона. Фактически непроницаемый бетон можно получить при умеренном содержании МК и сравнительно низком содержании обычного портландцемента.

При введении добавки МК в количестве 15 % от массы цемента повышается трещиностойкость бетона в возрасте 28 суток твердения в 1,5 раза.

С помощью сканирующего электронного микроскопа JSM-6510LV JEOL установлено уменьшение пористости камня при введении наномодификатора [23]. Нанодисперсный кремнезем, заполняя поры в структуре твердеющего камня, способствует повышению его плотности. При этом наблюдается уменьшение содержания открытых пор, изменение распределения пор по размерам. Высокая удельная поверхностная энергия наночастиц кремнезема изменяет термодинамические условия химических реакций и приводит к появлению продуктов измененного по сравнению с системой твердения без модификаторов минералогического, морфологического и дисперсного составов.

Использование микрокремнезема в сборном бетоне позволяет уменьшить сечения некоторых элементов, облегчая их транспортировку и монтаж. МК обеспечивает более длительную жизнеспособность жидких растворов, облегчает перекачивание смеси, придает коррозионную стойкость.

Эффективной добавкой, применяемой в строительных материалах, является золь кремниевой кислоты. Наибольшее применение в промышленности нашли следующие методы синтеза золь кремниевой кислоты: нейтрализация растворимых силикатов кислотами, ионный обмен, пептизация свежееобразованных гелей кремниевой кислоты, электродиализ, гидролиз алкилпроизводных кремния, растворение элементарного кремния, диспергирование пирогенного кремнезема. В промышленности чаще всего применяется метод ионного обмена. Химия коллоидного кремнезема и области его применения достаточно подробно рассмотрены в литературе, и прежде всего в работах Айлера [24]. Кремнезоли – устойчивые коллоидные растворы наночастиц двуокиси аморфного кремния  $\text{SiO}_2$ , как правило, в водной среде. В зависимости от типа стабилизации и модификации поверхности коллоидных частиц кремния эти растворы делятся на две группы.

К первой группе относятся кремнезоли, устойчивые в области pH от 8 до 11. Стабилизирующими ионами для этой группы золь являются ионы  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Li}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$  и различные органические амины. Для этой группы кремнезоль характерна слабая устойчивость при pH меньше 7 и к действию электролитов. Они совмещаются в определенных количествах с водорастворимыми органическими растворителями, такими, как этиловый спирт, ацетон, моноэтиленгликоль и т.п. Повышение концентрации этих органических растворителей в щелочных кремнезолях вызывает гелеобразование. Данные кремнезоли совместимы со многими эмульсиями и полимерами, такими, как фенольные смолы, полиакриламид, крахмал, стиролакриловый сополимер и т.д.

Ко второй группе относятся кремнезоли, устойчивые в кислой области pH от 1 до 5, поверхность которых модифицирована атомами  $\text{Al}^{+++}$ ,  $\text{Cr}^{+++}$ ,  $\text{Fe}^{+++}$ . В зависимости от способа модификации поверхности частиц коллоидная частица может приобретать как отрицательный, так и положительный фиксированный заряд, что обуславливает характер поведения и свойства кремнезоль.

В работах Айлера приводятся методы получения стабильных кремнезоль низкой концентрации до 3–4 %  $\text{SiO}_2$ . Также показано, что золи, имеющие pH 1–3, устойчивы в условиях их получения при обычных и особенно при пониженных до 0 °C температурах. При повышенных температурах (выше 60 °C) более устойчивы «щелочные» золи с силикатным модулем  $10 < M < 150$  при  $\text{pH} \geq 8$ .

В настоящее время золь-гель процессы и коллоидные растворы оксидов металлов находят эффективное применение при создании различных композиционных материалов (стекло, керамика, неорганические композиты, сорбенты, катализаторы). Применение золь в качестве связующих обеспечивается способностью их к гелеобразованию [25, 26]. Например, в работе [27] в качестве связующего выбраны золи кремневой кислоты с концентрацией  $\text{SiO}_2$  3 %, 5 %, 9 %, 12 % и размерами частиц 4,7; 6,9; 10,1; 10,9 нм.

Ультралегковесные керамические материалы являются перспективными теплозащитными материалами для многих областей современной техники. Для получения

ультралегковесных керамических материалов с использованием золь-гель-процесса в качестве связующего можно применять золи кремниевой кислоты. Получаемые материалы обладают достаточно низкими коэффициентами линейного термического расширения  $(1,5-2,5) \cdot 10^{-7} \text{град}^{-1}$ . Кроме этого, эти материалы обладают исключительно высокой термостойкостью и теплоизоляционными свойствами, особенно устойчивыми к термическим ударам. Определенные величины коэффициентов теплопроводности составили 0,03–0,05 Вт/м·К, а теплоемкость – 1,0 кДж/кг·К [28–30].

Золь кремнезема используется в целлюлозно-бумажной промышленности, производстве керамики, плат для электроники, катализаторов. В целлюлозно-бумажной промышленности коллоидный кремнезем применяется для улучшения свойств бумаги, волоконного удержания чернил и фильтрации.

В России производство золя кремниевой кислоты налажено ООО «Промстекло-центр», ООО «ЭКОКРЕМНИЙ», научно-техническим центром «Компас».

Золь кремниевой кислоты применяют для стабилизации пены при изготовлении пенобетона. Так, на производстве по выпуску неавтоклавногo резательного пенобетона ООО «Пенобетонные технологии СОТИМ» в г. Старый Оскол была выпущена опытная партия пенобетона средней плотности D500 на основе пены, стабилизированной золем кремниевой кислоты. Стабилизация пены делает возможным снижение водотвердого отношения без разрушения пены, продолжительность набора моноблоками резательной прочности в присутствии добавок – золя кремниевой кислоты – уменьшилась на 3–7 часов по сравнению с контрольным образцом, что свидетельствует об ускорении твердения. Также уменьшилось количество трещин и сколов в моноблоках до 40 % [31–32].

Коллоидный кремнезем применяют в качестве связующего при производстве различных огнеупорных изделий и покрытий. При производстве покрытий на поверхность металла (изложницы) в качестве заполнителя наносят огнеупорные материалы с минимальным температурным коэффициентом линейного расширения, например плавный кварц. Кварц в зернах размером ниже 0,063 мм смешивают с примерно равным количеством кремнезоля до получения сметанообразной массы плотностью 1,6–1,9 г/см<sup>3</sup>; в таком виде смесь готова к употреблению.

Новое направление в технологии керамики и неорганических композитов – формование материалов из растворов с использованием золь-гель процессов. Сущность этих процессов заключается в применении золь – коллоидных растворов, соответствующих оксидов и оксигидратов металлов, обладающих способностью в определенных условиях превращаться из жидких систем в твердые продукты [33].

Золь кремниевой кислоты применяют при изготовлении полимерных гибридных композитных материалов. Гибридными называют такие материалы, в которых органическая и неорганическая составляющие взаимодействуют между собой на молекулярном уровне [34].

Золь кремниевой кислоты применяют при разработке рецептуры известковых отделочных составов, предназначенных для реставрации памятников архитектуры, зданий исторической застройки. Размер частиц кремниевой кислоты составил 17–25 нм в возрасте 5 суток и 57–140 нм в возрасте 7–19 суток. Модифицирование известкового композита разработанной добавкой позволяет повысить адгезионную и когезионную прочности, жизнеспособность смеси в открытой емкости [35–38]. Установлено, что при введении добавки золя в известковую смесь наблюдается ускорение набора пластической прочности. Так, спустя 48 ч после затворения пластическая прочность состава с добавкой золя SiO<sub>2</sub> (отношение И:Золь = 1:1) составила 0,09 МПа, а контрольного состава – 0,01 МПа.

Введение добавки золя способствует повышению прочности при сжатии известковых растворов. Прочность при сжатии состава с отношением компонентов И:П = 1:3, В/И = 2 (молотый песок удельной поверхности  $S_{уд} = 5065 \text{ см}^2/\text{г}$ ) с добавкой золя при отношении И:Золь = 1:0,5 в возрасте 7 суток составила  $R_{сж} = 0,68 \text{ МПа}$ , в возрасте 56 суток  $R_{сж} = 0,95 \text{ МПа}$ , в то время как у контрольного состава  $R_{сж} = 0,25 \text{ МПа}$  и  $R_{сж} = 0,61 \text{ МПа}$  соответственно.

Повышение прочности известковых композиций при введении золя кремниевой кислоты обусловлено физико-химическим взаимодействием золя с известью. Авторами установлено, что содержание свободной извести в контрольных составах составляет 49,8 % от массы извести, пошедшей на замес, а с добавкой золя – 39,6 %, что является подтверждением химического взаимодействия извести с золом.

Согласно данным Л.Б. Сватовской, А.М. Сычевой, Н.Н. Елисейевой [39, 40] введение золя кремниевой кислоты способствует повышению прочности при сжатии цементных систем на 46,15 % в возрасте 28 суток и на 33,33 % в возрасте 3 суток, а прочности при изгибе – на 65,21 и 56,86 % соответственно. У цемента, затворенного водой, содержащей золь кремниевой кислоты при различной его концентрации, сокращаются сроки схватывания, в частности начала схватывания на 20–30 %. Прочность цементного камня увеличивается в среднем в 1,5–1,6 раза.

Кремнезоль находит применение в получении композитов «пористое стекло – полимер», позволяющих синтезировать образцы, по прозрачности не уступающее оргстеклу, но отличающиеся более высокой механической прочностью, температурной и радиационной стойкостью. Исследование возможностей получения золь-гельных покрытий из SiO<sub>2</sub> на различных видах нержавеющей стали показали, что полученные плёнки служат эффективным защитным покрытием от окисления и кислотной коррозии [41, 42].

Золь кремниевой кислоты находит применение при изготовлении силикатных красочных составов. На рынке силикатных красок хорошо зарекомендовала себя силикатная фасадная краска KEIM Soldalit на базе проверенного сочетания вяжущих веществ кизельзоля и жидкого стекла (Германия). Такая комбинация вяжущих позволяет наносить силикатные краски не только на минеральные, но и непосредственно на многочисленные органические основания без использования дополнительных адгезионных мостов сцепления. Краска KEIM Soldalit соответствует требованиям DIN 18363, раздел 2.4.1 «Дисперсионные силикатные краски».

Предприятие ООО «Термоколор» (Казань) является производителем отделочных лакокрасочных материалов марки «Silinom». Полисиликатные краски марки «Silinom» содержат неорганическое полимерное связующее на основе полисиликата калия и специальные добавки, которые обеспечивают повышенную адгезию к окрашиваемой поверхности, прочность получаемого покрытия и его гидрофобность. Полисиликатные краски применяются для окраски поверхностей, имеющих минеральную основу, таких, как известково-цементные, цементные штукатурки, а также каменных, керамических, кирпичных, бетонных поверхностей.

Полисиликатная фасадная краска NOVALIT F изготавливается на базе специально модифицированного калиевого жидкого стекла и предназначена для выполнения наружных малярных работ. Краска рекомендуется для реставрационной покраски минеральных оснований (традиционных известковых и цементно-известковых минеральных штукатурок, кремниевых/силикатных, полисиликатных штукатурок), а также для реставрационной покраски оснований на базе полимеров, где требуется минеральное лакокрасочное покрытие. Полисиликатная краска обладает значительно пониженной щелочностью (на уровне акриловых изделий), благодаря чему значительно ослаблено влияние атмосферных факторов на качество лакокрасочного покрытия.

В [43–46] предложена золь-силикатная краска на основе полисиликатного связующего, полученного смешением жидкого стекла и золь кремниевой кислоты Nanosil 20 и Nanosil 30, выпускаемых ПК «Промстеклоцентр».

Характеристики кремнезоля

Наименование показателей	Nanosil 20	Nanosil 30
pH	9-10,8	9-10,6
Массовая концентрация диоксида кремний, г/л	220-237	329-362
Массовая концентрация оксида натрия, г/л	3-7	2,5-6,5
Силикатный модуль	50-90	55-100
Площадь удельной поверхности	220-370	220-300

Авторами установлено, что при увеличении количества вводимого золя кремниевой кислоты наблюдается снижение pH растворов при неизменной концентрации щелочи. pH раствора с добавкой золя кремниевой кислоты непрерывно изменяется. После смешивания жидкого стекла и золя кремниевой кислоты pH выше, чем на более поздних стадиях. Скорость процесса затухает в течение 27–30 часов. Введение золя кремниевой кислоты приводит к изменению вязкости растворов, причем на начальном этапе чем выше содержание золя кремниевой кислоты, тем в более значительной степени наблюдается снижение вязкости.

Методом нарушения полного внутреннего отражения авторами установлено наличие в составе полисиликатного связующего полимерных разновидностей кремнезема, что обеспечивает повышение стойкости силикатных покрытий. Введение золя кремниевой кислоты в жидкое стекло способствует увеличению доли высокополимерных фракций кремнекислородных анионов.

Установлено, что пленки на основе полисиликатных растворов обладают более высокой прочностью при растяжении по сравнению с пленками на основе жидких стекол. Для пленок на основе жидкого стекла характерен хрупкий характер разрушения, а для пленок на основе полисиликатного раствора – упруго-пластический.

Термодинамическим методом установлено, что для полисиликатного раствора характерна большая работа адгезии к наполнителю (пигменту). Так, работа адгезии калиевого полисиликатного раствора к наполнителю (пигменту) составляет 104,379 мН/м. Для калиевого полисиликатного раствора характерна и большая работа смачивания, составляющая 40,315 мН/м. Наличие более полного смачивания поверхности наполнителя и пигмента в случае применения калиевого полисиликатного раствора способствует формированию более плотной структуры покрытия и повышению физико-механических свойств. Об этом свидетельствуют данные об изменении прочности при растяжении пленок на основе красочных составов. Прочность при растяжении пленок краски составляет  $R_p=2,062$  МПа, предельная растяжимость – 0,026 мм/мм, модуль упругости –  $0,2105 \cdot 10^4$  МПа.

Покрытия на основе золь-силикатной краски характеризуются высокой стойкостью в процессе циклического замораживания-оттаивания. Марка по морозостойкости составляет F35.

Авторами показано, что структура покрытия на основе полисиликатного связующего характеризуется более равномерным распределением пор по размерам. Установлено, что поровая структура покрытий на основе силикатной краски представлена в основном порами размером 10, 50 и 100 мкм. Выявлено, что количество пор на 1 см<sup>2</sup> поверхности покрытий на основе золь-силикатной краски в 6 раз меньше по сравнению с покрытием на основе силикатной краски.

### Список литературы

1. Королев, Е.В. Модифицирование строительных материалов нанокремнекислотными трубками и фуллеренами / Е.В. Королев, Ю.М. Баженов, В.А. Береговой // Строительные материалы. – 2006. – № 8. – С. 2–4.
2. Баженов, Ю.М. Нанотехнология и наномодифицирование в строительном материаловедении. Зарубежный и отечественный опыт/ Ю.М. Баженов, Е.В. Королев // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2007. – № 2. – С. 16–19.
3. Баженов, Ю.М. Наноматериалы и нанотехнологии в современной технологии бетонов / Ю.М. Баженов, В.Р. Фаликман, Б.И. Булгаков // Вестник МГСУ. – 2012. – № 12. – С. 125–133.
4. Hay, J. N., Raval, H.M. // Sol-Gel Sci. Tech. – 1998. – Vol. 13. – P.109.
5. Tamaki, R., Horiguchi, T. // Chemical Society of Japan. – 1998. – № 71. – P. 2749–2756.
6. Кондратьев, В.В. Теория и практика процессов флотационного обогащения наноразмерных сред / В.В. Кондратьев [и др.]. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2015. – 160 с.

7. Ivanchik, N. Use of Nanosilica Recovered from the Finely Dispersed By-product of the Electro-thermal Silicon Production for Concrete Modification: 2nd International Conference on Industrial Engineering, ICIE 2016 / N. Ivanchik, V. Kondrat'ev, A. Chesnokova // *Procedia Engineering*. – 2016. – Vol. 150. – P. 1567–1573.
8. Потапов, В.В. Физико-химические характеристики нанокремнезема (золь, нанопорошок) и микрокремнезема / В.В. Потапов, Д.С. Горев // *Фундаментальные исследования*. – 2018. – № 6. – С. 23–29.
9. Калашников, В.И. Бетоны: макро-, микро-, нано- и пикомасштабные сырьевые компоненты. Реальные нанотехнологии бетонов / В.И. Калашников // *Дни современного бетона: сб. докладов конференции*. – Запорожье, 2012. – С. 38–50.
10. Bogush, G.H. Preparation of monodisperse silica particles: control of size and mass fraction / G.H. Bogush, M.A. Tracy, C.F. Zukoski // *Journal of Non-Crystalline Solids*. – 1988. – Vol. 104, No. 1. – P. 95–106.
11. Hench, L.L. The Sol-Gel process / L.L. Hench, J.K. West // *Chemical Reviews*. – 1990. – Vol. 90, No. 1. – P. 33–72.
12. Klabunde, K.J. *Nanoscale Materials in Chemistry* / K.J. Klabunde. – Wiley-Interscience, New York, NY, USA, 2001.
13. Matsoukas, T. Dynamics of growth of silica particles from ammonia-catalyzed hydrolysis of tetra-ethylorthosilicate / T. Matsoukas, E. Gulari // *Journal of Colloid and Interface Science*. – 1988. – Vol. 124, No. 1. – P. 252–261.
14. Rahman, I.A. Synthesis of Silica Nanoparticles by Sol-Gel: Size-Dependent Properties, Surface Modification, and Applications in Silica-Polymer Nanocomposites-A Review / I.A. Rahman, V. Padavettan // *Journal of Nanomaterials*. – 2012. – Vol. 2012. – Article ID 132424. – 15 p.
15. Reverchon, E. Nanomaterials and supercritical fluids / E. Reverchon, R. Adami // *Journal of Supercritical Fluids*. – 2006. – Vol. 37, No. 1. – P. 1–22.
16. Saleh, N.J. Characterization of nano-silica prepared from local silica sand and its application in cement mortar using optimization technique / N.J. Saleh, R.I. Ibrahim, A.D. Salman // *Advanced Powder Technology*. – 2015. – No.26. – P.1123–1133.
17. Абзаев, Ю.А. Моделирование структурного состояния аморфного таркосила / Ю.А. Абзаев, Н.О. Копаница, В.А. Клименов // *Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета*. – 2015. – № 3. – С. 121–133.
18. Sakthivel, R. Experimental investigation on behaviour of nano concrete / R. Sakthivel // *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)*. – March-April 2016. – Vol. 7, Issue 2. – P. 315.
19. Крамар, Л.Я. Влияние добавки микрокремнезема на гидратацию алита и сульфатостойкость цементного камня / Л.Я. Крамар, Б.Я. Трофимов, Л.С. Талисман, Ф.М. Иванов, В.М. Колбасов // *Цемент*. – 1989. – № 6. – С. 14–17.
20. Абзаев, Ю.А. Моделирование структурного состояния аморфного таркосила / Ю.А. Абзаев, Н.О. Копаница, В.А. Клименов [и др.] // *Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета*. – 2015. – № 3. – С. 121–133.
21. Демьяненко, О.В. Влияние наноразмерного диоксида кремния на свойства цементного камня / О.В. Демьяненко, Н.О. Копаница, Ю.С. Саркисов // *Молодежь, наука, технологии: новые идеи и перспективы (МНТ-2015): избранные доклады II Международной научной конференции студентов и молодых ученых*. – Томск, 2016. – С. 193–196.
22. Демьяненко, О.В. Влияние наночастиц диоксида кремния на эксплуатационные свойства цементных систем / О.В. Демьяненко, Н.О. Копаница // *Материалы II Всероссийской научной конференции молодых ученых с международным участием*. – Томск: Томский государственный архитектурно-строительный университет, 2015. – С. 408–411.
23. Камалиев, Р.Т. Портландцемент с добавкой ультрадисперсных кремнеземов / Р.Т. Камалиев, В.И. Корнеев, А.С. Брыков // *Цемент и его применение*. – 2009. – №1. – С. 86–89.
24. Айлер, Р. *Химия кремнезема* / Р. Айлер. – М.: Мир, 1982. – Ч. 1, 2. – 1127 с.

25. Шабанова, Н.А. Основы золь-гель технологии нанодисперсного кремнезема / Н.А. Шабанова, П.Д. Саркисов. – М.: ИКЦ “Академкнига”, 2004. – 208 с.
26. Шабанова, Н.А. Химия и технология нанодисперсных оксидов / Н.А. Шабанова, В.В. Попов, П.Д. Саркисов. – М.: ИКЦ “Академкнига”, 2006. – 286 с.
27. Кручинина, Л.П. Эффективный связующий материал высоко-глиноземистого волокна / Л.П.Кручинина, Е.В. Важенин // Цветные металлы. – 1981. – №9. – С. 51–53.
28. Кудрявцев, П.Г. Методы синтеза, свойства и применения кремнезелей для получения композиционных материалов. Часть II / П.Г.Кудрявцев // Инженерный вестник Дона. – 2018. – №3.
29. Кудрявцев, П.Г. Применение золь-гель процессов для получения ультралегковесных композиционных материалов / П.Г. Кудрявцев, М.В. Кропачева, О.Б. Кавалерова, В.Г. Пилипенко, О.А. Воробьев, И.Л. Казакова // Композиционные материалы на основе дисперсных систем: сб. – Пермь, 1991. – С. 19–23.
30. Кудрявцев, П.Г. Золь-гель процессы и некоторые его технологические приложения / П.Г. Кудрявцев, В.В. Вольхин // Золь-гель процессы получения неорганических материалов: сб. тез. докл. семинара. – Пермь, 1991. – С.3–5.
31. Елисеева, Н.Н. Неавтоклавный пенобетон на основе стабилизатора коллоидной природы / Н.Н. Елисеева // Известия ПГУПС. – 2010. – № 3 – С. 226–238
32. Елисеева, Н.Н. Повышение качества неавтоклавного пенобетона путем стабилизации пены / А.М. Сычева, Н.Н. Елисеева, С.А. Самборский // Бетон и железобетон. – 2010. – №5. – С.13–15.
33. Figovsky, O. Advanced nanomaterials based on soluble silicates / O. Figovsky, P. Kudryavtsev // Scientific Israel – Technological Advantages. – 2014. – Vol.16, No.3.
34. Помогайло, А.Д. Гибридные полимер-неорганические нанокompозиты / А.Д. Помогайло // Успехи химии. – 2000. – № 69 (1). – С. 60–89.
35. Логанина, В.И. Известковые отделочные составы на основе золь-гель технологии / В.И.Логанина, О.А.Давыдова // Строительные материалы. – 2009. – №3. – С.50–52.
36. Логанина, В.И. Золь-гель-технология для синтеза кремнийсодержащей добавки известковых отделочных составов / В.И. Логанина, Н.А. Прошина, О.А. Давыдова // Строительные материалы. – 2009. – №7. – С.48–50.
37. Логанина, В.И. Реологические свойства известковых растворов на основе активированного диатомита/ В.И.Логанина, И.А.Аверин, О.А.Давыдова, Е.Е.Симонов // Приволжский научный журнал. – 2012. – №3. – С.71–74.
38. Логанина, В.И. Исследование закономерностей влияния золя кремниевой кислоты на структуру и свойства диатомита / В.И. Логанина, О.А. Давыдова, Е.Е. Симонов // Строительные материалы. – 2011. – №12. – С.63–66.
39. Сватовская, Л.Б. Повышение качества неавтоклавного пенобетона добавками наноразмера / Л.Б. Сватовская, А.М. Сычева, Н.Н. Елисеева // Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал. – 2011. – № 1. – С. 50–62.
40. Сватовская, Л.Б. Повышение качества неавтоклавного пенобетона добавками наноразмера / Л.Б. Сватовская, А.М. Сычева, Н.Н. Елисеева // Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал. – 2011. – № 1. – С. 50–62.
41. Максимов, А.И. Основы золь-гель технологии нанокompозитов / А.И. Максимов, В.А. Мошников, Ю.М. Таиров, О.А. Шилова. – СПб.: ООО «Техномедиа», Изд-во «Элмор», 2007. – 255 с.
42. Wang, D. Sol-gel coatings on metals for corrosion protection / D. Wang, G.P. Bierwagen // Progress in Organic Coatings. – 2009. – Vol. 64. – P. 327–338.
43. Логанина, В.И. Свойства жидкого стекла с добавкой золя кремниевой кислоты / В.И. Логанина, С.Н. Кислицына, Е.Б. Мажитов // Известия вузов. Строительство. – 2017. – №8. – С.74–79.
44. Логанина, В.И. Разработка рецептуры золь-силикатной краски / В.И. Логанина, С.Н. Кислицына, Е.Б. Мажитов // Региональная архитектура и строительство. – 2017. – №3(32). – С.51–53.

45. Логанина, В.И. Технологические свойства золь-силикатной краски / В.И. Логанина, С.Н. Кислицына, Е.Б. Мажитов // Вестник БГТУ им. В.Г.Шухова. – 2018. – №2. – С.17–21.

46. Логанина, В.И. Анализ качества внешнего вида силикатных покрытий методомомно-силовой микроскопии / В.И. Логанина, Е.Б. Мажитов // Вестник МГСУ. – 2018. – Том.13, вып.5(116). – С.426–435.

## References

1. Korolev, E.V. Modification of building materials with nanocarbon tubes and fullerenes / E.V. Korolev, Yu.M. Bazhenov, V.A. Beregovoy // Building materials. – 2006. – No. 8. – P. 2–4.

2. Bazhenov, Yu.M. Nanotechnology and nanomodification in building materials science. Foreign and domestic experience / Yu.M. Bazhenov, E.V. Korolev // Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. – 2007. – No. 2. – P. 16–19.

3. Bazhenov, Yu.M. Nanomaterials and nanotechnologies in modern concrete technology / Yu.M. Bazhenov, V.R. Falikman, B.I. Bulgakov // Vestnik MGSU. – 2012. – No. 12. – P. 125–133.

4. Hay, J. N., Raval, H.M. // Sol-Gel Sci. Tech. – 1998. – Vol. 13. – P.109.

5. Tamaki, R, Horiguchi, T. // Chemical Society of Japan. – 1998. – № 71. – P. 2749–2756.

6. Kondrat'ev, V.V. Theory and practice of the processes of flotation enrichment of nanoscale media / V.V. Kondrat'ev [et al.]. – Irkutsk: ISTU Publ., 2015. – 160 p.

7. Ivanchik, N. Use of Nanosilica Recovered from the Finely Dispersed By-product of the Electro-thermal Silicon Production for Concrete Modification: 2nd International Conference on Industrial Engineering, ICIE 2016 / N. Ivanchik, V. Kondrat'ev, A. Chesnokova // Procedia Engineering. – 2016. – Vol. 150. – P. 1567–1573.

8. Potapov, V.V. Physicochemical characteristics of nanosilica (sol, nanopowder) and silica fume / V.V. Potapov, D.S. Gorev // Fundamental research. – 2018. – No. 6. – P. 23–29

9. Kalashnikov, V.I. Concretes: macro-, micro-, nano- and picoscale raw materials. Real nanotechnology of concrete / V.I. Kalashnikov // Days of modern concrete: collection. conference reports. – Zaporozhye, 2012. – P. 38–50.

10. Bogush, G.H. Preparation of monodisperse silica particles: control of size and mass fraction / G.H. Bogush, M.A. Tracy, C.F. Zukoski // Journal of Non-Crystalline Solids. – 1988. – Vol. 104, No. 1. – P. 95–106.

11. Hench, L. L., West, J. K. The Sol-Gel process / L.L. Hench, J.K. West // Chemical Reviews. – 1990. – Vol. 90, No. 1. – P. 33–72.

12. Klabunde, K.J. Nanoscale Materials in Chemistry / K.J. Klabunde. – Wiley-Interscience, New York, NY, USA, 2001.

13. Matsoukas, T. Dynamics of growth of silica particles from ammonia-catalyzed hydrolysis of tetra-ethylorthosilicate / T Matsoukas., E. Gulari // Journal of Colloid and Interface Science. – 1988. – Vol. 124, No. 1. – P. 252–261.

14. Rahman, I.A. Synthesis of Silica Nanoparticles by Sol-Gel: Size-Dependent Properties, Surface Modification, and Applications in Silica-Polymer Nanocomposites-A Review / I.A. Rahman, V. Padavettan // Journal of Nanomaterials. – 2012. – Vol. 2012. – Article ID 132424. – 15 p.

15. Reverchon, E. Nanomaterials and supercritical fluids / E. Reverchon, R. Adami // Journal of Supercritical Fluids. – 2006. – Vol. 37, No. 1. – P. 1–22.

16. Saleh, N.J. Characterization of nano-silica prepared from local silica sand and its application in cement mortar using optimization technique / N.J. Saleh, R.I. Ibrahim, A.D. Salman // Advanced Powder Technology. – 2015. – No.26. – P.1123–1133.

17. Abzaev, Yu.A. Modeling the structural state of amorphous tarkosil / Yu.A. Abzayev N.O. Kopanitsa, V.A. Klimenov // Bulletin of the Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering. – 2015. – No. 3. – P. 121–133.

- 
18. Sakthivel, R. Experimental investigation on behaviour of nano concrete / R. Sakthivel // *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)*. – March-April 2016. – Vol. 7, Issue 2. – P. 315.
  19. The effect of silica fume additives on alite hydration and sulfate resistance of cement stone / L.Ya. Kramar, B.Ya. Trofimov, L.S. Talisman, F.M. Ivanov, V.M. Sausages // *Cement*. – 1989. – No. 6. – P. 14–17.
  20. Abzayev, S.A. Modeling the structural state of amorphous tarkosil / S.A. Abzayev, N.O. Kopanitsa, V.A. Klimenov [et al.] // *Bulletin of Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering*. – 2015. – No. 3. – P. 121–133.
  21. Demyanenko, O.V. The effect of nanosized silicon dioxide on the properties of cement stone / O.V. Demyanenko, N.O. Kopanitsa, Yu.S. Sarkisov // *Youth, science, technology: new ideas and perspectives (MHT-2015): selected reports of the II International Scientific Conference of Students and Young Scientists*. – Tomsk, 2016. – P. 193–196.
  22. Demyanenko, O.V. The effect of silicon dioxide nanoparticles on the performance properties of cement systems / O.V. Demyanenko, N.O. Kopanitsa // *Materials of the II All-Russian Scientific Conference of Young Scientists with International Participation*. – Tomsk: Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering, 2015. – P. 408–411.
  23. Kamaliev, R.T. Portland cement with the addition of ultrafine silica / R.T. Kamaliev, V.I. Korneev, A.S. Brykov // *Cement and its application*. – 2009. – №1. – P. 86–89.
  24. Euler, R. *Chemistry of Silica* / R. Euler. – M.: Mir, 1982. – Part 1, 2. – 1127 p.
  25. Shabanova, N.A. The basics of sol-gel technology of nanosized silica / N.A. Shabanova, P.D. Sarkisov. – M.: IKC «Akademkniga», 2004. – 208 p.
  26. Shabanova, N.A. Chemistry and technology of nanosized oxides / N.A. Shabanova, V.V. Popov, P.D. Sarkisov. – M.: IKC «Akademkniga», 2006. – 286 p.
  27. Kruchinina, L.P., Vazhenin E.B. // *Czvetny'e metally*. – 1981. – No9. – P. 51–53.
  28. Kudryavtsev, P.G. Synthesis methods, properties and applications of silica sol for the production of composite materials. Part II / P.G. Kudryavtsev // *Engineering Bulletin of the Don*. – 2018. – No3.
  29. Kudryavtsev, P.G. Application of Sol-gel processes for obtaining ultra-lightweight composite materials / P.G. Kudryavtsev, M.V. Kropacheva, O.B. Kavalerova, V.G. Pilipenko, O.A. Vorobiev, I.L. Kazakova // *Composite materials based on disperse systems: sb.* – Perm, 1991. – P. 19–23.
  30. Kudryavtsev, P.G. Sol-gel processes and some of its technological applications / P.G. Kudryavtsev, V.V. Volkhin // *Sol-gel processes for the production of inorganic materials: in sat thesis. doc. workshop*. – Perm, 1991. – P.3–5.
  31. Eliseeva, N.N. Non-autoclave foam concrete based on a stabilizer of colloidal nature / N.N. Eliseeva // *Izvestia PGUPS*. – 2010. – No. 3. – P. 226–238.
  32. Eliseeva, N.N. Improving the quality of non-autoclave foam concrete by stabilizing the foam / A.M. Sycheva, N.N. Eliseeva, S.A. Samborsky // *Concrete and reinforced concrete*. – 2010. – No. 5. – P.13–15.
  33. Figovsky, O. Advanced nanomaterials based on soluble silicates / O. Figovsky, P. Kudryavtsev // *Scientific Israel – Technological Advantages*. – 2014. – Vol.16, No.3.
  34. Pomogaylo, A.D. Hybrid polymer-inorganic nanocomposites / A.D. Pomogaylo // *Advances in Chemistry*. – 2000. – № 69 (1). – P. 60–89.
  35. Loganina, V.I. Lime finishing compositions based on sol-gel technology / V.I. Loganina, O.A. Davydova // *Building materials*. – 2009. – No. 3. – P.50–52.
  36. Loganina, V.I. Sol-gel technology for the synthesis of silicon-containing additives of calcareous finishes / V.I. Loganina, N.A. Proshina, O.A. Davydova // *Building materials*. – 2009. – No. 7. – P.48–50.
  37. Loganina, V.I. Rheological properties of lime solutions based on activated diatomite / V.I. Loganina, I.A. Averin, O.A. Davydova, E.E. Simonov // *Volga Scientific Journal*. – 2012. – No. 3. – P.71–74.
  38. Loganina, V.I. The study of the laws of the influence of silicic acid sol on the structure and properties of diatomite / V.I. Loganina, O.A. Davydova, E.E. Simonov // *Building materials*. – 2011. – No. 12. – P.63–66.

