



Научно-технический журнал  
Издается с 2003 года.  
Выходит шесть раз в год.

**№3 (47) 2013**  
**(май-июнь)**

# СТРОИТЕЛЬСТВО И РЕКОНСТРУКЦИЯ

Учредитель – федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс»  
(ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК»)

## Редакционный совет:

**Голенков В.А.** д.т.н., проф., председатель  
**Радченко С.Ю.** д.т.н., проф.,  
зам. председателя  
**Борзенков М.И.** к.т.н., доц., секретарь  
**Астафичев П.А.** д.ю.н., проф.  
**Иванова Т.Н.** д.т.н., проф.  
**Киричек А.В.** д.т.н., проф.  
**Колчунов В.И.** д.т.н., проф.  
**Константинов И.С.** д.т.н., проф.  
**Новиков А.Н.** д.т.н., проф.  
**Попова Л.В.** д.э.н., проф.  
**Степанов Ю.С.** д.т.н., проф.

## Главный редактор:

**Колчунов В.И.** акад. РААСН, д.т.н., проф.

## Заместители главного редактора:

**Данилевич Д.В.** к.т.н., доц.  
**Колесникова Т.Н.** д. арх., проф.  
**Коробко В.И.** д.т.н., проф.

## Редколлегия:

**Бондаренко В.М.** акад. РААСН, д.т.н., проф.  
**Гордон В.А.** д.т.н., проф.  
**Емельянов С.Г.** советник РААСН, д.т.н., проф.  
**Карпенко Н.И.** акад. РААСН, д.т.н., проф.  
**Клюева Н.В.** советник РААСН, д.т.н., проф.  
**Коробко А.В.** д.т.н., проф.  
**Король Е.А.** чл.-корр. РААСН, д.т.н., проф.  
**Ольков Я.И.** акад. РААСН, д.т.н., проф.  
**Римшин В.И.** чл.-корр. РААСН, д.т.н., проф.  
**Сергейчук О.В.** д.т.н., проф. (Украина)  
**Серпик И.Н.** д.т.н., проф.  
**Сикора З.** д.т.н., проф. (Польша)  
**Тур В.В.** д.т.н., проф. (Белоруссия)  
**Турков А.В.** д.т.н., проф.  
**Федоров В.С.** акад. РААСН, д.т.н., проф.  
**Чернышов Е.М.** акад. РААСН, д.т.н., проф.  
**Шах Р.** д.т.н., проф. (Германия)

## Ответственный за выпуск:

**Солопов С.В.** к.т.н.

## Адрес редакции:

302006, Россия, г. Орел,  
ул. Московская, 77  
Тел.: +7 (4862) 73-43-49  
www.gu-unpk.ru  
E-mail: oantc@mail.ru

Зарегистрировано в Федеральной службе  
по надзору в сфере связи, информационных  
технологий и массовых коммуникаций.  
Свидетельство:  
ПИ № ФС77-47354 от 03 ноября 2011 г.

Подписной индекс **86294** по объединенному  
каталогу «Пресса России»

© ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», 2013

## Содержание

### **Теория инженерных сооружений. Строительные конструкции**

- Бредихин В.В.** Приоритетные мероприятия в области стимулирования  
предложений по формированию рынка муниципального жилья с учетом  
региональных особенностей..... 3
- Аунг Зо Лат.** Расчёт тонкостенного стержня на удар массивного тела... 10
- Чирков В.П., Раздубев М.А.** Прочностные свойства многоэлементной  
арматуры..... 17

### **Архитектура и градостроительство**

- Азаров В.Н., Садовникова Н.П., Мамонтов Д.П.** Применение системно-  
динамического моделирования для оценки воздействия автотранспорта  
и озеленения на качество воздуха..... 23
- Антонов А.И., Жоголева О.А., Леденев В.И.** Метод расчета шумового  
режима в зданиях с коридорными системами планировки..... 28
- Кобелева С.А.** Сценарии развития жилищного строительства с учетом  
влияния экологических факторов..... 33
- Колесникова Т.Н., Котова Е.В., Скрипкина А.О.** Биопозитивные здания  
и архифитомелиорация как неотъемлемые составляющие архитектуры  
мегаполисов..... 39
- Сидельникова О.П.** Радиационно-экологические аспекты при строительстве  
зданий..... 46
- Федорова М.А.** Концепция серийности в архитектуре в условиях развитого  
капитализма..... 52

### **Строительные материалы и технологии**

- Акулова М.В., Селиверстова О.В.** Влияние четырехкомпонентной  
комплексной добавки на реологические свойства бетонной смеси  
и прочность тяжелого бетона..... 58
- Румянцева В.Е., Румянцева К.Е., Коновалова В.С.** Влияние модификаторов  
холодного фосфатирования на коррозионную стойкость сталей..... 64
- Федосов С.В., Акулова М.В., Потемкина О.В., Емелин В.Ю.,  
Белякова Н.А.** Исследование изменения фазового состава пенобетона  
с добавлением жидкого стекла и стеклобоя термографическим методом. 69
- Федосов С.В., Щепочкина Ю.А., Баканов М.О.** Особенности получения  
композиционного строительного материала на основе пеностекла  
с защитно-декоративным покрытием..... 77

Журнал «Строительство и реконструкция» входит в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых  
должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата  
и доктора технических наук.



Scientific and technical journal  
The journal is published since 2003.  
The journal is published 6 times a year.

**№3 (47) 2013**  
**(May-June)**

# BUILDING AND RECONSTRUCTION

The founder – federal state budgetary educational institution of the higher vocational training  
«State University – Educational-Science-Production Complex»  
(State University ESPC)

## Editorial council:

**Golenkov V.A.** Doc. Sc. Tech., Prof.,  
president

**Radchenko S.Y.** Doc. Sc. Tech., Prof.,  
vice-president

**Borzenkov M.I.** Candidat Sc. Tech.,  
Assistant Prof.

**Astafichev P.A.** Doc. Sc. Law., Prof.

**Ivanova T.N.** Doc. Sc. Tech., Prof.

**Kirichuk A.V.** Doc. Sc. Tech., Prof.

**Kolchunov V.I.** Doc. Sc. Tech., Prof.

**Konstantinov I.S.** Doc. Sc. Tech., Prof.

**Novikov A.N.** Doc. Sc. Tech., Prof.

**Popova L.V.** Doc. Ec. Tech., Prof.

**Stepanov Y.S.** Doc. Sc. Tech., Prof.

## Editor-in-chief

**Kolchunov V.I.** Doc. Sc. Tech., Prof.

## Editor-in-chief assistants:

**Danilevich D.V.** Candidat Sc. Tech., Assis-  
tant Prof.

**Kolesnikova T.N.** Doc. Arc., Prof.

**Korobko V.I.** Doc. Sc. Tech., Prof.

## Editorial committee

**Bondarenko V.M.** Doc. Sc. Tech., Prof.

**Gordon V.A.** Doc. Sc. Tech., Prof.

**Emelyanov S.G.** Doc. Sc. Tech., Prof.

**Karpenko N.I.** Doc. Sc. Tech., Prof.

**Kljueva N.V.** Doc. Sc. Tech., Prof.

**Korobko A.V.** Doc. Sc. Tech., Prof.

**Korol E.A.** Doc. Sc. Tech., Prof.

**Olkov Y.I.** Doc. Sc. Tech., Prof.

**Rimshin V.I.** Doc. Sc. Tech., Prof.

**Sergeychuk O.V.** Doc. Sc. Tech., Prof. (Ukraine)

**Serpik I.N.** Doc. Sc. Tech., Prof.

**Sikora Z.** Doc. Sc. Tech., Prof. (Poland)

**Tur V.V.** Doc. Sc. Tech., Prof. (Belorussia)

**Turkov A.V.** Doc. Sc. Tech., Prof.

**Fyodorov V.S.** Doc. Sc. Tech., Prof.

**Chernyshov E.M.** Doc. Sc. Tech., Prof.

**Schach R.** Doc. Sc. Tech., Prof. (Germany)

## Responsible for edition:

**Solopov S.V.** Candidat Sc. Tech.

The edition address: 302006, Orel,  
Street Moscow, 77

+7 (4862) 73-43-49

www.gu-unpk.ru

E-mail: oante@ostu.ru

Journal is registered in Russian federal service  
for monitoring communications, information  
technology and mass communications  
The certificate of registration:

ПН № ФС77-47354 from 03.04.11 г.

Index on the catalogue of the «Pressa Rossii»  
86294

© State University ESPC, 2013

## Contents

### Theory of engineering structures.

#### Building units

<b>Bredihin V.</b> Priority actions in the field of stimulation of proposals for the formation of the market of municipal housing taking into account regional peculiarities.....	3
<b>Aung Zaw Latt.</b> Calculation of elastic impact on the thin-walled rod.....	10
<b>Chirkov V., Razduev M.</b> Strength properties of multielement armature.....	17

### Architecture and town-planning

<b>Azarov V., Sadovnikova N., Mamontov D.</b> Application of systems dynamics modeling to assess the impact of transport and landscaping for air quality.....	23
<b>Antonov A., Zhogoleva O., Ledenev V.</b> The method of calculation of the acoustic modes in buildings with a corridor system of planning.....	28
<b>Kobeleva S.</b> The scenarios of housing in view of the influence of the environmental factors.....	33
<b>Kolesnikova T., Kotova E., Skripkina A.</b> Biopositivity building and arhnhptomelioration as integral components of the architecture of megacities..	39
<b>Sidelnikova O.</b> Radiation and ecological aspects of building construction.....	46
<b>Fedorova M.</b> Concept of seriality in architecture in the movement of the adveded capitalism.....	52

### Construction materials and technologies

<b>Akulova M., Selivyorstova O.</b> The influence of four-component admixture on rheological properties of concrete mix and durability of heavy concrete.....	58
<b>Rumyantseva V., Rumyantseva K., Konovalova V.</b> The influence of cold phosphating modifiers on corrosion stability of steels.....	64
<b>Fedosov S., Akulova M., Potemkina O., Emelin V., Belyakova N.</b> Research of change of phase composition of foam concrete with addition of the liquid silica glass and the cullet the thermographic method.....	69
<b>Fedosov S., Shchepochkina Ju., Bacanov M.</b> Peculiarities of the production of composite building material on the basis of foamglass with protective-decorative coating.....	77

УДК 624 (075.8)

БРЕДИХИН В.В.

## **ПРИОРИТЕТНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ В ОБЛАСТИ СТИМУЛИРОВАНИЯ ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО ФОРМИРОВАНИЮ РЫНКА МУНИЦИПАЛЬНОГО ЖИЛЬЯ С УЧЕТОМ РЕГИОНАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ**

*Возможность улучшения жилищных условий – важный показатель повышения благосостояния населения городов, предпосылка социальной и экономической стабильности государства. Главной задачей государственной политики, реализуемой региональными структурами, является создание необходимых условий для предоставления возможности гражданам по улучшению жилищных условий путем развития рынка муниципального жилья.*

***Ключевые слова:** рынок жилья; городская территория; сложившаяся застройка; комплексная застройка.*

Приоритетными мероприятиями в области стимулирования предложения по формированию рынка жилья являются имеющиеся резервы по эффективному использованию территориально-пространственного развития города и комплексного обновления сложившейся застройки, а именно:

### **1) Мероприятия по снижению административных барьеров в городском строительстве.**

Одной из важнейших проблем, характерных для жилищного строительства, влияющих на предложения на строительном рынке жилья, является наличие административных барьеров.

Излишне регламентированная и громоздкая система, с которой сталкиваются строительные организации как при получении исходно-разрешительной документации на осуществление строительства, так и при получении заключения государственной экспертизы на проектную документацию, при получении технических условий на подключение объектов к инженерным коммуникациям и при получении разрешений на ввод построенных объектов в эксплуатацию, приводит к значительному увеличению всего инвестиционного цикла. В этой связи принципиально важными являются следующие моменты [1, 2]:

- завершение работы по формированию электронного документооборота в системе территориального планирования субъектов Российской Федерации;
- оптимизация процедур формирования и предоставления земельных участков девелоперам и индивидуальным предпринимателям для строительства;
- совершенствование порядка выдачи саморегулируемыми организациями разрешений на строительство и ввод объектов в эксплуатацию, проведения государственной экспертизы проектной документации и результатов инженерных изысканий;
- в соответствии с планируемыми потребностями города увязать в единый технологический цикл ПТП потенциал предприятий ИСК и предприятий стройиндустрии;
- утверждение регламентов по предоставлению государственных услуг, влияющих на ход реализации инвестиционно-строительных проектов;
- осуществление мониторинга за исполнением органами местного самоуправления и подведомственными организациями требований законодательства о градостроительной деятельности и земельного законодательства.

Для активизации деятельности по реконструкции и обустройству территории необходимо повысить качество и эффективность оперативного и стратегического управления соци-

ально-экономическим развитием муниципальных образований, повсеместно использовать информационную систему градостроительной деятельности (ИСГД).

Сведения этой системы могут быть использованы при:

- разработке генеральных планов городских округов;
- реконструкции объектов капитального строительства;
- определении границ и категорий разрешенного использования земельных участков;
- проведении контроля за фактическим использованием земельных участков и расположенных на них иных объектов недвижимости, а также резервирования земельных участков для городских и муниципальных нужд;
- установлении новым объектам капитального строительства адресов;
- подготовке документации для проведения аукционов по продаже земельных участков;
- организации работы с населением по обсуждению проектов, а также территориального планирования, градостроительного зонирования, планировки территорий и размещения объектов капитального строительства.

## **2) Мероприятия по поддержке реализации проектов комплексного развития застроенных и освоенных территорий под жилищное строительство.**

Не менее важной является инфраструктурное обеспечение территорий комплексной застройки, практическое решение которой зависит от достаточности инвестиционных ресурсов. Одним из путей решения этой проблемы является заключение соглашений с частными инвесторами на строительство или модернизацию объектов инженерной инфраструктуры с их последующей эксплуатацией. Окупаемость затрат на строительство может быть достигнута в случае получения инвесторских гарантий, взимания надбавки в тарифе с потребителей, которая должна быть экономически обоснована и согласована региональной энергетической комиссией с учетом платы за подключение к построенным объектам.

Для активизации и стимулирования создания и эксплуатации объектов инженерной инфраструктуры, как отдельного бизнеса при формировании производственно-технического потенциала территориального инвестиционно-строительного комплекса, необходимо:

- разработать и внедрить конкретные методы и механизмы возмещения затрат застройщиков по уплате процентной ставки по кредитам, привлеченным в рамках реализации проектов для обеспечения территорий жилой застройки объектами коммунальной инфраструктуры;
- предусмотреть в рамках действующего законодательства переход на долгосрочное регулирование тарифов на коммунальные услуги с учетом доходности инвестированного капитала;
- обеспечить участие естественных монополий и заключить с ними соглашения о содействии в присоединении к сетям инженерно-технического обеспечения;
- предусмотреть взаимоувязку и синхронизацию инвестиционных программ ресурсонабжающих организаций с планами реализации приоритетных жилищных проектов;
- реализовать на практике в рамках действующего законодательства механизм государственной поддержки строительства и модернизации объектов инженерной и транспортной инфраструктуры, включающей:
  - возмещение затрат юридическим лицам на уплату процентов по кредитам, полученным в российских кредитных организациях на обеспечение земельных участков под жилищное строительство коммунальной инфраструктурой;
  - обеспечение автомобильными дорогами новых микрорайонов массовой малоэтажной и многоквартирной застройки жильем экономического класса;
  - развитие социальной инфраструктуры для строительства жилья экономического класса.

## **3) Мероприятия по переселению граждан из аварийного жилищного фонда и стимулирование развития малоэтажного жилья, отвечающего требованиям энергоэффективности и экологичности [3].**

В силу сложившихся обстоятельств в России в настоящее время в жилищной сфере образовался довольно значительный аварийный жилищный фонд, который создаёт угрозу безопасному и благоприятному проживанию граждан, а также ухудшает внешний облик территорий муниципальных образований. Проживающие в нем граждане не в состоянии в настоящее

время самостоятельно приобрести или получить на условиях найма жилье удовлетворительно-го качества.

Объективная роль государства заключается в предоставлении субсидий муниципальным образованиям за счёт средств региональных бюджетов на приобретение жилых помещений для переселения граждан из аварийного жилищного фонда, в том числе с учетом необходимости развития малоэтажного жилищного строительства путем предоставления органами местного самоуправления жилых помещений.

Для решения проблемы переселения граждан из аварийного фонда создан Фонд содействия реформированию жилищно-коммунального хозяйства.

Основным условием участия муниципальных образований регионов в Фонде является требование по разработке и принятию муниципальных адресных программ, предусматривающих проведение мероприятий по приобретению и / или строительству жилых помещений для переселения граждан из аварийного жилищного фонда в соответствующем муниципальном образовании с полным расселением и сносом такого фонда в объемах, предусмотренных программой на соответствующий финансовый год, и муниципального правового акта о бюджете муниципального образования, предусматривающего финансирование муниципальной программы.

В соответствии с муниципальной программой гражданам предоставляется жилое помещение, размеры и качество которого определяются исходя из существующего законодательства.

Это жилье предоставляется на условиях социального найма или в собственность и, как правило, строительство его осуществлялось муниципалитетом или получено муниципалитетом при участии в долевом строительстве или приобретено муниципалитетом у застройщика.

Необходимо при этом учитывать, что главным критерием выбора того или иного способа переселения граждан должна стать стоимость жилья, которая должна быть минимальной при соблюдении установленных законом гарантий по размеру и качеству предоставляемого жилья.

Необходимо при этом учитывать следующее:

а) наиболее эффективно строительство и приобретение жилых помещений в том случае, если они отвечают статусу жилья социального типа;

б) при заключении договоров с застройщиками целесообразно согласовывать номенклатуру и размер квартир, предназначенных в дальнейшем для переселения граждан из аварийного жилищного фонда;

в) жилые помещения, предоставляемые гражданам, должны соответствовать требованиям энергетической эффективности.

Кроме этого необходимо развивать малоэтажное жилищное строительство в целях переселения граждан из жилых зданий, признанных непригодным для проживания.

В связи с тем, что в настоящее время в России растет интерес к малоэтажному строительству, очень важное значение имеют принятые государством мероприятия по его поддержке.

Они направлены на привлечение средств из федерального, региональных, местных бюджетов и внебюджетных источников на поддержание малоэтажного строительства, а также на развитие системы жилищного кредитования и кредитования под залог земель, внедрение современных технологий малоэтажного строительства и снижение себестоимости строительства, а также на обеспечение ввода в действие новых производственных мощностей.

Еще одним важным направлением государственной поддержки малоэтажного строительства должно стать содействие увеличению объемов и снижению себестоимости малоэтажного жилищного строительства на основе создания необходимого производственно-технического потенциала территориального ИСК, что позволит осуществлять внедрение новых технологий и материалов, включая развитие деревянного малоэтажного домостроения.

**4) Мероприятия по обеспечению интенсивного территориально-пространственного развития города за счет обеспечения надежности инвестиционно-строительного комплекса (ИСК).**

Ключевой задачей городских и муниципальных органов управления является стимулирование интенсивного развития территориального инвестиционно-строительного комплекса

темпами, превышающими средний промышленный рост в период с 2011 по 2015 год (не менее 12% в год).

Для обеспечения интенсивного развития территориального инвестиционно-строительного комплекса должны быть решены следующие основные проблемы: дефицит производственных мощностей, низкая конкурентоспособность ряда отечественных строительных материалов, недостаточный уровень внедрения современных технологий строительства и производства строительных материалов, дефицит квалифицированных кадров на всех уровнях [4].

С этой целью государственная поддержка и государственное регулирование должны осуществляться по следующим ключевым направлениям:

*1) Реализация мер по стимулированию роста объемов производства.*

– на основе анализа современного состояния ИСК, оценки современного уровня развития и производительных сил должна быть разработана эффективная градостроительная политика и территориальное планирование, позволяющие участникам рынка прогнозировать объемы строительства, потребность в тех или иных строительных материалах, а также потребность в капитальных вложениях для их развития;

– обеспечение сбалансированности интересов недропользователей и землепользователей на региональном и муниципальном законодательном уровне;

– оценено соответствие производственной инфраструктуры: энергетической базы, транспортного комплекса, ремонтно-складского хозяйства уровню развития ИСК;

– стимулирование вовлечения в производство строительных материалов отходов и побочных продуктов других отраслей промышленности;

– оценка состояния окружающей среды и совершенствование механизма возврата экологических платежей для целевого финансирования предприятиями природоохранных мероприятий;

– внедрение международных стандартов качественного управления.

*2) Содействие развитию исследований и разработок инновационных технологий при реконструкции и обновлении сложившейся застройки.*

– оценка обеспеченности предприятия ИСК территориальными ресурсами многоцелевого использования и эффективное использование региональных сырьевых ресурсов на базе фундаментальных и прикладных научных исследований с использованием приоритетных технических решений, достижений в области машиностроения, химии, нано- и биотехнологий, лазерных и информационных технологий;

– проектирование и строительство конкурентоспособных по качеству и цене зданий, производства материалов и изделий с учетом требований безопасности, энергоэффективности, ресурсосбережения эргономики, гигиены и т.д.;

– максимальное использование местного сырья и материалов на предприятиях стройиндустрии;

– расширение утилизации и использования в производстве строительных материалов техногенных отходов.

Для обеспечения выполнения исследований и разработки инновационных технологий в инвестиционно-строительном комплексе необходима государственная поддержка развития опытно-конструкторской и экспериментальной территориальной базы производства строительных материалов и изделий.