- 
39. Svatovskaya, L.B. Improving the quality of non-autoclave foam concrete with nanoscale additives / L.B. Svatovskaya, A.M. Sycheva, N.N. Eliseeva // *Nanotechnology in construction: a scientific online journal*. – 2011. – No. 1. – P. 50–62.
40. Svatovskaya, L.B. Improving the quality of non-autoclave foam concrete with nanoscale additives / L.B. Svatovskaya, A.M. Sycheva, N.N. Eliseeva // *Nanotechnology in construction: a scientific online journal*. – 2011. – No. 1. – P. 50–62.
41. Maksimov, A.I. The basics of sol-gel technology of nanocomposites / A.I. Maksimov, V.A. Moshnikov, Yu.M., Tairov O.A. Shilova. – SPb .: Technomedia LLC; Elmore Publishing House, 2007. – 255 p.
42. Wang, D. Sol-gel coatings on metals for corrosion protection / D. Wang, G.P. Bierwagen // *Progress in Organic Coatings*. – 2009. – Vol. 64. – P. 327–338.
43. Loganina, V.I. Properties of liquid glass with the addition of a silica sol / V.I. Loganina, S.N. Kislitsyna, E.B. Mazhitov // *News of universities. Construction*. – 2017. – No. 8. – P.74–79.
44. Loganina, V.I. Formulation of sol-silicate paint / V.I.Loganina, S.N.Kislitsyna, E.B. Mazhitov // *Regional architecture and construction*. – 2017. – No.3 (32). – P.51–53.
45. Loganina, V.I. Technological properties of sol silicate paint / V.I. Loganina, S.N. Kislitsyna, E.B. Mazhitov // *Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov*. – 2018. – №2. – P.17–21.
46. Loganina, V.I. Analysis of the quality of the appearance of silicate coatings by atomic force microscopy / V.I.Loganina, E.B. Mazhitov // *Vestnik MGSU*. – 2018. – Vol.13, issue 5 (116). – P.426–435.

Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства

Россия, 440028, г. Пенза,  
ул. Германа Титова, д.28,  
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

**Логанина Валентина Ивановна,**  
доктор технических наук, профессор,  
зав. кафедрой «Управление качеством  
и технология строительного производства»  
E-mail: loganin@mai.ru

*Penza State University of Architecture  
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,  
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

**Loganina Valentina Ivanovna,**  
Doctor of Sciences, Professor,  
Head of the department «Quality management  
and construction technologies»  
E-mail: loganin@mai.ru

## ОЦЕНКА ДОСТОВЕРНОСТИ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В.И. Логанина

Приведен обзор литературы о методах оценки достоверности контроля качества продукции. Показано совместное влияние неопределенности измерения и состояния технологического процесса производства на результаты достоверности контроля на примере керамического кирпича. Установлено, что при нестабильном процессе с увеличением значения стандартной неопределенности решение контролера об идентификации марки кирпича может быть ошибочным. Показано на примере сухих строительных смесей, что достоверность контроля с увеличением количества контролируемых параметров снижается.

*Ключевые слова: достоверность контроля, риск производителя и потребителя, неопределенность измерения, полнота контроля*

## RELIABILITY OF QUALITY CONTROL OF BUILDING MATERIALS

V.I. Loganina

A review of the literature on methods for assessing the reliability of product quality control is given. The joint effect of the measurement uncertainty and the state of the production process on the results of the reliability of control is shown on the example of ceramic bricks. It is found that in an unstable process with an increase in the standard uncertainty value, the controller's decision to identify the brand of brick may be wrong. It is shown by the example of dry building mixtures that the reliability of control decreases with an increase of the number of controlled parameters.

*Keywords: reliability of control, producer and consumer risk, measurement uncertainty, completeness of control*

Для контроля качества строительных материалов предусматривается многоступенчатая система контроля, включающая в себя:

- входной контроль качества сырья;
- операционный контроль;
- приёмочный контроль.

Контроль качества строительных материалов, изделий, конструкций осуществляется путём их сплошной или выборочной проверки [1, 2]. Целью контроля является определение технического состояния объекта и прогноз его изменения, а также выявление дефектов и определение их характера. В результате контроля устанавливается возможность эксплуатации объекта.

Ошибки контроля связаны с достоверностью метода контроля и ошибками испытаний (измерений) [3–5].

**Достоверность контроля** есть мера определенности результатов контроля. Контролю подвергается только часть показателей объекта контроля (ОК). Поэтому полу-

чаемая в результате контроля информация содержит неопределенность. Достоверность контроля зависит от точности измерений и объема контроля.

Решение о техническом состоянии ОК принимается на основе сравнения показателя качества с допусками. Показатель качества вычисляется по измеренным значениям контролируемых показателей. Поэтому достоверность контроля есть достоверность принятия решений по показателям качества.

Существует несколько оценок достоверности (абсолютная, относительная и т.п.).

**Абсолютная достоверность результатов контроля** – вероятность принятия правильного решения при контроле. Достоверность контроля  $P_d$  может быть определена по формуле

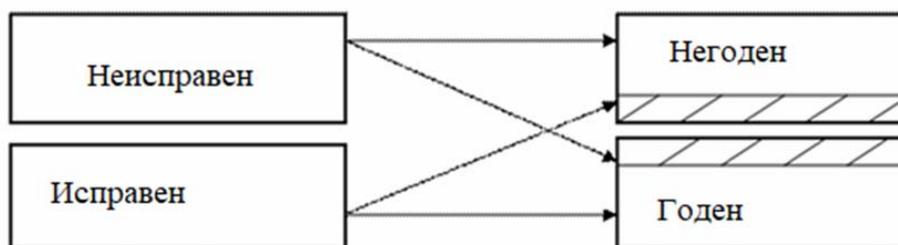
$$P_d = 1 - \alpha - \beta, \quad (1)$$

где  $\alpha$  – ошибка первого рода (риск изготовителя, вероятность того, что работоспособный объект признан негодным);  $\beta$  – ошибка второго рода (риск потребителя, вероятность того, что неработоспособный объект признан годным).

Формула (1) предложена А.Б. Шаевичем [6, 7], она используется и другими авторами, например [8–11].

В соответствии с ГОСТ Р 8.731-2010 «Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Системы допускового контроля. Основные положения» требования к показателям достоверности контроля устанавливают, основываясь на необходимости исключить или снизить до допустимого уровня риск принятия неправильного решения о состоянии объекта контроля.

Если объект характеризуется одним показателем, для которого установлен один допуск, например контролируемый показатель не должен превышать предельного значения  $C$ , объект признают годным при выполнении условия  $x \leq C$ , в противном случае объект признают бракованным. Такой контроль называют одномерным двухальтернативным (см. рисунок).



Формирование результата при двухальтернативном контроле

Как правило, качество продукции может быть описано более чем одним показателем. Такой контроль называют многомерным многоальтернативным.

Решение задач многомерного многоальтернативного контроля сводится к многократному решению задач одномерного двухальтернативного контроля.

Вероятности  $P_{Г-Б}$  (событие признания годного объекта бракованным),  $P_{Б-Г}$  (событие признания бракованного объекта годным),  $P_{Г-Г}$  (событие признания годного объекта годным),  $P_{Б-Б}$  (событие признания бракованного объекта бракованным) составляют полную группу событий, т.е.  $P_{Г-Г} + P_{Г-Б} + P_{Б-Г} + P_{Б-Б} = 1$ .

$\Gamma_x$  – наибольшее значение, превышающее границу допуска  $C$ , которое может принимать контролируемый показатель  $x$  с заданной вероятностью  $P_d$  (как правило, это значение вероятности не превосходит значений 0,01; 0,05), при условии, если по результатам контроля принято решение, что  $x \leq C$ .

Если допустимые значения ограничиваются условием  $x \geq C$ , то  $\Gamma_x$  означает наименьшее значение, которое может принимать контролируемый показатель с вероят-

ностью не более  $P_d$ , при условии принятия по результатам контроля решения, что  $x$  находится в пределах допуска, т.е.  $x \leq C$ .

В простейшем случае однопараметрического (одномерного) двухальтернативного контроля с заданной верхней границей допуска  $x \leq C$

– отнесение действительно годного объекта к бракованным  $P_{Г-Б}$  задают выражением

$$P_{Г-Б} = \int_{-\infty}^C f(x) \int_{C-x}^{\infty} \varphi(\xi) d\xi dx, \quad (2)$$

где  $f(x)$  – плотность вероятности распределения контролируемого показателя;  $\varphi(\xi)$  – плотность вероятности распределения погрешности оценки значения контролируемого показателя  $x$ ;

– вероятность отнесения действительно бракованного объекта к годным  $P_{Б-Г}$  описываются выражением

$$P_{Б-Г} = \int_C^{\infty} f(x) \int_{-\infty}^{x-C} \varphi(\xi) d\xi dx. \quad (3)$$

Наибольшее значение  $\Gamma_x$ , превышающее границу допуска  $C$ , которое может принимать контролируемый показатель  $x$  с заданной вероятностью  $P_d$  при условии, что по результатам контроля принято решение отнести объект к годным  $x \leq C$ , может быть оценено на основании зависимости

$$P_d = \int_{\Gamma_x - C}^{\infty} \varphi(\xi) d\xi. \quad (4)$$

При этом необходимо найти такое значение  $\Gamma_x$ , при котором  $P_d$  примет заданное значение.

В ГОСТ Р 8.563–2009 предлагается нормировать комплексный показатель  $P_d$ . Эту величину нужно нормировать на уровне действующего ГОСТ 8.051–81 ( $P_d \geq 95\%$ ).

Достоверность контроля есть степень доверия к принимаемым решениям в процессе контроля и определяется мерой их определённости после контроля объекта. В качестве показателя достоверности используется вероятность принятия правильного решения. Решение принимается на основе результатов сравнения показателя качества с допусками. Показатель качества вычисляется по измеренным значениям параметров. Поэтому достоверность контроля есть достоверность принятия решений по показателю качества. Если показателей качества несколько, то достоверность контроля определяется как мера определённости решений по всем показателям качества.

Достоверность контроля зависит от следующих факторов:

- 1) законов распределения вероятностей контролируемых показателей и их параметров;
- 2) количества этих величин и полноты контроля;
- 3) степени зависимости показателей;
- 4) законов распределения погрешностей измерений и их параметров;
- 5) законов распределения контролируемых показателей с погрешностью измерения (аддитивный, мультипликативный);
- 6) времени контроля;
- 7) способа выбора контролируемых и контрольных допусков на проверяемые показатели;
- 8) метода принятия решений (оптимальный, квазиоптимальный) о состоянии объекта контроля;
- 9) скорости старения информации за время контроля;
- 10) выбранного алгоритма контроля (последовательность проверки, наличие параллельных проверок);

- 
- 11) наличия методических ошибок, обусловленных процедурой контроля;
  - 12) интервала времени прогнозирования и выбора метода прогнозирования;
  - 13) надежностных характеристик объекта контроля и надежности системы контроля;
  - 14) количества принимаемых решений (количество областей допустимых значений);
  - 15) выбранного метода оценки;
  - 16) характера случайного процесса (марковский, немарковский, нормальный, ненормальный), характеризующего неконтролируемые показатели и погрешности измерений;
  - 17) точности задания стимулирующих (входных) воздействий;
  - 18) точности определения внешних условий при проведении контроля (температура, влажность).

Достоверность контроля – комплексное свойство, которое состоит:

- 1) инструментальной достоверности;
- 2) методической достоверности;
- 3) алгоритмической достоверности;
- 4) достоверности прогнозирования состояния объекта;
- 5) избирательной достоверности.

*Инструментальная достоверность* контроля  $D_{и}$  определяется инструментальными ошибками измерения, алгоритмом принятия решения о состоянии объекта контроля, количеством проверяемых показателей, статистическими характеристиками контролируемых параметров и погрешностей измерения.

*Методическая достоверность* контроля  $D_{м}$  обуславливается неполнотой контроля объекта, режимами контроля, методическими ошибками измерения.

*Алгоритмическая достоверность* контроля  $D_{а}$  определяется старением получаемой информации за время контроля.

*Избирательная достоверность* контроля  $D_{изб}$  обуславливается соответствием выбранного управляющего воздействия по использованию объекта контроля идентифицированному классу его состояний. Снижение избирательной достоверности вызывается несоответствием числа возможных управляющих воздействий по использованию объекта контроля числу идентифицируемых классов его состояний, что приводит к снижению эффективности использования объекта контроля.

**Инструментальная достоверность контроля качества строительных материалов.** В отраслевом стандарте ОСТ 1 00433-81 «Средства контроля технического состояния изделий авиационной техники. Методика определения характеристик инструментальной достоверности контроля» описана методика оценки инструментальной достоверности контроля.

Для определения характеристик инструментальной достоверности контроля необходимы следующие исходные данные:

- плотности распределения вероятностей значений контролируемых показателей изделия и вероятность  $Q$  работоспособности изделия по совокупности контролируемых показателей и вероятности  $q_i$  работоспособности изделия по каждому из контролируемых показателей в момент начала контроля изделия;
- плотности распределения вероятностей погрешностей измерений контролируемых показателей или интервалы, в которых находятся погрешности измерений;
- нижний и верхний допуски показателей  $a_i, b_i$ .

Для учета погрешности прибора при оценке достоверности контроля в соответствии с ГОСТ 8.051–81 учитываются: отношение погрешности измерения к полю допуска; параметры распределения контролируемого процесса; качество контролируемого процесса [12–14]. В качестве количественной оценки погрешности измерений в ГОСТ 8.051–81 используется величина среднеквадратического отклонения погрешности измерения, а в качестве количественной оценки качества контроли-

---

руемого процесса – отношение  $\frac{\Delta_{\text{тех}}}{\sigma_{\text{тех}}}$ , где  $\Delta_{\text{тех}}$  – поле допуска;  $\sigma_{\text{тех}}$  – среднее квадратическое отклонение контролируемого показателя.

В [15] описана методика аналитического расчёта показателей достоверности измерительного контроля, позволяющая проводить анализ достоверности при применении СИ заданного класса точности.

Вследствие ограниченной точности средств измерения, а также погрешностей, вызванных влиянием внешних факторов, имеется некоторая неопределенность измерения. В соответствии с ГОСТ Р 54500.3–2011 неопределенность измерений – параметр, относящийся к результатам измерений и характеризующий разброс значений [16–18]. Отклонения в результате разбраковки происходят в границах расширенной неопределенности измерения  $\pm U_i$ .

Не учитывая факт неопределенности измерения, можно получить ошибочные решения, особенно вблизи границ поля допуска, не давая возможности оценки действительной картины: находится ли контролируемый показатель в границах допуска или нет.

Модель измеренного  $i$ -го параметра объекта контроля имеет вид

$$X_i \pm U_i, \quad (5)$$

где  $U_i$  – расширенная неопределенность результата измерения;  $X_i$  – измеренное значение  $i$ -го параметра объекта.

Расширенная неопределенность результата измерения определяется выражением

$$U(X_i) = k u_c(X_i), \quad (6)$$

где  $k$  – коэффициент охвата, равный  $k=2$  при  $P=0,95$ ;  $u_c(X_i)$  – суммарная неопределенность, определяемая выражением

$$u_c(X_i) = \sqrt{u_A^2(X_i) + u_B^2(X_i)}; \quad (7)$$

здесь  $u_A(X_i)$  – стандартная неопределенность по типу А;  $u_B(X_i)$  – стандартная неопределенность по типу Б

Расчетные формулы для определения стандартных неопределенностей имеют вид:  
по типу А

$$u_A(X_i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}; \quad (8)$$

по типу Б

$$u_B(X_i) = \frac{\Delta X_i}{\sqrt{3}}. \quad (9)$$

Кроме того, при контроле каждого объекта эффективность применяемых решений на основе полученных результатов измерений обусловлена настройкой технологического процесса производства, т.е. его статистической стабильностью и воспроизводимостью [19–21]. Известно, что любой процесс подвержен совокупности причин изменчивости (вариабельности). К показателям, характеризующим воспроизводимость процесса производства, относятся индексы воспроизводимости  $C_p$  и  $P_p$  и индексы пригодности  $C_{pk}$  и  $P_{pk}$  процесса. Если среднее значение процесса отлично или может быть отлично от центра поля допуска, то для анализа процессов следует применять

индексы  $C_{pk}$  и  $P_{pk}$ . Эти индексы учитывают центрированность получаемых результатов.

Совместное влияние неопределенности измерения и состояния технологического процесса производства было рассмотрено в [22] на примере керамического кирпича марки 100. Установлено, что если процесс производства находится в состоянии статистической управляемости, т.е. стабилен, то с учетом неопределенности измерения марка кирпича остается равной 100. При нестабильном процессе с увеличением значения стандартной неопределенности по типу А решение контролера о идентификации марки кирпича 100 может быть ошибочным.

При увеличении значения среднеквадратического отклонения наблюдается повышение вероятности появления ошибок I и II рода. Самая маленькая степень рисков наблюдается для варианта, который характеризуется статистической стабильностью и воспроизводимостью производства. Значения вероятности возникновения ошибок I и II рода составляют соответственно 0,28 % и 0,269 %.

При невоспроизводимом процессе (индекс воспроизводимости  $C_p$  меньше 1,0) достоверность контроля значительно ниже. Так, если  $C_p = 0,43$ , то достоверность контроля составляет всего лишь 2,12 % (при числе измеряемых параметров, равном 4). При воспроизводимом процессе достоверность контроля в зависимости от числа измеряемых параметров составляет  $P_d = 93,716-99,45$  %. При невоспроизводимом процессе значительно возрастает риск потребителя. Так, при индексе воспроизводимости  $C_p$ , равном  $C_p = 0,691$ , риск потребителя составляет  $\beta_i = 0,331$ , а при  $C_p = 0,43$   $\beta_i = 0,5820$ .

Аналогичные выводы были получены при контроле качества бетонных изделий (бетонные стеновые камни) [23–25]. В соответствии с ГОСТ 6133-84 «Камни бетонные стеновые. Технические условия» в число показателей качества стеновых камней входят марка камней, размеры, влажность, морозостойкость, отклонения от прямолинейности ребер, число отбитых и притупленных ребер и углов на одном изделии и т.д. Рассчитана достоверность при учете только некоторых показателей, а именно прочности, размеров, влажности для случаев равномерного и нормального законов распределения показателей качества блоков и равномерного закона распределения ошибки измерения для обоих случаев. Результаты расчета свидетельствуют, что только для 5 показателей качества блоков при равномерном законе их распределении достоверность составляет 0,7301, а при использовании нормального распределения – 0,8924. Последнее означает, что если все измеренные значения показателей лежат внутри допустимых пределов, то фактические значения для 10,76 % продукции могли оказаться вне разрешенных пределов.

При увеличении числа показателей качества достоверность контроля уменьшается.

В работе [26] приведен пример расчета достоверности контроля в зависимости от числа контролируемых параметров на примере сухих строительных смесей (ССС) плотностью менее  $1300 \text{ кг/м}^3$ . Оценка достоверности контроля качества была проведена по следующими показателями:

- плотность;
- подвижность;
- водоудерживающая способность;
- прочность на сжатие;
- водопоглощение при капиллярном подсосе;
- прочность сцепления.

Показано, что достоверность контроля с увеличением количества контролируемых параметров снижается. При числе контролируемых показателей  $n=4$  значение достоверности контроля составляло 97 %, а при числе  $n=10$  – 94,6 %. Для ССС при числе контролируемых параметров  $n=10$  и выше достоверность контроля становится меньше нормативного значения. В соответствии с ГОСТ 33083-2014 число контролируемых

показателей качества ССС, растворной смеси и затвердевшего раствора составляет  $n=12$ . Следовательно, достоверность контроля  $P_d$  меньше  $P_n \geq 95\%$ .

**Методическая достоверность контроля.** Анализ научно-технической и нормативной литературы свидетельствует о том, что контроль строительной продукции зачастую является неполным. Ряд показателей определяют не при приемо-сдаточных испытаниях каждой партии сухой смеси, а при периодических испытаниях партии. Так, например, в соответствии с ГОСТ 31357-2013 «Смеси сухие строительные на цементном вяжущем. Общие технические условия» такие показатели, как прочность на растяжение при изгибе, прочность сцепления с основанием и водопоглощение затвердевшего раствора определяют не при приемо-сдаточных испытаниях каждой партии сухой смеси, а при периодических испытаниях в сроки, согласованные с потребителем, но не реже одного раза в месяц. Поэтому получаемая в результате контроля качества каждой партии ССС информация содержит неопределенность.

В [27] приведен пример расчета достоверности контроля качества сухих строительных смесей в зависимости полноты контроля. В качестве примера был взят легкий штукатурный раствор плотностью менее  $1300 \text{ кг/м}^3$  в соответствии с классификацией по ГОСТ 33083-2014 «Смеси сухие строительные на цементном вяжущем для штукатурных работ. Технические условия».

Установлено, что при контроле всех 6 параметров качества ССС достоверность контроля составляет  $P = 0,96-0,98$ , риск производителя  $\alpha = 0,006759469-0,014858218$ , риск потребителя  $\beta = 0,007880069-0,022369576$  в зависимости от значения СКО погрешности. При контроле только четырех параметров качества ССС достоверность контроля выше допустимой  $P_d$ , равной  $0,95$ , за исключением 7-го варианта, когда не контролируется прочность сцепления. В этом случае достоверность контроля составляет  $P=0,82-0,83$ , что значительно ниже допустимого значения. Из этого следует, что показатель прочности сцепления должен быть включен в приемо-сдаточные испытания при контроле каждой партии ССС.

Данные свидетельствуют, что значения рисков производителя и потребителя уменьшаются при уменьшении СКО погрешности. Так, при СКО, равном  $0,05 \cdot \frac{\Delta}{2}$ , риск производителя составляет  $0,00241$ , а при  $0,1 \cdot \frac{\Delta}{2} - 0,00592$ . Достоверность контроля при уменьшении СКО увеличивается.

**Алгоритмическая достоверность контроля.** Под алгоритмической структурой контроля и управления понимается совокупность алгоритмов по отдельным режимам работы технологического процесса с указанием условий перехода с одного режима работы на другой [28–30].

Для адекватного функционирования системы контроля необходимо разработать алгоритмы обработки информации, поступающей от датчиков. Важное значение в АСУ технологических процессов имеет достоверность информации, так как на основании имеющейся информации принимаются решения. Информация в систему может поступать как с датчиков, так и вводиться оператором процесса в систему (например, задающие воздействия).

### Список литературы

1. РМГ 63–2003. ГСИ. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Метрологическая экспертиза технической документации. – М., 2003.
2. ГОСТ Р 8.563–2009. ГСИ. Методики (методы) измерения. – М., 2009.
3. Серых, В.И. Многопараметрический контроль продукции: достоверность и затраты / В.И. Серых, С.П. Порватов, В.И. Сединин // Методы менеджмента качества. – 2010. – №5. – С.48–52.
4. Серых, В.И. Использование метода условных оценок для выбора системы контролируемых параметров при оценке качества РЭА / В.И. Серых, А.В. Козлов //

Широкополосные радиотехнические цепи и устройства ВЧ и СВЧ. – Новосибирск: НЭТИ, 1987. – С. 125–131.

5. Серых, В.И. Информационный критерий оценки состояния технологических процессов производства радиоэлектронной аппаратуры / В.И. Серых // Широкополосные радиотехнические цепи и устройства ВЧ и СВЧ: межвузовский сборник научных трудов. – Новосибирск: НЭТИ, 1987. – С. 145–151.

6. Шаевич, А.Б. Измерение и нормирование химического состава веществ / А.Б. Шаевич. – М.: Стандарты, 1971. – 280 с.

7. Шаевич, А.Б. Стандартные образцы для аналитических целей / А.Б. Шаевич. – М.: Химия, 1987. – 184 с.

8. Рубичев, Н.А. Достоверность допускового контроля качества / Н.А. Рубичев, В.Д. Фрумкин. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 172 с.

9. Фрумкин, В.Д. Достоверность контроля средств радиоизмерений и контрольные допуски / В.Д. Фрумкин, Н.А. Рубичев, А.Б. Котляр. – М.: Изд-во стандартов, 1975. – 86 с.

10. Данилевич, С.Б. Оценка доверительной вероятности при вычислении рисков заказчика и производителя методом имитационного моделирования / С.Б. Данилевич, С.С. Колесников // Методы менеджмента качества. – 2006. – № 3. – С. 37–39.

11. Кулиш, Н.С. Расчет показателей достоверности измерительного контроля многопараметрических систем / Н.С. Кулиш, В.М. Конопацкий // Измерительная техника. – 1976. – № 12. – С.8–10.

12. Данилевич, С.Б. Разработка и метрологический анализ методик выполнения измерений и методик выполнения контроля / С.Б. Данилевич // Измерительная техника. – 2001. – № 4. – С. 4–18.

13. Данилевич, С.Б. Вычисление достоверных оценок вероятностей брака поверки средств измерений / С.Б. Данилевич // Измерительная техника. – 1987. – № 10. – С.14–16.

14. Данилевич, С.Б. Применение компьютерных технологий при разработке эффективных методик контроля качества продукции / С.Б. Данилевич // Законодательная и прикладная метрология. – 2006. – № 2. – С. 30–32.

15. Серых, В.И. Метод обоснования требований к точности средств измерительного контроля / В.И. Серых, Л.В. Гребцова // Вестник СибГУТИ. – 2012. – №1. – С.30–40

16. ГОСТ Р 54500.1-2011/Руководство ИСО/МЭК 98-1:2009. Неопределенность измерения. Часть 1. Введение в руководства по неопределенности измерения. – М., 2011.

17. ГОСТ Р 54500.3-2011/Руководство ИСО/МЭК 98-3:2008. Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения. – М., 2011.

18. ГОСТ Р 8.736-2011. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения. – М., 2011.

19. Логанина, В.И. К вопросу о регулировании технологических процессов производства бетона / В.И. Логанина // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2009. – № 3–4. – С. 42–45.

20. Логанина, В.И. К вопросу о системе контроля качества на предприятиях стройиндустрии / В.И. Логанина, Т.В. Учаева // Региональная архитектура и строительство. – 2010. – № 1. – С. 31–33.

21. Логанина, В.И. Статистическое управление производством строительных изделий / В.И. Логанина, Б.Б. Хрусталева, Т.В. Учаева // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2013. – Т. 1, № 3. – С. 65–67.

22. Логанина, В.И. Контроль качества строительных материалов и изделий с учетом неопределенности измерения и стабильности технологического процесса производства / В.И. Логанина, А.С. Милькина // Вестник БГТУ им. В.Г.Шухова. – 2018. – №10. – С.6–10.

- 
23. Логанина, В.И. К вопросу о достоверности контроля при производстве бетона / В.И. Логанина, А.Н. Круглова // Вестник БГТУ им. В.Г.Шухова. – 2011. – №4. – С.24–26.
24. Логанина, В.И. Достоверность контроля качества строительных материалов и изделий / В.И. Логанина, А.Н. Круглова // Вестник БГТУ им. В.Г.Шухова. – 2014. – №2. – С.16–18.
25. Логанина, В.И. К вопросу о достоверности контроля при производстве бетона / В.И.Логанина, А.Н. Круглова // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2011. – № 4. – С. 24–26.
26. Логанина, В.И. К вопросу о контроле качества сухих строительных смесей / В.И. Логанина, А.А. Федосеев, А.Д. Рыжов // Известия вузов. Строительство. – 2016. – №10–11.
27. Логанина, В.И. Определение количества показателей качества сухих строительных смесей с учетом достоверности контроля / В.И., Логанина Е.И. Куимова, А.Д. Рыжов // Вестник МГСУ. – 2017. – Т.12, вып.10(109). – С.1053–1059.
28. Кудрицкий, В.Д. Автоматизация контроля РЭА / В.Д. Кудрицкий, М.А. Сидница, В.И. Чинаев. – М.: Сов. радио, 1977. – 270 с.
29. РМГ 74-2004. Рекомендации по межгосударственной стандартизации. ГСИ. Методы определения межповерочных и межкалибровочных интервалов средств измерений. – М., 2004.
30. Самохина, А.С. Методика организации внутреннего контроля на предприятии производства строительных материалов / А.С. Самохина // Управленческий учет. – 2015. – № 11. – С. 84–93.

## References

1. RMG 63–2003. GSI. Ensuring the effectiveness of measurements in the management of technological processes. Metrological examination of technical documentation. – М., 2003.
2. GOST R 8.563–2009. GSI. Methods (methods) of measurement. – М., 2009.
3. Serykh, V.I. Multiparameter production control: reliability and costs / V.I. Serykh, S.P. Porvatov, V.I. Sedinin. // Methods of quality management. – 2010. – No5. – P.48–52.
4. Serykh, V.I. Using the method of conditional estimates to select a system of controlled parameters when assessing the quality of CEA / V.I. Serykh, A.V. Kozlov // Broadband radio circuits and devices of high-frequency and microwave. – Novosibirsk: Novosib. electrical engineer Inst., 1987. – P. 125–131.
5. Serykh, V.I. Information criterion for assessing the state of technological processes for the production of electronic equipment / V.I. Serykh // Broadband radio circuits and RF and microwave devices: Interuniversity collection of scientific papers. – Novosibirsk: NETI, 1987. – P. 145–151.
6. Shaevich, A.B. Measurement and rationing of the chemical composition of substances / A.B. Shaevich. – М.: Standards, 1971. – 280 p.
7. Shaevich, A.B. Standard samples for analytical purposes / A.B. Shaevich. – М.: Chemistry, 1987. – 184 p.
8. Rubichev, N.A. Reliability of tolerance quality control / N.A. Rubichev, V.D. Frumkin. – М.: Publishing house of standards, 1990. – 172 p.
9. Frumkin, V.D. Reliability of control of means of radio measurements and control tolerances / V.D. Frumkin, H.A. Rubichev, A.B. Kotlyar. – М.: Publishing house of standards, 1975. – 86 p.
10. Danilevich, S.B. Confidence Probability Assessment calculating the risks of the customer and the manufacturer by simulation / S.B. Danilevich, S.S. Kolesnikov // Methods of quality management. – 2006. – No. 3. – P. 37–39.
11. Kulish, N.S. Calculation of reliability indicators of measuring control of multiparameter systems / N.S. Kulish, V.M. Konopatsky // Measuring technique. – 1976. – No. 12. – P.8–10.

- 
12. Danilevich, S.B. Development and metrological analysis of measurement procedures and control procedures / S.B. Danilevich // *Measuring technique*. – 2001. – No. 4. – P. 4–18.
  13. Danilevich, S.B. Calculation of reliable estimates of the probabilities of marriage of verification of measuring instruments / S.B. Danilevich // *Measuring equipment*. – 1987. – No. 10. – P.14–16.
  14. Danilevich, S.B. The use of computer technology in the development of effective methods of product quality control / S.B. Danilevich // *Legal and applied metrology*. – 2006. – No. 2. – P. 30–32.
  15. Serykh, V.I. Method for substantiating the requirements for the accuracy of measuring control / V.I. Serykh, L.V. Grebtsova // *Bulletin of SibGUTI*. – 2012. – No 1. – P.30–40.
  16. GOST R 54500.1-2011 / ISO / IEC Guide 98-1: 2009 Measurement uncertainty. Part 1. Introduction to guides on measurement uncertainty. – M., 2011.
  17. GOST R 54500.3-2011 / ISO / IEC Guide 98-3: 2008 Measurement uncertainty. Part 3. Guidance on the expression of measurement uncertainty. – M., 2011.
  18. GOST R 8.736-2011 State system for ensuring the uniformity of measurements (GSI). Direct multiple measurements. Methods for processing measurement results. Key Points. – M., 2011.
  19. Loganina, V.I. On the issue of regulation of technological processes of concrete production / V.I. Loganina // *Bulletin of higher educational institutions. Construction*. – 2009. – No. 3–4. – P. 42–45.
  20. Loganina, V.I. On the issue of the quality control system at the enterprises of the construction industry / V.I. Loganina, T.V. Uchaeva // *Regional architecture and engineering*. – 2010. – No. 1. – P. 31–33.
  21. Loganina, V.I. Statistical management of the production of construction products / V.I. Loganina, B.B. Khrustaleva, T.V. Uchaeva // *East European Journal of Advanced Technologies*. – 2013. – Vol. 1, No. 3. – P. 65–67.
  22. Loganina, V.I. Quality control of building materials and products, taking into account the uncertainty of measurement and stability of the technological process of production / V.I. Loganina, A.S. Milkina // *Bulletin of BSTU. V.G. Shukhov*. – 2018. – No. 10. – P.6–10.
  23. Loganina, V.I. To the question of reliability of control in concrete production / V.I. Loganina, A.N. Kruglova // *Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov*. – 2011. – No4. – P.24–26.
  24. Loganina, V.I. Reliability of quality control of building materials and products / V.I. Loganina, A.N. Kruglova // *Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov*. – 2014. – No2. – P.16–18.
  25. Loganina, V.I. On the reliability of control in the production of concrete / V.I. Loganina, A.N. Kruglov // *Bulletin of the Belgorod State Technological University. V.G. Shukhov*. – 2011. – No. 4. – P. 24–26.
  26. Loganina, V.I. To the question of quality control of dry building mixtures / V.I. Loganina, A.A. Fedoseev, A.D. Ryzhov // *News of universities. Construction*. – 2016. – No. 10–11.
  27. Loganina, V.I. Determining the number of quality indicators of dry building mixtures, taking into account the reliability of the control / V.I. Loganina, E.I. Kuimova, A.D. Ryzhov // *Vestnik MGSU*. – 2017. – Vol. 12, Issue 10 (109). – P.1053–1059.
  28. Kudritsky, V.D. Automation control CEA / V.D. Kudritsky, M.A. Sinitsina, V.I. Chinaev. – M.: Sov. radio, 1977. – 270 p.
  29. RMG 74-2004. Recommendations on interstate standardization. GSI. Methods for determining the calibration and calibration intervals of measuring instruments. – M., 2004.
  30. Samokhina, A.S. Methodology of organizing internal control at the enterprise for the production of building materials / A.S. Samokhina // *Management Accounting*. – 2015. – No. 11. – P. 84–93.

Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства

Россия, 440028, г. Пенза,  
ул. Германа Титова, д.28,  
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

**Нежданов Кирилл Константинович,**  
доктор технических наук, профессор  
кафедры «Строительные конструкции»

**Гарькин Игорь Николаевич,**  
доцент кафедры «Управление качеством  
и технология строительного производства»  
E-mail: igor\_garkin@mail.ru

*Penza State University of Architecture  
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,  
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

**Nezhdanov Kirill Konstantinovich,**  
Doctor of Sciences, Professor  
of the department «Building constructions»

**Garkin Igor Nikolaevich,**  
Associate Professor of the department «Quality  
management and technology of building  
production»  
E-mail: igor\_garkin@mail.ru

## ПОДКРАНОВЫЕ БАЛКИ ЭЛЛИПТИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ С ПОВЫШЕННОЙ ВЫНОСЛИВОСТЬЮ

К.К. Нежданов, И.Н. Гарькин

Разрабатывается подкрановая балка эллиптического профиля с повышенной выносливостью; определяются её характеристики. Показаны преимущества ее использования по сравнению со стандартной сварной двутавровой балкой.

*Ключевые слова: строительные конструкции, подкрановые конструкции, подкрановая балка, выносливость, долговечность, момент инерции, эллиптический профиль*

## CRANE BEAMS OF ELIPTIC PROFILE WITH INCREASED ENDURANCE

К.К. Nezdanov, I.N. Garkin

An elliptical profile crane beam with increased endurance is being developed. Its characteristics are defined. The advantages of its use in comparison with a standard welded I-beam are shown.

*Keywords: building structures, crane structures, crane girders, elliptical profile, moment of inertia, endurance, durability*

Рост отечественной металлургической промышленности негативно сказывается на строительных конструкциях основных производственных фондов. Особую озабоченность вызывает низкий ресурс подкрановых конструкций. Так, в стальных подкрановых балках, согласно исследованиям [1], трещины возникают уже через 2-3 года интенсивной эксплуатации (при тяжелом режиме работе мостового крана – 7А, 8А). За это время в подкрановой балке накапливается до 6 миллионов циклов нагружений (один цикл – это один проход одного катка крана по сечению балки). Так как эксплуатация любых металлических конструкций с трещинами запрещена, актуальной становится задача по разработке высококачественных (долговечных) подкрановых конструкций. Для повышения долговечности подкрановых балок предлагается использовать различные улучшенные профили [2].

Сравним обычную сварную подкрановую балку двутаврового сечения с балкой эллиптического профиля. Балка выполнена из стали С255 ГОСТ 27772-88 (ВСт3 сп5) с расчетными сопротивлениями:

при изгибе  $R_y = 230$  МПа;

при срезе  $R_{cp} = 0,58 \cdot R_y = 133,4$  МПа;

коэффициент условия работы  $\gamma = 0,9$ ;

модуль упругости  $E = 206000$  МПа;

допустимый относительный прогиб  $1/n_0 = 1/600$ .

Данные для расчета подкрановой балки

Обозначение	Размерность	Величина
Нормативный момент в пролете $M_{np}$	гН·м	36943
Расчетный момент в пролете $M_{пр}$	гН·м	43751
Нормативный момент на опоре $M_{оп}$	гН·м	112940
Расчетный момент на опоре $M_{оп}$	гН·м	131774
$(R_y - 20) \cdot \gamma$	МПа	189
Поперечная сила на опоре $Q_{оп}$	гН	44746
Поперечная сила в месте начала жесткой вставки $Q$	гН	16688
Момент в горизонтальной плоскости $M_T$	гН·м	3860,6

Расчет производим в следующем порядке:

Требуемый момент сопротивления балки из условия прочности на изгиб:

$$W_{пр} = \frac{M}{\gamma \cdot (R_y - 20)} = \frac{4375100}{0,9 \cdot (230 - 20)} = 23148,8 \text{ см}^3.$$

Минимальный момент инерции балки из условия её достаточной жёсткости (нагрузка нормативная):

$$I_{\min} = \frac{0,1 M_n l n_0}{E} = \frac{0,1 \cdot 3694300 \cdot 2400 \cdot 500}{206000} = 2152020 \text{ см}^4.$$

Ориентировочная высота подкрановой балки:

$$h = \left[ \frac{1}{7} \dots \frac{1}{10} \right] \cdot l = \left[ \frac{1}{7} \dots \frac{1}{10} \right] \cdot 2400 = 342 \dots 240 \text{ см}.$$

Принимаем эллиптическое сечение (рис.1–3), имеющее характеристики:

диаметр трубы  $D=1420$  мм,

габариты эллиптического сечения  $a = 105,45$  см,  $b = 35,15$  см ;

момент инерции относительно оси  $x - I_x = 2578811,27 \text{ см}^4$  ;

момент сопротивления относительно оси  $x - W_x = 24294,03 \text{ см}^3$  ;

момент сопротивления относительно оси  $y - W_y = 24294,03 \text{ см}^3$  ;

момент инерции относительно оси  $y - I_y = 233112 \text{ см}^4$  ;

момент инерции на кручение –  $I_{кр} = 340407,89 \text{ см}^4$  ;

радиусы инерции –  $i_x = 64,58$  см,  $i_y = 19,42$  см ;

толщина стенки –  $t_{ст} = 1,4$  см ;

площадь сечения  $a=503,2 \text{ см}^2$ .

Минимальная площадь сечения стенки из условия прочности ее на срез (проверка прочности стенки на срез):

$$A_{ст} = \frac{1,5Q}{R_{сп}} = \frac{1,5 \cdot 44746}{133,4} = 503,2 \text{ см}^2.$$

Толщина стенки из условия прочности на срез:

$$t_{ст} = \frac{A_{ст}}{h_{ст}} = \frac{503,2}{200 \cdot 2} = 1,26 \text{ см} < 1,4 \text{ см}.$$

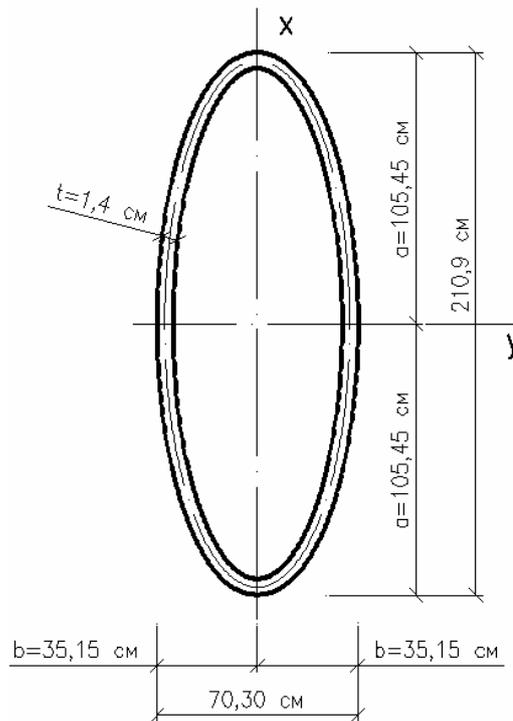


Рис. 1. Сечение балки в пролете

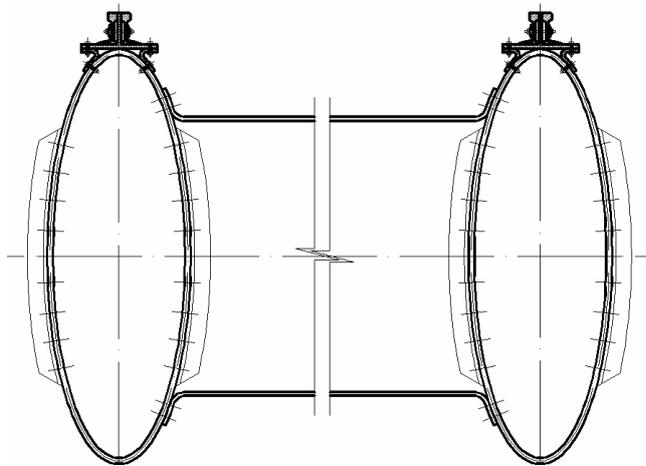


Рис. 2. Сечение подкрановой балки



Рис. 3. Модель подкрановой балки

Толщина стенки из условия гибкости стенки:

$$t_{ст} = \sqrt[3]{\frac{1,5W_x}{130^2}} = \sqrt[3]{\frac{1,5 \cdot 23148,8}{130^2}} = 1,3 \text{ см} < 1,4 \text{ см}.$$

Прочность стенки на срез обеспечена.

При проверке сечения балки на кручение работу рельсового блока не учитываем. Крутящий момент равен:

$$M_{кр} = T \cdot Y,$$

где  $Y$  – расстояние от места приложения тормозной силы до центра тяжести сечения.

$$M_{кр} = 365,75 \cdot 1,0545 = 385,68 \text{ гН} \cdot \text{м},$$

$$\tau_{кр} = \frac{M_{кр}}{W_{кр}} = \frac{385,68}{11,65} = 33,1 \text{ МПа},$$

$$n = \frac{H_H}{H_B} = \frac{105,45}{35,15} = 3,$$

$$W_{кр} = \frac{\pi}{16} \cdot n \cdot b_H^3 (1 - \alpha^4) = \frac{3,14}{16} \cdot 3 \cdot 9,515^3 (1 - 0,994^4) = 11,65 \text{ м}^3.$$

Прочность обеспечена.

Выполним проверку прочности сечения на действие горизонтального изгибающего момента. Тормозная балка предназначена для восприятия горизонтального изгибающего момента [3, 4]. В данном случае сечение балки способно само воспринять горизонтальный изгибающий момент. В связи с этим проверку прочности сечения выполняем без учета тормозной балки. Момент сопротивления крайней части сечения:

$$M = \frac{I_Y}{X_C} = \frac{233112}{35,15} = 6631,92 \text{ см}^3.$$

Напряжения в надпорной части балки:

$$\sigma_{п}^{оп} = \frac{M_{оп}}{W_{п}} = \frac{4375100}{6631,9} = 156 \text{ МПа}.$$

Прочность обеспечена.

Требуемый момент сопротивления балки из условия прочности на изгиб определяется по формуле

$$W_{тр} = \frac{M}{\gamma \cdot (R_y - 20)} = \frac{13177400}{0,9 \cdot (230 - 20)} = 697216,0 \text{ см}^3.$$

Принимаем составное сечение из эллиптических профилей. Ордината центра тяжести всего сечения относительно центра тяжести нижнего пояса балки

$$y_c = \frac{\sum S}{\sum A} = \frac{A_1 y_1 + A_2 y_2}{\sum A} =$$

$$= \frac{486,44 \cdot 82,95 + 618,39 \cdot (82,95 \cdot 2 + 105,45)}{486,44 + 618,36} = 188,75 \text{ см}.$$

Момент инерции сечения относительно оси, проходящей через центр тяжести сечения (главная центральная):

$$I_x = I_{x1} + A_1 a_1^2 + I_{x2} + A_2 a_2^2 = 2578811,3 + 618,39 \cdot 79,84^2 +$$

$$+ 1255303 + 486,44 \cdot 108,56^2 = 13508823,84 \text{ см}^4.$$

Момент сопротивления нижнего пояса:

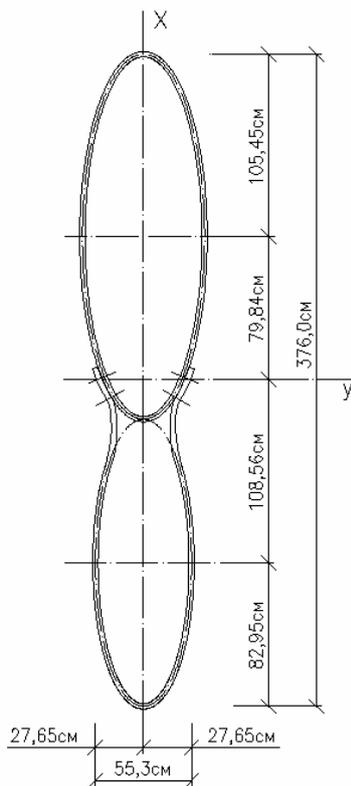
$$W_{ниж} = \frac{I_x}{h_{ниж}} = \frac{13508823,84 \text{ см}^4}{191,51 \text{ см}} = 70538,5 \text{ см}^3.$$

Напряжения на нижней грани балки:

$$\sigma_{х.в} = \frac{M}{W_{мин}} = \frac{13177400}{70538,5} = 186,9 \text{ МПа} < R_y = 230 \text{ МПа}.$$

Момент сопротивления верхнего пояса:

$$W_{верх} = \frac{I_x}{h_{верх}} = \frac{13508823,84 \text{ см}^4}{185,29 \text{ см}} = 72906,4 \text{ см}^3.$$



Напряжения на верхней грани балки

$$\sigma_{x.H.} = \frac{M}{W_{\min}} = \frac{13177400}{72906,4} = 180,7 \text{ МПа} < R_y = 230 \text{ МПа.}$$

Условие прочности выполняется. Наибольшие напряжения в подкрановой балке возникают при одновременном изгибе в вертикальной и горизонтальной плоскостях:

$$\sigma_b = \frac{M}{W_b} + \frac{M_T}{W_{пр}} =$$

$$186,9 + 39,23 = 226,13 \text{ МПа} < 230 \text{ МПа.}$$

Прочность при косом изгибе обеспечена.

Как показывает анализ (табл. 2), использование неразрезных подкрановых балок с эллиптическим профилем дает существенную (до 25 %) экономию металла в сравнении со стандартными сварными подкрановыми балками двутаврового сечения.

Рис. 4. Сечение подкрановой конструкции на опоре

Т а б л и ц а 2

Сравнение результатов

Варианты конструктивных решений подкрановых конструкций	Сечение подкрановой конструкции		Материалоемкость		Экономия металла, %
	На опоре	В пролете	кг	%	
Сварная подкрановая балка			19360	100 %	—
Подкрановая конструкция из эллиптического профиля			14475	75 %	25 %

Повышенный момент инерции положительно влияет на безопасность эксплуатации подкрановых конструкций, т.к. неразрезность балок исключает внезапное обрушение конструкций в зданиях цехов.

---

## Список литературы

1. Туманов, В.А. Повышение выносливости стальных подкрановых балок / В.А. Туманов // Региональная архитектура и строительство. – 2012. – № 1. – С. 75–82.
2. Нежданов, К.К. Способ проката двутаврового профиля сечения из низколегированной стали / К.К. Нежданов, И.Н. Гарькин // Строительная механика и расчет сооружений. – 2011. – № 4 (237). – С. 51–54.
3. Сабуров, В.Ф. Использование моделей упругого основания для анализа распределения локальных напряжений в стенке стальных составных балок / В.Ф. Сабуров // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2014. – № 4, т. 14. – С. 15–20.
4. Нежданов, К.К. Подкрановая балка с повышенным техническим ресурсом эксплуатации / К.К. Нежданов, И.Н. Гарькин // Региональная архитектура и строительство. – 2017. – № 3 (32). – С. 119–122.

## References

1. Tumanov, V.A. increasing the endurance of steel crane beams / V.A. Tumanov // Regional architecture and engineering. – 2012. – No. 1. – P. 75–82.
2. Nejdánov, K. K. Method of rolling I-beam profile of low-alloy steel / K.K. Nejdánov, I.N. Garkin // Construction mechanics and calculation of structures. – 2011. – No. 4 (237). – P. 51–54.
3. Saburov, V.F. The use of elastic base models to analyze the distribution of local stresses in the wall of steel composite beams / V.F. Saburov // Bulletin of the South Ural state University. Series: Construction and architecture. – 2014. – No. 4, vol. 14. – P. 15–20.
4. Nejdánov, K.K. Crane beam with increased technical resource of operation / K.K. Nejdánov, I.N. Garkin // Regional architecture and engineering. – 2017. – No. 3 (32). – P. 119–122.

Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства

Россия, 440028, г. Пенза,  
ул. Германа Титова, д.28,  
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

**Гарькин Игорь Николаевич,**  
доцент кафедры «Управление качеством  
и технология строительного производства»  
E-mail: igor\_garkin@mail.ru

*Penza State University of Architecture  
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,  
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

**Garkin Igor Nikolaevich,**  
Associate Professor of the department «Quality  
management and technology  
of building production»  
E-mail: igor\_garkin@mail.ru

## ПОВЫШЕНИЕ ВЫНОСЛИВОСТИ ПОДКРАНОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ: ИЗМЕНЕНИЕ СТАТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ

И.Н. Гарькин

Предлагаются методы усиления (повышения выносливости) подкрановых конструкций изменением статической схемы конструкции (рассматривается несколько вариантов). Даны рекомендации по повышению выносливости подкрановых балок.

*Ключевые слова: строительные конструкции, подкрановые конструкции, подкрановая балка, изменение статической схемы, выносливость, долговечность*

## INCREASE OF CRANE STRUCTURES ENDURANCE: CHANGE OF STATIC SCHEME

I.N. Garkin

Methods of strengthening (increasing endurance) of crane structures by changing the static structure scheme are proposed (several options are considered). Recommendations on increasing the endurance of crane beams are given.

*Keywords: building structures, crane structures, crane beam, changing the static circuit, endurance, durability*

Как показывают эмпирические данные [1], многие подкрановые конструкции на предприятиях народного хозяйства РФ требуют замены или усиления. Так как подкрановые конструкции – это материалоемкие элементы каркаса (на них приходится до 30 % всего металла), их замена является дорогостоящим мероприятием. Исходя из данного факта, предлагается проработать различные варианты повышения выносливости (усиления) подкрановых конструкций.

Одним из перспективных, по мнению автора, является способ изменения статической схемы конструкции. Он направлен в основном на повышение несущей способности балок и часто используется в связи с изменением условий эксплуатации.

Изменение статической схемы можно выполнить различными способами:

- подведение дополнительных опорных стоек;
- превращение статически определимых однопролетных балочных систем в неразрезные [2];
- введение новых стержневых элементов или систем;
- подведение дополнительных ферм или устройство только решетки и нижнего пояса.

Первый способ позволяет уменьшить пролет балок, за счет чего повышается несущая способность в 3 и более раза. Таким образом, возможны следующие варианты усиления путем подведения дополнительных стоек:

- усиление длинными подкосами;

- усиление короткими подкосами;
- усиление вертикальными стойками.

Усиление длинными подкосами позволяет не только увеличить несущую способность балки, но и уменьшить усилия в колоннах. Однако подкосы, работающие на сжатие, получаются несколько громоздкими, требуют благоприятного состояния под существующими опорами и наличия места под усиливаемой конструкцией (рис. 1).

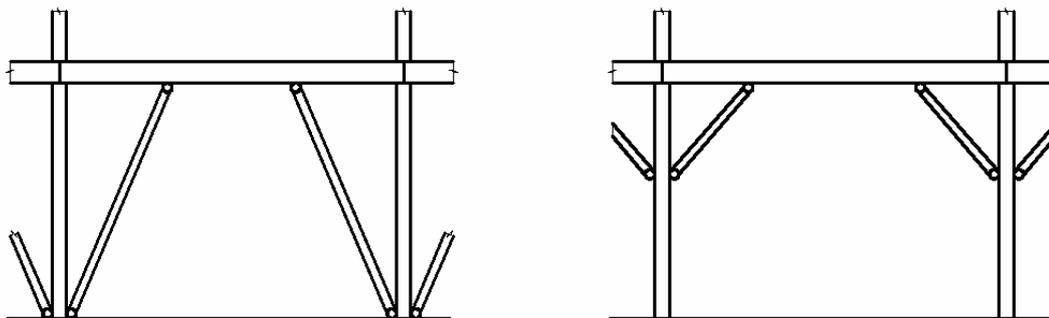


Рис. 1. Усиление подкрановых конструкций подкосами

Иногда усиление короткими подкосами (например, при значительной высоте колонн) менее целесообразно, по сравнению с длинными (т.к. оно возможно только при наличии в колоннах запаса несущей способности). При загрузке подкрановых балок короткие подкосы передают на колонны значительные горизонтальные силы и возникают изгибающие моменты из плоскости колонны.

При увеличении нагрузок от мостовых кранов возникает необходимость усиления не только подкрановых балок, но и колонн с фундаментами под них (выгоднее усилить вертикальными стойками на вновь монтируемых фундаментах). Но недостаток данного метода в том, что в процессе эксплуатации новые фундаменты дают осадку и стойки могут выключаться из работы. В этом случае целесообразным становится использование фундаментов с регулируемой осадкой, позволяющей не только вновь восстановить работоспособность стоек, но и регулировать напряженное состояние в конструкциях [3].

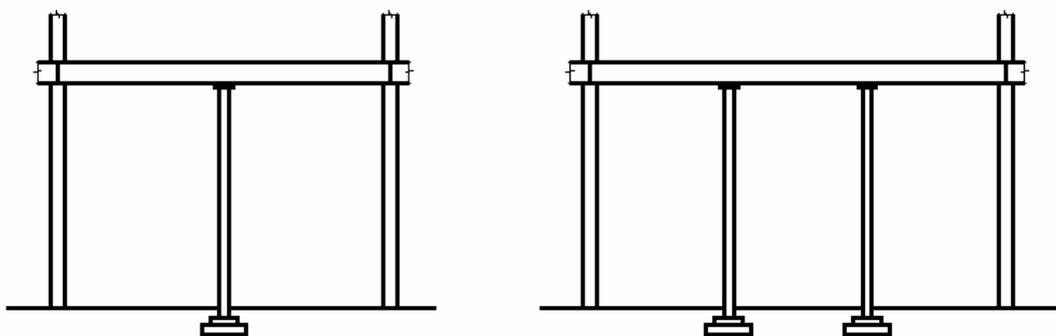


Рис. 2. Усиление подкрановых конструкций вертикальными стойками

Усиление с помощью подкосов и подведения стоек позволяет производить работы практически без прекращения движения мостовых кранов (если не усиливается аварийная конструкция), их движение ограничивается лишь на время крепления подкосов к балкам, что значительно снижает материальные издержки предприятия.

Однопролетные подкрановые балки могут быть усилены созданием неразрезности на опорах, т.е. превращением их в неразрезную систему путем прикрепления к верхней и нижней полкам балок на опорах листов, передающих силы, уравнивающие опорный момент. Неразрезность создают и подкрановым рельсом, перекрывая им стык балок (рис. 3), но при этом рельс должен иметь сдвигоустойчивые крепления к подкра-

новым конструкциям. С помощью таких мероприятий можно добиться снижения пролетного момента на 15-20 %.

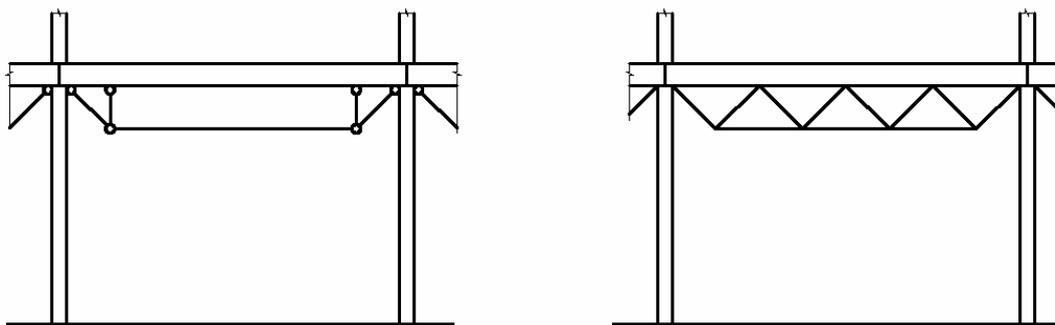


Рис. 3. Усиление способом введения новых стержневых элементов

В цехах с тяжелым режимом работы мостовых кранов усиление введением новых стержневых элементов или систем, или способом подведения дополнительных ферм, или устройством только решетки и нижнего пояса является неэффективным; несущая способность подкрановых конструкций повышается, но они быстро подвергаются усталостным разрушениям вследствие наличия многочисленных концентраторов напряжений (узлы крепления решетки к поясам и т.д.). Такое усиление можно производить лишь при полной разгрузке (исключая собственный вес конструкции).

### Список литературы

1. Гарькин, И.Н. Подкрановые конструкции на предприятиях Пензенской области: состояние, перспективы / И.Н. Гарькин // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2017. – № 3 (21). – С. 20–24.
2. Нежданов, К.К. Преимущества использования неразрезных подкрановых конструкций / К.К. Нежданов, И.Н. Гарькин // Вестник ПГУАС: строительство, наука и образование. – 2018. – №1. – С. 9–16.
3. Туманов, В.А. Повышение выносливости стальных подкрановых балок / В.А. Туманов // Региональная архитектура и строительство. – 2012. – № 1. – С. 75–82.
4. Сабуров, В.Ф. Использование моделей упругого основания для анализа распределения локальных напряжений в стенке стальных составных балок / В.Ф. Сабуров // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2014. – № 4, т. 14. – С. 15–20.
5. Нежданов, К.К. Подкрановая балка с повышенным техническим ресурсом эксплуатации / К.К. Нежданов, И.Н. Гарькин // Региональная архитектура и строительство. – 2017. – № 3 (32). – С. 119–122.

### References

1. Garkin, I.N. Crane structures at enterprises of the Penza region: state, prospects / I.N. Garkin // Civil engineering Bulletin of the Caspian sea. – 2017. – No. 3 (21). – P. 20–24.
2. Nejdandov, K.K. Advantages of using continuous crane structures / K.K. Nejdandov, I.N. Garkin // Vestnik PGUAS: construction, science and education. – 2018. – No. 1. – P. 9–16.
3. Tumanov, V.A. increasing the endurance of steel crane beams / V.A. Tumanov // Regional architecture and engineering. – 2012. – No. 1. – P. 75–82.
4. Saburov, V.F. The use of elastic base models to analyze the distribution of local stresses in the wall of steel composite beams / V.F. Saburov // Bulletin of the South Ural state University. Series: Construction and architecture. – 2014. – No. 4, vol. 14. – P. 15–20.
5. Nejdandov, K.K. Crane beam with increased technical resource of operation / K.K. Nejdandov, I.N. Garkin // Regional architecture and engineering. – 2017. – No. 3 (32). – P. 119–122.

Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства

Россия, 440028, г. Пенза,  
ул. Германа Титова, д.28,  
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

**Логанина Валентина Ивановна**,  
доктор технических наук, профессор,  
зав. кафедрой «Управление качеством  
и технология строительного производства»  
E-mail: loganin@mai.ru

*Penza State University of Architecture  
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,  
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

**Loganina Valentina Ivanovna**,  
Doctor of Sciences, Professor,  
Head of the department «Quality management  
and construction technologies»  
E-mail: loganin@mai.ru

## МЕТОДИКА ОЦЕНКИ УРОВНЯ НЕСООТВЕТСТВИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЗАЩИТНО-ДЕКОРАТИВНЫХ ПОКРЫТИЙ

В.И. Логанина

Приведены сведения о методике оценки уровня несоответствий при контроле качества окрашенной поверхности строительных изделий и конструкций. Даны значения уровня несоответствия отдельных показателей качества защитно-декоративных покрытий в зависимости от уровня дефектности покрытия.

*Ключевые слова: защитно-декоративные покрытия, уровень дефектности, контроль качества*

## TECHNIQUE OF ESTIMATION A LEVEL OF DISCREPANCY FOR QUALITY PARAMETERS OF PROTECTIVE-DECORATIVE COATINGS

V.I. Loganina

Some data on a technique of estimation a level of discrepancies at quality control of painted surface of building products and designs are presented. The values of a level of discrepancy of separate quality parameters of protective – decorative coatings are given depending on a level of deficiency of a coating.

*Keywords: protective-decorative coverings, a level of deficiency, quality control*

Для отделки фасадов зданий широкое применение нашли лакокрасочные составы. Растущая конкуренция на рынке отделочных материалов, повышающиеся требования потребителей требуют от производителей выпуска конкурентоспособных отделочных составов [1–3]. Многообразие факторов, влияющих на способность лакокрасочных покрытий выполнять свои защитные и декоративные функции, требует систематизации, ранжирования по важности, по степени влияния на стойкость покрытий и (как результат) учёта в нормативной документации, разрабатываемой на предприятиях строительной отрасли в рамках создания систем обеспечения и управления качеством.

В соответствии с нормативными документами (ГОСТ 9-407 «Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Метод оценки внешнего вида») качество окрашенной поверхности оценивается обобщенными количественными оценками декоративных АД (изменение блеска, изменение цвета, грязеудержание, меление) и защитных АЗ (растрескивание, отслаивание, выветривание, образование пузырей, коррозия) свойств [4, 5]. Известно, что изменчивость свойств лакокрасочных материалов [6–8] подчиняется нормальному закону распределения. Учитывая, что показатели декоративных АД и защитных АЗ свойств вычисляются на основе количе-

ственных оценок различных свойств покрытий, логично предположить, что их значения являются случайными величинами и также подчиняются нормальному закону распределения.

Допустим, что уровни несоответствий показателей АД и АЗ составляют  $q_1$  и  $q_2$ . Вероятность того, что окрашенная поверхность будет годной по обоим показателям, равна

$$P = (1 - q_1)(1 - q_2). \quad (1)$$

Выражение (1) соответствует доле продукции без брака от общего ее выпуска.

Принимая во внимание нормальный закон распределения, допустим, что  $q_1$  и  $q_2$  равны 0,27 %. Тогда вероятность  $P$  получения качественной окрашенной поверхности составит  $P = 99,46$  %. При  $n=10$   $P=97,33$  %.

Учитывая вышеизложенное, можно решить обратную задачу – установить предельные значения уровней несоответствий для отдельных показателей качества, исходя из заданного значения уровня дефектности. Допустим, что уровень несоответствий качества окрашенной поверхности известен (на наш взгляд, допустимый уровень дефектности  $q$  должен задаваться исходя из предполагаемых условий эксплуатации и «статуса» строительного сооружения). Учитывая, что качество окрашенной поверхности оценивается показателями АД и АЗ, которые имеют свой уровень несоответствий  $q_1$  и  $q_2$ , можно записать

$$q = q_1 q_2. \quad (2)$$

Зная значение  $q$  и исходя из (2), можно вычислить уровни несоответствий  $q_1$  и  $q_2$ . Очевидно, числовые значения  $q_n$  будут определяться количеством показателей, участвующих в оценке качества окрашенной поверхности [9–11]. Для упрощенного анализа предположим, что уровни несоответствий по всем показателям одинаковы. Так, например, если  $q = 10$  %, то при применении двух критериев качества значения  $q_1$  и  $q_2$  равны соответственно  $q_1 = q_2 = 3,16$  %, при применении трех показателей  $q_1 = q_2 = q_3 = 2,15$  %, при применении четырех показателей  $q_1 = q_2 = q_3 = q_4 = 1,778$  % (см. таблицу).

Уровень несоответствий отдельных показателей качества, %

Число показателей качества	Уровень несоответствий $q$ качества продукции, %		
	5	10	2
2	2,236	3,16	1,414
3	1,709	2,15	1,259
4	1,495	1,778	1,189
5	1,379	1,58	1,148
6	1,306	1,46	1,122
10	1,175	1,259	1,072

Так как число показателей, участвующих в оценке качества окрашенной поверхности строительных изделий и конструкций, значительно больше четырех, то числовые значения  $q_n$  должны быть очень малыми, чтобы обеспечить более низкий уровень несоответствий  $q$  качества окрашенной поверхности.

В связи с этим для обеспечения качества защитно-декоративных покрытий следует увеличить требования к контролю, в ряде случаев заменив выборочный контроль на сплошной. Сомнительно предполагать, чтобы в построечных условиях контролировали при окраске бетонных и штукатурных поверхностей все показатели, характеризующие качество отделки. Это связано с затратами на текущий контроль, отсутствием быстрых и надежных приборов и методов контроля.

Было бы более логичным сконцентрировать внимание контролеров на процессах создания защитно-декоративных покрытий, учитывая при этом качество подготовки поверхности, подлежащей окрашиванию.

Таким образом, нами разработаны критерии к методике статистического контроля качества окрашенных поверхностей строительных изделий по количественному признаку, где в качестве критерия используются обобщенные оценки АД и АЗ [12–14]. Основными достоинствами методики является относительно невысокая стоимость ( $n=3\dots7$ ), объективность оценки, основанная на статистических правилах, возможность анализа качества покрытия по простиранию поверхности, а также регулирование технологических процессов окрашивания путем внесения корректировок по данным контроля.

### Список литературы

1. Серых, В.И. Многопараметрический контроль продукции: достоверность и затраты / В.И. Серых, С.П. Порватов, В.И. Сединин // Методы менеджмента качества. – 2010. – №5. – С.48–52.
2. Левин, Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники / Б.Р. Левин. – М.: Сов. радио, 1965. – Кн.1. – 752 с.
3. ГОСТ 50.779.40-96. Статистические методы. Контрольные карты. Общее руководство и введение. – М.: Изд-во стандартов, 1996.
4. Статистические методы повышения качества: пер. с англ. / под ред. Х. Кумэ. – М.: Финансы и статистика, 1990. – 304 с.
5. Орентлихер, Л.П. Защитно-декоративные покрытия бетонных и каменных стен зданий / Л.П. Орентлихер, В.И. Логанина. – М.: Стройиздат, 1992.
6. ГОСТ Р 51901.1-2002. Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем. – М., 2002.
7. Логанина, В.И. К вопросу о регулировании технологических процессов производства бетона / В.И. Логанина // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2009. – № 3–4. – С. 42–45.
8. Логанина, В.И. Статистическое управление производством строительных изделий / В.И. Логанина, Б.Б. Хрусталева, Т.В. Учаева // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2013. – Т. 1, № 3. – С. 65–67.
9. Орлов, А.И. Об оптимизации выборочного контроля качества продукции / А.И. Орлов // Стандарты и качество. – 1989. – № 3. – С.382.
10. Логанина, В.И. Организация статистического приемочного контроля качества строительных изделий и конструкций / В.И. Логанина // Строительные материалы. – 2008. – № 8. – С. 98–99.
11. Fernandez, A.J. Improved time-censored reliability test plans for k-out-of-n gamma systems / A.J. Fernandez, C.J. Perez-Gonzalez, A. Kohansal // Journal of computational and applied mathematics. – 2019. – Vol. 361. – P. 42–54. – DOI: 10.1016/j.cam.2019.04.021
12. Зубкова, Т.П. Совершенствование системы контроля качества в области экологической безопасности полимерных строительных материалов / Т.П. Зубкова // Вестник ТГАСУ. – 2007. – №3. – С.195–203.
13. Gazi, H. Reliability of elastomeric-isolated buildings under historical earthquakes with/without forward-directivity effects / H. Gazi, C. Alhan // Engineering structures. – 2019. – Vol. 195. – P. 490–507. – DOI: 10.1016/j.engstruct.2019.05.081
14. Логанина, В.И. К вопросу о системе контроля качества на предприятиях стройиндустрии / В.И. Логанина, Т.В. Учаева // Региональная архитектура и строительство. – 2010. – №1. – С.31–36.