*3) Содействие модернизации производства и внедрению инноваций на территориальных предприятиях стройиндустрии.*

– уменьшение таможенных пошлин на технологическое оборудование, материалы, не производимые в России;

– предприятиям стройиндустрии предоставлять государственные гарантии и субсидирование процентной ставки по кредитам, направляемым на модернизацию, реконструкцию и развитие производств строительных материалов и изделий в соответствии с государственными приоритетами по развитию территорий;

- осуществлять экономический анализ по выявлению резервов повышения эффективности использования научно-технического потенциала на предприятиях стройиндустрии путем определения величины его основных программ;

- развитие механизмов субсидирования лизинговых платежей;
- введение налоговых преференций для предприятий, использующих новейшие научно-технические достижения в области производства местных строительных материалов, в том числе ресурсосберегающих технологий.

4) *Содействие кадровому обеспечению территориального инвестиционно-строительного комплекса [5].*

- создание учебных центров по подготовке на новой технической основе высококвалифицированных рабочих строительных специальностей и младшего звена технического персонала;

- организация процесса подготовки инженерных кадров по конструированию и проектированию оборудования, оснастки и инструментов для строительной индустрии;

- привлечения на контрактной основе квалифицированных рабочих из ближнего и дальнего зарубежья в рамках создаваемой легитимной системы;

- привлечение на конкурсной основе иностранных строительных организаций для строительства жилья на базе использования новых технологий и технических средств.

5) *Стимулирование развития энергосбережения в территориальном инвестиционно-строительном комплексе.*

Для достижения соответствия темпов строительства жилья темпам роста производства тепловой и электрической энергии в период с 2011 по 2025 годы должен быть реализован комплекс мер по повышению энергоэффективности жилищного фонда, включающий:

- капитальный ремонт и модернизацию существующего жилищного фонда с применением энергосберегающих технологий;

- обеспечение надежности коммунальной инфраструктуры путем строительства и модернизации, исключающей потери энергии;

- развитие применения альтернативных источников энергоресурсов, прежде всего, при малоэтажном домостроении;

- стимулирование строительства «энергопассивных» домов, обеспечивающих минимальное энергопотребление.

Рост энергопотребления строительного комплекса прогнозируется в соответствии с Энергетической стратегией РФ на период до 2020 года. При этом стратегической задачей является уменьшение энергоёмкости строительного комплекса от 45 до 55% за счет модернизации строительного комплекса и технологических мер экономии энергии. При этом до половины прогнозируемого роста производства строительного комплекса может быть получено за счёт его модернизации без увеличения затрат энергии, еще 20% даст технологическое энергосбережение и около трети прироста объемов производства потребует увеличения расхода энергии.

Таким образом, интенсификация технологического энергосбережения и модернизация производства позволят при росте объемов производства за двадцать лет от 2,5 до 3,3 раза ограничиться ростом потребления энергии в 1,3-1,4 раза и электроэнергии – в 1,35-1,5 раза.

Основными принципами сокращения энергопотребления в территориальном инвестиционно-строительном комплексе являются [6]:

- приоритет эффективного использования энергетических ресурсов, в том числе на основе альтернативных и возобновляемых источников энергии;

- осуществление государственного надзора и контроля за эффективным использованием энергетических ресурсов в строительном комплексе;

- обязательность учета предприятиями стройкомплекса производимых или расходуемых ими энергетических ресурсов;

- включение в национальные стандарты, стандарты организаций строительного комплекса и системы добровольной сертификации показателей энергоэффективности энергопотребляющей продукции;

– применение добровольных систем сертификации топливо-, энергопотребляющей продукции, энергосберегающего и диагностического оборудования, приборов и систем учета, материалов, конструкций, транспортных средств, а также энергетических ресурсов в соответствии с законодательством Российской Федерации о техническом регулировании;

– сочетание интересов потребителей, поставщиков и производителей энергетических ресурсов, взаимосвязь энергосбережения и охраны окружающей среды;

– стимулирование заинтересованности предприятий строительного комплекса (потребителей энергетических ресурсов) в эффективном использовании энергетических ресурсов.

Система формирования и контроля нормативных требований к объектам, материалам и технологиям в жилищном строительстве должна совершенствоваться на основе законодательства о техническом регулировании.

### **5) Обеспечение мониторинга и технического регулирования в системе территориально-пространственного развития (девелопмент).**

Объектами мониторинга и технического регулирования в жилищном строительстве являются требования по безопасности, предъявляемые к:

– продукции строительства – зданиям и сооружениям;

– строительным материалам, конструкциям и изделиям, используемым при возведении зданий и сооружений;

– процессам, работам и услугам в области градостроительной деятельности по освоению территорий, планировке и застройке городских и сельских поселений и обеспечению их устойчивого развития, а также в области создания и эксплуатации продукции строительства, включая инженерные изыскания, проектирование, строительство, эксплуатацию, реконструкцию и утилизацию.

На первом этапе реализации стратегии необходима разработка основного комплекта технических регламентов, содержащих общие требования по обеспечению безопасности объектов жилищного строительства, строительных материалов, а также процессов, работ и услуг по строительству и эксплуатации зданий и сооружений. Доказательной базой выполнения требований технических регламентов являются национальные стандарты, своды правил (СНиП, СанПиН, ВСН, ТСК и т.д.).

Под комплексным обновлением сложившейся застройки территории автором понимается территориально-пространственное развитие жилого образования города, выражающегося в количественном и качественном изменениях, как отдельных элементов, так и всего муниципального жилищного фонда в целом посредством преобразования ее структуры и состава в соответствии с современными требованиями теории надежности, строительных норм и правил.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бредихин, В.В. Анализ состояния регионального рынка жилой недвижимости на примере г. Курска [Текст] / В.В. Бредихин // Недвижимость: экономика, управление. 2006. – №1-2. – С. 20-25.
2. Бредихин, В.В. Анализ современного состояния городской жилищной среды [Текст] / В.В. Бредихин // Известия Юго-Западного университета. – 2011. – №5-1 (38). – С. 160-162.
3. Баронин, С.А. Основы менеджмента, планирования и контроллинга в недвижимости [Текст]: учеб. пособие / С.А. Баронин, В.В. Бредихин и др. – Пенза: ПГУАС, 2011. – 188 с.
4. Грабовый, П.Г. Проблемы управления производственно-техническим потенциалом территориально-инвестиционного строительного комплекса (ТИСК) в условиях конкурентной среды [Текст] / П.Г. Грабовый, В.В. Бредихин, Д.А. Капырин // Недвижимость: экономика, управление. – 2012. – №1. – С. 13-18.
5. Хайкин, В.Г. Компоненты трудовых ресурсов и формирование производственного потенциала строительной отрасли [Текст]: монография / В.Г. Хайкин. – Нижнекамск: ИПЦ «Гузель», 2007. – 230 с.
6. Грабовый, П.Г. Управление городским хозяйством и модернизация жилищно-коммунальной инфраструктуры [Текст] / Под общ. ред. проф. П.Г. Грабового. – Москва: Проспект, 2012. – 456 с.

### **В.В. Бредихин**

Юго-западный государственный университет, г. Курск

Кандидат технических наук, доцент

E-mail: bvv001@mail.ru

V. BREDIHIN

**PRIORITY ACTIONS IN THE FIELD OF STIMULATION  
OF PROPOSALS FOR THE FORMATION OF THE MARKET  
OF MUNICIPAL HOUSING TAKING INTO ACCOUNT  
REGIONAL PECULIARITIES**

*Possibility to improve housing conditions – an important indicator of the welfare of the inhabitants of the cities, a prerequisite of social and economic stability of the state. The main goal of the state policy implemented by the regional organizations is to create the necessary conditions for providing opportunities for citizens to improve housing conditions through the development of the market of municipal housing.*

**Keywords:** housing market; the urban area; existing buildings; complex development.

**BIBLIOGRAPHY**

1. Bredihin, V.V. Analiz sostojanija regional'nogo rynka zhiloj nedvizhimosti na primere g. Kurska [Tekst] / V.V. Bredihin // Nedvizhimost': jekonomika, upravlenie. 2006. – №1-2. – S. 20-25.
2. Bredihin, V.V. Analiz sovremennogo sostojanija gorodskoj zhilishhnoj sredy [Tekst] / V.V. Bredihin // Izvestija Jugo-Zapadnogo universiteta. – 2011. – №5-1 (38). – S. 160-162.
3. Baronin, S.A. Osnovy menedzhmenta, planirovanija i kontrollinga v nedvizhimosti [Tekst]: ucheb. posobie / S.A. Baronin, V.V. Bredihin i dr. – Penza: PGUAS, 2011. – 188 s.
4. Grabovyy, P.G. Problemy upravlenija proizvodstvenno-tehnicheskimi potencialom territorial'no-investicionnogo stroitel'nogo kompleksa (TISK) v uslovijah konkurentnoj sredy [Tekst] / P.G. Grabovyy, V.V. Bredihin, D.A. Kapyrin // Nedvizhimost': jekonomika, upravlenie. – 2012. – №1. – S. 13-18.
5. Hajkin, V.G. Komponenty trudovyh resursov i formirovanie proizvodstvennogo potenciala stroitel'noj otrasli [Tekst]: monografija / V.G. Hajkin. – Nizhnekamsk: IPC «Guzel'», 2007. – 230 s.
6. Grabovyy, P.G. Upravlenie gorodskim hozjajstvom i modernizacija zhilishhno-kommunal'noj infrastruktury [Tekst] / Pod obshh. red. prof. P.G. Grabovogo. – Moskva: Prospekt, 2012. – 456 s.

**V. Bredihin**

Southwest state university, Kursk

Candidate of technical science, associate professor

E-mail: bvv001@mail.ru

## РАСЧЁТ ТОНКОСТЕННОГО СТЕРЖНЯ НА УДАР МАССИВНОГО ТЕЛА

*Рассмотрена задача упругого удара массивного тела по тонкостенному стержню. Определение параметров контактной силы выполняется на основе теории Г. Герца. Нелинейное интегральное уравнение решается численным методом Эйлера. Колебания стержня после окончания удара рассматриваются с учетом сформировавшихся к этому моменту времени начальных условий. При поперечном ударе по тонкостенным стержням открытого профиля учитываются деформации сдвига.*

**Ключевые слова:** упругий удар; расчет; стержень; численный метод.

### 1. Введение

Основы теории соударения упругих тел изложены в монографиях В. Гольдсмита [2], С.А. Зегжды [3], Я.Г. Пановко [6]. В статье [8] С.П. Тимошенко применил теорию Г. Герца [9] к задаче поперечного удара по шарнирно опертой балке. Нелинейное интегральное уравнение для определения контактной силы при ударе решалось пошаговым методом. На каждом шаге искомая сила сохраняла постоянное значение. Зависимость перемещения оси балки в точке удара от контактной силы представлена бесконечным рядом по формам собственных колебаний. Модель балки принята на основе гипотезы Эйлера-Бернулли.

Исследование работы стержня на ударное действие состоит из ряда математических операций, и для каждой из них можно выбрать наиболее рациональный подход.

### 2. Порядок расчета стержня на ударное действие

Основной задачей в расчетах на удар является определение параметров контактной силы. При этом можно опираться на теорию Г. Герца [9]. Эта теория была ориентирована на определение контактной силы при статическом взаимодействии двух упругих тел. К динамическому взаимодействию ее применение основано на том, что в зоне контакта наблюдается смятие малых объемов тел и можно пренебрегать силами инерции этих малых объемов.

Ввиду возникающего контакта двух тел они вынуждены начать двигаться *совместно*. Перемещение ударяющего тела  $u_1$  должно быть воспринято ударяемым телом. Тела имеют в малой окрестности точки контакта упругие местные деформации, между перемещениями точек контакта имеется небольшое различие – сближение тел  $u$ , зависящее от величины контактной силы  $P(t)$ . Опираясь на теорию Г. Герца [2, 9], можно записать такое уравнение:

$$P(t) = K_0 u^{3/2} = K_0 (u_1 - u_2)^{3/2}. \quad (1)$$

Здесь  $K_0$  – параметр контактной жесткости, зависящий от свойств соударяющихся тел [2]. Если в это уравнение подставить выражения  $u_1$  и  $u_2$ , зависящие от силы  $P(t)$ , то оно будет служить математической моделью рассматриваемого процесса соударения.

Если ударяющее тело моделируется материальной точкой (массивное тело), то его перемещение можно записать на основе второго закона Ньютона:

$$u_1(t) = V_0 t - \frac{1}{m} \int_0^t P(\tau)(t - \tau) d\tau. \quad (2)$$

Здесь  $V_0 = \sqrt{2gh}$  – начальная скорость соударения;  $h$  – высота, с которой падает ударяющее тело. Начало отсчета времени  $t$  и перемещения  $u_1$  соответствует моменту касания соударяющихся тел.

Динамическое поведение упругого стержня при центральном продольном воздействии может быть описано дифференциальным уравнением в частных производных:

$$EA \frac{\partial^2 u_2}{\partial z^2} - \rho A \frac{\partial^2 u_2}{\partial t^2} = 0. \quad (3)$$

Уравнение (3) будем решать, применяя интегральное преобразование Лапласа [4], переходя к уравнению в обыкновенных производных. При этом имеется возможность учета отраженных волн. В уравнении (3) введены обозначения:  $E$  – модуль упругости материала;  $\rho$  – плотность;  $A$  – площадь поперечного сечения;  $z$  – координата точек оси стержня.

При центральном поперечном ударе по бисимметричному тонкостенному стержню его поведение будем описывать системой дифференциальных уравнений в частных производных с учетом деформаций сдвига при изгибе [5]:

$$EI_x \frac{\partial^4 \varphi_x}{\partial z^4} + \rho A \frac{\partial^2 \varphi_x}{\partial t^2} - \rho I_x \left( 1 + \frac{E}{Gf_{yy}} \right) \frac{\partial^4 \varphi_x}{\partial z^2 \partial t^2} + \rho I_x \frac{\rho}{Gf_{yy}} \frac{\partial^4 \varphi_x}{\partial t^4} = 0, \quad (4)$$

$$\frac{\partial \xi_y}{\partial z} = \varphi_x - \frac{EI_x}{GA} f_{xx} \left( \frac{\partial^2 \varphi_x}{\partial z^2} - \frac{\rho}{E} \frac{\partial^2 \varphi_x}{\partial t^2} \right). \quad (5)$$

Здесь  $\xi_y$  – прогиб оси стержня при изгибе;  $\varphi_x$  – угол поворота сечения;  $G$  – модуль сдвига;  $I_x$  – момент инерции поперечного сечения;  $f_{xx}$  – коэффициент формы сечения при изгибе.

Решение системы уравнений (4-5) связано с вычислением корней биквадратного частотного уравнения:

$$(\lambda^2 - \lambda_x^2)(\lambda^2 - \lambda_0^2) + \frac{\lambda_x^2}{\mu_x^2 r_x^2} = 0. \quad (6)$$

Здесь  $\lambda_0 = s/c_0$ ,  $\lambda_x = s/c_x$ ,  $\mu_x = c_0/c_x$ ,  $s$  – параметр преобразования Лапласа;  $c_0 = \sqrt{E/\rho}$  – скорость распространения продольной волны;  $c_x = \sqrt{Gf_{xx}/\rho}$  – скорость распространения волны сдвига при изгибе.

Корни уравнения (6) можно записать таким образом:

$$\lambda = \pm \lambda_0 \frac{\sqrt{2}}{2} \sqrt{(1 + \mu_x^2) \pm (1 - \mu_x^2) \sqrt{1 - \varepsilon}} \quad (7)$$

со следующим обозначением малой величины  $\varepsilon$  при больших значениях  $s$ :

$$\varepsilon = \frac{4c_0^2}{r_x^2 s^2 (1 - \mu_x^2)^2}.$$

В области оригиналов большим значениям  $s$  соответствуют малые значения времени  $t$ , что характерно для процесса удара.

Для получения приближенных значений корней используем дважды разложение выражения (7) в степенной ряд по параметру  $\varepsilon$  с удержанием двух слагаемых при каждом разложении. Если ограничиться в оригиналах трехкратными интегралами, то получаем:

$$\lambda_1 = \pm \left( \frac{s}{c_0} + \frac{c_0}{2r_x^2 s (\mu_x^2 - 1)} \right), \quad \frac{1}{\lambda_1} = \pm \left( \frac{c_0}{s} - \frac{c_0^3}{2r_x^2 s^3 (\mu_x^2 - 1)} \right), \quad (8)$$

$$\lambda_2 = \pm \left( \frac{s\mu_x}{c_0} - \frac{c_0}{2r_x^2 s \mu_x (\mu_x^2 - 1)} \right), \quad \frac{1}{\lambda_2} = \pm \left( \frac{c_0}{s\mu_x} + \frac{c_0^3}{2r_x^2 s^3 \mu_x (\mu_x^2 - 1)} \right). \quad (9)$$

Нелинейное интегральное уравнение (1) с внесенными в него аналитическими выражениями  $u_1 P(t)$  и  $u_2 P(t)$  можно решать численно, например, пользуясь методом Эйлера. Шаг по времени должен быть согласован с ожидаемой длительности удара. В аналитических выражениях учитывается внутреннее трение в материале стержня [7].

По окончании ударного взаимодействия ударяющее тело может получить отрицательную скорость, т.е. «отскочить». В этом случае необходимо рассмотреть повторные соударения. Если ударяющее тело остается в контакте с ударяемым, то его массу следует учесть при вычислении частоты и периода свободных колебаний ударяемого тела, которые возникают

после удара. Учет массы ударника может быть выполнен с использованием понятия «приведенной массы» ударяемого тела.

Начальными условиями для свободных колебаний после удара служат перемещение и скорость точки контакта ударяемого тела, зафиксированные в момент окончания удара ( $P(t)=0$ ). При колебаниях учитывается внутреннее трение в материале стержня.

### 3. Центральный продольный удар по колонне

Рассмотрим удар массивного тела, падающего с некоторой высоты на колонну (рис. 1). Исходные данные приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные

Наименование параметров	Численное значение
Масса ударяющего тела $m$ , кг	200
Начальная скорость удара $V_0$ , м/с	2
Площадь поперечного сечения колонны (двутавр №30) $A$ , м <sup>2</sup>	0,00465
Высота колонны $L$ , м	2
Контактная жесткость $K_0$ , Нм <sup>-3/2</sup>	$3 \cdot 10^{09}$
Коэффициент внутреннего трения $\gamma$	0,025

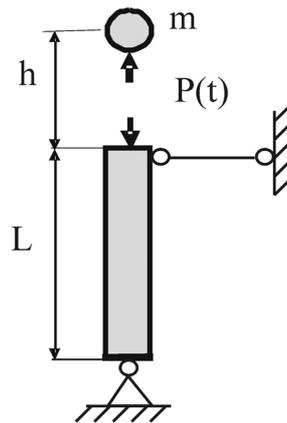


Рисунок 1 – Расчетная схема

Расчеты проведены в соответствии с изложенной концепцией. Аналитическое выражение для перемещения ударяемого тела в точке удара:

$$u_2(0,t) = \frac{1}{\rho A c_0} \exp\left(-\frac{\gamma\pi}{2L} c_0 t\right) \left[ \int_0^t P(\tau) d\tau + 2 \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \int_{nt^*}^t P(\tau) d\tau \right],$$

где  $t_* = 2L/c_0$  – время пробега волны растяжения-сжатия от точки соударения до конца стержня и обратно;  $\gamma$  – коэффициент внутреннего трения в материале.

Нелинейное интегральное уравнение для определения контактной силы:

$$\left[ \frac{P(t)}{K_0} \right]^{2/3} = V_0 t - \frac{1}{m} \int_0^t P(\tau)(t-\tau) d\tau - \frac{1}{\rho A c_0} \exp\left(-\frac{\gamma\pi}{2L} c_0 t\right) \left[ \int_0^t P(\tau) d\tau + 2 \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \int_{nt^*}^t P(\tau) d\tau \right].$$

Шаг счета по времени был принят равным 30 мкс. Период колебаний после удара равен 772 мкс. В таблице 2 приведены максимальные значения параметров, на рисунке 2 и 3 показаны графики силовых и кинематических параметров.