### References

1. Seryh, V.I. Multipleparameter the control of production: reliability and expenses / V.I. Seryh, S.P. Porvatov, V.I. Sedinin // Methods of management качества. – 2010. – №5. – P. 48–52.
2. Levin, B.R. Teoreticheskie of a basis of a statistical radio engineering / B.R. Levin. – M.: The Soviet radio, 1965. – Book 1. – 752 p.

- 
3. GOST 50.779.40-96. Statistical methods. Control cards. The general management and introduction. – M.: Publishing house of standards, 1996.
  4. Statistical methods of quality improvement: trans. from english / ed. H. Kume. – M.: Finance and Statistics, 1990. – 304 p.
  5. Orentliher, L.P. Protective and decorative coatings of concrete and stone walls of buildings / L.P. Orentliher, V.I. Loganina. – M.: Stroyizdat, 1992.
  6. GOST P 51901.1-2002. Management of risk. The analysis of risk of technological systems. – M., 2002.
  7. Loganina, V.I. On the issue of regulation of technological processes of concrete production / V.I. Loganina // News of higher educational institutions. Building. – 2009. – No. 3–4 (603–604). – P. 42–45.
  8. Loganina, V.I. Statistical production management of building products / V.I. Loganina, B.B. Hrustalev, T.V. Uchaeva // The East Europe magazine of high technologies. – 2013. – Vol. 1, № 3. – P. 65–67.
  9. Orlov, A.I. Ob of optimization of selective quality assurance of production / A.I. Orlov // Standards and quality. – 1989. – № 3. – P. 382.
  10. Loganina, V.I. Organizatsija of statistical acceptance quality assurance of building products and designs / V.I. Loganina // Building materials. – 2008. – № 8. – P. 98–99.
  11. Fernandez, A.J. Improved time-censored reliability test plans for k-out-of-n gamma systems / A.J. Fernandez, C.J. Perez-Gonzalez, A. Kohansal // Journal of computational and applied mathematics. – 2019. – Vol. 361. – P. 42–54. – DOI: 10.1016/j.cam.2019.04.021
  12. Zubkova, T.P. Perfection of the monitoring system of quality in the field of ecological safety of polymeric building materials / T.P. Zubkova // Bulletin TGACU. – 2007. – №3. – P. 195–203.
  13. Gazi, H. Reliability of elastomeric-isolated buildings under historical earthquakes with/without forward-directivity effects / H. Gazi, C. Alhan // Engineering structures. – 2019. – Vol. 195. – P. 490–507. – DOI: 10.1016/j.engstruct.2019.05.081
  14. Loganina, V.I. On the issue of the quality control system in the construction industry enterprises / V.I. Loganina, T.V. Uchaeva // Regional architecture and engineering. – 2010. – No. 1. – P. 31–33.

Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства

Россия, 440028, г. Пенза,  
ул. Германа Титова, д.28,  
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

**Поршакова Анна Николаевна,**  
кандидат экономических наук, доцент  
кафедры «Кадастр недвижимости и право»  
E-mail: porshakova\_anna@mail.ru

*Penza State University of Architecture  
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,  
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

**Porshakova Anna Nikolaevna,**  
Candidate of Sciences, Associate Professor of the  
department «real estate Cadastre and law»  
E-mail: porshakova\_anna@mail.ru

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ УПРАВЛЕНИЯ ЗЕМЕЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ КУЗНЕЦКОГО РАЙОНА, ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

А.Н. Поршакова

Рассматриваются современные проблемы использования земельных ресурсов Кузнецкого района, Пензенской области; организация инвестиционных площадок под развитие производства на неиспользуемых земельных участках; выделение территорий под перспективное жилищное строительство.

*Ключевые слова: жилищное строительство, управление, земельные ресурсы, инвестиционная площадка, эффективность*

## THE EFFICIENCY OF LAND MANAGEMENT IN THE KUZNETSK DISTRICT OF THE PENZA REGION

A.N. Porshakova

Modern problems of land resources use in the Kuznetsky district of the Penza region are considered; organization of investment sites for the production development on unused land plots; allocation of territories for prospective housing construction.

*Keywords: housing construction, management, land resources, investment platform, efficiency*

Площадь Кузнецкого района, Пензенской области, составляет 207,1 тысячи гектаров, из них в сельскохозяйственном производстве используется 78236 га угодий, в том числе 67571,4 га составляет пашня. В Кузнецком районе, Пензенской области, имеются заповедные участки площадью 6379 га – Государственный заповедник «Приволжская лесостепь».

В целом Кузнецкий район, Пензенской области, отличается приемлемым уровнем риска и относится к девяти районам Пензенской области, которые характеризуются относительно высокой инвестиционной привлекательностью [1].

Промышленность – одна из ведущих отраслей экономики Кузнецкого района, Пензенской области, влияющая на социально-экономическое развитие муниципальных образований района. В состав промышленного комплекса района входит 19 предприятий, на которых работает более тысячи человек (рис. 1) [1].

Жилищное хозяйство является важнейшим элементом социально-экономической структуры общества и занимает особое место в экономике муниципального образования, обеспечивая содержание в надлежащем состоянии и функционирование жилищного фонда Кузнецкого района, Пензенской области.

За весь период действия закона об обеспечении многодетных семей земельными участками на территории Кузнецкого района, Пензенской области, сформировано

119 земельных участков, предоставлено в собственность бесплатно 99 земельных участков [2].

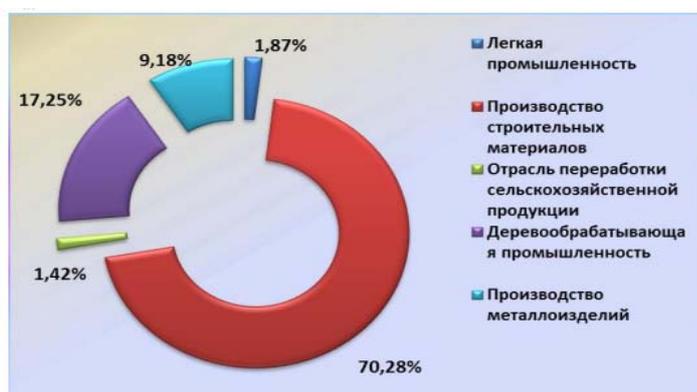


Рис. 1. Структура промышленного производства

Земельный фонд Кузнецкого района по состоянию на 01.01.2019 года составляет 207113 гектаров (рис. 2).

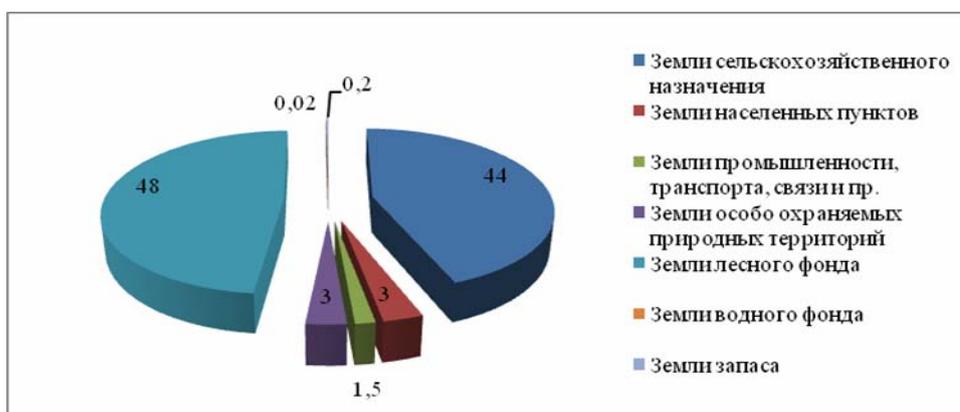


Рис. 2. Баланс земель Кузнецкого района

Земельные угодья разделены на сельскохозяйственные и несельскохозяйственные. На территории Кузнецкого района в состав сельскохозяйственных угодий входят: пашня, многолетние насаждения, сенокосы, пастбища (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Распределение земельного фонда по угодьям, га

Земельные угодья	Земли с/х назначения	Земли поселений	Земли промышленности транспорта и иного назначения	Земли особо охраняемых территорий	Земли лесного фонда	Земли водного фонда	Земли запаса	Всего земель
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сельскохозяйственные угодья	91512,292	3646	6	0,5	951	-		<b>91512,292</b>
из них: пашни	67571	3322		0,5	426	-		<b>71319</b>
Под лесами	746		777	6379	96423	-	144	<b>104469</b>

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Под древесно-кустарниковой растительностью	1312	555	362	–	–	–		<b>2229</b>
Под водными объектами	551	140	3		60	56	2	<b>812</b>
Земли застройки	230	816	322	20		-	8	<b>1396</b>
Под дорогами	1570	707	1648		1157	-	44	<b>5126</b>
Болота	370	36			228	-	52	<b>686</b>
Нарушенные земли	49		26		2	-		<b>77</b>
Прочие земли	618	521	46		234	-	170	<b>1589</b>
<b>Итого земель</b>	<b>91420</b>	<b>6421</b>	<b>3190</b>	<b>6400</b>	<b>99055</b>	<b>56</b>	<b>420</b>	<b>206962</b>

По результатам проведенного исследования, в Кузнецком районе можно выделить 3 зоны для использования под производственные нужды, которые могут быть реализованы в удаленной перспективе.

Однако, кроме идеи, органы власти не разработали бизнес-план по инвестиционным предложениям, ввиду чего потенциальные инвесторы не будут знать о рентабельности капиталовложений в данные предложения.

Кроме того, планирование затрат капитала и доходности предприятий позволит выявить целесообразность участия в проекте таких партнеров, как федеральные органы власти, региональные органы власти, муниципалитет, кредитно-банковские организации и частный бизнес.

Предложим организацию инвестиционных площадок под развитие производства на неиспользуемых земельных участках. Характеристика инвестиционной площадки дана в табл. 2 и на рис. 3 [3].

Т а б л и ц а 2

## Паспорт инвестиционной площадки

<b>Инвестиционная площадка «коричневая»</b>	
Планируемое использование	Сельскохозяйственная деятельность
Месторасположение	Пензенская область, Кузнецкий район, с. Шишовка, ул. Гражданская, 109
Общая площадь, га	1,9487
Кадастровый номер земельного участка	Ранее учтенный
Кадастровый номер	58:14:0140201:328
Категория земель	Земли сельскохозяйственного назначения
Вид разрешенного использования	Для ведения с/х производства
Фактическое использование	Не используется
Форма собственности	Земли, государственная собственность на которые не разграничена
Вид обременения, ограничения	Долгосрочная аренда 1,9487
Кадастровая стоимость, млн руб.	0,054
Общая площадь доступных для инвестора объектов, кв. м	3744
Удаленность от центра города Кузнецка, км	20
Удаленность от автодороги «Кузнецк – Явлейка – Тихменево», км	0,05
Условия подключения к электроснабжению, км	ОАО МРСК Волги Пензаэнерго. 0,1
Наличие водоснабжения, км	Отсутствует. Необходимо строительство собственной скважины
Централизованное водоотведение	Отсутствует. Возможно размещение выгребной ямы или септика

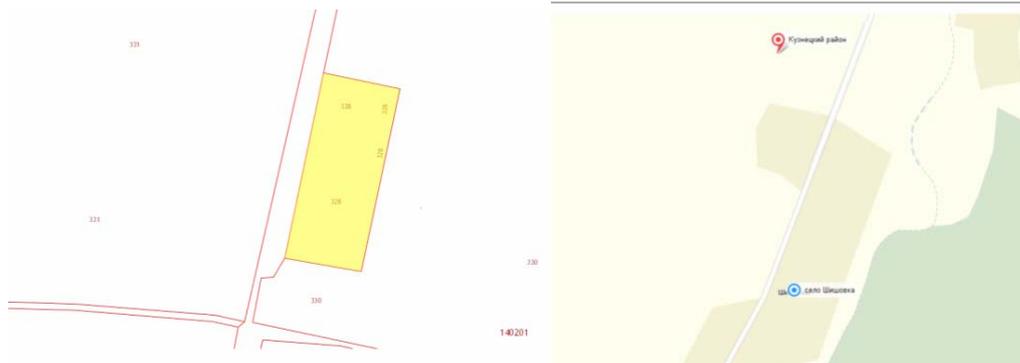


Рис. 3. Расположение инвестиционной площадки

Составим инвестиционный проект по освоению под животноводческий комплекс. В табл. 3 сведены основные параметры строительства на выделенной площадке.

Т а б л и ц а 3

Параметры строительства и благоустройства площадок

№ п/п	Инвестиционная площадка, местоположение	Назначение	Площадь земельного участка, га	Площадь застройки, м <sup>2</sup>	Площадь благоустройства и озеленения, га
1	Пензенская область, Кузнецкий район, с. Шишовка, ул. Гражданская, 109	Животноводческий комплекс	1,9487	1200	0,4

В табл. 4 приведена структура начальных капиталовложений по видам работ. Стоимости работ рассчитывались по средним рыночным ценам на рынке строительных услуг в Пензенской области и Республике Мордовия по состоянию на апрель 2018 г. и приведенным выше параметрам застройки.

Т а б л и ц а 4

Виды начальных капиталовложений

Виды затрат	Руб.
Земельно-кадастровые работы	13 000
Приобретение прав на участок	3 780 200
Прокладка / подключение коммуникаций	2 654 500
Капитальное строительство	45 000 000
Некапитальное строительство, благоустройство	1 000 500
Мебель, офисная техника, канцтовары	100 000
Техника и технология, лицензии	5 600 410
Материалы для начала работ	36 000 000
Издержки строительства/ дополнительные расходы	4 650 200
<b>ИТОГО объем первоначальных инвестиций по проекту</b>	<b>98 798 810</b>

Основные суммы капитальных вложений связаны с приобретением участка, строительством, инфраструктурой, обеспечением оборудованием и сопутствующими расходами, что следует из табл. 4.

В табл. 5 нами распределена необходимая сумма капиталовложений (из табл. 4) между государственными, региональными, муниципальными органами и частным бизнесом в соответствии с их приоритетами.

## Структура объема первоначальных инвестиций по проектам

Необходимая сумма вложений, руб.		Федеральные органы власти	Региональные органы власти	Муниципальные органы власти	Кредитные организации	Частный бизнес
99 000 000	%	25	25	5	20	25
	руб.	24 750 000	24 750 000	4 750 000	20 000 000	24 750 000

Период планирования взят на 6 лет – 2019-2025 гг. включительно.

В табл. 6 сведены такие рассчитанные нами виды издержек предприятий, как арендные платежи, коммунальные платежи, транспортные издержки, обучение персонала, приобретение материалов и т.д. В таблице отражены издержки в первый (2019) и конечный (2025) годы планирования без учета налогов.

Т а б л и ц а 6

## Основные виды издержек предприятий

№ п/п	Виды издержек	Руб./год	
		2019	2025
1	Аренда	567030	305780
2	Коммунальные платежи	108945	119200
3	Транспортные издержки	118200	120560
4	Обучение персонала	50000	10000
5	Приобретение материалов	86990	95900
6	Прочее	67400	88250
<b>Итого</b>		<b>998 565</b>	<b>739690</b>

Основные налоги, их ставки и суммы выплат отдельно от иных издержек приведены в табл. 7.

Также к расходам предприятий отнесены выплаты заработных плат работникам (табл. 8).

Таким образом, общая сумма издержек по планируемому предприятию за расчетный период (2019 (с учетом первоначальных вложений) и 2025 гг.) составит (руб./год): от 165 725 538,5 до 88 449 721. Основная часть этих издержек возвращается в федеральные и региональные бюджеты в виде налоговых отчислений.

Планируемые мощности инвестиционных проектов сведены в табл. 9, из которой также видно, какие виды продукции/услуг и за какие цены будут производиться.

Анализ показателей эффективности проектов представлен в табл. 10, где показан прогноз периода окупаемости инвестиционного проекта.

Т а б л и ц а 7

## Ставки налогов и суммы выплат за период планирования

Вид налога	Ставка	База расчета	Итого, за период планирования	
			2019	2025
Налог на имущество	1,5 %	Кадастровая стоимость имущества	567030	305780
Налог на прибыль	24 %	Балансовая прибыль	52 660 700	
Налог на добавленную стоимость (НДС)	24 %	Валовой доход	5 066 045	6 610 371
Налоги на фонд заработной платы	38 %	Фонд заработной платы	1894737	1 950 800

Т а б л и ц а 8

Фонд заработной платы новых рабочих мест на начальном этапе и через 6 лет

№ п/п	Количество рабочих мест, в среднем	Фонд начальной заработной платы, руб./мес.	Годовой фонд заработной платы предприятия 2018 г., за вычетом налогов, руб.	Годовой фонд заработной платы предприятия 2024 г., за вычетом налогов, с учетом инфляции, руб.
1	40	600 000	5 538 461,5	17 723 080

Т а б л и ц а 9

Планируемый ассортимент, объемы и расценки продукции/услуг

Наименование ассортиментной позиции	Цена продукции	Объем производства, год	Выручка, руб./год
Молоко коровье	20 руб./л	4 320 000 л	86 400 000
Мясо, говядина	200 руб./кг	200 000 кг	40 000 000

Т а б л и ц а 10

Анализ показателей эффективности инвестиционного проекта, руб.

Показатель	Период						
	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Валовая выручка	126 400 000	126 401 000	126 450 500	126 500 100	126 590 200	126 650 480	126 800 500
Чистая прибыль	-37 324 753,5	-13 500 120	1 200	19 560 780	24 601 200	33 040 870	38 350 779
Рентабельность	- 29 %	- 10 %	9,5 %	15 %	19 %	26 %	30 %
Рентабельность	-457 %	-35 %	-	0,01 %	54 %	40 %	48 %

П р и м е ч а н и е . Рентабельность рассчитана как отношение чистой прибыли к выручке.

Анализ генерального плана позволил выявить наиболее выгодное расположение территорий для нового жилищного строительства. Наилучшие условия в с. Поселки и с. Ясная Поляна.

Баланс территории застройки выбранного земельного участка приведен в табл. 11.

Т а б л и ц а 11

Баланс территории застройки

Жилая застройка и инфраструктура:	65,72 %
жилье	59,30 %
придорожная инфраструктура	3,34 %
социальная инфраструктура	3,08 %
Дороги, тротуары, гостевая парковка, КПП	10,81 %
Рекреация:	20,50 %
парковая	14,81 %
спортивная	2,96 %
игровая	2,72 %
Технические зоны	2,96 %
Эффективное использование территории	100 %

Объемно-планировочные решения представлены на рис. 4.

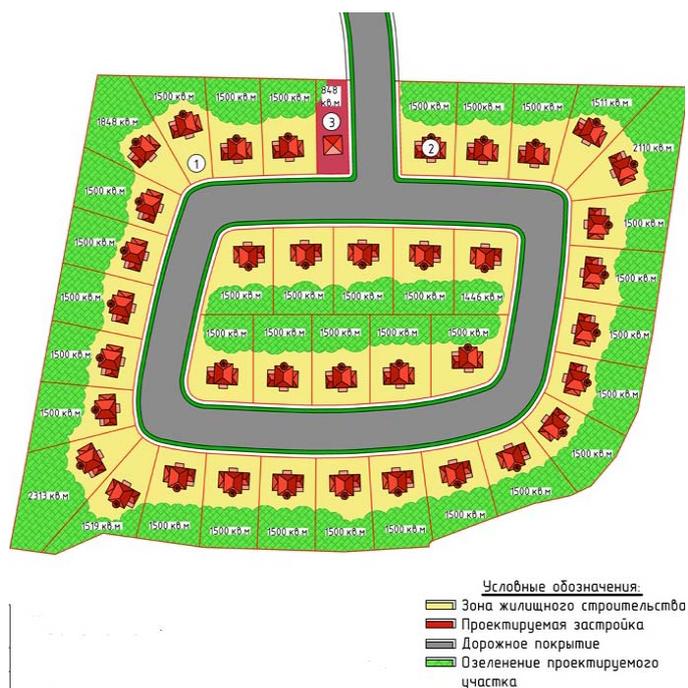


Рис. 4. Схема расположения зданий и сооружений на территории освоения

Общие капитальные затраты на освоение выбранного земельного участка под жилой комплекс составят 878630500 руб.

В результате сформулированы следующие выводы:

- экологической проблемой является деградация земель, истощение почвенного плодородия, эрозия почв, захламливание и загрязнение земель несанкционированными свалками отходов производств и потребления; отчуждение земель для нужд жилищного, промышленного и транспортного строительства;
- район располагает значительным промышленным потенциалом, поскольку загруженность мощностей составляет 70–75 %, что является фактором перспективности использования земель; жилищное строительство идет малыми темпами из-за демографических показателей, что снижает загруженность земель жилищным освоением;
- в населенных пунктах улучшение жилищных условий прогнозируется в результате переселения граждан из ветхого и аварийного жилищного фонда, предоставления жилья определенным категориям населения, а также строительства частных домов за счет собственных средств граждан.

### Список литературы

1. Решение собрания представителей Кузнецкого района, Пензенской области, от 28.12.2016 г. № 711-77/3 «Об утверждении стратегии социально-экономического развития Кузнецкого района, Пензенской области, до 2035 г.».
2. Киселева, Н.А. Теоретические и практические аспекты определения эффективности управления земельными ресурсами муниципальных образований (на материалах Пензенской области) / Н.А. Киселева, А.Н. Поршакова, А.С. Голубева // Экономика и предпринимательство. – 2014. – № 5–2 (46). – С. 295–297.
3. Администрация Кузнецкого района. Инвестиционные площадки: офиц. сайт. – URL: <http://kuzneck.pnzreg.ru/open-government/investitsionnaya-deyatelnost/investitsionnye-ploshchadki/>

---

## References

1. Decision of the meeting of representatives of the Kuznetsky district of the Penza region dated 28.12.2016 No. 711-77 / 3 «On approval of the strategy of socio-economic development of the Kuznetsky district of the Penza region until 2035».
2. Kiseleva N. A., Porshakova A. N., Golubeva A. S. Theoretical and practical aspects of determining the effectiveness of land management of municipalities (on the materials of the Penza region) / N. A. Kiseleva, A. N. Porshakova, A. S. Golubeva // Economics and entrepreneurship. – 2014. – No. 5–2 (46). – P. 295–297.
3. The administration of the Kuznetsk district. Investment platform: the official website. – URL: <http://kuzneck.pnzreg.ru/open-government/investitsionnaya-deyatelnost/investitsionnye-ploshchadki/>

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства*

Россия, 440028, г. Пенза,  
ул. Германа Титова, д.28,  
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

**Поршакова Анна Николаевна**,  
кандидат экономических наук, доцент  
кафедры «Кадастр недвижимости и право»  
E-mail: porshakova\_anna@mail.ru

**Киселева Наталья Александровна**,  
кандидат социологических наук, доцент  
кафедры «Кадастр недвижимости и право»  
E-mail: valna0777@mail.ru

**Улицкая Наталья Юрьевна**,  
кандидат экономических наук, доцент  
кафедры «Кадастр недвижимости и право»  
E-mail: terramarket58@yandex.ru

*Penza State University of Architecture and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,  
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

**Porshakova Anna Nikolaevna**,  
Candidate of Sciences, Associate Professor of the  
department «Real Estate Cadastre and Law»  
E-mail: porshakova\_anna@mail.ru

**Kiseleva Natalia Aleksandrovna**,  
Candidate of Sciences, Associate Professor of the  
department «Real Estate Cadastre and Law»  
E-mail: valna0777@mail.ru

**Ulitskaya Natalia Yurievna**,  
Candidate of Sciences, Associate Professor of the  
department «Real Estate Cadastre and Law»  
E-mail: terramarket58@yandex.ru

## ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕРРИТОРИЙ ПОД ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЖИЛИЩНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО В ПЕНЗЕНСКОМ ГОРОДСКОМ ОКРУГЕ

А.Н. Поршакова, Н.А. Киселева, Н.Ю. Улицкая

Рассматриваются организация территорий ИЖС в структуре города; обеспечение территорий объектами инфраструктуры и элементами благоустройства; формирование пространства на основе разработки градостроительной документации, проведение кадастровых работ. Приводится приложение к одному из микрорайонов с низкими обустроенностью и благоустройством с разработкой проекта преобразования территории ИЖС. Осуществлена оценка стоимости кадастровых работ при формировании проекта межевания.

*Ключевые слова: организация территорий, индивидуальное жилищное строительство, зонирование территорий, кадастровые работы*

## ORGANIZATION OF TERRITORIES FOR INDIVIDUAL HOUSING CONSTRUCTION IN PENZA

A.N. Porshakova, N.A. Kiseleva, N.Y. Ulitskaya

The article deals with the organization of the territories of individual housing construction in the structure of the city; ensuring the areas infrastructure and landscaping elements; the formation of space through the development of planning documentation, conducting of cadastral works. An The appendix to one of the neighborhoods with low infrastructure and improvement with the development of the project of transformation of the territory of the housing estate is given. The estimation of the cost of cadastral works in the formation of the project surveying is made up.

*Keywords: organization of territories, individual housing construction, zoning of territories, cadastral works*

В г. Пензе ИЖС в основном развивается за счет вторичного рынка земельных участков. На рис. 1 показана динамика ИЖС в городе, из которого следует, что в ближайшее время данный сектор будет активно развиваться [1].

По количеству учтенных сделок и количеству указанных в них объектов составлена динамика емкости рынка ИЖС (рис. 2), обнаруживающая активную фазу развития в Бессоновском районе, стагнацию в Пензе и Пензенском районе.

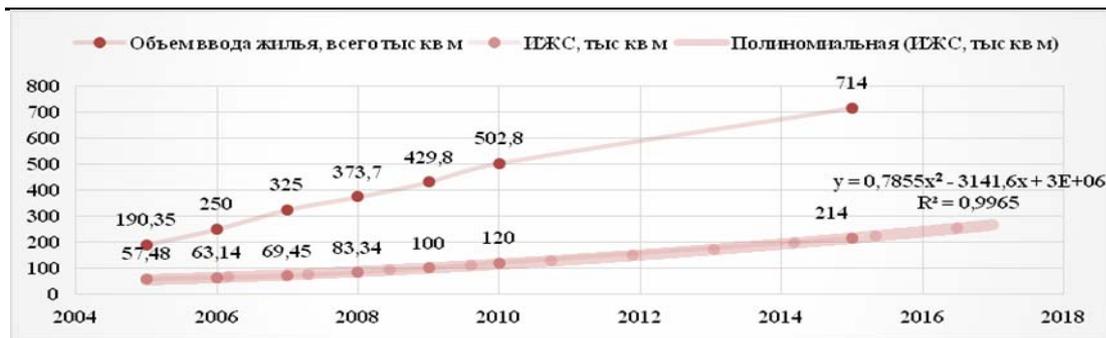


Рис. 1. Динамика развития ИЖС в г. Пензе



Рис. 2. Динамика емкости рынка ИЖД в Пензе и пригороде

В г. Пензе средняя цена сделки, где объектом является индивидуальный жилой дом, составляет 841186,38 руб. (минимальная – 1,00 руб., максимальная – 1800000 руб.); в Пензенском районе – 216684,92 руб. (минимальная – 1,00 руб., максимальная – 650000 руб.); в Бессоновском районе – 464233,16 руб. (минимальная – 1,00 руб., максимальная – 1856347,74 руб.) [2].

Самые дорогие дома зафиксированы в микрорайоне Засека, а самые дешевые – в районе Терновка. Из структуры сделок видно, что их наибольшее количество зафиксировано в Бессоновском районе, причем почти все договоры купли-продажи ИЖС обременены ипотекой (рис. 3).

Приведенный анализ показывает общие тенденции на рынке недвижимости: жилищное строительство активно развивается, но в последние несколько лет строительный бизнес испытывает трудности, что выражается в замедлении темпов строительства; большинство рыночных предложений в г. Пензе являются малодоступными и недоступными для основной массы потребителей жилья.

Кроме вторичного рынка земельных участков под ИЖС, существенное влияние на развитие территорий частной застройки оказывают темпы предоставления земельных участков под ИЖС из государственной или муниципальной собственности на торгах и без торгов, платно и бесплатно через административные процедуры.

Основными документами, формирующими пространственные требования к организации территорий ИЖС в г. Пензе, являются генеральный план, правила землепользования и застройки, проекты планировки и проекты межевания территорий, а также различные программы развития.

Характеристика территории Пензы показала, что в настоящее время можно выделить групповые и локальные места ИЖС, которые, в свою очередь, делятся на коттеджную застройку, дома с приусадебными участками, блокированные малоэтажные жилые дома с придомовой территорией, садоводства и т.п. (рис. 4) [3].

Натурные обследования выделенных территорий малоэтажной жилой застройки показали, что они существенно разнятся между собой по комфортабельности проживания, эстетическим характеристикам, степени обустройства объектами инфраструктур, доступности школ, детских садов и пр., а также по качеству благоустройства (организация вывоза мусора, озеленение и т.п.). Поэтому было принято решение осуществить выделение зон по данным показателям, что будет способствовать визуализации проблемы дифференциации территорий ИЖС в структуре города и принятию соответствующих управленческих решений по повышению уровня и качества жизни населения.

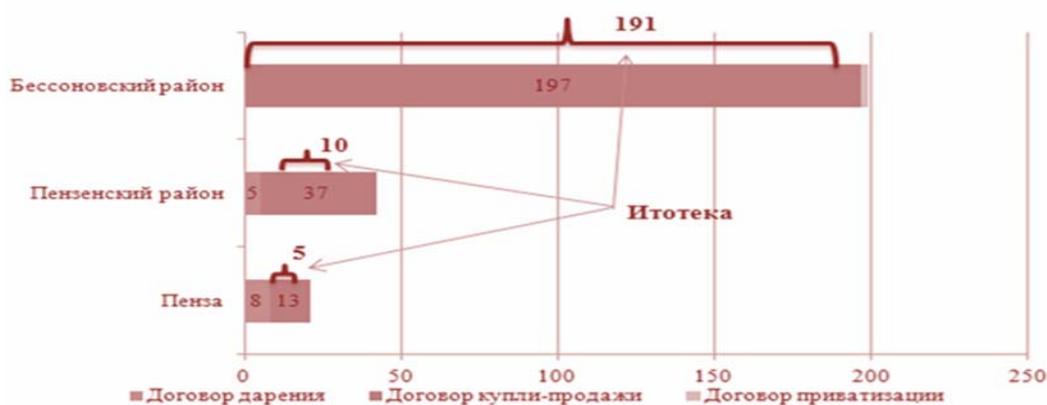
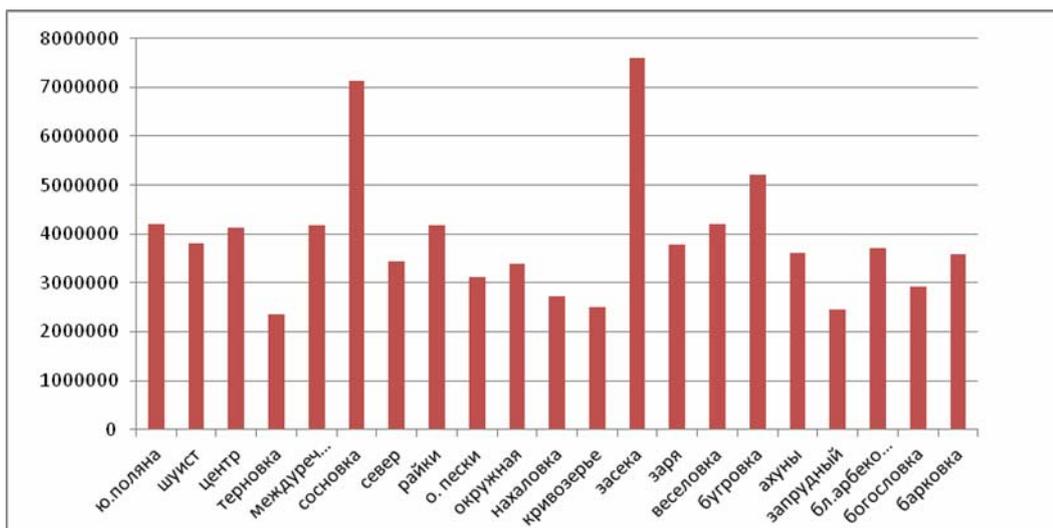


Рис. 3. Цены и структура сделок с домами

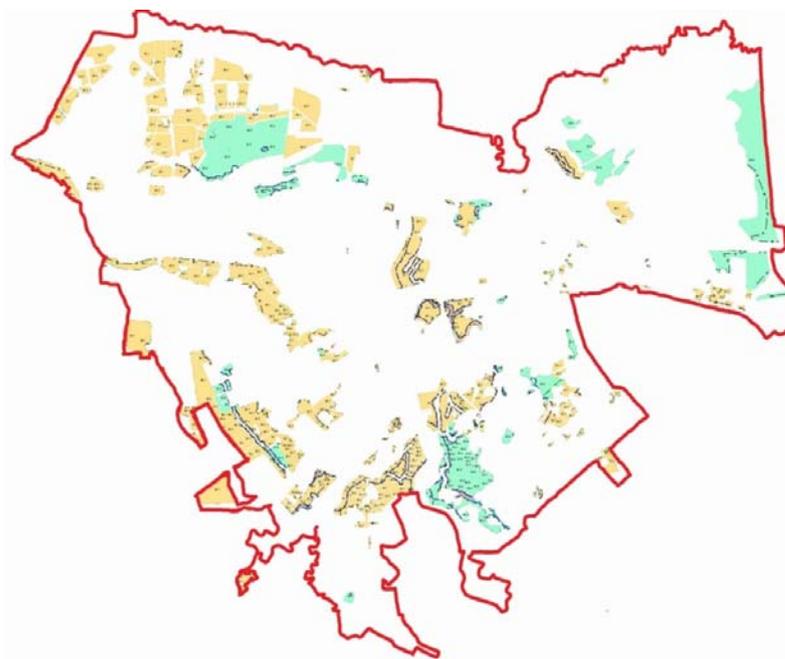


Рис. 4. Схема существующего расположения ИЖС в структуре Пензенского городского округа согласно ПЗЗ

Для оценки каждой локальной территории – микрорайона малоэтажной жилой застройки – составлена ведомость, приведенная в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Шкала оценки степени обустройства и благоустройства территорий ИЖС

Шкала оценивания				
1-2 балла	3-5 балла	6-7 балла	8-9 балла	10 балла
Низкая степень	Степень обустройства и благоустройства ниже среднего	Степень обустройства и благоустройства средняя	Степень обустройства и благоустройства выше среднего	Высокая степень

Основными выводами по результатам оценивания стали:

- ни один микрорайон не получил высоких оценок в 8-10 баллов, поскольку везде были выявлены недостатки и несоответствие современным требованиям;
- оценки выше среднего получили несколько микрорайонов ИЖС (от 7 баллов) – наличие элементов комплексности, в качестве недостатков отмечено несоблюдение требований доступности для маломобильных граждан;
- средние баллы (от 5 до 6,99) получило большинство микрорайонов, основная причина – неблагоустроенность и некомплексность обустройства территорий, удаленность от основных благ города и пр.;
- значительные по занимаемой площади территории получили баллы ниже среднего – в основном садовые массивы и ветхий частный сектор.