Таблица 2 – Максимальные значения параметров при ударе и временные характеристики процесса

Наименование	Численное значение	Моменты времени, мкс
Контактная сила $P$ , кН	303	1790
Количество отраженных волн	4	772, 1545, 2317, 3090
Реакция в опорном сечении, кН	606	2180
Перемещение $y$ , мм	1,96	3730
Скорость $V$ , м/с	15,8	3920
Нормальное напряжение, МПа	130,3	2180
Период свободных колебаний, мкс	772	После 3730 мкс

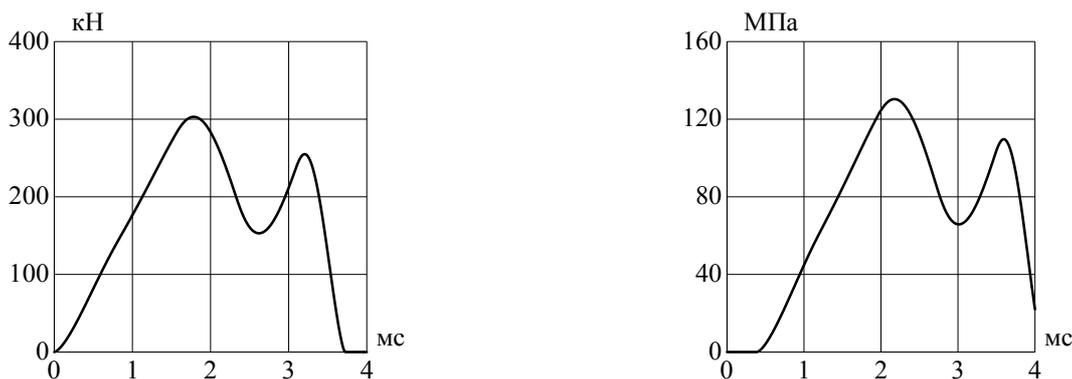


Рисунок 2 – Контактная сила и напряжение сжатия колонны

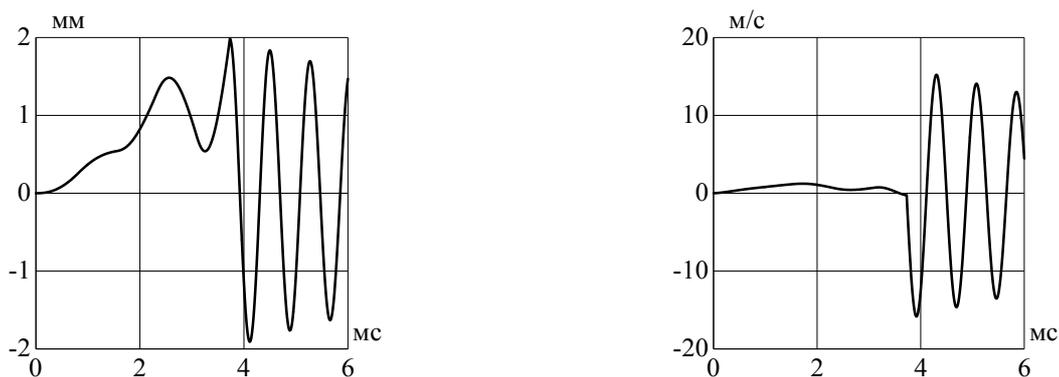


Рисунок 3 – Перемещение и скорость торцевого сечения колонны

Как видно по приведенным результатам, процесс удара продолжался 3730 мкс, за это время успели прийти четыре отраженные волны. Ударяющее тело отскочило, повторный удар произойдет через 132 мс со скоростью 1,3 м/с.

#### 4. Центральный поперечный удар массивного тела по двутавру

Рассмотрим поперечный удар массивного тела по шарнирно закрепленному двутавру №40. Исходные данные приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Исходные данные

Наименование параметров	Численное значение
Масса ударяющего тела $m$ , кг	300
Начальная скорость удара, $V_0$ , м/с	3
Площадь поперечного сечения двутавра №40 $A$ , м <sup>2</sup>	0,00726
Длина двутавра $2L$ , м	4
Момент инерции $I_x$ , м <sup>4</sup>	0,00019062

Аналитические выражения кинематических и силовых параметров ударяемого тела в среднем сечении:

$$\xi_y(P, t) = -\frac{c_0}{2\rho l_x} \left[ \exp\left(-\frac{\gamma}{2} p_1 t\right) \left( \int_0^t d\tau_2 \int_0^{\tau_2} d\tau_1 \int_0^{\tau_1} P(\tau) d\tau + 2 \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \int_{nt_*}^t d\tau_2 \int_0^{\tau_2} d\tau_1 \int_0^{\tau_1} P(\tau) d\tau \right) + \right. \\ \left. + \frac{1}{\mu_x} \exp\left(-\frac{\gamma}{2} p_1 t\right) \left( \int_0^t d\tau_2 \int_0^{\tau_2} d\tau_1 \int_0^{\tau_1} P(\tau) d\tau + 2 \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \int_{nt_{**}}^t d\tau_2 \int_0^{\tau_2} d\tau_1 \int_0^{\tau_1} P(\tau) d\tau \right) \right],$$

$$M_x(0, t) = -\frac{c_0}{2} \exp\left(-\frac{\gamma}{2} p_1 t\right) \left[ \int_0^t P(\tau) d\tau + 2 \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \int_{nt_*}^t P(\tau) d\tau \right],$$

Здесь введены следующие времена пробега волн от точки удара до опоры и обратно ( $L$  – половина длины стержня):  $t_* = 2L/c_0$  – волны поворота сечений;  $t_{**} = t_* \mu_x$  – волны сдвига;  $p_1$  – первая частота изгибных колебаний;  $p_{1\omega}$  – первая частота крутильных колебаний.

Возникающая при соударении контактная сила  $P(t)$  может быть определена из нелинейного интегрального уравнения:

$$[P(t)/K_0]^{2/3} = V_0 t - \frac{1}{m_0} \int_0^t P(\tau)(t-\tau) d\tau - \xi_y(P, t),$$

где  $\xi_y$  в точке удара.

Шаг счета по времени был принят равным 20 мкс. На рисунках 4-5 показаны графики силовых и кинематических параметров. Штриховые линии на графиках построены без учета деформаций сдвига по теории В.З. Власова [1].

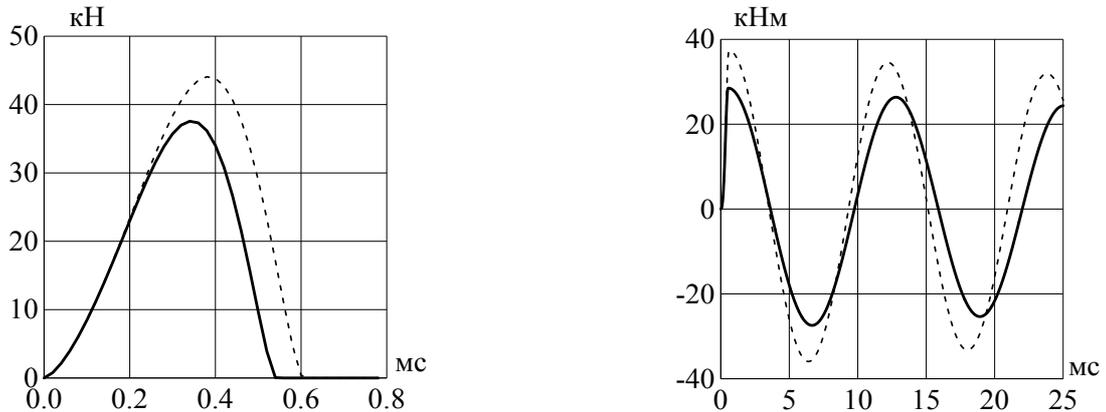


Рисунок 4 – Контактная сила и изгибающий момент

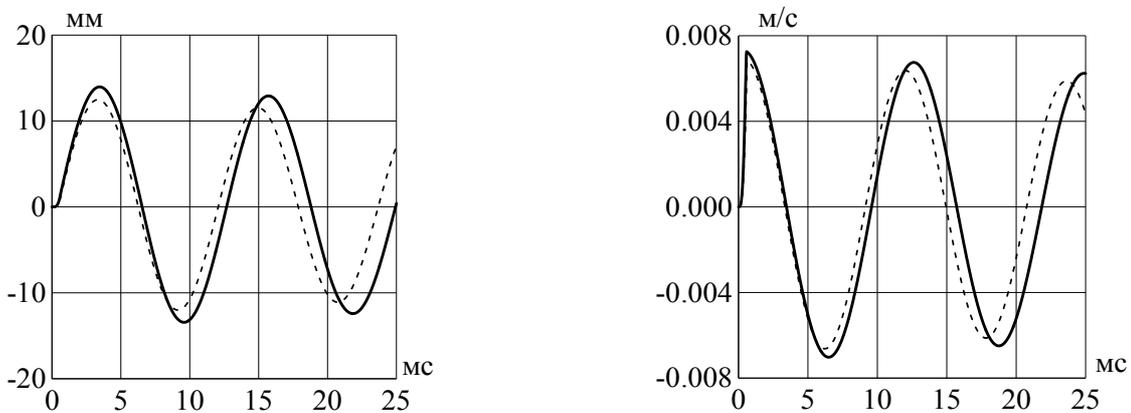


Рисунок 5 – Перемещение и скорость центра тяжести среднего сечения стержня

Как видно по приведенным результатам, процесс удара продолжался менее 1 мс, за это время отраженные волны прийти не успели. Ударяющее тело осталось на ударяемом теле. Его масса была учтена при определении частоты и периода изгибных колебаний после удара.

Учетные в расчетах деформации сдвига при изгибе и кручении повлияли таким образом: силовые параметры уменьшились на 17-31%, кинематические параметры увеличились на 2-9%.

Получаемые на основании расчета данные позволяют оценивать прочность и жесткость стержней при действии ударных нагрузок.

В таблице 4 приведены максимальные значения параметров.

Таблица 4 – Максимальные значения параметров

Наименование параметров	Численное значение	
	С учетом сдвигов	Без учета сдвигов
Контактная сила $P$ , кН	37,56	44,07
Изгибающий момент $M_x$ , кНм	28,52	37,37
Перемещение $y$ , мм	13,98	12,49
Скорость $V$ , м/с	7,26	6,86
Момент окончания удара, мкс	540	620
Период свободных изгибных колебаний, мс	12,26	11,61
Период свободных крутильных колебаний, мс	26,1	26,0

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Власов, В.З. Тонкостенные упругие стержни [Текст] / В.З. Власов. – М., Физматгиз, 1959. – 568 с.
2. Гольдсмит, В. Удар. Теория и физические свойства соударяющихся тел [Текст] / В. Гольдсмит. – М., Стройиздат, 1965. – 447 с.
3. Зегжда, С.А. Соударение упругих тел [Текст] / С.А. Зегжда. – СПб: Издательство С.-Пб университета, 1997. – 316 с.
4. Корн, Г.А. Справочник по математике для научных работников и инженеров [Текст] / Г.А. Корн, Т.М. Корн. – М.: Наука, 1973. – 832 с.
5. Мещеряков, В.Б. Динамика тонкостенных стержней открытого профиля [Текст] / В.Б. Мещеряков, Е.В.Чефанова // Вестник МИИТа, 2000. – Вып. 3. – С. 123-130.
6. Пановко, Я.Г. Введение в теорию механического удара [Текст] / Я.Г. Пановко. – М.: Наука, 1977. – 224 с.
7. Сорокин, Е.С. К теории внутреннего трения при колебаниях упругих систем [Текст] / Е.С. Сорокин. – М.: Госстройиздат, 1960. – 131 с.
8. Тимошенко, С.П. К вопросу о действии удара на балку [Текст] / С.П. Тимошенко // Изв. С-Пб политехн. ин-та. – С-Пб., 1912. – Т. 17. – Вып. 2. – С. 407-425.
9. Hertz Н. Über die Berührung fester elastischer Körper (On the contact of the elastic solids) // J. Reine und Angewandte Mathematik, 1882, В.92, S. 156-171.

**Аунг Зо Лат**

Московский государственный университет путей сообщения, г. Москва  
 Аспирант кафедры «Теоретическая механика»  
 E-mail: agzawlatt@mail.ru

AUNG ZAW LATT

### CALCULATION OF ELASTIC IMPACT ON THE THIN-WALLED ROD

*On the base of Hertz' theory the impact characteristics for the case of longitudinal and transverse collision with massive body is suggested. The nonlinear equation of impact is solved numerically by Euler's method. The rod oscillations after impact are considered with taking into account the initial*

*value conditions since this time. For the transverse impact on the thin walled rod the shear strains are considered with the evaluation of their influence.*

**Keywords:** *elastic collision; calculation; pin; numerical method.*

## BIBLIOGRAPHY

1. Vlasov, V.Z. Tonkostennye uprugie sterzhni [Tekst] / V.Z. Vlasov. – M., Fizmatgiz, 1959. – 568 s.
2. Gol'dsmit, V. Udar. Teorija i fizicheskie svojstva soudarjajushhihsja tel [Tekst] / V. Gol'dsmit. – M., Strojizdat, 1965. – 447 s.
3. Zegzhda, S.A. Soudarenie uprugih tel [Tekst] / S.A. Zegzhda. – Spb: Izdatel'stvo S.-Pb universiteta, 1997. – 316 s.
4. Korn, G.A. Spravochnik po matematike dlja nauchnyh rabotnikov i inzhenerov [Tekst] / G.A. Korn, T.M. Korn. – M.: Nauka, 1973. – 832 s.
5. Meshherjakov, V.B. Dinamika tonkostennyh sterzhnej otkrytogo profilja [Tekst] / V.B. Meshherjakov, E.V. Chefanova // Vestnik MIITa, 2000. – Vyp. 3. – S. 123-130.
6. Panovko, Ja.G. Vvedenie v teoriju mehanicheskogo udara [Tekst] / Ja.G. Panovko. – M.: Nauka, 1977. – 224 s.
7. Sorokin, E.S. K teorii vnutrennego trenija pri kolebanijah uprugih sistem [Tekst] / E.S. Sorokin. – M.: Gostrojizdat, 1960. – 131 s.
8. Timoshenko, S.P. K voprosu o dejstvii udara na balku [Tekst] / S.P. Timoshenko // Izv. S-Pb politehn. in-ta. – S-Pb., 1912. – T. 17. – Vyp. 2. – S. 407-425.
9. Hertz H. Über die Berührung fester elastischer Körper (On the contact of the elastic solids) // J. Reine und Angewandte Mathematik, 1882, B.92, S. 156-171.

### **Aung Zaw Latt**

Moscow state university of railway engineering, Moscow  
Post-graduate student of department «Theoretical Mechanics»  
E-mail: agzawlatt@mail.ru

ЧИРКОВ В.П., РАЗДУЕВ М.А.

## ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА МНОГОЭЛЕМЕНТНОЙ АРМАТУРЫ

*В данной статье рассмотрены прочностные свойства многоэлементной арматуры с учетом совместной работы отдельных стержней с точки зрения теории вероятности. Представлена методика определения несущей способности многоэлементной арматуры со случайными свойствами, применяемой в железобетонных конструкциях. Даны предложения по определению расчетных сопротивлений с учетом количества стержней в поперечном сечении железобетонной конструкции. Приведены результаты расчета подстропильной фермы по предложенной методике.*

**Ключевые слова:** многоэлементная арматура; несущая способность; расчетные сопротивления.

В строительстве широко применяют железобетонные конструкции, в которых растягивающие усилия воспринимаются многоэлементной арматурой, состоящей из большого количества элементов (стержней, проволок). Например, многпустотные плиты перекрытий, плиты покрытия (ребристые, 2Т) в случае применения стержневой арматуры классов А800 и А1000 армируются стержнями  $\text{Ø}8\div 12$ .

В настоящее время необходимую площадь рабочей арматуры подбирают по расчетным сопротивлениям  $R_s$ , которые определяются по правилу трех стандартов независимо от числа стержней в сечении. Согласно правилу трех стандартов, расчетное сопротивление равно минимальному значению предела текучести  $\sigma_t^{\min}$  (условного предела текучести  $\sigma_{0,2}^{\min}$ ), и при разрыве одного стержня предполагается, что прочность остальных стержней будет одинаковой и также равной минимальной. Если считать, что прочность всех арматурных элементов одинакова, то становится неизбежным отрицание факта существования кривой статистического распределения прочности арматуры, что противоречит физической природе материала и экспериментальным данным с доведением до разрушения как лабораторных образцов, так и натуральных железобетонных конструкций.

### Особенности механизма разрушения многоэлементной арматуры.

Разрушение всей группы стержней одного и того же класса арматуры с ярко выраженной площадкой текучести начинается с исчерпанием равномерного относительного удлинения в стержне с высокой прочностью и с минимальным равномерным относительным удлинением. В предельном состоянии напряжения в каждом стержне неодинаковы и равны соответствующему пределу текучести. Напряжения в предельном состоянии высокопрочной арматуры с условным пределом текучести могут быть получены на основе анализа диаграмм « $\sigma_s - \varepsilon_s$ ». Каждый стержень имеет свою диаграмму «напряжения – относительные деформации» с определенной обеспеченностью, которая обусловлена статистическим разбросом деформационных и прочностных свойств внутри одного класса арматуры. Расчетные сопротивления  $R_s$ , принятые в нормах [6], соответствуют диаграмме арматурного стержня с минимальным значением условного предела текучести  $\sigma_{0,2}^{\min} = R_s$ . В других стержнях условный предел текучести выше минимального. В предельном состоянии напряжения в  $i$ -ом стержне  $\sigma_{si}$  могут превышать минимальный условный предел текучести на 10÷20%, что повышает несущую способность железобетонной конструкции по арматуре.

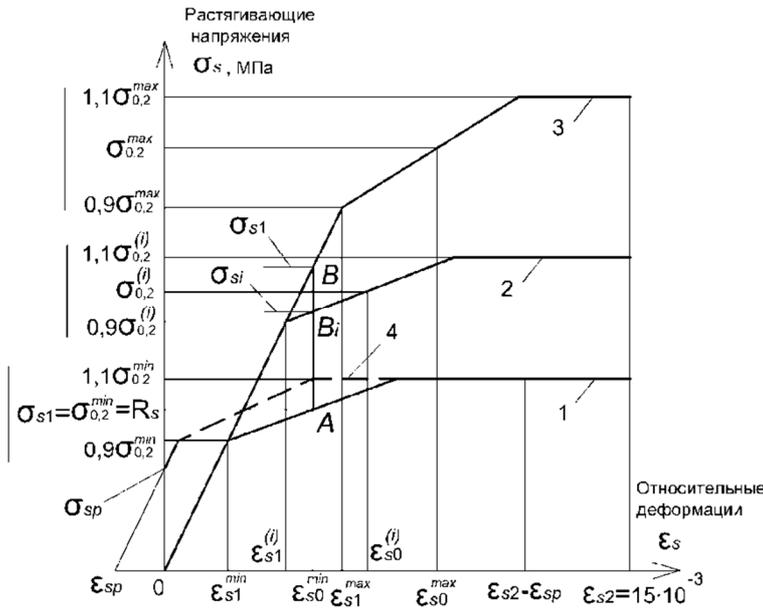
Напряжения в каждом арматурном элементе  $\sigma_{si}$  при деформации  $\varepsilon_s = \varepsilon_{s0}^{\min}$ , соответствующей  $\sigma_{0,2}^{\min} = R_s$ , могут быть определены на основе трехлинейных диаграмм состояния « $\sigma_s - \varepsilon_s$ » арматуры с условным пределом текучести (рис. 1), регламентированных в [6]:

$$\tilde{\sigma}_{si} = \sigma_{0,2}^{\min} + \beta \cdot (\tilde{\sigma}_{0,2}^{(i)} - \sigma_{0,2}^{\min}), \quad \sigma_{0,2}^{\min} \leq \sigma_{0,2}^{(i)}, \quad (1)$$

где  $\tilde{\sigma}_{si}$  – напряжение в  $i$ -ом арматурном элементе при наступлении предельного состояния – случайная величина;  $\beta$  – коэффициент, равный

$$\beta = \frac{\sigma_s^{\bar{op}} - \sigma_{0,2}^{\min}}{\sigma_{0,2}^{\bar{op}} - \sigma_{0,2}^{\min}}, \quad (2)$$

где  $\sigma_s^{\bar{op}}$  – напряжение при  $\epsilon_s = \epsilon_{s0}^{\min}$  в стержне с условным пределом текучести  $\sigma_{0,2}^{\bar{op}} = R_{sn}$ ;  $\epsilon_{s0}^{\min}$  – относительная деформация арматуры, при которой  $\sigma_s = \sigma_{0,2}^{\min} = R_s$ .



**Рисунок 1 – Трехлинейные диаграммы состояния растянутой арматуры**  
 1, 2, 3 – диаграммы « $\sigma_s - \epsilon_s$ » при различных случайных значениях  $\tilde{\sigma}_{0,2}$  одного класса арматуры;  
 4 – диаграмма « $\sigma_s - \epsilon_s$ » предварительно напряженной арматуры;  
 $\epsilon_s$  – относительная деформация растянутой арматуры от внешней нагрузки;  
 $\epsilon_{sp}$  – относительная деформация предварительного натяжения арматуры

Коэффициент  $\beta$  зависит от класса арматуры, его значения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Коэффициент  $\beta$  для различных классов арматуры

Коэффициент	Класс арматуры			
	A600	A800	A1000	Bp1400
$\beta$	0,872	0,833	0,800	0,739

**Несущая способность многоэлементной арматуры  $\tilde{\Phi}$ .**

Полное усилие в многоэлементной арматуре в предельном состоянии суммируется из усилий в отдельных стержнях, каждое из которых отличается друг от друга и носит случайный характер. Несущая способность многоэлементной арматуры определяется как сумма случайных усилий в каждом элементе[2, 3, 5]:

$$\tilde{\Phi} = \sum_{i=1}^n f_i \cdot \tilde{\sigma}_{si}, \quad (3)$$

где  $n$  – число арматурных элементов (стержней, проволок);  $f_i$  – площадь одного арматурного элемента.