По совокупности полученных результатов нами выделены три зоны по степени освоенности и благоустройства территорий ИЖС:

(К) – территории с комфортабельной степенью освоения и благоустройства;

(Н) – территории с нормальной степенью освоения и благоустройства;

(У) – территории с удовлетворительной степенью освоения и благоустройства.

На рис. 5 графически отображена идея зонирования территории Пензы по степени освоенности и благоустройства территорий ИЖС.

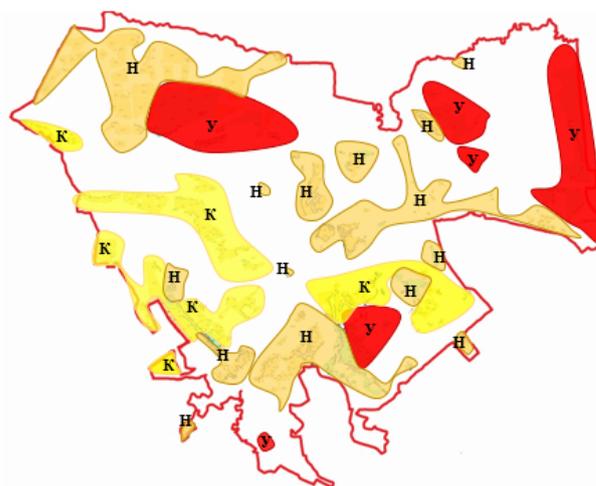


Рис. 5. Схема зонирования Пензенского городского округа по степени освоенности и благоустройства территорий ИЖС

Таким образом, разработанный метод зонирования городской территории по степени обустройства и благоустройства территорий ИЖС показывает существующую дифференциацию территорий и может быть применим для:

- выявления проблемных участков частной жилой застройки и принятия решений по их развитию;
- анализа динамики обустройства и благоустройства выделенных территорий в результате реализации инвестиционных проектов их развития.

На примере одного из микрорайонов с низкой оценкой обустроенности и благоустройства разработаем проект преобразования территории ИЖС. Таким примером нам послужит территория, отнесенная к зоне с нормальной и удовлетворительной степенью освоенности и благоустройства – п. Победа и смежный садоводческий массив (рис. 6).



Рис. 6. Визуализация территории

Подготовка проекта по преобразованию территории осуществляется в целях обеспечения устойчивого развития на ней ИЖС. К основным задачам проекта отнесем:

- функциональное зонирование территории;
- развитие инженерной, транспортной и социальной инфраструктур;
- защита территории от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, обеспечение пожарной безопасности.

Для проекта принято: 1 земельный участок – одна семья из четырех человек. В результате анализа были получены расчетные данные по численности населения (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Расчетные данные для проектирования микрорайона ИЖС

№ п/п	Показатель	Значение
1	Средний размер семьи, чел.	4
2	Количество земельных участков	600
3	Численность населения, чел., в т.ч.:	2400
3.1	младше трудоспособного возраста	600
3.2	трудоспособного возраста	1000
3.3	старше трудоспособного возраста	800

В табл. 3 сведены нормы расчета учреждений и предприятий обслуживания населения для проектируемого микрорайона, которых нет в настоящее время, что существенно тормозит развитие рынка ИЖС [4].

Т а б л и ц а 3

Нормы расчета объектов социальной инфраструктуры для проектируемого микрорайона ИЖС

Наименование учреждения	Ед. измерения	Нормативный показатель	Расчетная потребность	Фактическая общая вместимость
1	2	3	4	5
Детский сад	мест	100 на 1000 чел.	80	410
Общеобразовательная школа	мест	85 на 100 детей	150	780

1	2	3	4	5
Амбулатория	посещений в смену	10 на 1000 чел.	40	200
Аптека	ед.	1 на 6,2 тыс. чел.	1	3
Спортзал общего пользования	кв. м площади пола на 1 тыс. чел.	60-80	45-60	5000
Клуб, помещения для досуга	зрительских мест на 1 тыс. чел.	30	24	2000
Парки культуры и отдыха	ед.	1 на поселение от 10 тыс. чел.	-	-
Магазин	кв. м торговой площади на 1 тыс. чел.	280	221	2485
Кафе	мест на 1 тыс. чел.	40	32	250

На рис. 7 приведена разработанная схема функционального зонирования проектируемого микрорайона малоэтажной жилой застройки.

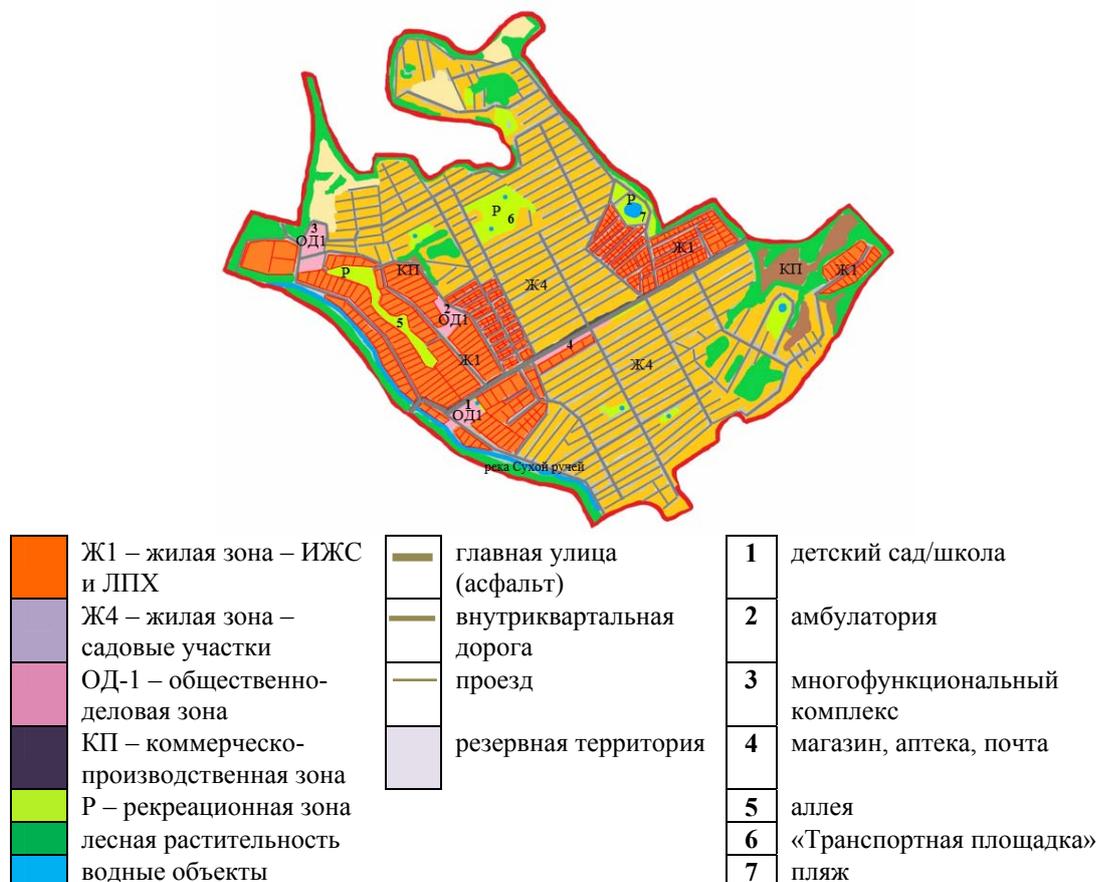


Рис. 7. Функциональное зонирование микрорайона ИЖС

Проектом предусматривается озеленение территории с максимальным сохранением и использованием существующей растительности. Это обеспечит улучшение состояния окружающей среды и создаст здоровые и благоприятные условия жизни.

В качестве объекта для экономических расчетов взяты кадастровые работы при составлении проекта межевания территории. Проект межевания составим для п. Победа.

Информационная модель исходных данных представлена в табл. 4.

Т а б л и ц а 4

Исходные данные для выполнения кадастровых работ

Исходная информация	Состав сведений
Цифровая планово-картографическая основа	
Ортофотоплан М 1: 500	Цифровая модель местности
Сведения об объектах недвижимости	
Сведения ЕГРН в форме КПП	Границы и характеристика земельных участков, контуры и характеристика объектов капитального строительства, охранные и защитные зоны
Сведения муниципальной геоинформационной системы	Границы и характеристика предоставленных земельных участков
Сведения ЕГРН о зарегистрированных правах на объекты недвижимости	Сведения о зарегистрированных правах, ограничениях и обременениях
Сведения федеральной информационной адресной системы в виде адресного плана	Адресный план территории
Сведения ИСОГД / ФГИС ТП	
ПЗЗ	Границы территориальных зон, градостроительные регламенты, зоны с особым режимом использования земель
Проект планировки территории	Красные линии, линии регулирования застройки

На основе комплекса исходных данных была сформирована модель фактического землепользования, выявлены дефекты кадастровой информации и элементов планировочной структуры и градостроительного регулирования, подготовлены проектные решения по нормализации указанных объектов, выполнены расчеты и обоснования.

На рис. 8 приведена графическая часть проекта межевания.

Расчет стоимости проведения кадастровых работ относительно территории п. Победа сведен в табл. 5. За основу расчетов брались открытые рыночные данные о стоимости кадастровых и изыскательских работ [5].

Т а б л и ц а 5

Расчет стоимости кадастровых работ при составлении проекта межевания территории п. Победа

Вид работ	Стоимость, руб.
Землеустроительное обследование территории, проведение изысканий относительно ручья, несанкционированной свалки мусора, заросшей территории и т.п.	20 000
Кадастровые работы по уточнению статуса и образованию земельных участков ИЖС для подготовки к ГКУ	150 000
Кадастровые работы относительно земель общего пользования	30 000
Кадастровые работы по уточнению границ и подготовка для ГКУ	50 000
Итого:	250 000

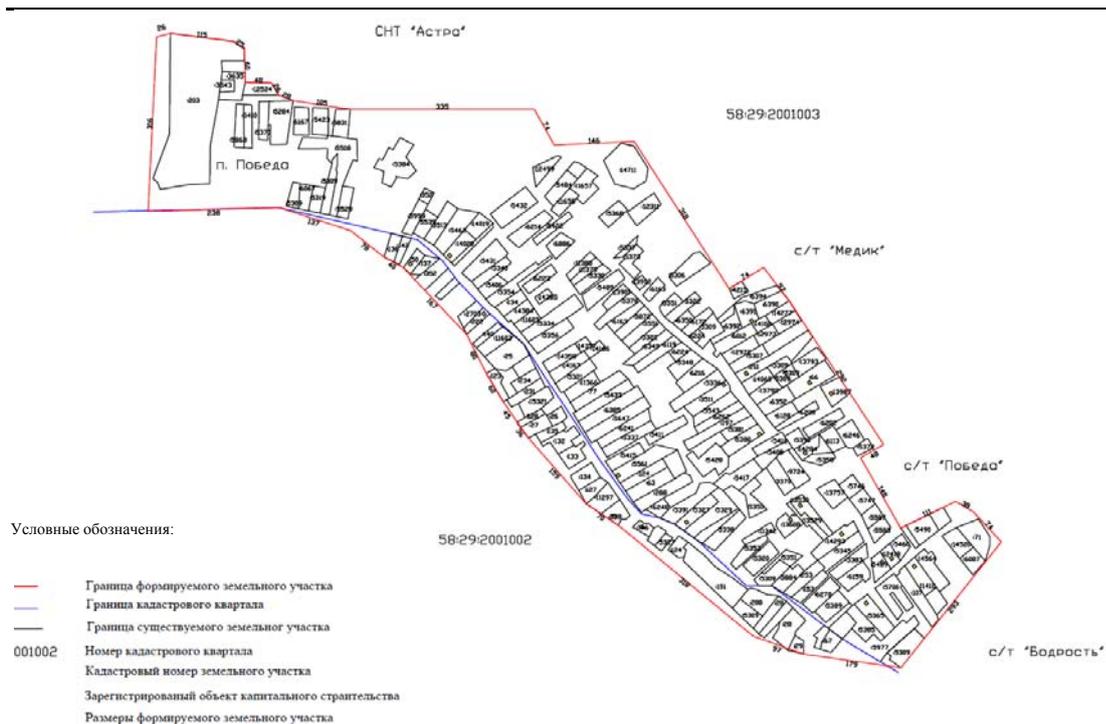


Рис. 8. Проект межевания территории п. Победа

Таким образом, по нашим расчетам, стоимость кадастровых работ при составлении проекта межевания территории п. Победа составит 250 тыс. руб.

В завершение можно выделить основные проблемы, встречающиеся в процессе кадастровых работ относительно участков ИЖС и территорий соответствующих микрорайонов застройки:

- не все территории поселений (например коттеджные поселки) имеют утвержденные уставы, правоустанавливающие и правоудостоверяющие документы на территорию в соответствии с действующим законодательством;
- со стороны муниципалитетов действующим и образующимся новым поселениям или микрорайонам с частной застройкой не оказывается действенной поддержки по обеспечению инженерными коммуникациями и транспортным сообщением, по разработке и утверждению документации по планировке территории;
- наложение границ участков, учтенных в ЕГРН, наличие вкрапленных и бесхозяйного имущества;
- неточность геодезической, топографической и картографической основ.

### Список литературы

1. Официальный сайт администрации города Пензы. – URL: <http://www.penza-gorod.ru/> (дата обращения 17.04.2019 г.).
2. Официальный сайт Росстата. – URL: <http://www.gks.ru/> (дата обращения: 15.05.2019).
3. Проект внесения изменений в генеральный план городского округа Пенза. 2019 / Разработчик: ОАО «Гипрогор». – URL: <https://fgistp.economy.gov.ru>
4. СП 30-102-99. Планировка и застройка территорий малоэтажного жилищного строительства.
5. Официальный портал Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии. – URL: <https://rosreestr.ru/site/> (дата обращения: 12.04.2019).

---

## References

1. Official site of administration of Penza. – URL: <http://www.penza-gorod.ru/> (accessed 17.04.2019).
2. Official website of Rosstat. – URL: <http://www.gks.ru/> (accessed 15.05.2019).
3. Draft amendments to the General plan of the city district of Penza. 2019 / Developer: JSC «Giprogor». – URL: <https://fgistp.economy.gov.ru>
4. SP 30-102-99. Planning and development of low-rise housing construction.
5. Official portal of the Federal service for state registration, cadastre and cartography. – URL: <https://rosreestr.ru/site/> (accessed 12.04.2019).

---

# ТРАНСПОРТ

# TRANSPORT

УДК 625.7/.8.059

*Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства*

Россия, 440028, г. Пенза,  
ул. Германа Титова, д.28,  
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8412) 48-74-77

**Бажанов Анатолий Павлович,**  
доктор технических наук, профессор  
E-mail: [bajan\\_p@mail.ru](mailto:bajan_p@mail.ru)

*Penza State University of Architecture  
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,  
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

**Bazhanov Anatoly Pavlovich,**  
Doctor of Sciences, Professor  
E-mail: [bajan\\_p@mail.ru](mailto:bajan_p@mail.ru)

## АНАЛИЗ ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ, РАЗРУШЕНИЙ И ДЕФЕКТОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

А.П. Бажанов

Рассмотрены задачи обеспечения надежности на современном этапе строительства автомобильных дорог при их проектировании, которые сегодня могут быть успешно решены благодаря использованию ретроспективной информации и различных количественных методов исследования и оценки их определяющих показателей (модуль упругости, ровность и износ дорожного покрытия, колеиность, трещинообразование и т.д.), основанных на моделировании предпроектных и проектных решений с учетом анализа причин возникновения деформаций, разрушений и дефектов автомобильных дорог.

Изложены современный подход к анализу состояния дорожной одежды по темпам (рisku) разрушения и фактическому сроку ее службы, а также причины возникающих деформаций, которыми могут быть проектные ошибки и строительные недостатки, недостатки в содержании и ремонте, условия эксплуатации дорог, природно-климатические факторы, которые чаще всего проявляются в одновременном сочетании нескольких из этих причин.

Приведены основные источники увлажнения дорожной конструкции и основные причины возникновения деформаций земляного полотна и дорожной одежды. Применительно к деформациям и разрушениям нежестких дорожных одежд показаны деформации и разрушения как отдельно для их покрытий, так и для всей дорожной одежды в целом.

Обосновано, что использование в процессе проектирования автомобильных дорог на стадиях разработки их предпроектной, проектной и рабочей документации предложенного в данной работе вероятностно-статистического подхода к оценке определяющих параметров автомобильных дорог и риска разрушения их дорожной одежды во времени в процессе эксплуатации дорог будет способствовать значительной корректировке данных показателей в сторону их улучшения.

*Ключевые слова: надежность, земляное полотно, дорожное покрытие, дорожная одежда, разрушение, деформация, дефекты, отказ дорожной конструкции*

## ANALYSIS OF REASONS OF ORIGIN OF DEFORMATIONS, DESTRUCTIONS AND DEFECTS OF HIGHWAYS

A.P. Bazhanov

The article describes the problem of reliability at the present stage of construction of roads in their design, which today can be successfully solved by using retrospective information and various

---

quantitative methods of research and evaluation of their defining indicators (modulus of elasticity, smoothness and wear of the road surface, tracking, cracking, etc.), based on the modeling of pre-design and design solutions, taking into account the analysis of the causes of deformation, destruction and defects of roads.

The author presents a modern approach to the analysis of the state of the pavement at the rate (risk) of destruction and the actual life of its service. The paper presents the causes of deformation, which may be design errors and construction defects, deficiencies in maintenance and repair, road operating conditions, climatic factors, which are most often manifested in the simultaneous combination of several of these reasons.

The main sources of moisture of the road structure and the main causes of deformation of the roadbed and pavement are presented. As applied to deformations and destructions of non-rigid pavements, deformations and destructions are shown both separately for their coverings, and for all pavements as a whole.

It is shown that the use in the process of designing roads at the stages of development of their pre-design, design and working documentation, the proposed in this paper probabilistic and statistical approach to the assessment of the determining parameters of roads and the risk of destruction of their pavement in time during the operation of roads, will contribute to a significant adjustment of these indicators towards their improvement.

*Keywords: reliability, roadbed, road surface, road clothing, destruction, deformation, defects, failure of road construction.*

### **Введение**

Известно, что как при проектировании автомобильной дороги, так и при ее строительстве преследуется цель не только достижения требуемого уровня качества при сдаче дороги в эксплуатацию [1], но и обеспечения требуемого уровня ее надежности [2].

Уровень надежности дорожной конструкции за определенный период времени характеризуется вероятностью ее безотказной работы [3].

Задачи обеспечения надежности на современном этапе строительства автомобильных дорог при их проектировании [4] сегодня могут быть успешно решены благодаря использованию ретроспективной информации и различных количественных методов исследования и оценки их определяющих показателей (модуль упругости, ровность и износ дорожного покрытия, колеиность, трещинообразование и т.д.) [5], основанных на моделировании предпроектных и проектных решений [6] с учетом анализа причин возникновения деформаций, разрушений и дефектов автомобильных дорог.

Надежность автомобильной дороги тесно связана с понятием общего отказа, под которым понимают событие, характеризующее потерю работоспособности или выход из строя элемента какого-либо конструктивного элемента дороги (земляного полотна, дорожной одежды, дорожного покрытия) [7].

Отказы автомобильных дорог, характеризующие потерю работоспособности земляного полотна, дорожной одежды и дорожного покрытия, обуславливаются их деформациями, дефектами и разрушениями [8], которые происходят преимущественно под влиянием ошибок проектирования, некачественного выполнения строительных работ, природных воздействий, а также многократно повторяющихся нагрузок от автомобилей.

Современный подход к анализу состояния дорожной одежды по темпам (рisku) разрушения и фактическому сроку ее службы, основанный на вероятностно-статистическом подходе к оценке определяющих показателей автомобильных дорог и риска разрушения их дорожной одежды во времени в процессе эксплуатации дорог, является актуальным [9].

Риск (темп) разрушения дорожной одежды во времени является качественной инженерной характеристикой конструкции.

Поэтому использование в процессе проектирования автомобильных дорог на стадиях разработки их предпроектной, проектной и рабочей документации вероятностно-статистического подхода к оценке определяющих параметров автомобильных дорог и риска разрушения их дорожной одежды во времени в процессе эксплуатации дорог

будет способствовать значительной корректировке числовых значений данных параметров в сторону их улучшения.

В связи с изложенным задача проведения углубленного анализа причин возникновения деформаций, разрушений, дефектов и отказов автомобильных дорог с целью дальнейшего использования его результатов на этапах проектирования, строительства и содержания является актуальной.

### Материалы и методы исследования

В процессе движения автомобиля по автомобильной дороге на ее дорожную конструкцию действуют различные силы взаимодействия между колесами автомобиля и ее конструкцией [10].

Напряжения, возникающие в дорожной одежде при проезде автомобиля от действия нормального и тангенциального усилий, затухают с глубиной (рис. 1).

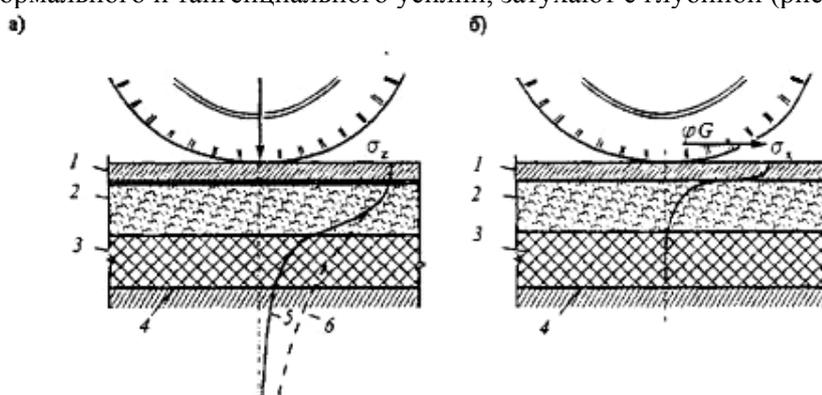


Рис. 1. Напряжения от колес автомобилей в многослойной дорожной одежде:  
 а – эпюра вертикальных напряжений  $\sigma_z$ ; б – эпюра горизонтальных напряжений  $\sigma_x$ ;  
 1 – покрытие; 2 – основание; 3 – дополнительный слой основания; 4 – подстилающий грунт;  
 5 – напряжения в дорожной одежде; 6 – напряжения в однородном грунте

На состояние дороги и условия движения по ней автомобилей существенно влияют климат и погода [9].

Изменение характеристик водно-теплового режима влияет на прочность, долговечность дорожной конструкции и приводит к снижению транспортно-эксплуатационных свойств автомобильной дороги.

Степень действия среды на дорогу в конечном счете определяется параметрами источников увлажнения дорожной конструкции и интенсивностью температурных воздействий.

Основными источниками увлажнения дорожной конструкции являются (рис. 2): атмосферные осадки, просачивающиеся через трещины в покрытии, обочины (особенно в местах сопряжения с проезжей частью); вода, застаивающаяся на поверхности полотна, в боковых резервах и кюветах вследствие затрудненного поверхностного стока и увлажняющая грунт земляного полотна в процессе молекулярного и капиллярного передвижения; подземная вода, поднимающаяся по капиллярам, особенно при промерзании конструкции и близком к поверхности дороги залегании подземных вод; парообразная вода, перемещающаяся от теплых слоев к более холодным.

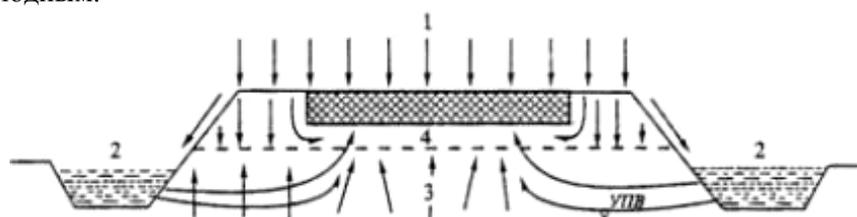


Рис. 2. Схема источников увлажнения дорожной конструкции:  
 1 – атмосферные осадки; 2 – вода в канавах; 3 – подземная вода; 4 – песчаное основание

Под совместным воздействием многократно повторяющихся нагрузок от автомобилей и природных факторов в земляном полотне и в дорожной одежде возникают напряжения и деформации, которые, постепенно накапливаясь, могут привести к их разрушению. При деформациях и разрушениях земляного полотна неизбежно деформируется и разрушается дорожная одежда. Под деформацией понимают изменение размеров или формы тела без уменьшения его массы и без потери сплошности. Разрушение – это изменение размеров и формы тела с изменением (уменьшением) массы тела или потерей сплошности. В практической деятельности все виды деформаций и разрушений часто относят к дефектам состояния дороги, которые включают в себя также отступления от проектных решений или нормативных требований по геометрическим параметрам, инженерному оборудованию и обустройству дорог, организации и безопасности движения, эксплуатационному состоянию дорог и др.

Причиной возникающих деформаций могут быть проектные ошибки и строительные недостатки, недостатки в содержании и ремонте, условия эксплуатации дорог, природно-климатические факторы. Чаше всего причиной возникновения деформаций является сочетание нескольких из перечисленных факторов, действующих одновременно. На правильно спроектированной, построенной и эксплуатируемой дороге в пределах межремонтных сроков службы дорожных одежд и покрытий не должно быть разрушений (кроме износа покрытий), но могут быть деформации в допустимых пределах.

Основными причинами возникновения деформаций земляного полотна являются статические и динамические вертикальные (нормальные) и касательные (тангенциальные) силы, передаваемые колёсами транспортных средств через дорожную одежду на земляное полотно, вызывающие напряжения и деформации в его теле, вследствие чего земляное полотно изнашивается и разрушается.

При достижении недопустимых напряжений в грунте земляного полотна возникают существенные деформации в виде осадок, расползания насыпей, сползания откосов и т.д. Величина допустимых напряжений в грунте зависит от его физико-механических свойств, которые, в свою очередь, зависят от типа грунта, степени его уплотнения и влажности. Кроме того, под действием природно-климатических факторов могут возникать деформации и разрушения земляного полотна, которые в начальной стадии не оказывают влияния на состояние дорожной одежды. Это различные формы размывов земляного полотна, выдувание обочин и др.

Основными причинами возникновения деформаций дорожных одежд и покрытий являются нагрузки от колес автомобиля (рис. 3, а), при воздействии которых в слоях одежды возникают напряжения сжатия, растяжения, изгиба и сдвига (рис. 3, б). Чрезмерные напряжения от транспортных нагрузок приводят к возникновению тех или иных деформаций.

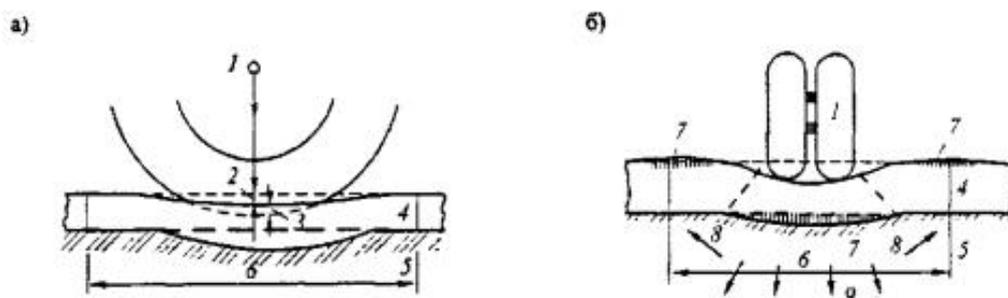


Рис. 3. Схема образования чаши прогиба и разрушения нежёстких дорожных одежд под колесом автомобиля:

- 1 – колесо; 2 – прогиб дорожной одежды; 3 – сжатие шины; 4 – дорожная одежда; 5 – земляное полотно; 6 – чаша прогиба; 7- зоны растяжения и трещины в одежде; 8 – выпирание грунта; 9 – направление сжатия грунта

Одним из наиболее распространенных видов дефектов дорожных одежд являются трещины. Основная причина образования трещин – возникновение растягивающих и

изгибающих напряжений в слоях дорожной одежды под действием нагрузки от автомобилей и температурных колебаний и особенно при совместном действии этих факторов.

В начальной стадии образования трещины практически не оказывают влияния на условия движения автомобилей до тех пор, пока трещины не переходят в выбоины.

Выбоины и ямочность можно отнести к местным посадкам, проломам, местам с сильным выкрашиванием материала покрытия, а также крупным трещинам.

Другим источником возникновения выбоин являются неровности дорожного покрытия – неровности, допущенные при устройстве слоев дорожной одежды, когда не соблюдаются требования к ровности и однородности в процессе разравнивания и уплотнения материалов, и неровности в виде трещин, сдвигов и наплывов, которые возникают в процессе эксплуатации асфальтобетонных покрытий из смесей с повышенной пластичностью.

В процессе эксплуатации автомобильных дорог деформации их земляного полотна связаны с грунтово-гидрологическими условиями, воздействием климатических факторов, сложившегося водно-теплового режима земляного полотна и дорожной конструкции в целом, условиями эксплуатации дороги, а в ряде случаев – и с технологией строительства и своевременностью проведения мероприятий по содержанию автомобильной дороги.

### Результаты исследования

Применительно к деформациям и разрушениям нежестких дорожных одежд различают деформации и разрушения как отдельно их покрытий, так и всей дорожной одежды в целом [11]. К первым относят износ, шелушение, выкрашивание, выбоины, сдвиги, волны, гребенки и трещины покрытия (рис. 4). Ко вторым – пучины, просадки, проломы, колеи и разрушения кромок дорожных одежд. Наиболее часто на проезжей части наблюдаются деформации и разрушения дорожных покрытий.

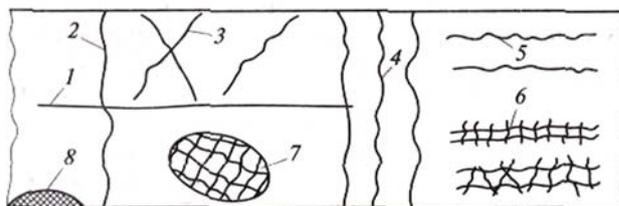


Рис. 4. Трещины и разрушения покрытия:

- 1 – продольные по оси дороги; 2 – поперечные; 3 – косые; 4 – частые поперечные на всю ширину; 5 – продольные по полосам наката; 6 – сетка трещин на пучинистых участках; 7 – сетка трещин на пучинистых участках; 8 – обломы кромок

**Износ покрытия (истирание)** – уменьшение толщины слоя покрытия в результате потери материала под действием колес автомобилей и природных факторов.

**Шелушение** (рис. 5,а) – отделение чешуек и частиц материала толщиной 2-5 мм или разрушение поверхности покрытия под действием колес автомобилей, воды и отрицательной температуры воздуха с образованием микронеровностей глубиной до 5 мм.

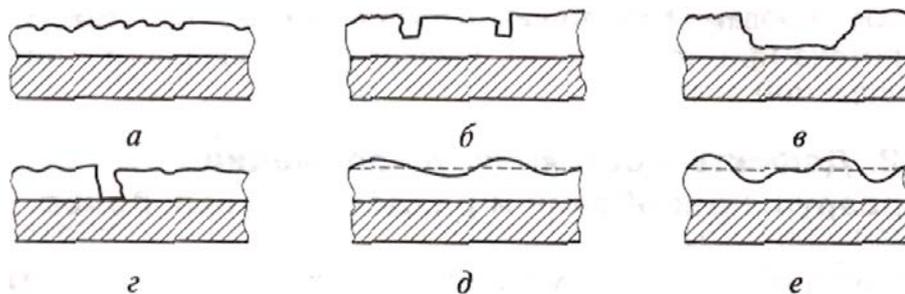


Рис. 5 Деформации и разрушения дорожных покрытий:

- а – шелушение; б – выкрашивание; в – выбоины; г – сдвиги; д – волны; е – гребенка

**Выкрашивание** покрытий (рис. 5, б) – отделение зерен минерального материала покрытия и образование мелких раковин на его поверхности глубиной от нескольких миллиметров до 20 мм. Постепенно развиваясь, выкрашивание распространяется на значительную площадь и является признаком начала поверхностного разрушения покрытия.