При нормальном распределении условного предела текучести вероятностное распределение несущей способности многоэлементной арматуры как суммы случайных величин также будет нормальным. Тогда несущая способность многоэлементной арматуры с обеспеченностью  $P_n = 0,99865$  будет равна:

$$\Phi_s^{(n)} = \bar{\sigma}_s \times \sum_{i=1}^n f_i \left(1 - \frac{3 \cdot V_{0,2}}{\sqrt{n}}\right) = \frac{\bar{\sigma}_{0,2} \times \sum_{i=1}^n f_i}{\beta_1} \left(1 - \frac{3 \cdot V_{0,2}}{\sqrt{n}}\right), \quad (4)$$

где

$$V_{0,2} = \alpha_{0,2} \cdot V_1, \quad (5)$$

$V_1$  – коэффициент вариации распределения условного предела текучести для одиночных стержней, получаемый при стандартных испытаниях образцов арматуры;  $\alpha_{0,2}$  – коэффициент, учитывающий влияние прочностных и деформационных свойств арматуры на статистический разброс напряжений в многоэлементной арматуре в предельном состоянии при  $\epsilon_s = \epsilon_{s0}^{min}$ ,

$$\alpha_{0,2} = \beta \cdot \beta_1, \quad \beta_1 = \frac{\bar{\sigma}_{0,2}}{\bar{\sigma}_s}, \quad (6)$$

где  $\bar{\sigma}_{0,2}, \bar{\sigma}_s$  – математические ожидания распределений условного предела текучести и напряжений в стержнях многоэлементной арматуры соответственно.

Значения коэффициентов  $\beta_1$  и  $\alpha_{0,2}$  для различных классов арматуры приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Коэффициенты условий работы  $\beta_1$  и  $\alpha_{0,2}$  для различных классов арматуры

Коэффициент	Класс арматуры			
	A600	A800	A1000	B <sub>p</sub> 1400
$\beta_1$	1,024	1,031	1,031	1,041
$\alpha_{0,2}$	0,893	0,859	0,825	0,769

Арматура попадает в железобетонную конструкцию, как правило, из одной партии металла, поставляемой на заводы железобетонных изделий или строительные площадки. Поэтому в расчетах, связанных с определением расчетных значений механических характеристик многоэлементной арматуры, следует принимать партионный коэффициент вариации  $V_1$ , полученный для внутриварочного рассеивания условного предела текучести. Этот коэффициент примерно 1,5÷2 раза меньше коэффициента вариации генеральной совокупности.

#### Определение расчетных сопротивлений многоэлементной арматуры.

С увеличением прочности напряжения в многоэлементной высокопрочной арматуре при  $\epsilon_s = \epsilon_{s0}^{min}$  не достигают условного предела текучести, и в некоторых случаях стержни могут находиться в упругой стадии работы. Целесообразно увязать определение расчетных сопротивлений многоэлементной арматуры со значением расчетного сопротивления  $R_s^{(1)}$ , полученного на основе стандартных испытаний при  $n=1$ . В результате получим следующие рекомендации для определения расчетных сопротивлений многоэлементной арматуры. Расчетные сопротивления  $R^{(n)}$  многоэлементной арматуры со случайными свойствами на прочность устанавливаются с учетом протекания деформаций в стержнях в предельном состоянии:

$$R^{(n)} = R_s^{(1)} \times f(n), \quad (7)$$

где  $R_s^{(1)}$  – расчетное сопротивление арматуры растяжению по первому предельному состоянию при числе стержней  $n=1$ ;  $f(n)$  – функция, учитывающая повышение расчетных сопротивлений многоэлементной арматуры в зависимости от числа стержней (проволок) и расчетного коэффициента вариации арматурной стали.

$$f(n) = \frac{1 - \frac{\gamma \times V_{расч}}{\sqrt{n}}}{1 - \gamma \times V_{расч}}, \quad (8)$$

где  $n$  – число стержней (проволок);  $\gamma=3$  – характеристика безопасности;  $V_{расч} = V_1 \cdot \alpha_{0,2}$  – расчетный коэффициент вариации для арматурных сталей классов А-600, А-800, А-1000, В<sub>p</sub>-1400;  $V_1$  – партионный коэффициент вариации для одиночных стержней (проволок), получаемый при стандартных испытаниях образцов для железобетонных конструкций, его значение

принимается в соответствии с ГОСТ 5781;  $\alpha_{0,2}$  – коэффициент условий работы, учитывающий влияние характеристик механических свойств арматуры на статистический разброс напряжений в многоэлементной арматуре в предельном состоянии (см. табл. 2).

Значение функции  $f(n)$  в зависимости от числа арматурных элементов и коэффициента вариации  $V_{\text{расч}}$  приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Значение функции  $f(n)$

Коэффициент вариации $V_{\text{расч}}$	Число стержней(проволок)								
	1	2	3	4	5	10	30	50	100
0,03	1	1,029	1,042	1,049	1,055	1,068	1,081	1,085	1,089
0,05	1	1,052	1,075	1,088	1,098	1,121	1,144	1,152	1,159
0,10	1	1,126	1,181	1,214	1,237	1,293	1,350	1,368	1,386

Расчетные сопротивления согласно (7) устанавливаются на уровне вероятностного обеспечения 0,999 с характеристикой безопасности  $\gamma=3$  и не должны превышать браковочных минимумов согласно ГОСТ 5781 и ГОСТ 7348, гарантированных потребителю в каждой партии плавки на основе обязательных испытаний. Расчетные сопротивления растяжению арматуры различных классов приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Расчетные сопротивления арматуры различных классов

№ п/п	Наименование показателей	Число стержней							
		1	2	3	4	5	10	30	50 и более
Арматура класса А600; $V_1=0,06$ , $V_{\text{расч}}=0,054$									
1	$f(n)$	1	1,057	1,082	1,097	1,107	1,132	1,158	1,166
2	$R^{(n)}$ , МПа	520	549	562	570	576	589	600	600
Арматура класса А800; $V_1=0,06$ , $V_{\text{расч}}=0,052$									
3	$f(n)$	1	1,054	1,078	1,092	1,102	1,126	1,151	1,159
4	$R^{(n)}$ , МПа	695	733	749	759	766	783	800	800
Арматура класса А1000; $V_1=0,06$ , $V_{\text{расч}}=0,041$									
5	$f(n)$	1	1,041	1,059	1,070	1,078	1,096	1,115	1,120
6	$R^{(n)}$ , МПа	830	864	879	888	894	910	925	930
Арматура класса В <sub>p</sub> 1400; $V_1=0,05$ , $V_{\text{расч}}=0,0385$									
7	$f(n)$	1	1,038	1,055	1,065	1,072	1,089	1,107	1,112
8	$R^{(n)}$ , МПа	1170	1215	1235	1246	1254	1274	1295	1301

*Примечание.*  $V_1$  – партионный коэффициент вариации условного предела текучести;  $V_{\text{расч}}$  – расчетный коэффициент вариации напряжений в предельном состоянии арматуры с учетом ее деформационных свойств.

Предложения по учету совместной работы арматурных стержней включены в Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 52751-2007 «Плиты из сталефибробетона для пролетных строений мостов», утвержденный и введенный в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 24 сентября 2007 г. №253-ст. Национальный стандарт ГОСТ Р 52751 разработан ЦНИИС и другими организациями. Основные результаты исследований по многоэлементной арматуре опубликованы в источниках [1÷5].

**Пример расчета с применением указанной методики.**

В качестве примера выполнен расчет площади сечения продольной рабочей арматуры для предварительно напряженной подстропильной фермы пролетом 12 м. Расчетная схема фермы показана на рисунке 2.

Ферма рассчитывается как статически неопределимая система с жесткими узлами. Действующие расчетные нагрузки и усилия в центрально-растянутом нижнем поясе фермы представлены в таблице 5.

Механические характеристики бетона и арматуры: бетон тяжелый В35 с  $R_{b,ser}=25,5$  МПа; класс напрягаемой арматуры – А1000 с  $R_s=830$  МПа.

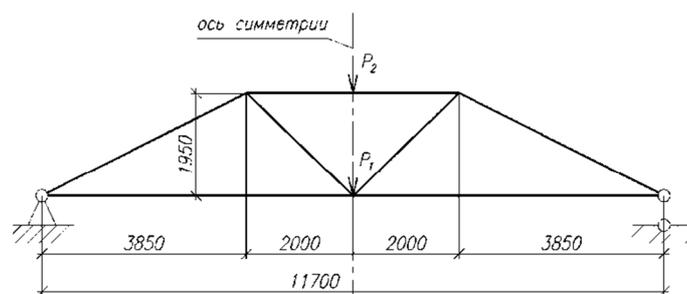


Рисунок 2 – Расчетная схема подстропильной фермы

Таблица 5 – Расчетные нагрузки и усилия

Вид нагрузки	$P_1$ , кН	$P_2$ , кН	$N$ , кН
Постоянная и временная (длительная и кратковременная)	1104	131	1219

Площадь поперечного сечения многоэлементной арматуры определяется при  $f(n)=1,0$ .

Требуемая площадь арматуры определяется из условия прочности сечения центрально-растянутого элемента  $A_{sp} = N / [R_s \cdot f(n)] = 1219 \cdot 10^3 / (830 \cdot 1,0) = 1469 \text{ мм}^2$ .

При площади одного стержня  $\varnothing 16 f=201,1 \text{ мм}^2$  требуемое число стержней  $n=1469/201,1=7,3$ . Принимаем  $8\varnothing 16 \text{ A1000}$  с  $A_{sp}=8 \cdot 201,1=1608 \text{ мм}^2$ . Армирование показано на рисунке 3, а.

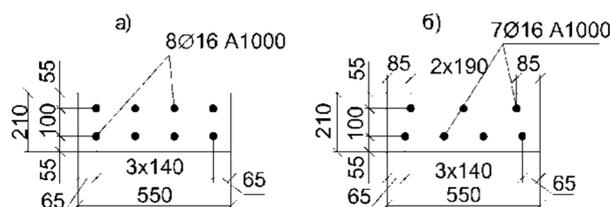


Рисунок 3 – Схема армирования нижнего пояса арматурой класса A1000

Площадь сечения арматуры с учетом совместной работы стержней определяется методом последовательных приближений. Задаемся значением  $n=7$ . Согласно формуле (8) при  $n=7$ :

$$f(n) = \frac{1 - \frac{3 \times 0,041}{\sqrt{7}}}{1 - 3 \times 0,041} = 1,087.$$

В этом случае  $A_{sp} = N / [R_s \cdot f(n)] = 1219 \cdot 10^3 / (830 \cdot 1,087) = 1351 \text{ мм}^2$ . При площади одного стержня  $\varnothing 16 f=201,1 \text{ мм}^2$  требуемое число стержней  $n=1351/201,1=6,7$ . Принимаем  $7\varnothing 16 \text{ A1000}$  с  $A_{sp}=7 \cdot 201,1=1407 \text{ мм}^2$ . Армирование показано на рисунке 3, б.

Сравнение расхода арматуры приведено в таблице 6.

Таблица 6 – Расход рабочей арматуры на подстропильную ферму

Тип конструкции	Принятая площадь арматуры в $\text{мм}^2$		Снижение расхода арматуры в %
	по СП 52-102-2004	по предложенной методике	
Подстропильная ферма	1608	1407	12,5

### Выводы

1. В предельном состоянии суммарное усилие в многоэлементной арматуре, в которой возникают неодинаковые напряжения, превышает усилие, принимаемое согласно нормативным документам при минимальном значении условного предела текучести во всех стержнях.