**Выбоины (ямочность)** (рис. 5, в) – местные разрушения покрытия глубиной 20-100 мм и более с резко очерченными краями. Причины выкрашивания покрытий и образования выбоин во многом совпадают. Они возникают прежде всего из-за недостаточной связи между минеральными материалами и органическим вяжущим, недоуплотнения покрытия, загрязнения, использования недоброкачественных материалов (пережог асфальтобетонной смеси, попадание необработанного щебня или песка в смесь и т.д.).

**Сдвиги** (рис. 5, г) – неровности, вызванные смещением материала покрытия при устойчивом основании. Сдвиги образуются чаще всего в местах торможения автомобилей (места остановки, перекрёстки). Смещаемый колесом поверхностный слой образует складки и наплывы.

**Волны** (рис. 5, д) и **гребенки** (рис. 5, е) – неровности в виде поперечных гребней и впадин с пологими краями, закономерно чередующиеся вдоль покрытия и вызванные смещением верхнего слоя. Формируются, как и сдвиги, в местах торможения автомобилей практически на всех типах покрытий, кроме цементобетонных. Основными причинами волнообразования являются излишняя пластичность материалов, избыток вяжущего или недостаточная теплоустойчивость смеси, дефекты уплотнения, а также систематическое воздействие на покрытие автомобилей одинаковой массы при одинаковой скорости движения.

На покрытиях переходного типа, преимущественно гравийных, поперечные волны образуют гребёнку – правильные четко выраженные поперечные выступы, чередующиеся с углублениями.

Трещины бывают различных размеров и формы (см. рис. 4) По глубине большинство трещин распространяется на толщину слоев покрытия. Однако при недостаточной прочности дорожных одежд трещины могут распространяться и в слой основания. Трещины на асфальтобетонных и других видах покрытий из материалов с органическими вяжущими могут быть одиночные поперечные, продольные и косые или в виде сетки трещин.

Трещины со временем превращаются в выбоину, если она своевременно не устранена.

**Сетка трещин** с мелкими ячейками на полосах наката размером сторон 10-20 см возникает на дорожном покрытии, как правило, при недостаточной прочности основания на участках оттаивания переувлажненного грунта в весенний период и пучинообразования. При большом числе трещин поверхность покрытия становится похожа на кожу крокодила, из-за чего она получила в некоторых странах название «аллигатор». Главной причиной большинства трещин является усталость дорожных одежд, их недостаточная прочность.

**Колея** – это особый вид деформирования дорожной конструкции (земляного полотна, дорожной одежды с покрытием), в результате которого на поверхности проезжей части образуются углубления вдоль по полосам наката без гребней выпирания или с гребнями выпирания по одной или обеим сторонам этих углублений. Колея может охватывать как слой покрытия, так и все другие слои дорожной одежды, а также грунты рабочей зоны земляного полотна. Колеи могут образоваться на всех видах покрытий и дорожных одежд, но интенсивность их образования и глубина колеи различны.

Деформации и разрушения всей конструкции дорожной одежды – это пучины, просадки, проломы, колеи, разрушение кромок и др.

**Пучины** – взбулгривание проезжей части, вызванное влагонакоплением и последующим промерзанием в земляном полотне. В месте взбулгривания образуется сетка трещин.

---

**Просадки** – деформации одежды в виде впадин глубиной 50-100 мм и более с пологой поверхностью, но без выпучивания и образования трещин на прилегающих участках. Возникают в местах пониженной прочности слоев одежды и грунта при увлажнении. Просадки могут наблюдаться в первые годы эксплуатации дороги при неблагоприятных грунтово-гидрологических условиях, вследствие недостаточного уплотнения земляного полотна и слоев одежды, а также при появлении в составе движения тяжёлых автомобилей, на которые дорожная одежда не была рассчитана.

**Проломы** – разрушения одежды в виде более или менее длинных прорезей глубиной до 100 мм по полосам наката и выпучиваний сбоку высотой 50-100 мм. Различают мокрые проломы, которые образуются вследствие переувлажнения и пластического течения материала слоев основания и грунта, и сухие – прорезание всех слоев одежды под действием вертикальной силы при недостаточной толщине конструкции и слабом уплотнении слоев и грунтов земляного полотна.

**Разрушение кромок** – отдельные трещины и сетки трещин вдоль кромок, откол, искажение поперечного профиля прикромочных полос. Разрушение кромок происходит вследствие пониженной прочности прикромочных полос проезжей части (заниженная толщина слоев одежды у кромок, повышенная влажность грунта основания под кромкой) и отсутствия укрепительных полос со стороны обочин.

### Выводы

Результаты проведенного анализа причин возникновения деформаций, разрушений и дефектов автомобильных дорог позволили установить, что использование в процессе проектирования автомобильных дорог на стадиях разработки их предпроектной, проектной и рабочей документации вероятностно-статистического подхода к оценке определяющих показателей автомобильных дорог и риска разрушения их дорожной одежды в процессе эксплуатации дорог будет способствовать значительной корректировке числовых значений данных параметров в сторону их улучшения.

### Список литературы

1. Сильянов, В.В. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог и городских улиц / В.В. Сильянов, Э.Р. Домке. – М.: Академия, 2008. – 352 с.
2. ГОСТ 27.002-2015. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 2014. – 24 с.
3. Столяров, В.В. Проектирование автомобильных дорог с учетом теории риска: в 2 ч. / В.В. Столяров. – Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 1994. – Ч.1, Ч.2 – 184 с; 232 с.
4. Bazhanov, A.P. Structural diagrams and basic design relationships for the calculation of road safety indicators / A.P. Bazhanov // Advances in Engineering Research (AER): International Conference «Actual». – 2018. – Vol. 157. – P 81–84.
5. Золотарь, И.А. Повышение надежности автомобильных дорог / И.А. Золотарь, В.К. Некрасов, С.В. Коновалов [и др.]; под ред. д-ра техн. наук, проф. И.А. Золотаря. – М.: Транспорт, 1977. – 183 с.
6. Апполонов, И.В. Методика количественной оценки качества и надежности технических устройств, имеющих дефекты / И.В. Апполонов, Н.А. Северцев // Надежность и контроль качества. – 1976. – №3. – С. 20–21. (Приложение к журналу «Стандарты и качество»).
7. Подольский, В.П. Технология и организация строительства автомобильных дорог. Дорожные покрытия / В.П. Подольский, П.И. Поспелов, А.В. Глагольев, А.В. Смирнов; под ред. В.П. Подольского. – М.: Издательский центр «Академия», 2012. – 304 с.
8. Imran1, M.A. Assessment on the Road Pavement Failure and Maintenance of Rajshahi City International Conference on Recent Innovation in Civil Engineering for Sustainable Department of Civil Engineering DUET / M.A. Imran1, H.M.A. Rabbany, M.T. Islam and M.M.H. Sharon. – Gazipur, Bangladesh.
9. Скачков, Ю.П. Научно-методический подход к оценке технических и экологических рисков в процессе применения принципов технического регулирования к

---

объектам дорожной деятельности: монография / Ю.П. Скачков, В.В. Столяров, А.П. Бажанов, Н.Е. Кокодеева, А.В. Кочетков, С.П. Аржанухина. – Пенза: ПГУАС, 2012. – 246 с

10 Справочная энциклопедия дорожника. II т. Ремонт и содержание автомобильных дорог / под ред. заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, д-ра техн. наук, проф. А.П. Васильева. – М.: Информавтодор, ВиАрт Плюс, 2004. – 1747 с.

11. Васильев, А.П. Эксплуатация автомобильных дорог / А.П. Васильев. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – Т. 1(2). – 320 с.

## References

1. Silyanov, V.V. Transport and operational quality of roads and city streets / V.V. Silyanov, E.R. Domke. – М.: Academy, 2008. – 352 p.

2. GOST 27.002-2015 Reliability in engineering. Basic concept. Terms and definitions. – М.: Publishing house of standards, 2014. – 24 p.

3. Stolyarov, V.V. Design of roads taking into account the theory of risk: 2 p. / V.V. Stolyarov. – Saratov: Sarat. state tech. UN-t, 1994. – P. 1, P. 2. – 184 p; 232 p.

4. Bazhanov, A.P. Structural diagrams and basic design relationships for the calculation of road safety indicators / A.P. Bazhanov // Advances in Engineering Research (AER): International Conference «Actual». – 2018. – Vol. 157. – P 81–84.

5. Zolotar, I.A. Improving the reliability of roads / I.A. Zolotar, V.K. Nekrasov, S.V. Konovalov [etc.]; ed. by Dr. Sciences, Professor I. A. Zolotar. – М.: Transport, 1977. – 183 p.

6. Appolonov, I.V. Method of quantitative assessment of quality and reliability of technical devices with defects / I.V. Appolonov, N.Ah. Severtsev // Reliability and quality control. – 1976. – №3. – P. 20–21. (Annex to the journal «Standards and quality»).

7. Podolsky, V.P. Technology and organization of road construction / V.P. Podolsky, P.I. Pospelov, A.V. Glagolev, A.V. Smirnov; ed. by V. P. Podolsky. – М.: Publishing center «Academy», 2012. – 304 p.

8. Imran1, M.A. Assessment on the Road Pavement Failure and Maintenance of Rajshahi City International Conference on Recent Innovation in Civil Engineering for Sustainable Department of Civil Engineering DUET / M.A. Imran1, H.M.A. Rabbany, M.T. Islam and M.M.H. Sharon. – Gazipur, Bangladesh.

9. Skachkov, Y.P. Scientific and methodical approach to the estimation of technical and environmental risks and the application of the principles of tehnicheskogo regulation for road activities: monograph / Y.P. Skachkov, V.V. Stolyarov, A.P. Bazhanov, N.E. Kolodeeva, A.V. Kochetkov, S.P. Arzhanuhin. – Penza: PGUAS, 2012. – 246 p.

10. Reference encyclopedia roadbuilder. II volume. Repair and maintenance of roads / edited by honored worker of science and technology of the RSFSR, Dr. Techn. Sciences, Professor A. P. Vasilieva – М.: Informavtodor, Viart Plus, 2004. – 1747 p.

11. Vasiliev, A.P. Road exploitation / A.P. Vasiliev. – М.: publishing center «Academy», 2010. – Vol. 1 (2). – 320 p.

---

# ОБЩИЕ И КОМПЛЕКСНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕХНИЧЕСКИХ И ПРИКЛАДНЫХ НАУК

## GENERAL AND COMPLEX PROBLEMS OF TECHNICAL AND APPLIED SCIENCES

УДК 517.9

*Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства*

Россия, 440028, г. Пенза,  
ул. Германа Титова, д.28,  
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

**Данилов Александр Максимович,**  
доктор технических наук,  
профессор, советник РААСН,  
зав. кафедрой «Математика  
и математическое моделирование»  
E-mail: fmatem@pguas.ru

**Гарькина Ирина Александровна,**  
доктор технических наук, профессор  
кафедры «Математика и математическое  
моделирование»  
E-mail: fmatem@pguas.ru

*Penza State University of Architecture  
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,  
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

**Danilov Alexander Maksimovich,**  
Doctor of Sciences, Professor, Adviser of the  
Russian Academy of Architectural and  
Construction Sciences, Head of the department  
«Mathematics and Mathematical Modeling»  
E-mail: fmatem@pguas.ru

**Garkina Irina Aleksandrovna,**  
Doctor of Sciences, Professor  
of the department «Mathematics  
and Mathematical Modeling»  
E-mail: fmatem@pguas.ru

## ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭРГАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

А.М. Данилов, И.А. Гарькина

Рассматриваются концептуальные проблемы когнитивного моделирования эргатических систем, связанные с разработкой имитаторов динамики объекта для формирования у оператора требуемых навыков управления.

Основное внимание уделяется вычислительным аспектам имитационного моделирования транспортных систем.

*Ключевые слова: эргатические системы, имитационное моделирование, объект управления, полунатурное моделирование, имитационные характеристики, управление, формирование навыков*

## SIMULATION OF ERGATIC SYSTEMS

A.M. Danilov, I.A. Garkina

The conceptual problems of cognitive modeling of ergatic systems associated with the development of simulators of the dynamics of an object for the formation of the required control skills for the operator are considered.

The article focuses on the computational aspects of the simulation of transport systems.

*Keywords: ergatic systems, simulation, control object, full-scale modeling, simulation characteristics, management, skills formation.*

Создание обучающих комплексов для подготовки операторов на базе имитационного моделирования дает возможность формирования у оператора необходимых навыков управления с наименьшими затратами материальных средств. Один из наиболее сложных и важных этапов в создании тренажеров связан с *построением рациональных математических моделей на базе гибкого модульного программно-математического обеспечения, автоматизации проектирования и испытаний, разработки методик идентификации и корректировки выходных характеристик имитатора под реальные технические характеристики объекта* [1...4]. Имитация состоит в воспроизведении штатных условий функционирования транспортных средств, предпосылок возникновения особых ситуаций и их протекания как при правильных, так и при неправильных действиях оператора в принятом диапазоне ожидаемых условий эксплуатации. Требуемая точность моделирования технических характеристик нами определялась по заложенным в техническом задании обучающим свойствам комплекса (в соответствии с разработанными критериями по всем режимам функционирования системы и из условий формирования полноценных профессиональных навыков при обучении на имитаторе). Имитационные свойства обучающего комплекса оценивались на основе объективных показателей, непосредственно связанных с результирующими характеристиками управления объектом (методика формирования объективных оценок предусматривала возможность сравнения групп показателей для условий имитатора и объекта). Совпадение управляющих воздействий оператора в условиях тренажера и реального объекта практически невозможно (тренажер будет не менее сложным, чем сам объект). Не исключается возможность формирования у оператора ложного навыка по управлению объектом (принято считать, что число выходов на обучающий комплекс не должно превышать магического числа «7»); не существует методов по определению даже допусков на показатели эталонного управления; оценка имитационных характеристик пока производится лишь на уровне качественного анализа.

Для имитаторов вида

$$\dot{\mathbf{x}}(t) = \mathbf{A}\mathbf{x}(t) + \mathbf{B}\mathbf{u}(t),$$

где  $\mathbf{x}, \mathbf{u}$  – векторы выходных координат и управляющих воздействий соответственно,  $\mathbf{A}, \mathbf{B}$  – матрицы размерностей  $n \times n$  и  $m \times m$ , справедливо:

$$\mathbf{x}_k - \mathbf{y}_k = \tau^2 k \mathbf{B}\mathbf{P}(\mathbf{A} + \mathbf{B}\mathbf{P})\mathbf{x}_0 \text{ при } k \geq 2;$$

$$\mathbf{x}_1 = \mathbf{x}_0 + \tau \mathbf{A}_1 \mathbf{x}_0, \quad \tau \mathbf{A}_1 \mathbf{x}_0 = \mathbf{x}_1 - \mathbf{x}_0,$$

$$\mathbf{y}_1 = \mathbf{y}_0 + \tau (\mathbf{A}\mathbf{y}_0 + \mathbf{B}_1 \mathbf{y}(t_0 - \tau)) = \mathbf{x}_0 + \tau \mathbf{A}_1 \mathbf{x}_0 = \mathbf{x}_1; t_k = t_0 + k\tau,$$

$\mathbf{P}$  – матрица управления.

Требования к запаздыванию в различных модулях имитатора устанавливались по соотношениям

$$\mathbf{x}_k - \mathbf{y}_k = \frac{k(k-1)}{2} \delta^2 \mathbf{B}\mathbf{P}(\mathbf{A} + \mathbf{B}\mathbf{P})\mathbf{x}_0, \quad k \leq m;$$

$$\mathbf{x}_{m+1} - \mathbf{y}_{m+1} \approx \frac{m(m+1)}{2} \delta \mathbf{B}\mathbf{P}(\mathbf{x}_1 - \mathbf{x}_0), \quad k > m;$$

$$\mathbf{x}_{m+j+1} - \mathbf{y}_{m+j+1} = \delta \left( \frac{m(m-1)}{2} + jm \right) \mathbf{B}\mathbf{P}(\mathbf{x}_1 - \mathbf{x}_0), \quad 1 < j \leq m-1$$

(шаг интегрирования  $\delta = \frac{\tau}{m}$ ). При отсутствии запаздывания требуемая точность достигалась уже при шаге  $h > \max(\tau_1, \tau_2)$ .

Для системы

$$\begin{aligned}\dot{\mathbf{x}}(t) &= \mathbf{A}\mathbf{x}(t) + \mathbf{Q}\mathbf{T}\mathbf{x}(t) \quad (t \geq 0), \\ \mathbf{x}(t) &= \mathbf{S}(t), \quad t \leq 0, \quad \mathbf{x}(+0) = \mathbf{S}(0),\end{aligned}$$

$$\mathbf{x}(t) = \begin{bmatrix} x(t) \\ y(t) \end{bmatrix}, \quad \mathbf{A} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{Q} = \begin{bmatrix} b_1 p_1 & b_1 p_2 \\ b_2 p_1 & b_2 p_2 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{T} = \begin{bmatrix} \mathbf{T}_\tau & 0 \\ 0 & \mathbf{T}_{\tau\tau} \end{bmatrix} = \mathbf{T}_\tau \mathbf{E};$$

$$(\mathbf{T}_\tau \mathbf{z}(t) = \mathbf{z}(t - \tau)); \quad \mathbf{E} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{S}(t) = \begin{bmatrix} S_1(t) \\ S_2(t) \end{bmatrix}$$

при  $h^* = \frac{h}{n}$ ,  $0 \leq t \leq \tau = mh$ ,  $n \in \{1, 2, \dots\}$  по методу Рунге – Кутты второго порядка точности справедливо:

$$\begin{aligned}\mathbf{x}_{j+1} &= \mathbf{x}_j + h^* \mathbf{A}\mathbf{x}_j + \frac{(h^*)^2}{2} \mathbf{A}^2 \mathbf{x}_j + h^* \mathbf{Q}\mathbf{S}_{j-mn+\frac{1}{2}}; \\ (j &= 0, 1, \dots, mn-1), \quad \mathbf{x}_j = \mathbf{x}(jh^*), \quad \mathbf{S}_j = \mathbf{S}(jh^*).\end{aligned}$$

Для случая  $t \geq \tau = mh$  решалась исходная задача с запаздыванием с шагом  $h$ ; здесь метод Рунге – Кутты дает:

$$\mathbf{x}_{k+1} = \mathbf{x}_k + h\mathbf{A}\mathbf{x}_k + \frac{h^2}{2} \mathbf{A}^2 \mathbf{x}_k + h\mathbf{Q}\mathbf{S}_{k-m} + \frac{h^2}{2} \mathbf{Q}^2 \mathbf{x}_{k-2m} \quad (k = 0, 1, \dots).$$

Оказалось, что для рассматриваемых систем комфортные ощущения оператора достигаются при собственных частотах объекта управления  $\omega \in (2, 10)c^{-1}$  и коэффициентах затухания  $\xi \in (0, 4; 0, 9)$ . При этом управление  $u(t)$  может рассматриваться как последовательность импульсов разной формы (Milsum J.), следующих друг за другом через некоторые промежутки времени (амплитуда  $A_v$ , длительность  $\tau_v$ , время появления  $t_v$  и вероятности распределений). Информация о состоянии объекта и его систем поступает к оператору через систему отображения информации или воспринимается им непосредственно через зрительные, слуховые и др. рецепторы. Текущая информационная модель движения объекта формируется в центральной нервной системе по полученным параметрам. На основании сравнения с концептуальной моделью определяются управляющие сигналы (информационно-исполнительная модель).

Параметры импульсов являются результатом воздействия ряда случайных факторов, законы их распределений устанавливаются в соответствии с центральной предельной теоремой: если в сумме  $Y_n = \sum_{i=1}^n X_i$  нет слагаемых, влияние которых на рассеяние  $Y_n$  подавляюще велико по сравнению с влиянием всех остальных, и нет большого числа слагаемых с чрезмерно малым влиянием по сравнению с суммарным влиянием остальных, то распределение  $Y_n$  будет нормальным с математическим ожиданием  $\sum_{i=1}^n a_i$  и дисперсией  $\sum_{i=1}^n \sigma_i^2$ .

Как показала обработка экспериментальных данных, дискретные значения централизованных мгновенных значений амплитуд  $\dot{u}_j(t_s)$  для рассматриваемого класса эргатических систем распределены нормально. Импульсы оператор формирует исходя из отклонений параметров состояния от требуемых; число учитываемых параметров минимизируется (по центральной предельной теореме  $n \rightarrow \infty$ ).

Эти результаты эффективно использовались при оценке характеристик *стиля управления* по каждому из каналов управления: определялись параметры *внутренней структуры* случайной функции

$$\dot{u}_j(t) = u_j(t) - M[u_j(t)],$$

которые рассматривались как *управляющие воздействия первого приближения*; вид

$$M[u_j(t)] = \frac{1}{2T_0} \int_{-T_0}^{T_0} u_j(t) dt$$
 зависит от выбора интервала усреднения  $2T_0$  (выбор  $T_0$

осуществлялся с учетом значения доминирующей в  $u_j(t)$  частоты  $\omega_c = 2\pi f_c$ ;  $f_c = T_c^{-1}$  (принималось  $T_0 = 0,5T_c$ )).

Этап обучения человека-оператора устраняет необходимость сознательного принятия стратегических решений с низкой информационной пропускной способностью сознательного мышления. Адаптивные действия оператора становятся подсознательными; он настолько проникается необходимостью достижения цели, что даже резкие структурные изменения иногда не влияют на общее качество всей системы (оператор может даже не запомнить изменения структуры объекта). Для определения динамических характеристик системы в процессе функционирования и сохранения оптимума управления человек-оператор, как отмечалось, и опрашивает объект, периодически посылая импульсные сигналы. Как оказалось, человек-оператор действительно не в состоянии определить экстремум многосвязного критерия целей при числе переменных больше шести. Оператор для контроля использует разность между наблюдаемым изменением скорости ошибок и предсказываемым изменением, вызванным движением управляющих устройств (если эта разность мала, то оператор предполагает, что динамика системы не изменилась; если велика – произошло изменение в динамике).

На основе такого подхода к формированию управляющих воздействий оператора практически определилось представление адаптации оператора к объекту управления в виде процесса, состоящего из фаз: выявление оператором изменения в системе, опознавание изменений в динамике, изменение собственных динамических характеристик оператора (для устойчивости и возможности управления объектом), оптимизация характеристик оператора (для достижения хороших рабочих характеристик системы).

### Список литературы

1. Данилов, А.М. Информационно-вычислительные системы авиационных тренажеров модульной архитектуры с распараллеливанием вычислительных процессов / А.М. Данилов, Э.В. Лапшин, И.А. Гарькина, В.А. Трусков // Труды международного симпозиума «Надежность и качество». – 2016. – Т. 2. – С. 318–326.
2. Danilov, A.M. Imitators of Dynamic Systems with Landing / A.M. Danilov, I.A. Garkina // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. – 2018. – 449. – P. 012002.
3. Бudyлина, Е.А. Структурная и параметрическая идентификация сложных эргатических систем / Е.А. Бudyлина, И.А. Гарькина, А.М. Данилов, Р.Л. Дулатов // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2–5. – С. 919–922.
4. Budylyna, E. Approximation of aerodynamic coefficients in the flight dynamics simulator / E. Budylyna, A. Danilov // Contemporary Engineering Sciences. – 2015. – Vol. 8, № 9. – P. 415–420.

---

## References

1. Danilov, A.M. Information-computing systems of aviation simulators of modular architecture with parallelization of computing processes / A.M. Danilov, E.V. Lapshin, I.A. Garkina, V.A. Trusov // Proceedings of the international symposium «Reliability and quality». – 2016. – Vol. 2. – P. 318–326.
2. Danilov, A.M. Imitators of Dynamic Systems with Landing / A.M. Danilov, I.A. Garkina // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. – 2018. – 449. – P. 012002.
3. Budylna, E.A. Structural and parametric identification of complex ergatic systems / E.A. Budylna, I.A. Garkina, A.M. Danilov, R.L. Dulatov // Basic research. – 2015. – № 2–5. – P. 919–922.
4. Budylna, E. Approximation of aerodynamic coefficients in the flight dynamics simulator / E. Budylna, A. Danilov // Contemporary Engineering Sciences. – 2015. – Vol. 8, № 9. – P. 415–420.

Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства

Россия, 440028, г. Пенза,  
ул. Германа Титова, д.28,  
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

**Кузина Валентина Владимировна**,  
кандидат технических наук, доцент кафедры  
«Информационно-вычислительные системы»  
E-mail: kuzina@pguas.ru

Penza State University of Architecture  
and Construction

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,  
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

**Kuzina Valentina Vladimirovna**,  
Candidate of Sciences, Associate Professor of the  
department «Information and Computing Systems»  
E-mail: kuzina@pguas.ru

## ОСОБЕННОСТИ ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ BLOCKCHAIN

В.В. Кузина

Определяется роль информационной технологии Blockchain в развитии цифровой экономики России. Указаны ее достоинства и недостатки. Описаны возможности и перспективы применения технологии блокчейн в различных сферах науки и экономики.

*Ключевые слова:* блокчейн, технология, распределенная база данных, транзакция, криптовалюта

## FEATURES OF BLOCKCHAIN INFORMATION TECHNOLOGY

V.V. Kuzina

The role of Blockchain information technology in the development of the digital economy of Russia is determined. Its advantages and disadvantages are indicated. The possibilities and prospects of BLOCKCHAIN technology application in various spheres of science and economy are described.

*Keywords:* BLOCKCHAIN, technology, distributed database, transaction, cryptocurrency

Одним из направлений развития цифровой экономики в Российской Федерации на период до 2024 года является «внедрение цифровых платформ работы с данными для обеспечения потребностей власти, бизнеса и граждан», что отражено в программе «Цифровая экономика России» [1].

Программа ориентирована на создание условий для повышения благосостояния и качества жизни граждан путем обеспечения доступности и качества товаров и услуг, произведенных в цифровой экономике с использованием современных цифровых технологий, на увеличение степени информированности и цифровой грамотности населения, на улучшение доступности и качества государственных услуг для граждан, а также безопасности как внутри страны, так и за ее пределами. На данном этапе развития цифровой экономики существует много сфер деятельности, готовых к экспериментам и инновациям [2].

Одной из основных технологий программы являются системы распределенного реестра, к которым относится блокчейн (англ. blockchain или block chain – выстроенная по определённым правилам непрерывная последовательная цепочка блоков (связный список), содержащих информацию). Такая концепция цепочек блоков была предложена в 2008 г. Сатоши Накамото (Satoshi Nakamoto).

Примитивная форма блокчейна известна как хэш-дерево, или дерево Меркла, запатентованное Ralph Merkle в 1979 году. Механизм действия этой структуры данных состоял в проверке и регулировке данных между компьютерными системами.

Хэширование (англ. hashing) определяем как преобразование массива входных данных произвольной длины в (выходную) битовую строку установленной длины, выполняемое определённым алгоритмом. Функция, воплощающая алгоритм и выполняющая преобразование, называется «хэш-функцией» или «функцией свёртки». Исходные данные называются входным массивом, «ключом» или «сообщением».

---

Результат преобразования (выходные данные) называется «хэшем», «хэш-кодом», «хэш-суммой», «сводкой сообщения».

В одноранговой компьютерной сети проверка данных важна для контроля того, что информация во время передачи не была дополнена или изменена. Это также позволяет исключить появление ложных данных. По сути, такая структура используется для поддержания и доказательства целостности совместно используемых данных.

Блокчейн является распределенной базой данных, у которой устройства хранения данных не подключены к общему серверу. Эта база данных хранит постоянно растущий список упорядоченных записей. Цифровые записи объединяются в «блоки», которые потом связываются криптографически и хронологически в «цепочку» с помощью сложных математических алгоритмов. Каждый блок связан с предыдущим и содержит в себе набор записей. Каждый блок содержит метку времени и ссылку на предыдущий блок.

Технология блокчейн содержит защищенную историю обмена данными, в которой используется одноранговая сеть с отметкой времени и проверкой каждого обмена, а также может управляться автономно без центрального органа.

Новые блоки всегда добавляются строго в конец цепочки. Если в результате их расчетов все они получают одинаковый результат, то блоку присваивается уникальная цифровая сигнатура (подпись).

Как только реестр будет обновлен и образован новый блок, он уже больше не может быть изменен. Таким образом, подделать его невозможно. К нему можно только добавлять новые записи. Важно учесть то, что реестр обновляется на всех компьютерах в сети одновременно.

Во избежание несанкционированного доступа, вся информация особым образом шифруется. Применение шифрования гарантирует, что пользователи могут изменять только те части цепочки блоков, которыми они «владеют», то есть у них есть закрытые ключи, без которых запись в файл невозможна. Кроме того, шифрование гарантирует синхронизацию копий распределенной цепочки блоков у всех пользователей.

Фактически блокчейн можно рассматривать как метатехнологию, поскольку она влияет на другие технологии и состоит из нескольких технологий. Архитектурные слои блокчейна: база данных, программное приложение, несколько компьютеров, подключенных друг к другу, клиенты, имеющие доступ к блокчейну, программная среда, на которой основана эта технология, и инструменты для контроля над ней [3]. Является универсальным инструментом для построения различных баз данных. Вначале эта технология была разработана с целью организации систем электронных платежей в качестве криптовалюты. Первым крупным применением технологии блокчейн стал биткойн – виртуальная цифровая монета, выпущенная в 2009 году и представляющая собой зашифрованную информацию, не поддающуюся копированию.

В основе биткойна лежит криптографический алгоритм *ECDSA (Elliptic Curve Digital Signature Algorithm)*, который использует эллиптические кривые и конечные поля для подписи данных. Это осуществляется для того, чтобы третья сторона могла подтвердить аутентичность подписи. Данные, которые подписываются, – это транзакция, передающая право собственности на биткойн [2].

Укажем основные особенности технологии блокчейн:

1. Блокчейн ведет учет всех обменов данными – эта запись упоминается как «книга» в мире криптовалюты, и каждый обмен данными является «транзакцией». Каждая проверенная транзакция добавляется в книгу как «блок».

2. Блокчейн использует распределенную систему для проверки каждой транзакции – одноранговую сеть узлов.

3. После подписания и проверки новая транзакция добавляется в блокчейн и не может быть изменена.

Безопасность в технологии блокчейн обеспечивается через децентрализованный сервер, проставляющий метки времени, и одноранговые сетевые соединения. В результате формируется база данных, которая управляется автономно, без единого центра. Это делает цепочки блоков очень удобными для регистрации событий (например для внесения медицинских записей) и операций с данными, управления идентификацией и подтверждения подлинности источника.

Блокчейн играет роль главного общего реестра для всех операций с биткоинами. В последующем данная технология использована в осуществлении договорных обязательств между различными субъектами под понятием «смарт-контракт».

Однако может быть найдено и другое потенциальное использование данной технологии в различных сферах общества, особенно в электронном бизнесе. Блокчейн представляет собой способ хранения различных данных или цифровой реестр контрактов, сделок и транзакций. При этом под транзакцией можно понимать: финансовые транзакции между счетами, аутентификацию, авторизацию, аудит. На основе технологии блокчейн можно создавать общественные базы данных: земельные реестры, открытые ресурсы для регистрации прав собственности, в том числе интеллектуальной, управление энергетическими потоками, голосование через Интернет и др.

К преимуществам технологии блокчейн можно отнести:

- децентрализацию – реестр не хранится в каком-то определенном месте на общем сервере, а распределен между участниками сети во всем мире;
- прозрачность и доступность – любой пользователь этой сети может иметь доступ к реестру и отследить все транзакции, проходившие в системе;
- конфиденциальность – пользователь может отследить все транзакции, но не может идентифицировать получателя или отправителя информации, для проведения операций требуется уникальный ключ доступа;
- надёжность – данные, которые добавляются в систему, проверяются другими участниками;
- безопасность – математико-криптографическая защита информации: попытка внесения несанкционированных изменений будет отклонена из-за несоответствия предыдущим копиям. Для изменения данных требуется специальный уникальный код, выданный и подтверждённый системой.

Кроме того, в блокчейн существует возможность доработки алгоритма его работы и включения изменений в работу при условии, если они будут приняты большинством участников системы.

Однако технология блокчейна имеет и некоторые недостатки, которые можно рассмотреть с различных точек зрения [3].

1. С экономической точки зрения можно выделить следующие недостатки:

- высокая энергозависимость самого распространенного блокчейна с алгоритмом консенсуса *Proof-of-Work* за счет сложности транзакции, что делает его дорогостоящей технологией;
- создание системы и внедрение ее в какую-либо сферу являются очень затратными;
- масштабируемость является еще одним ограничением – не реализована возможность обеспечения большого числа транзакций в короткий промежуток времени.

2. С экологической точки зрения негативным является ежедневное увеличение веса базы данных и рост вычислительных мощностей, необходимых для работы блокчейн.

3. С технической точки зрения есть еще риск со стороны безопасности. Существует концепция, называемая «атакой 51 %»: если по какой-то причине 51 % одноранговой сети проверяет недействительную транзакцию, она все равно будет одобрена и добавлена в книгу по характеру того, как работает процесс проверки. Может быть, сейчас это вряд ли произойдет, но это недостаток безопасности, который может иметь потенциал для эксплуатации в будущем.

Кроме того, возможны атаки, которые не зависят от блокчейна и применимы ко всем сетевым технологиям.

Несмотря на то, что блокчейн имеет определенные недостатки, эксперты уверены в эффективности блокчейна и предсказывают этой технологии большое будущее.

С учетом особенностей рассматриваемой технологии, в том числе по вопросам информационной безопасности с защитой данных на основе современных стойких криптографических алгоритмов, блокчейн активно внедряется в децентрализованных приложениях. При этом основная идеология заключается в создании и использовании гибких распределенных баз данных с минимизацией человеческого фактора. Контроль за всеми процессами, обработкой и обменом информации будет выполняться самой системой.

Область применения рассматриваемой технологии охватывает как государственные, так и бизнес-структуры, такие сферы, как оборона, экономика, финансы, медицина и управленческая деятельность. Это обусловлено в первую очередь безопас-

ностью блокчейна: в защищенном цифровом реестре хранятся транзакции по передаче прав собственности на объекты, а не базы данных объектов собственности (например счета клиентов с размещенными на них средствами).

Во-вторых, децентрализация бизнеса за счет внедрения блокчейна позволяет обходиться без традиционных посредников в страховой, финансовой, медицинской, юридической и других отраслях. Это позволяет заменить многочисленные модели согласования данных и ускоряет, расширяет бизнес, снижает ненужные траты.

В-третьих, универсальность. С помощью блокчейна можно создавать общественные базы данных: земельные реестры, открытые ресурсы для регистрации прав собственности, в том числе интеллектуальной, управление энергетическими потоками, голосование через Интернет. Все больше распространяются «умные» контракты – транзакции, которые автоматически выполняются при наступлении запрограммированного изначально набора условий [3].

Самой необычной, перспективной сферой является использование технологии блокчейн в медицине, в сфере лечения генетических заболеваний, в частности онкологических и даже психических. Позволит модернизировать и сферу страховой медицины. Компании, предоставляющие страховые услуги, будут действовать исключительно в роли посредников между пациентами и конкретными медицинскими учреждениями, оптимизируется хранение данных пациентов, многократно увеличится скорость взаимодействия между клиниками, компаниями и гражданами.

Технология блокчейн активно внедряется в финансовой сфере Англии, Японии, США, Китая и других стран и способна принести в общество фундаментальные революционные изменения. Эксперты считают, что внедрение этой технологии по возможному эффекту не уступает открытию Интернета.

В рамках выполнения программы цифровизации экономики требуется разработка стратегии и нормативно-правовой базы на государственном уровне, которая должна обеспечить плавный переход работников к новым условиям труда и изменению модели взаимодействия участников рынка – переносу в виртуальное пространство [2]. Технология блокчейн позволяет переосмыслить подходы ко многим бизнес-процессам и внести существенный вклад в развитие цифровой экономики. Наиболее важной является возможность без посредников организовать торговлю, внедрить множество сервисов в повседневную жизнь, изменить работу банковской сферы и др.

Технология блокчейн, как минимум, способна увеличить эффективность уже происходящих процессов.

### Список литературы

1. Об утверждении программы «Цифровая экономика Российской Федерации»: распоряжение Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 года № 1632-р. – М.: Минкомсвязь, 2017. – 88 с.
2. Мамаева, Л.Н. Блокчейн как новый этап в развитии цифровой экономики / Л.Н. Мамаева, Н.А. Гребенщиков // Экономическая безопасность и качество. – 2018. – № 4 (33). – С. 60–64.
3. Соколова, Т.Н. Преимущества и недостатки технологии блокчейн / Т.Н. Соколова, И.П. Волошин, И.А. Петрунин // Экономическая безопасность и качество. – 2019. – № 1 (34). – С. 49–52.

### References

1. On program «Digital economy of the Russian Federation» approval: the order of the Government of the Russian Federation of July 28, 2017 No. 1632-R. – M.: Minsvyaz, 2017. – 88 p.
2. Mamaeva, L.N. BLOCKCHAIN as a new stage in the development of the digital economy / L.N. Mamaeva, N.A. Grebenshchikov // Economic security and quality. – 2018. – No. 4 (33). – P. 60–64.
3. Sokolova, T.N. Advantages and disadvantages of BLOCKCHAIN technology / T.N. Sokolova, I.P. Voloshin, I.A. Petrunin // Economic security and quality. – 2019. – No. 1 (34). –P. 49–52.

УДК 004.9

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства*

Россия, 440028, г. Пенза,  
ул. Германа Титова, д.28,  
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

**Титова Елена Ивановна,**

кандидат педагогических наук, доцент  
кафедры «Математика и математическое  
моделирование»

*Пензенский государственный университет*

Россия, 440026, г. Пенза, ул. Красная, 40,  
тел.: (8412) 54-85-16

**Акимова Ирина Викторовна,**

кандидат педагогических наук, доцент  
кафедры «Информатика и методика обучения  
информатике и математике»

*Penza State University of Architecture  
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,  
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

**Titova Elena Ivanovna,**

Candidate of Sciences, Associate Professor of the  
department «Mathematics and Mathematical  
Modeling»

*Penza State University*

Russia, 440026, Penza, Krasnaya street, 40,  
tel.: (8412) 54-85-16

**Akimova Irina Victorovna,**

Candidate of Sciences, Associate Professor of the  
department « Informatics and Methods of  
Teaching Science and Mathematics «

## ЭЛЕКТРОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ В ИЗУЧЕНИИ ГРАФИЧЕСКИХ РЕДАКТОРОВ

Е.И. Титова, И.В. Акимова

Рассматриваются некоторые аспекты использования электронно-образовательных ресурсов в процессе обучения информатике на примере изучения темы «Графический редактор» для каждого этапа формирования знаний. Приведен пример разработки тестов с использованием Online Test Pad.

*Ключевые слова: электронно-образовательные ресурсы, информационные технологии, информатика, графический редактор*

## ELECTRONIC AND EDUCATIONAL RESOURCES IN THE STUDY OF GRAPHIC EDITORS

E.I. Titova, I.V. Akimova

Some aspects of the use of electronic and educational resources in the process of teaching Informatics are considered on the example of studying the topic «Graphic editor» for each stage of knowledge formation. An example of test development using Online Test Pad is given.

*Keywords: electronic and educational resources, information technologies, Informatics, graphic editor*

Разделы информатики, связанные с представлением и реализацией компьютерной графики, имеют в настоящее время повсеместную популярность. Ежедневно в своей трудовой, учебной, бытовой деятельности человек сталкивается с большим объемом различного вида графической информации. Поэтому ему требуются доступные инструментариумы для ее использования, обработки, хранения. Следовательно, умение работать с компьютерной графикой является важной составляющей информационной компетентности.

В связи с тем, что в настоящее время наблюдается активный процесс информатизации образования, актуальной задачей для преподавателя становится изменение методик работы, которые должны соответствовать современным реалиям. Поэтому все больше появляются и активно используются учебно-методические материалы, представленные в электронной форме.

За счет такого внедрения обеспечивается изменение в характере взаимодействия педагога и студента, а также формируются новые способы поиска, отбора и оценивания учебной информации, идет ориентирование на индивидуальные особенности обучающихся, усиливаются межпредметные связи, повышается роль самостоятельной работы.

При анализе современных образовательных стандартов и нормативных документов также выявляются указания на возможность и необходимость использования электронных образовательных ресурсов (ЭОР) в учебном процессе.

В работе педагога информационные технологии облегчают подготовку к уроку, позволяют повысить мотивацию, сделать занятие более привлекательным, по-настоящему актуальным и современным, объективно и своевременно проводить контрольные мероприятия и выполнять подведение итогов.

Согласно ГОСТ Р 52653-2006 «Информационно-коммуникационные технологии в образовании. Термины и определения» можно определить ЭОР как образовательный ресурс, представленный в электронно-цифровой форме и включающий в себя структуру, предметное содержание и метаданные о них. Отмечается также, что электронный образовательный ресурс может включать в себя образовательный контент, программные компоненты и метаданные.

Также стоит отметить, что ЭОР новейшего поколения должны представлять собой мультимедийный интерактивный продукт, предполагающий, что студент является активным участником образовательного процесса, сам управляет происходящим, а не является пассивным зрителем или слушателем.

На рис. 1 представлены основные инновационные качества ЭОР.



Рис. 1. Основные инновационные качества ЭОР

Методический опыт использования ЭОР показывает, что возможно эффективное его использование на различных этапах занятия.

На этапе *актуализации знаний* возможно использование таких ЭОР, как интерактивные моделирующие среды, электронные тесты и другие диагностические ЭОР.

На этапе *объяснения нового материала* можно использовать такие ЭОР, как электронные учебники; мультимедийные презентации; учебные видеофильмы; облачные технологии, которые позволяют обеспечить включение учащихся в учебный процесс, самим управлять и направлять процесс обучения. Организованная таким образом познавательная деятельность становится желаемой, привлекательной для ученика, ее результаты приносят ему удовлетворение, стимулируют к обучению.

На этапе *закрепления и совершенствования знаний, умений и навыков* возможно использование таких ЭОР, которые позволяют закрепить теоретические и практические знания, например виртуальные лаборатории, интерактивные задания и тренажеры, а также электронные учебники и энциклопедии.

На этапе *контроля и оценки знаний, умений и навыков* рекомендуются использовать ЭОР, которые содержат контрольный и тестовый режимы, ведут статистику по ходу обучения.

При изучении темы «Графический редактор» могут быть использованы несколько программных сред: SMART Notebook, PowerPoint, открытые образовательные модульные мультимедиа системы (ОМС), электронные учебники, онлайн тесты.

Рассмотрим возможность создания ЭОР с помощью сервиса Online Test Pad. В данном сервисе доступны следующие виды заданий: конструктор тестов, конструктор кроссвордов, конструктор опросов, конструктор логических игр. Все сервисы предоставляются бесплатно.

При составлении теста можно использовать различные виды вопросов, например одиночный выбор, множественный выбор, установление соответствия и другие.

Нами был составлен тест по теме «Компьютерная графика», в котором были использованы различные виды вопросов.

Примеры вопросов различных видов представлены рис.2–5.

The image shows two screenshots of a web-based test interface. The top screenshot is titled 'Компьютерная графика' (Computer Graphics) and shows question 1 of 3. The question asks: 'Одной из основных функций графического редактора является' (One of the main functions of a graphics editor is). There are four radio button options: 'Генерация и хранение кода изображения' (Generation and storage of image code), 'Создание и редактирование изображений' (Creation and editing of images), 'Просмотр и вывод содержимого видеопамяти' (Viewing and output of video memory content), and 'Сканирование изображений' (Scanning of images). The second option is selected. There are 'Далее' (Next) and 'Завершить' (Finish) buttons at the bottom.

The bottom screenshot shows question 1 of 15. The question asks: 'Наименьшим элементом изображения на графическом экране монитора является' (The smallest element of an image on a graphical screen of a monitor is). There are four radio button options: 'курсор;' (cursor;), 'пиксель;' (pixel;), 'линия;' (line;), and 'символ;' (symbol;). The last option is selected. There are 'Далее' (Next) and 'Завершить' (Finish) buttons at the bottom.

Рис. 2. Пример вопроса с одиночным выбором ответа

3 3 из 15

Выбери устройства, которые используются для ввода графической информации.

- световое перо;
- ПЗУ;
- принтер;
- дисплей;
- графический планшет;
- Web камера.
- центральный процессор;
- микрофон;
- сканер;
- звуковые колонки;

11 11 из 15

Какие виды компьютерной графики используются в настоящее время?

- Растровая
- Фрактальная
- Масляная
- Акварельная
- Векторная
- Трёхмерная

Рис. 3. Пример вопроса с множественным выбором ответа

Компьютерная графика

2 2 из 3 #

Установите соответствие

<div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">         Растровый графический редактор <span style="float: right;">▾</span> </div> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px;">         Векторный графический редактор <span style="float: right;">▾</span> </div>	<div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">1 Inkscape</div> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px;">2 GIMP</div>
---	---

Рис. 4. Пример вопроса на установление соответствия

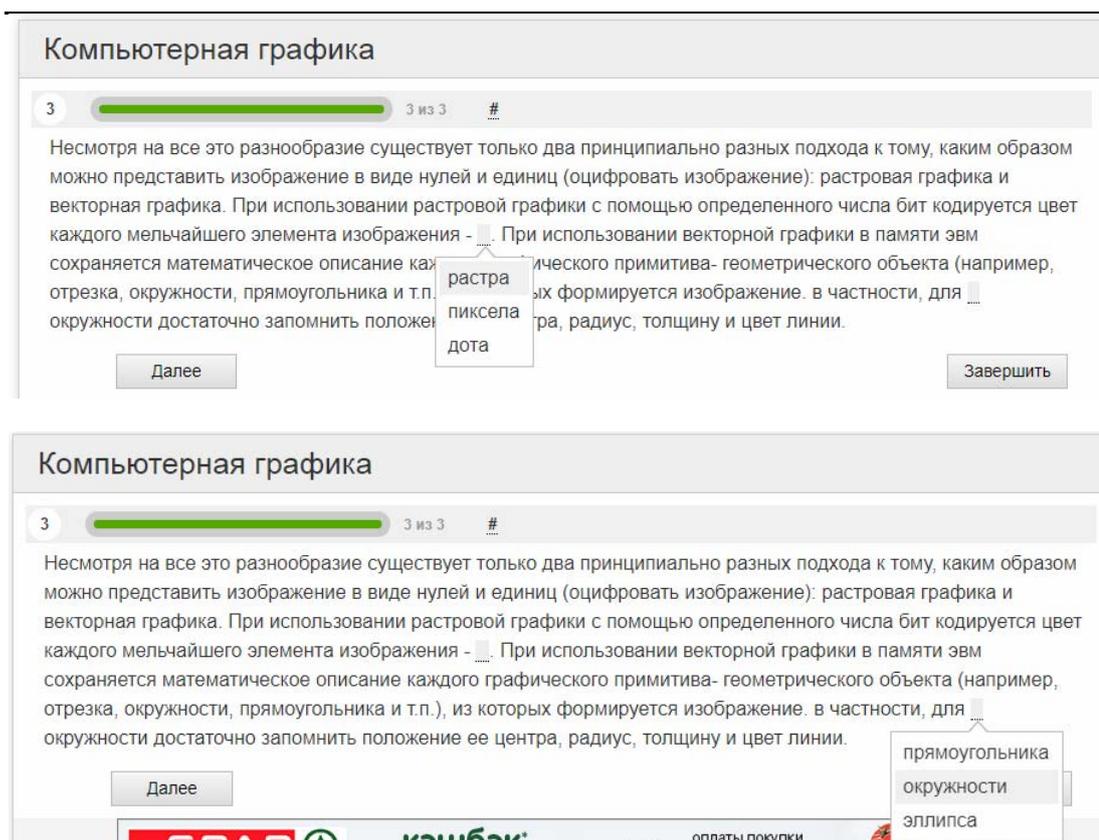


Рис. 5. Пример вопроса «Интерактивный диктант»

Опыт применения ЭОР на занятиях по информатике при изучении темы «Графический редактор» подтвердил несомненный положительный эффект использования электронно-образовательных ресурсов в учебном процессе.

### Список литературы

1. Акимова, И.В. Создание электронного учебника модульной структуры курса математики / И.В. Акимова, Е.И. Титова, В.А. Буркина // Современные наукоемкие технологии. – 2015. – №3. – С.15–19.
2. Ившина, Г.В. Разработка электронных образовательных ресурсов: мониторинг качества и внедрение / Г.В. Ившина. – Казань: КГУ, 2008. – 97 с.
3. Хуторской, А.В. Технология проектирования ключевых и предметных компетенций / А.В. Хуторской // Интернет-журнал «Эйдос». – 2005. – URL: <http://www.eidos.ru/journal/2005/1212.htm>,

### References

1. Akimova, I.V. Creation of electronic textbook of modular structure of mathematics course / I.V. Akimova, E.I. Titova, V.A. Burkina // Modern high technologies. – 2015. – No. 3. – P. 15–19.
2. Ivshina, G.V. Development of electronic educational resources: quality monitoring and implementation / G.V. Ivshina. – Kazan: KSU, 2008. – 97 p.
3. Khutorskoy, A.V. Technology of designing key and subject competencies / A.V. Khutorskoy. – Internet journal «Eidos». – 2005. – URL: <http://www.eidos.ru/journal/2005/1212.htm>.

Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства

Россия, 440028, г. Пенза,  
ул. Германа Титова, д.28,  
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

**Левава Галина Анатольевна,**  
доцент кафедры «Математика  
и математическое моделирование»

**Баишева Диана Ряшитовна,**  
студентка

*Penza State University of Architecture  
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,  
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

**Levova Galina Anatolevna,**  
Associate Professor of the department  
«Mathematics and Mathematical Modeling»

**Baisheva Diana Ryashitovna,**  
Student

## КОЛЛЕКТИВНО-ГРУППОВАЯ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТЬ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ВУЗА КАК ФАКТОР ИХ ГОТОВНОСТИ К ПРОДУКТИВНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ САМОРЕАЛИЗАЦИИ

Г.А. Левова, Д.Р. Баишева

Рассматривается вопрос о влиянии коллективной-групповой жизнедеятельности студентов на формирование у них опыта продуктивной профессиональной самореализации. Стандарт как объективный фактор развития дидактики высшего технического образования воплощается в реальные результаты деятельности педагогического коллектива высшей технической школы на основе субъективного момента – коллективно-групповой жизнедеятельности студентов, определяющей не только комфортность профессиональной подготовки будущего специалиста, но и ее значимость для профессионального самоопределения студентов. Коллективно-групповая система взаимосвязей и отношений в ходе исследования проявлялась при соотношении нормативных целевых установок по содержанию деятельности с совокупностью интересов и потребностей участников педагогического процесса в высшей технической школе.

*Ключевые слова: профессиональная компетентность, профессиональная самореализация, способность, группа, коллектив*

## COLLECTIVE AND GROUP LIFE ACTIVITY OF TECHNICAL UNIVERSITY STUDENTS AS A FACTOR OF THEIR READINESS FOR PRODUCTIVE PROFESSIONAL SELF-REALIZATION

G.A. Levova, D.R. Baisheva

The article is devoted to the consideration of the influence of collective-group life activity of students on the formation of their experience of productive voluntary self-realization. Standard, as an objective factor of development of didactics of higher technical education, is embodied in the actual results of the teaching staff of the higher technical school on the basis of the subjective point – the collective group of life of students, which determines not only the comfort of professional training of a future specialist, but also its relevance to professional self determination of students. The collective-group system of interrelations and relations in the course of the study was manifested in the correlation of normative target settings for co-operation with the totality of interests and needs of participants in the pedagogical process in higher technical school.

*Keywords: professional competence, professional self-realization, ability, group, team*

Подготовка студентов к мобильной профессиональной самореализации осуществляется во всех формах и видах дидактического и социального взаимодействия преподавателей и студенческой молодежи. Проведенное исследование выявило ряд условий, которые определяющим образом воздействуют на исследуемый процесс. Наибольшую значимость среди них имеют коллективно-групповые отношения, возникающие в процессе социально-бытовой, дидактической и профессиональной жизнедеятельности студентов технического вуза.

Система образования России – один из самых значимых общественных институтов, формирующих ее будущее. «Современные системы образования... – это та область, где не только пересекаются, но нередко сталкиваются интересы и цели различных классов, социальных слоев и групп. Как следствие, внутри этих систем в определенной степени... обостряются противоречия» (1), которые разрешаются при определенных внешних и внутренних преобразованиях, формируемых, как правило, в виде задач, которые предстоит решить.

Развитие современного отечественного образовательного комплекса обусловлено инновационной государственно-общественной парадигмой. В основе любого явления, происходящего в нем, – идеалы самодвижения и самореализации, которые требуют от молодого поколения технологичности жизнедеятельности, формирующейся в условиях специфического социума, совмещающего культуру полезности и духовности и воздействующего на индивида с помощью своих моральных ценностей, традиций различных групп и установок их лидеров. В итоге каждый человек ставится перед большим количеством социально-личностных и профессиональных проблем, складывающихся из процесса разрешения ситуативных задач. Этот процесс основан на совокупности дидактических, социальных и профессиональных умений, которые формируются при соотношении человека с государственным нормативом, моральными требованиями общества, самим собой [2–7]. Особую роль в этом процессе играет малая группа (В.Агеев, Г.Андреева, Ю.Базаров, О.Богданова, Л.Гозман, А.Донцов, Ю.Жуков, Т.Конникова, В.Коротов, Т.Куракин, А.Мудрик, Л.Новикова, Л.Петровская, А.Петровский, В.Шпалинский, Н.Щуркова, Н.Фетискин, Л.Уманский). Так, в работах Я.Коломенского и В.Леви указывается на необходимость выявления взаимной обусловленности развития группы и отдельного ее члена. В работах М.Виноградовой, Л.Гордина, М.Дежниковой, И.Первина рассматриваются проблемы соотношения влияния коллектива и референтной группы на становление общесоциальных и профессиональных интересов отдельной личности.

Для объективного анализа значимости коллектива и группы в формировании готовности студентов технического вуза к мобильной профессиональной самореализации определим основные базовые дефиниции: способность, группа, коллектив и компетентность с точки зрения психолого-педагогического знания. Так, в научном педагогическом знании даются следующие определения:

◆ способности – индивидуальные особенности человека, от которых зависит успешность выполнения определенных видов деятельности [8];

◆ коллектив – группа людей, объединенных совместной целеустремленной деятельностью и общей организацией этой деятельности. Создается и укрепляется в ходе решения практических задач [8];

◆ группа – социальная относительно устойчивая совокупность людей, связанных системой отношений, регулируемых общими ценностями и нормами [8];

◆ профессиональная компетентность – профессиональная способность личности к вариативной самореализации на основе имеющегося опыта жизнедеятельности, профессионального опыта и подсознательного интуитивного личностного и профессионального самопроявления.

В научном психологическом знании названные выше понятия имеют следующее определение:

◆ группа – ограниченная в размерах общность людей, выделяемая из социального целого на основе определенных признаков (характера выполняемой деятельности, социальной или классовой принадлежности и т.д.) [9];

♦ коллектив (от лат. collectifious – собирательный) – группа объединенных общими целями и задачами людей, достигающая в процессе социально-ценной совместной деятельности высокого уровня развития [9];

♦ группообразование – превращение в процессе совместной деятельности реальной и первоначальной дифференциации человеческой общности в объединение взаимодействующих и взаимозависимых лиц, представляющее собой группу определенного уровня развития [9];

♦ способности – индивидуально-психологические особенности личности, являющиеся условием выполнения той или иной продуктивной деятельности [9].

Величина, структура и состав группы определяется целями, задачами профессиональной деятельности, в которую она включена или ради которой создана. Содержание профессиональной деятельности членов группы опосредует все процессы групповой динамики развития межличностных отношений, отношений предметно-деятельностных и ответственной зависимости, восприятие партнерами друг друга, форм групповых норм и ценностей, форм сотрудничества.

В свою очередь, сформировавшиеся в группе отношения влияют на эффективность групповой профессиональной деятельности. В ходе проведенного исследования выявлена зависимость отношений и формирования готовности к мобильной профессиональной самореализации у студентов ПГУАС (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Взаимосвязь исследуемого процесса с типами отношений, складывающихся в малых студенческих группах

Параметры групп/отношений	Межличностные отношения	Предметно-деятельностные отношения	Отношения ответственной зависимости	Ситуативные взаимосвязи между членами групп
Группа-конгломерат	+	-	-	+
Группа-ассоциация	+	0	0	+
Группа-кооперация	0	+	+	0
Группа-автономия	+	+	0	0
Группа-коллектив	+	+	+	+

П р и м е ч а н и я :

1) «+» – высокий уровень взаимосвязи исследуемого процесса, типа групп и отношений между членами группы.

2) «0» – средний уровень взаимосвязи исследуемого процесса, типа групп и отношений между членами группы.

3) «-» – низкий уровень взаимосвязи исследуемого процесса, типа групп и отношений между членами группы.

4) В случае ситуативного взаимодействия студентов из одной (нескольких) групп возникали отношения, характеризующиеся негативной направленностью взаимосвязи.

Анализ значимости уровня развития групп и характера сложившихся отношений для исследуемого процесса показывает, что группа-коллектив является наиболее валидным основанием для эффективной подготовки студентов к мобильной профессиональной самореализации. В этом случае группа берет на себя функции профессиональной подготовки и включает каждого студента в процесс профессионального самообразования. Данная группа побуждает своих членов к нравственно-этическому анализу мотивации профессионального выбора; соотнесению индивидуально-личностных особенностей студентов с профилю специальности. На этом уровне развития группы возможно профессиональное саморазвитие, позволяющее побуждать студентов к активному накоплению профессиональных умений. Группа-коллектив формирует критическое отношение к профилю специальности и стандартам деятельности строителя и архитектора. Она позволяет будущему специалисту «проиграть» профессиональные ситуации в условиях дидактического самоопределения.

Иная ситуация складывается на уровне группы-автономии. Члены этой группы более привязаны к мнению своего лидера. Оно определяет не только направленность, но и содержание проявления членов группы. В отношениях данной группы к исследуемому процессу проявляется «групповой эгоизм». Членов группы интересует не процесс профессионализации личности, а результат этого процесса. Группа-автономия может оказывать на исследуемый процесс как положительное, так и негативное влияние. В первом случае лидер данной группы является участником всех процессов, происходящих в вузе. Он может быть активным участником строительного производства. Во втором случае лидер группы рассматривает свою профессию на основе защитной мотивации профессионального выбора. В соответствии с этим в группе формируется негативное отношение к избранной профессии. На занятиях такая группа стремится обосновать отсутствие необходимости углубленной дидактической подготовки. Члены этой группы проявляют посредственный уровень дидактической готовности. После окончания вуза свыше 76 % таких студентов не работает по специальности (данная количественная характеристика не учитывает студентов, которые не работают по специальности в силу объективных причин – безработица, инвалидность и другие).

Группа-кооперация – наиболее стабильная в плане профессиональной адаптированности форма объединения студентов. Если группа-автономия может перейти в корпоративную группу или коллектив, то группа-кооперация постоянна в своих видовых характеристиках. Отношения между членами этой группы, как правило, нацелены на предметную область межличностного взаимодействия. Отношения между членами этой группы носят сугубо деловой характер. Исследование показало, что такой тип группы стабильно поддерживают студенты-логики и студенты-рационалисты. Положительное начало данного уровня группового объединения студентов в рассматриваемом аспекте заключается в эффективном разрешении целевого содержательного и регулятивного моментов выполнения профессиональных действий. Если решение принимается, то его, как правило, выполняют все члены группы и доводят его до завершения.

Группа-ассоциация с точки зрения рассматриваемого процесса является группой более низкого уровня и предполагает сенсорное взаимодействие студентов в исследуемом процессе. Как правило, члены этой группы готовы к ситуативному эмоциональному воспроизведению профессионального алгоритма действий. Они исходят из интереса, настроения, системы отношений, складывающихся с тем или иным преподавателем (мастером производственного обучения). Членам этой группы сложно представить профессию в виде некоторой абстракции, обладающей определенной совокупностью вечных категорий и законов. Так, например, члены этой группы в период производственной практики могут пойти на поддержку негативных действий строительных бригад, которые ради получения прибыли не соблюдают существующие нормы выполнения строительных работ. Группа-ассоциация руководствуется межличностными взаимосвязями членов группы, и большую роль в ее развитии играют симпатии и антипатии.

На первых курсах (при открытии новых факультетов и специальностей) встречаются студенческие группы, находящиеся на уровне конгломеративного развития. Эти группы живут досуговыми интересами, и профессиональная значимость образовательного процесса не является определяющей в системе групповых отношений. Отметим, что при негативной организации учебно-воспитательного процесса в высшем профессиональном учебном заведении данный уровень развития групп может сохраняться на протяжении всего периода обучения. Это приводит к формированию выпускника, чья деятельность сосредоточена на проявлении личностных позиций в возможной профессиональной деятельности. Но, как правило, члены таких студенческих групп не используют полученные знания и сформированные умения в стандартно-обусловленных целях.

Существуют различные классификации групп. Приведем некоторые из них. Классификация:

- ◆ по количеству участников: большие, малые, микрогруппы;
- ◆ по общественному статусу: формальные, официальные, неформальные;

- ◆ по непосредственности взаимосвязей: реальные и условные;
- ◆ по уровню развития;
- ◆ по значимости: референтные, группы членства, малые и т.д.

Главный фактор, объединяющий студенческую группу, – совместная дидактическая, социальная и профессиональная деятельность. Социально-значимая, отвечающая как потребностям общества, так и интересам личности совместная профессиональная деятельность является фактором, превращающим группу в коллектив. В коллективе формируется особый тип межличностных отношений, характеризующихся высокой сплоченностью на основе профессионального ценностно-ориентационного единства, которое характеризуется коллективистским самоопределением, коллективистской идентификацией, социально ценным и профессионально-значимым характером мотивации межличностных выборов, высокой референтностью членов коллектива по отношению друг к другу. Эти отношения оказывают положительное влияние на профессиональное самоопределение будущих строителей и архитекторов.

Одним из основных признаков, которые отличают студенческую группу-коллектив от случайного объединения людей, является способность участников включаться в совместные профессиональные действия, благодаря которым могут быть удовлетворены их индивидуально-личностные потребности. Данные действия объединяют участников группы-коллектива в мини-референтные группы, позволяющие обозначить ценностный смысл профессиональных действий будущих строителей и архитекторов. В исследовании выявилась зависимость данной групповой дифференциации от допрофессионального развития и подготовки студенческой молодежи. В мини-референтных объединениях профессиональные интересы соотносились с индивидуально-личностными и приобретали уровень потребностной мотивации.

Сплоченный студенческий коллектив является существенным фактором воспитания личности будущего строителя и архитектора. Положительное влияние группы-коллектива на отдельных студентов во многом зависит от того, в какой мере они вовлечены в ее жизнь. Тем самым речь идет о соответствующей ролевой позиции, которую занимают члены групп. В ходе исследования получена зависимость формирования готовности студентов архитектурно-строительного университета к мобильной профессиональной самореализации от той или иной роли, которую исполняет студент в группе-коллективе (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Взаимосвязь исследуемого процесса с ролевой позицией студента в группе-коллективе

Параметры групп/ролевых позиций		Лидеры групп	Активные участники групп	Пассивные участники групп	Отверженные члены групп
Группа-конгломерат		-	0	0	+
Группа-ассоциация		0	0	+	+
Группа-кооперация		+	+	0	0
Группа-автономия	негативная направленность	-	-	0	+
	положительная направленность	+	+	0	0
Группа-коллектив		+	+	+	данные отсутствуют

П р и м е ч а н и я :

- 1) «+» – высокий уровень влияния данных параметров на исследуемый процесс;
- 2) «0» – средний уровень влияния данных параметров на исследуемый процесс;
- 3) «-» – низкий уровень влияния данных параметров на исследуемый процесс;
- 4) данные по указанной зависимости на уровне группы-коллектива отсутствуют в случае выявления их значимости для отверженных участников группы. Это связано с объективным отсутствием таких членов. Как правило, их наличие обнаруживалось при переходе из групп, имевших более низкий уровень развития. Проблема разрешалась на основе перспективы ближнего действия при активном вмешательстве педагога.

---

Подобные отношения способствуют воспитанию в группе-коллективе профессиональной направленности коллективистских качеств, создают условия для формирования готовности будущих строителей и архитекторов к мобильной профессиональной самореализации.

В группе-коллективе проявляется ряд социально-психологических закономерностей, которые определяют ее большую значимость в исследуемом процессе и проявляют ее уровневые характеристики:

«1-й уровень структуры группы-коллектива образуют отношения его членов к содержанию и ценностям коллективной деятельности, обеспечив его сплоченность как ценностно-ориентационное единство.

2-й уровень – межличностные отношения, опосредованные совместной деятельностью.

3-й уровень – межличностные отношения, опосредованные ценностными ориентациями, не связанными с совместной деятельностью» [9].

В группах-коллективах высшего технического учебного заведения организуется целенаправленное педагогическое воздействие на профессиональное формирование студента, т.е. соотносится процесс воспитания личности и формирования ее готовности к мобильной профессиональной самореализации. При этом личность становится доступной эффективному педагогическому воздействию в той мере, в какой она реализует свою активность в процессе жизнедеятельности группы-коллектива.

Реализация названных выше особенностей способствует формированию готовности студентов к профессиональному самоопределению. В группе-коллективе формируется способность личности к вариативному разрешению социально-профессиональных задач, причем с оптимальным для нее результатом.

Способности не даны от природы в готовом виде. Хотя большое значение для их развития имеют задатки, однако, в конечном счете, способности могут сформироваться лишь в определенных условиях жизни и профессиональной деятельности, в процессе усвоения, а затем и творческого применения дидактических, социальных и профессиональных знаний, умений и навыков.

Способности обнаруживаются в процессе овладения профессиональной деятельностью, в том, насколько индивид при прочих равных условиях быстро и основательно, легко и прочно усваивает способы ее организации и осуществления. Они тесно связаны с общей направленностью личности, с тем, насколько устойчивы профессиональные склонности человека к тому или иному виду труда.

Именно будучи субъектом социально-профессиональных и педагогических отношений, которые создают преподаватели высшей технической школы и специалисты на базовых предприятиях и стройках при организации профессионального взаимодействия со студентами в процессе личностной и профессиональной деятельности, личность студента становится объектом, побуждаемым к профессиональному саморазвитию.

Изучение того, на какие стороны личности влияет группа-коллектив, имеет в научном педагогическом знании давнюю традицию. В ее русле выдвигалось немало идей. В общем это сводилось к тому, что группа-коллектив:

а) системно воздействует на личность, причем, это влияние может быть как положительным, так и отрицательным (В.Бехтеров, С.Ривес и др.);

б) побуждает студентов к проявлению природных задатков в формировании самоготовности к мобильному профессиональному самовыражению (С.Батышев, П.Блонский, С.Шацкий);

в) формирует социально необходимые качества – коллективизм, трудолюбие, ответственность, самостоятельность и самодостаточность (Н.Крупская, А.Макаренко, В.Сухомлинский, В.Харькин, Н.Фетискин);

г) влияет на становление нравственно-этического отношения студентов к будущей профессиональной деятельности (Р.Кричевский, Э.Кузнецова, Л.Уманский);

е) приобщает студента к определенному уровню культуры, развивает у него творческую индивидуальность и интуитивную возможность продуктивного разрешения социально-профессиональных задач (Л.Байбородова, Н.Бочкина, Л.Спирин).

Необходимо, чтобы студент имел возможность и стремление стать субъектом профессионального познания, чтобы содержание и организация дидактической деятельности позволяли ему удовлетворять личностные и профессиональные потребности, в том числе потребности в информации и в поисковой активности.

Потребность в информации в данном случае мы понимаем как естественное стремление студента к накоплению знаний об окружающем его мире и себе самом, что необходимо для формирования у него картины мира, «образа Я» и готовности к мобильной профессиональной самореализации.

Эффективным способом профессиональной подготовки студентов технического вуза является переориентация их интересов – индивидуальных и групповых – на коллективные. Это становится возможным, когда перед коллективом, группой, отдельным студентом ставится определенная альтернатива в сфере познания или профессионального самовыражения. Будучи внешне актуальной для него, она требует от студентов приобретения новых знаний. Причем обнаруживается это лишь в процессе решения альтернативных и проблемных профессиональных задач, когда студенты увлечены поиском наиболее оптимального решения поставленной задачи. Отметим, что в ходе исследования выявилась закономерность, определяющая невозможность данного перевода. Если группа-коллектив не рассматривает предполагаемую профессиональную деятельность в качестве личного смыслообразующего начала, то процесс переориентации ослабляет формирование готовности будущих строителей и архитекторов к компетентному профессиональному самовыражению.

В группе-коллективе оптимально развиваются способности, качества и умения студентов. В ходе исследования выявилась зависимость исследуемого процесса и уровня развития интегративных личностных характеристик, на основе которых формируется готовность личности к оптимальному профессиональному самовыражению (табл. 3).

Т а б л и ц а 3

Взаимосвязь исследуемого процесса с уровнем группового проявления интегративных личностных характеристик

Параметры групп/интегративных личностных характеристик	Качества личности	Отношения в группах	Состояния личности	Готовность к проявлению профессиональной интуиции
Группа-конгломерат	-	-	-	0
Группа-ассоциация	0	-	-	0
Группа-кооперация	0	0	0	+
Группа-автономия	0	+	0	0
Группа-коллектив	0	+	0	0

П р и м е ч а н и я :

1) «+» – высший уровень группового проявления интегративных личностных характеристик в аспекте исследования;

2) «0» – средний уровень группового проявления интегративных личностных характеристик в аспекте исследования;

3) «-» – низкий уровень группового проявления интегративных личностных характеристик в аспекте исследования.

Исследование показало, что основной задачей педагогов высшей школы является создание в жизнедеятельности группы-коллектива благоприятных условий для проявления студентами своих способностей.

Каждая группа способностей может развиваться в группе-коллективе различными способами. Так, например, для развития экспрессивных способностей необходимо особое внимание уделять тому, чтобы студенты учились сенсорному самовоспроизведению.

Результативность влияния группы-коллектива на личность студента в рассматриваемом аспекте определяется самочувствием личности в коллективе. К нему относят:

удовлетворенность личности деятельностью, взаимоотношениями, руководством, защищенность личности в данном коллективе, ее внутреннее спокойствие.

Таким образом, коллективно-групповая жизнедеятельность студентов является фактором их готовности к продуктивной профессиональной самореализации, если:

- ◆ нормативная целевая установка на содержание деятельности вуза реализуется в системе коллективно-групповых отношений;
- ◆ группа-коллектив является наиболее оптимальной уровневой характеристикой коллектива, побуждающей студентов к оптимальному формированию умений, позволяющих осуществить мобильную профессиональную самореализацию;
- ◆ группа-коллектив положительно влияет на исследуемый процесс, если в ней преобладают предметно-деятельностные отношения;
- ◆ готовность будущих строителей и архитекторов к мобильной профессиональной самореализации взаимосвязана с ролевой позицией студентов в группе-коллективе: лидерство – определяющая взаимосвязь; активное групповое взаимодействие – корректирующая взаимосвязь; пассивное групповое взаимодействие – опосредованная взаимосвязь; отсутствие взаимодействия – негативное отношение к возможному профессиональному самоопределению.

### Список литературы

1. Левова, Г.А. Условия побуждения студентов архитектурно-строительного университета к продуктивной профессиональной самореализации / Г.А. Левова, Д.Р. Баишева // Международный научно-инновационный центр. – М., 2016. – №12. – С.1018–1022.
2. Левова, Г.А. Формирование опыта профессиональной самореализации студента технического вуза / Г.А. Левова, Д.Р. Баишева // News of Science and Education. – Прага, 2017. – Т. 7, № 2. – С.17–20.
3. Левова, Г.А. Эколого-этическая направленность преподавания как фактор формирования у студентов архитектурно-строительного вуза умений профессиональной самореализации / Г.А. Левова, Д.Р. Баишева // Вестник ПГУАС: строительство, наука и образование. – Пенза, 2018. – №1(6). – С.98–106.
4. Левова, Г.А. О технологиях включения студентов архитектурно-строительного университета в профессиональное воспитание / Г.А. Левова, Д.Р. Баишева // Международный научно-инновационный центр. – М., 2017. – №6(74). – С.84.
5. Левова, Г.А. Креативная профессиональная подготовка как основа формирования у студентов архитектурно-строительной университета опыта профессиональной самореализации / Г.А. Левова, Д.Р. Баишева // Международный научно-инновационный центр. – М., 2017. – №6(74). – С.83.
6. Левова, Г.А. Формирование готовности студентов к продуктивной профессиональной самореализации (на примере архитектурно-строительной академии): дис. ... канд. пед. наук / Г.А. Левова. – Тольятти, 2003.
7. Саймон, Б. Общество и образование / Б. Саймон. – М., 2009. – 92 с.
8. Педагогический словарь. Т.2 / ред. Г.М. Воловникова. – М., 2010.
9. Психология. Словарь / под общ. ред. А.В.Петровского, М.Г.Ярошевского. – М.: 2010. – 494 с.

### References

1. Levova, G.A. Conditions for inducing students of University of Architecture and Construction to productive professional self-realization / G.A. Levova, D.R. Baisheva // international research and innovation center. – M., 2016. – No. 12. – P. 1018–1022.
2. Levova, G.A. Formation of experience of professional self-realization of a student of a Technical university / G.A. Levova, D.R. Baisheva // News of Science and Education. – Prague, 2017. – Vol. 7, No. 2. – P. 17–20.
3. Levova, G.A. Ecological and ethical orientation of teaching as a factor in the formation skills of professional self-realization to students of Architectural and Construction

---

University / G.A. Levova, D.R. Baisheva // PGUAS Bulletin: construction, science and education. – Penza, 2018. – No. 1(6). – P. 98–106.

4. Levova, G.A. About technologies of inclusion of students of Architectural and construction University in professional education / G.A. Levova, D.R. Baisheva // international scientific and innovative center. – M., 2017. – No. 6 (74). – P. 84.

5. Levova, G.A. Creative professional training as a basis for the formation of students of Architectural and Construction University experience of professional self-realization / G.A. Levova, D.R. Baisheva // International research and innovation center. – M., 2017. – No. 6 (74). – P. 83.

6. Levova, G.A. Formation of students ' readiness for productive professional self-realization (on the example of Architectural and Construction Academy): Dis. ... candidate of pedagogical Sciences / G.A. Levova. – Togliatti, 2003.

7. Simon, B. Society and education / B. Simon. – M., 2009. – 92 p.

8. Pedagogical dictionary. Vol.1 / ed. G.M. Volovnikov. – M., 2010.

9. Psychology. Dictionary / under the general editorship of A.V. Petrovsky, M.G. Yaroshevsky. – M., 2010. – 494 с.

УДК 378.1

*Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства*

Россия, 440028, г. Пенза,  
ул. Германа Титова, д.28,  
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

**Данилов Александр Максимович,**  
доктор технических наук,  
профессор, советник РААСН,  
зав. кафедрой «Математика  
и математическое моделирование»  
E-mail: fmatem@pguas.ru

**Гарькина Ирина Александровна,**  
доктор технических наук, профессор  
кафедры «Математика и математическое  
моделирование»  
E-mail: fmatem@pguas.ru

*Penza State University of Architecture  
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,  
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

**Danilov Alexander Maksimovich,**  
Doctor of Sciences, Professor, Adviser of the  
Russian Academy of Architectural and  
Construction Sciences, Head of the department  
«Mathematics and Mathematical Modeling»  
E-mail: fmatem@pguas.ru

**Garkina Irina Aleksandrovna,**  
Doctor of Sciences, Professor  
of the department «Mathematics  
and Mathematical Modeling»  
E-mail: fmatem@pguas.ru

## СПЕЦИАЛЬНЫЕ ГЛАВЫ ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКИ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ КОМПЕТЕНЦИЙ МАГИСТРАНТОВ, ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО НАПРАВЛЕНИЮ ПОДГОТОВКИ 23.04.01 «ТЕХНОЛОГИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ»

А.М. Данилов, И.А. Гарькина

Рассматриваются основы практического формирования компетенций на примере подготовки магистрантов, обучающихся по направлению подготовки «Технология транспортных процессов» (дисциплина «Математическое моделирование сложных систем»). Определяются основные разделы математики, способствующие эффективному их формированию. Показывается, что множество всех формируемых компетенций с точки зрения теории управления можно рассматривать как векторный критерий для оценки качества подготовки.

*Ключевые слова: подготовка магистрантов, направление, технология транспортных процессов, формирование компетенций, оценка качества подготовки*

## SPECIAL CHAPTERS OF HIGHER MATHEMATICS WHEN FORMING COMPETENCIES OF UNDERGRADUATES (TRAINING DIRECTION 23.04.01 «TRANSPORT PROCESSES TECHNOLOGY»)

A.M. Danilov, I.A. Garkina

The basics of the practical formation of competencies are examined on the example of training undergraduates in the training direction «Technology of transport processes» (the discipline «Mathematical modeling of complex systems»). The main sections of mathematics that contribute to their effective formation are determined. It is shown that the set of all formed competencies from the point of view of control theory can be considered as a vector criterion for assessing the quality of training.

*Keywords: training of undergraduates, direction, technology of transport processes, formation of competencies, assessment of training quality*

---

Нельзя серьезно говорить о качестве образования (комплексная характеристика: отражает диапазон и уровень образовательных услуг, предоставляемых населению в соответствии с интересами личности, общества и государства) без существенного повышения уровня фундаментальной подготовки выпускников вузов и методики обучения; качество образования и методика обучения неразрывно связаны.

Предполагается, что каждая дисциплина и цикл дисциплин в учебном плане занимают строго определенное место (план строго структурирован).

Образовательная система в целом, равно как и отдельная дисциплина, рассматриваются как сложные системы с присущими им взаимодействиями со средой, иерархичностью, многоаспектностью их описания как динамичной, развивающейся целостности. Логическая взаимосвязь и взаимообусловленность последовательности изучения отдельных разделов дисциплины как центральных мест (Christaller W.) определяют познавательную деятельность студента, направленную на достижение конечных целей учебного процесса – формирование компетенций для конкретной области профессиональной деятельности. Траектория образовательной деятельности обучающегося (сетевая модель обучения) определяется с учетом места дисциплины (цикла дисциплин) в учебном плане.

Компетентностный подход [1..4] возник как альтернатива абстрактно-теоретическим знаниям практико-ориентированных качеств (знания, умения и навыки – единицы культуры и ее ценностей; компетенции – единицы рыночной экономики и профессиональной деятельности). Это ответная реакция профессионального образования на изменившиеся социально-экономические условия, когда рынок предъявляет к специалистам новые жесткие требования (не столько к содержанию образования, сколько к целям и результатам обучения). В качестве цели в настоящее время рассматривается формирование у специалиста соответствующих его профилю компетенций (конкурентоспособность на рынке труда, владение необходимой информацией, ориентирование в смежных областях, готовность к профессиональному росту, способность к адаптации в постоянно изменяющихся условиях). Так, изучение дисциплины *«Математическое моделирование сложных систем»* направлено на формирование:

– *ОПК-1*: способность формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки;

– *ОПК-2*: способность применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы;

– *ПК-8*: способность к проведению технологических расчетов транспортного предприятия с целью определения потребности в производственно-технической базе, персонале, материалах, запасных частях и других производственных ресурсах с целью их эффективного использования.

В результате изучения дисциплины магистрант должен:

– знать методику построения моделей явлений и процессов; аналитические и численные методы решения прикладных задач;

– уметь осуществлять выбор и параметризацию методов решения задач при моделировании явлений и процессов;

– владеть аналитическими и численными методами решения задач;

– иметь представление о математических методах системного анализа.

На лекционный курс отводится всего 6 часов при общем объеме изучения дисциплины 108 часов, а на практические занятия и самостоятельную работу соответственно – 30 и 72. Курс лекций носит лишь *установочный* характер (даются ключевые понятия и важнейшие результаты). Основное внимание уделяется практическим занятиям (на этот вид работы выделяется в 5 раз больше часов, чем на лекции); *главное место отводится задачам прикладного характера* (увеличение удельного веса профессионально направленных задач). *При подборе содержательных задач следует исходить из важности каждого из этапов когнитивного моделирования:*

– получение структурированных знаний о функционировании системы;

– моделирование сценариев;

– определение, выбор и ввод в модель эффективных управляющих воздействий;

– определение оптимальных точек приложения усилий для достижения поставленных целей;

– мониторинг внутренней и внешней среды функционирования системы (уточняющая и новая информация).

Приведенное проиллюстрируем на конкретных примерах.

*Задача 1.* По двум улицам движутся к перекрестку две автомашины с постоянными скоростями  $u_1$  и  $u_2$ . Считая, что улицы пересекаются под прямым углом, и зная, что в некоторый момент времени автомашины находятся от перекрестка на расстояниях  $a_1$  и  $a_2$ , определить, через какое время расстояние между ними станет наименьшим.

*Решение.* Первая машина за время  $t$  будет находиться от перекрестка на расстоянии  $|a_1 - u_1 t|$ , вторая – на расстоянии  $|a_2 - u_2 t|$ . Так что расстояние  $l$  между машинами определится в виде

$$l = l(t) = \sqrt{(a_1 - u_1 t)^2 + (a_2 - u_2 t)^2}.$$

Имеем

$$l'(t) = \frac{2[(a_1 - u_1 t)(-u_1) + (a_2 - u_2 t)(-u_2)]}{2\sqrt{(a_1 - u_1 t)^2 + (a_2 - u_2 t)^2}} = \frac{a_1 u_1 + a_2 u_2 - t(u_1^2 + u_2^2)}{\sqrt{(a_1 - u_1 t)^2 + (a_2 - u_2 t)^2}};$$

При  $t_1 = \frac{a_1 u_1 + a_2 u_2}{u_1^2 + u_2^2}$  имеем  $l'(t_1) = 0$ .

При переходе через  $t_1$   $l'(t)$  меняет знак с минуса на плюс. Следовательно, в момент  $t_1$  функция достигает минимума.

Отметим, что знаменатель  $l'(t)$  может обратиться в нуль только при условии  $\frac{a_1}{a_2} = \frac{u_1}{u_2}$ , что соответствует случаю, когда машины должны встретиться на перекрестке. Не рассматривая этот частный случай, можно утверждать, что  $l(t)$  в интервале  $(0; \infty)$  имеет единственный экстремум (минимум). В силу предыдущего функция достигает своего наименьшего значения на указанном интервале в точке минимума.

*Задача 2.* Поток грузовых автомобилей, прибывающих на склад торговой фирмы, можно считать простейшим с интенсивностью  $\lambda=4$  состав/час. Найти вероятность того, что за полчаса на склад прибудет: а) ровно одна машина; б) хотя бы одна машина; в) не менее трех машин.

*Решение.* Случайная величина  $X$  – число грузовых автомашин, прибывающих на склад торговой фирмы за полчаса, – распределена по закону Пуассона с параметром  $\lambda t = 4 \cdot 0,5 = 2$ .

Справедливо:

– вероятность прибытия одной машины:

$$P_1(0,5) \approx 2 \cdot e^{-2} = 2 \cdot 0,135 = 0,270;$$

– вероятность прибытия хотя бы одной машины:

$$P(X \geq 1) = 1 - P_0(0,5) = 1 - e^{-2} = 1 - 0,135 = 0,865;$$

– вероятность прибытия не менее трех автомашин:

$$P(X \geq 3) = 1 - (P_0(0,5) + P_1(0,5) + P_2(0,5)) = 0,325.$$

*Задача 3.* Четыре эксперта упорядочили 6 причин дорожно-транспортного происшествия следующим образом:

Эксперт	Объект					
	1	2	3	4	5	6
1	5	4	1	6	3	2
2	2	3	1	5	6	4
3	4	1	6	3	2	5
4	4	3	2	5	1	6
Сумма рангов $\sum_{i=1}^4 x_{ij}$	15	11	10	19	12	17

Найти общую меру согласованности мнений внутри группы экспертов.

*Решение.* Такой мерой согласованности мнений экспертов является коэффициент согласованности, или *коэффициент конкордации*

$$W = \frac{12 \sum_{i=1}^n \left( \sum_{j=1}^m x_{ij} - \bar{x}_{\Sigma} \right)^2}{m^2 (n^3 - n)},$$

$x_{ij}$  – ранг  $i$ -го объекта, установленный  $j$ -м экспертом;  $\bar{x}_{\Sigma}$  – средняя сумма рангов

каждого объекта  $\bar{x}_{\Sigma} = \frac{m(n+1)}{2}$ ;  $n$  – число объектов;  $m$  – число экспертов.

Для рассматриваемого примера

$$\bar{x}_{\Sigma} = \frac{1}{2} 4(6+1) = 14.$$

Среднюю сумму рангов каждого объекта можно определить также по формуле

$$\bar{x}_{\Sigma} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij};$$

$$\bar{x}_{\Sigma} = \frac{1}{6} (15+11+10+19+12+17) = 14.$$

Определим  $W$ :

$$W = \frac{12 \left[ (15-14)^2 + (11-14)^2 + (10-14)^2 + (19-14)^2 + (12-14)^2 + (17-14)^2 \right]}{4^2 (6^3 - 6)} = 0,229.$$

Таким образом, можно считать, что мнения экспертов не являются согласованными, так как  $W$  существенно отличается от 1. Если мнения всех экспертов совпадают, то  $W = 1$ .

*Подсистемы образовательной системы должны обеспечить реализацию требований программ (определяются надсистемой с учетом происходящих изменений). С системных позиций образовательную систему можно рассматривать и исходя из теории центральных мест. Практическое формирование компетенций основывается на изучении некоторых специальных глав высшей математики. Основное внимание уделяется узловым точкам в изучении дисциплины (центральные места определяют все разделы дисциплины):*

---

– *оценке качества систем* (аппроксимация и интерполяция; определение критериев качества системы в соответствии с ТЗ; когнитивный анализ системы; графы; количественная оценка параметров системы; методы экспертных оценок; ранговая корреляция; глобальные частные критерии качества; разработка иерархических структур критериев качества системы);

– *структурной и параметрической идентификации* (детерминированные и вероятностные модели систем; общая задача идентификации; разработка структурной схемы системы в соответствии с иерархической структурой критериев качества; системный подход; декомпозиция на модули; частная задача идентификации);

– *методам моделирования и оптимизации многокритериальных систем* (формализация критериев качества; постановка задачи оптимизации; функция Лагранжа; метод Куна – Таккера; линейное и нелинейное программирование; градиентные методы; планирование эксперимента; методы оптимизации многокритериальной системы).

Для эффективного управления знаниями с привязкой ко времени изучения предполагается существование некоторой оптимальной каркасно-сетевой структуры узлов, обеспечивающей доступ к ним с максимально быстрым перемещением между узлами. Система узлов, естественно, обладает определенной иерархией, число уровней которой зависит от заданного уровня достижения освоения компетенции. С ростом уровня иерархии расширяется объем знаний внутри каждого узла.

Таким образом, множество всех формируемых компетенций с точки зрения теории управления можно рассматривать как векторный критерий для оценки качества подготовки обучающихся. Очевидна целесообразность использования модульной иерархической структуры множества частных критериев для оценки качества подготовки.

### Список литературы

1. Ефремова, Н.Ф. Компетенции в образовании: формирование и оценивание / Н.Ф. Ефремова. – М.: Национальное образование, 2012. – С.24.
2. Гарькина, И.А. Реализация компетентностного подхода при разработке рабочей программы по математике в техническом вузе / И.А. Гарькина // Вестник Костромского государственного университета. Серия: Педагогика. Психология. Социокинетика. – 2018. – Т. 24, № 1. – С. 95–98.
3. Гарькина, И.А. Системный подход к повышению качества образования / И.А. Гарькина, А.М. Данилов // Вестник КГУ им. Н.А. Некрасова. – 2013. – №4, Т. 19. – С. 4–7.
4. Гарькина, И.А. Когнитивное моделирование образовательной системы / И.А. Гарькина, А.М. Данилов // Вестник Костромского государственного университета. Серия: Педагогика. Психология. Социокинетика. – 2019. – Т. 25, № 2. – С. 6–10.

### References

1. Efremova, N.F. Competences in education: formation and evaluation / N.F. Efremova. – M.: National education, 2012. – P.24.
2. Garkina, I.A. The implementation of the competency-based approach to developing a educational program in mathematics at a technical university / I.A. Garkina // Bulletin of Kostroma State University. Series: Pedagogy. Psychology. Sociokinetics. – 2018. – Vol. 24, № 1. – P. 95–98.
3. Garkina, I.A. A systematic approach in improving the quality of education / I.A. Garkina, A.M. Danilov // Bulletin of KSU named after O.N. Nekrasov. – 2013. – № 4, Vol. 19. – P. 4–7.
4. Garkina, I.A. Cognitive modeling of the educational system / I.A. Garkina, A.M. Danilov // Bulletin of Kostroma State University. Series: Pedagogy. Psychology. Sociokinetics. – 2019. – Vol. 25, № 2. – P. 6–10.

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства*

Россия, 440028, г. Пенза,  
ул. Германа Титова, д.28,  
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

**Гарькина Ирина Александровна**,  
доктор технических наук, профессор  
кафедры «Математика и математическое  
моделирование»  
E-mail: fmatem@pguas.ru

**Данилов Александр Максимович**,  
доктор технических наук,  
профессор, советник РААСН,  
зав. кафедрой «Математика  
и математическое моделирование»  
E-mail: fmatem@pguas.ru

*Penza State University of Architecture  
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,  
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

**Garkina Irina Aleksandrovna**,  
Doctor of Sciences, Professor  
of the department «Mathematics  
and Mathematical Modeling»  
E-mail: fmatem@pguas.ru

**Danilov Alexander Maksimovich**,  
Doctor of Sciences, Professor, Adviser of the  
Russian Academy of Architectural and  
Construction Sciences, Head of the department  
«Mathematics and Mathematical Modeling»  
E-mail: fmatem@pguas.ru

## ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ: МОДУЛЬНЫЙ ПРИНЦИП

И.А. Гарькина, А.М. Данилов

Рассматривается модульный принцип имитационного моделирования сложных динамических систем. Определяются подходы к объединению, разделению и модификации отдельных их элементов. Показывается, что присущая модульному подходу гибкость перекрывает ограничения по обработке данных. Модули и интерфейс рассматриваются с функциональной точки зрения (логический уровень) или как набор аппаратных и программных модулей (физический уровень; среда, в которой существуют и взаимодействуют модули). Передача информации интерпретируется как ряд сообщений между функциональными модулями. Определяются условия для достижения основной цели – разделить уровни так, чтобы изменения на одном уровне не вызывали изменений на другом, а также преимущества полунатурного моделирования. Приводятся результаты имитационного моделирования транспортных систем с их переносом к решению задачи синтеза композиционных материалов как сложных систем.

*Ключевые слова: сложные системы, имитационное моделирование, синтез, модельный принцип, архитектура, выбор, реализация*

## SIMULATION MODELING OF COMPLEX SYSTEMS: MODULAR PRINCIPLE

I.A. Garkina, A.M. Danilov

The modular principle of simulation of complex dynamic systems is considered. The approaches to unification, separation and modification of its individual elements are determined. It is shown that the inherent flexibility of a modular approach overrides data processing restrictions. Modules and an interface are considered from a functional point of view (logical level) or as a set of hardware and software modules (physical layer; the environment in which modules exist and interact). The transfer of information is interpreted as a series of messages between functional modules. The conditions for achieving the main goal are determined – to divide the levels so that changes at one level do not cause changes at another, as well as the benefits of semi-natural modeling. The results of simulation modeling of transport systems with their transfer to the solution of the synthesis of composite materials as complex systems are presented.

*Keywords: complex systems, simulation modeling, synthesis, modular principle, architecture, choice, implementation*

---

Концепция модульности при имитационном моделировании сложной динамической системы предполагает возможность объединения, разделения и модификации отдельных ее элементов: модули могут создаваться независимо друг от друга и объединяться в блоки для получения необходимых результатов; облегчается их реконструкция и модернизация при изменении требований к ним без существенного воздействия на другие модули. Однако усилия по модульному построению систем не достигнут цели без четкого определения взаимосвязей между модулями, требований для разработки и внедрения модулей, а также элементов интерфейса (позволяющих введение новых технологий с учетом взглядов их создателей, а также эксплуатирующих организаций). Во многих случаях можно достичь уменьшения риска, сокращения сроков исполнения и стоимости разработок; по-видимому, максимальные результаты при модульном построении будут получены при имитационном моделировании на базе уже существующих модулей. Так, при разработке тренажных и обучающих комплексов для подготовки операторов транспортных эргатических систем основное внимание уделяется подготовке экипажа в целом, а не оттачиванию индивидуального мастерства каждого члена [1] (в частности, подготовка экипажа самолета: летное обучение в рейсовой обстановке; участие всего экипажа в решении полетных ситуаций, ведущих к авиационным происшествиям; упор на мобилизацию человеческих ресурсов; недопущение ошибок, связанных с человеческим фактором; усиление роли инструктора). Разработка имитатора динамики полета исходя из его модульности облегчает модернизацию тренажеров при изменении требований к ним без существенного воздействия на другие модули (например, при изменении тормозной системы летательного аппарата можно ограничиться соответствующими изменениями в модуле «Тормозная система» авиационного тренажера). Обеспечение требуемой реалистичности моделирования вызывает большие нагрузки на вычислительную систему по обработке данных (в том числе связанных с соответствием данных основным форматам и с необходимостью выполнения всех операций в реальном масштабе времени). Модульный подход, облегчая некоторые трудности, налагает дополнительные ограничения, связанные с приведением данных в совместимую форму, на систему в целом. Однако присущая модульному подходу гибкость значительно перекрывает указанные ограничения по обработке данных (в частности, возможность распределения вычислений между различными процессорами).

Взаимодействие модулей всегда связано с передачей данных от модуля к модулю: очевидна необходимость схемы сопряжения: если принимающий и передающий элементы системы находятся в различных физических модулях, то информация передается через локальные сети; если элементы расположены в тесно взаимодействующих физических модулях – сообщения передаются через устройства внешней памяти или высокоскоростную сеть передачи данных; если два логических модуля находятся внутри одного физического – информация передается через операционную систему.

Существует реальная опасность выбора узкоспециализированного подхода при выборе архитектуры ЭВМ и определении жесткой структуры интерфейса с применением специального языка программирования: требуется возможность создания новых необходимых модулей на основе единого подхода для обеспечения совместимости модулей друг с другом. Модули и интерфейс рассматриваются с функциональной точки зрения (логический уровень) или как набор аппаратных и программных модулей (физический уровень; среда, в которой существуют и взаимодействуют модули). Передача информации интерпретируется как ряд сообщений между функциональными модулями. На этом уровне рассматриваются скорости передачи данных, обнаружение и исправление ошибок, объем памяти, аппаратные средства связи, типы ЭВМ, языки программирования (типы тренажеров: специализированные, функциональные или комплексные, а также функции модулей на этом уровне не рассматриваются). Такое разделение позволяет достичь основной цели – разделить указанные уровни так, чтобы изменения на одном уровне не вызывали изменений на другом. Так, модернизировались модули акселерационных эффектов, визуализации без изменения логической

---

структуры тренажеров; использовались различные элементы физического уровня для создания конкретных тренажеров.

Специального рассмотрения требует используемое при имитационном моделировании программное обеспечение для встроенных вычислительных систем. Стоимость математического обеспечения в общей стоимости систем моделирования постоянно возрастает. Как и аппаратные средства, языки постоянно совершенствуются, модернизируются, создаются новые; требования к модулям, интерфейсу и т.д. не должны быть чрезмерно жесткими и замыкаться на существующих технологиях для обеспечения простоты их внедрения: модули должны быть гибкими, определяться функционально; типы используемых ЭВМ, длина слов, язык программирования не должны входить в определение модуля.

В частности, для обеспечения подобия реального и моделируемого полёта в модуле динамики полета *воспроизводится движение самолёта в пространстве*: решение замкнутой системы *нелинейных* дифференциальных уравнений (непрерывное вычисление параметров полёта в реальном масштабе времени; *управляющие воздействия* экипажа – *входные* параметры, *параметры полёта- выходные*). Экипажу с соответствующих модулей предоставляются: визуальная, акустическая, акселерационная информация, показания приборов пилотажно-навигационного комплекса, положения и усилия на органах управления (формируемых в соответствии с параметрами, получаемыми в имитаторе динамики полёта). Используются также сигналы и параметры из имитаторов и систем (связь на основе внутримашинного и межмашинного обмена).

В модуле *воспроизводится движение самолёта в пространстве* (решение замкнутой системы *нелинейных* дифференциальных уравнений; *входные* параметры – *управляющие воздействия* экипажа, *выходные* – *параметры полёта*). *Моделируются* [1...4]: движение по ВПП и рулёжным дорожкам; взлёт и набор высоты; полёт по маршруту, снижение и заход на посадку; уход на второй круг (с использованием средств комплекса стандартного пилотажно-навигационного оборудования); экстренное снижение; полёт по кругу, заход на посадку и посадка; пробег по ВПП с использованием всех средств торможения; полёт при опасных внешних воздействиях. *Учитываются*: температура воздуха и атмосферное давление; высота (уровень местности) аэродрома; горизонтальная составляющая скорости ветра; сдвиг и порывы ветра (вертикальный и горизонтальный); обледенение (изменение аэродинамических характеристик); состояние ВПП; сила тяжести и центровка самолёта; режимы работы силовой установки (включая реверс); положение управляющих поверхностей, механизация крыла, шасси (при движении по земле учитываются характеристики устойчивости и управляемости; коэффициенты увода и трения колёс с учетом состояния ВПП, торможения колёс и работы антиюзového устройства); аэроупругость. Экипажу с соответствующих модулей предоставляются: визуальная, акустическая, акселерационная информация, показания приборов пилотажно-навигационного комплекса, положения и усилия на органах управления (формируются в соответствии с параметрами, получаемыми в имитаторе динамики полёта). Используются также сигналы и параметры из имитаторов и систем (связь на основе внутри- и межмашинного обмена). В ряде модулей используется полунатурное моделирование на базе бортового оборудования, например при имитации работы каналов управления стабилизатором, рулём высоты, элеронами, интерцепторами, воздушными тормозами и рулём направления.

Приведенные методологические принципы модульного имитационного моделирования сложных систем использовались при разработке авиационных тренажеров, а также при проектировании композиционных материалов как сложных систем [5,6].

### Список литературы

1. Авиационные тренажеры модульной архитектуры: монография / Э.В. Лапшин, А.М. Данилов, И.А. Гарькина, Б.В. Ключев, Н.К. Юрков. – Пенза: ИИЦ ПГУ, 2005. – 146 с.

- 
2. Гарькина, И.А. Аппроксимационные задачи при разработке имитаторов транспортных систем: распараллеливание вычислительных процессов / И.А. Гарькина, А.М. Данилов // Вестник Таджикского технического университета. – 2013. – № 4 (24). – С.75–80.
  3. Лапшин, Э.В. Использование методов численного интегрирования в моделях летательных аппаратов / Э.В. Лапшин, В.А. Трусов // Труды международного симпозиума «Надежность и качество». – 2016. – Т. 2. – С. 336–338.
  4. Danilov, A.M. Imitators of Dynamic Systems with Landing / A.M. Danilov, I.A. Garkina // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. – 2018. – Vol.449. – P. 012002.
  5. Garkina, I.A. Tasks of Building Materials from the Viewpoint of Control Theory / I.A. Garkina, A.M. Danilov // Key Engineering Materials. – 2017. – Vol. 737. – P. 578–582.
  6. Garkina, I.A. Composite Materials: Identification, Control, Synthesis / I.A. Garkina, A.M. Danilov // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. – 2019. – Vol. 471. – P. 032005.

### References

1. Aviation simulators of modular architecture: monograph / E.V. Lapshin, A.M. Danilov, I.A. Garkina, B.V. Klyuev, N.K. Yurkov. – Penza: PSU, 2005. – 146 p.
2. Garkina, I.A. Approximation problems in the development of simulators of transport systems: parallelization of computing processes / I.A. Garkina, A.M. Danilov // Bulletin of Tajik Technical University. – 2013. – № 4 (24). – P.75–80.
3. Lapshin, E.V. The use of numerical integration methods in aircraft models / E.V. Lapshin, V.A. Trusov // Proceedings of the international symposium «Reliability and quality». – 2016. – Vol. 2. – P. 336–338.
4. Danilov, A.M. Imitators of Dynamic Systems with Landing / A.M. Danilov, I.A. Garkina // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. – 2018. – Vol.449. – P. 012002.
5. Garkina, I.A. Tasks of Building Materials from the Viewpoint of Control Theory / I.A. Garkina, A.M. Danilov // Key Engineering Materials. – 2017. – Vol. 737. – P. 578–582.
6. Garkina, I.A. Composite Materials: Identification, Control, Synthesis / I.A. Garkina, A.M. Danilov // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. – 2019. – Vol. 471. – P. 032005.