2. Применение многоэлементной арматуры в растянутых элементах подстропильных ферм позволяет снизить расход арматурной стали на 8÷10%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чирков, В.П. Результаты экспериментов по оценке сопротивления многоэлементной арматуры со случайными свойствами [Текст] / В.П.Чирков // Сб. трудов «Вопросы надежности железобетонных конструкций». – Куйбышев. – 1974. – С. 133-136.
2. Чирков, В.П. К определению расчетных сопротивлений арматуры в предельном состоянии [Текст] / В.П. Чирков // Транспортное строительство. – 1974. – №1. – С. 44-45.
3. Чирков, В.П. Вероятностные методы расчета мостовых железобетонных конструкций [Текст] / В.П. Чирков. – М.: Транспорт, 1980. – 134 с.
4. Чирков, В.П. Расчетные сопротивления многоэлементной арматуры со случайными свойствами [Текст] / В.П. Чирков, Л.И. Иосилевский, Е.А. Антропова // Транспортное строительство. – 2001. – №9. – С. 19-20.
5. Чирков, В.П. Прикладные методы теории надежности в расчетах строительных конструкций [Текст] / В.П. Чирков. – М.: Маршрут, 2006. – 620 с.
6. СП 52-102-2004 Предварительно напряженные железобетонные конструкции [Текст]. – М.: ФГУП ЦПП, 2005. – 50 с.

**В.П. Чирков**

Московский государственный университет путей сообщения, г. Москва  
Доктор технических наук, профессор кафедры «Строительные конструкции, здания и сооружения»

**М.А. Раздубев**

Московский государственный университет путей сообщения, г. Москва  
Аспирант кафедры «Строительные конструкции, здания и сооружения»

V. CHIRKOV, M. RAZDUEV

**STRENGTH PROPERTIES OF MULTIELEMENT ARMATURE**

*In given article strength properties of multielement armature in view of teamwork of separate cores from the point of view of the theory of probability are considered. The procedure of definition of bearing capacity of multielement armature with the accidental properties, applied in ferro-concrete designs is presented. Offers by definition of rated resistance in view of quantity of cores in cross-section section of a ferro-concrete design are given. Results of calculation of a ferro-concrete truss on the offered procedure are given.*

**Keywords:** *the multielement armature; bearing capacity; rated resistances.*

**BIBLIOGRAPHY**

1. Chirkov, V.P. Rezul'taty jeksperimentov po ocenke soprotivlenija mnogojelementnoj armatury so sluchajnymi svojstvami [Tekst] / V.P.Chirkov // Sb. trudov «Voprosy nadezhnosti zhelezobetonnyh konstrukcij». – Kujbyshhev. – 1974. – S. 133-136.
2. Chirkov, V.P. K opredeleniju raschetnyh soprotivlenij armatury v predel'nom sostojanii [Tekst] / V.P. Chirkov // Transportnoe stroitel'stvo. – 1974. – №1. – S. 44-45.
3. Chirkov, V.P. Veroyatnostnye metody rascheta mostovyh zhelezobetonnyh konstrukcij [Tekst] / V.P. Chirkov. – M.: Transport, 1980. – 134 s.
4. Chirkov, V.P. Raschetnye soprotivlenija mnogojelementnoj armatury so sluchajnymi svojstvami [Tekst] / V.P. Chirkov, L.I. Iosilevskij, E.A. Antropova // Transportnoe stroitel'stvo. – 2001. – №9. – S. 19-20.
5. Chirkov, V.P. Prikladnye metody teorii nadezhnosti v raschetah stroitel'nyh konstrukcij [Tekst] / V.P. Chirkov. – M.: Marshrut, 2006. – 620 s.
6. SP 52-102-2004 Predvaritel'no naprjazhennye zhelezobetonnye konstrukcii [Tekst]. – M.: FGUP CPP, 2005. – 50 s.

**V. Chirkov**

Moscow state university of railway engineering, Moscow  
Doctor of technical science, professor of department «Construction designs, buildings and constructions»

**M. Razdubev**

Moscow state university of railway engineering, Moscow  
Post-graduate student of department «Construction designs, buildings and constructions»

УДК 519.876.2

АЗАРОВ В.Н., САДОВНИКОВА Н.П., МАМОНТОВ Д.П.

## **ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМНО-ДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ АВТОТРАНСПОРТА И ОЗЕЛЕНЕНИЯ НА КАЧЕСТВО ВОЗДУХА**

*В статье представлен подход к моделированию антропогенной нагрузки в условиях города. Показана возможность использования построенной модели для оценки влияния автотранспорта и озеленения на уровень загрязнения воздуха. Полученные результаты представляют практический интерес для разработки экологических программ развития города и выбора способов управления экологической безопасностью.*

***Ключевые слова:** имитационное моделирование; загрязнение воздуха; поддержка принятия решений; системная динамика.*

Изучение системных свойств городской экосистемы – первый шаг на пути создания нового подхода к проектированию среды обитания человека. Создание благоприятной городской среды для жизни и самореализации человека возможно только на базе единого междисциплинарного подхода с использованием принципов биосферной совместимости [1].

Автомобильный транспорт является одним из крупнейших источников загрязнения окружающей среды. Относительная доля автотранспорта в общих антропогенных выбросах загрязняющих веществ всех отраслей экономики составляет более 40%. Быстрый рост автомобилизации населения значительно увеличивает негативное воздействие автотранспорта на окружающую среду, особенно в крупных городах. Тем не менее, вернуться в безавтомобильное прошлое уже невозможно. Потому очень важно при планировании развития города иметь инструменты для анализа возможных способов снижения антропогенной нагрузки. В данной работе в качестве такого инструмента предлагается использовать методологию системно-динамического моделирования.

Для получения практически значимых результатов при построении подобных моделей необходимо учитывать следующие особенности [2]:

- описываемая система является сложноформализуемой;
- разнообразие факторов (социальных, экономических, экологических и др.) формирует среду, где действуют самые разные законы, интегральный эффект которых трудно предсказать;
- многие взаимосвязи между элементами системы с трудом поддаются количественному описанию;
- исходная информация неоднородна и, как правило, противоречива;
- высокий уровень неопределенности понятий, правил поведения и свойств характеризующих систему;
- существует возможность изменения структуры и появления новых системных связей;
- существенное влияние человеческого фактора на все процессы, протекающие в системе.

Основные идеи и принципы системно-динамического моделирования были предложены Д.Ф. Форрестером в 1956 г. Им были разработаны модели городской динамики, экономики США и положено начало исследований мировой динамики. Развитие это направление получи-

ло в исследованиях, проводимых группой американских учёных под руководством Д.Л. Медоуза. С использованием моделей системной динамики были проанализированы возможные пути глобального развития человечества. Расчеты в рамках данной модели показали неизбежность кризиса, вызванного истощением невозобновляемых ограниченных ресурсов.

Современные подходы к применению моделей системной динамики в решении задач управления социально-экономическими системами предлагаются в работах П. Девидсона, Н.Н. Лычкиной, В.Н. Сидоренко, В.А. Путилова, А.В. Горохова, Д.Ю. Каталевского и др. В различных странах мира, в частности, в России, существуют национальные отделения Общества системной динамики, проводятся ежегодные международные конференции, издается международный журнал «The System Dynamics Review» [3].

Системно-динамическая методология особенно эффективна при решении слабо структурированных проблем, имеющих место в больших системах со значительным числом обратных связей, материальных, финансовых и информационных потоков. К числу достоинств метода так же можно отнести возможность отражать практически любую причинно-следственную связь и простую математическую интерпретацию.

Первым этапом системно-динамического моделирования является разработка концептуальной модели исследуемой ситуации. Формируется содержательное описание объекта моделирования с указанием целей имитации и аспектов функционирования изучаемого объекта, которые необходимо исследовать на имитационной модели.

На основании обработки знаний экспертов выявляются факторы, действующие в рассматриваемой системе, причинно-следственные соотношения между ними, и строятся потоковые диаграммы, которые являются формой структуризации знаний экспертов.

Значения каждого из анализируемых уровней (концентрация углекислого газа, концентрация пыли, концентрация кислорода и др.) описываются блоками уравнений (уравнений уровней):  $dU(t)/dt = V_{вх} - V_{вых}$ , где темпы  $V_{вх}$  и  $V_{вых}$  характеризуют соответственно входящие и выходящие потоки и определяются из уравнений темпов, в которые могут входить как значения уровней  $U(t)$ , так и вспомогательные переменные.

Действие факторов взаимозависимо, причинная связь действует одновременно как в прямом, так и обратном направлении. Внешние и управляющие воздействия определяют темп (динамику) развития исследуемой ситуации.

Рассмотрим задачу оценки влияния автотранспорта на загрязнение атмосферы и проанализируем степень снижения уровня загрязнения в результате проведения мероприятий по озеленению. Количество зеленых насаждений влияет не только на концентрацию кислорода и углекислого газа, но и запыленность городских улиц. Известно, что для здоровья особенно вредны содержащиеся в пыли твердые частицы PM10 (размером менее 10 мкм) и PM2,5 (размером менее 2,5 мкм) [4], которые практически не оседают на землю. Зеленые насаждения являются наиболее эффективным природным пылеулавливателем.

Цели моделирования:

- приближенный анализа динамики развития ситуации;
- прогнозирование антропогенной нагрузки на территорию города.

В качестве основных регуляторов в модели на данном этапе используется только увеличение объемов зеленых насаждений. В дальнейшем модель может быть расширена за счет включения системы мер, влияющих на качество топлива и дорожную обстановку.

Уровень загрязнения атмосферы определяется через отклонения концентраций основных загрязняющих веществ и кислорода от нормальных значений или ПДК (для пыли). Без ограничения общности можно считать, что значение концентрации пыли вначале минимально, значение концентрации углекислого газа 5,9%, а значение концентрации кислорода 23,1%. Кроме того, будем считать, что активна только часть зарегистрированных автомобилей, т.е. около 100000 ед. из 800000 зарегистрированных. Общая площадь посадок в г. Волгограде – 6844 га, при этом каждый гектар леса депонирует 270 кг углекислого газа в месяц, 200 кг пыли

и около 250 кг кислорода [5]. За единицу измерения времени, взят месяц, а за длину прогноза – 10 лет. Объем атмосферы в данной модели используется для расчета концентраций, которые представляют собой отношение общей массы вещества в атмосфере к её объёму.

Построенная имитационная модель представлена на рисунке 1.

Адекватность построенной модели была проверена на ретроспективных данных.

При формировании модели были введены следующие ограничения и допущения:

- не учтено старение деревьев, а также изменение внешних условий;
- не учтено распространение загрязнения в результате перемещения воздушных масс;
- не учтены сезонные изменения в поглощении и выделении кислорода и углекислого газа растениями;
- предполагается, что загрязнение слабо распространяется за пределы города;
- предполагается, что изначальные значения концентраций равны обычным значения содержания в атмосфере (0,231 для кислорода, 0,059 для углекислого газа).

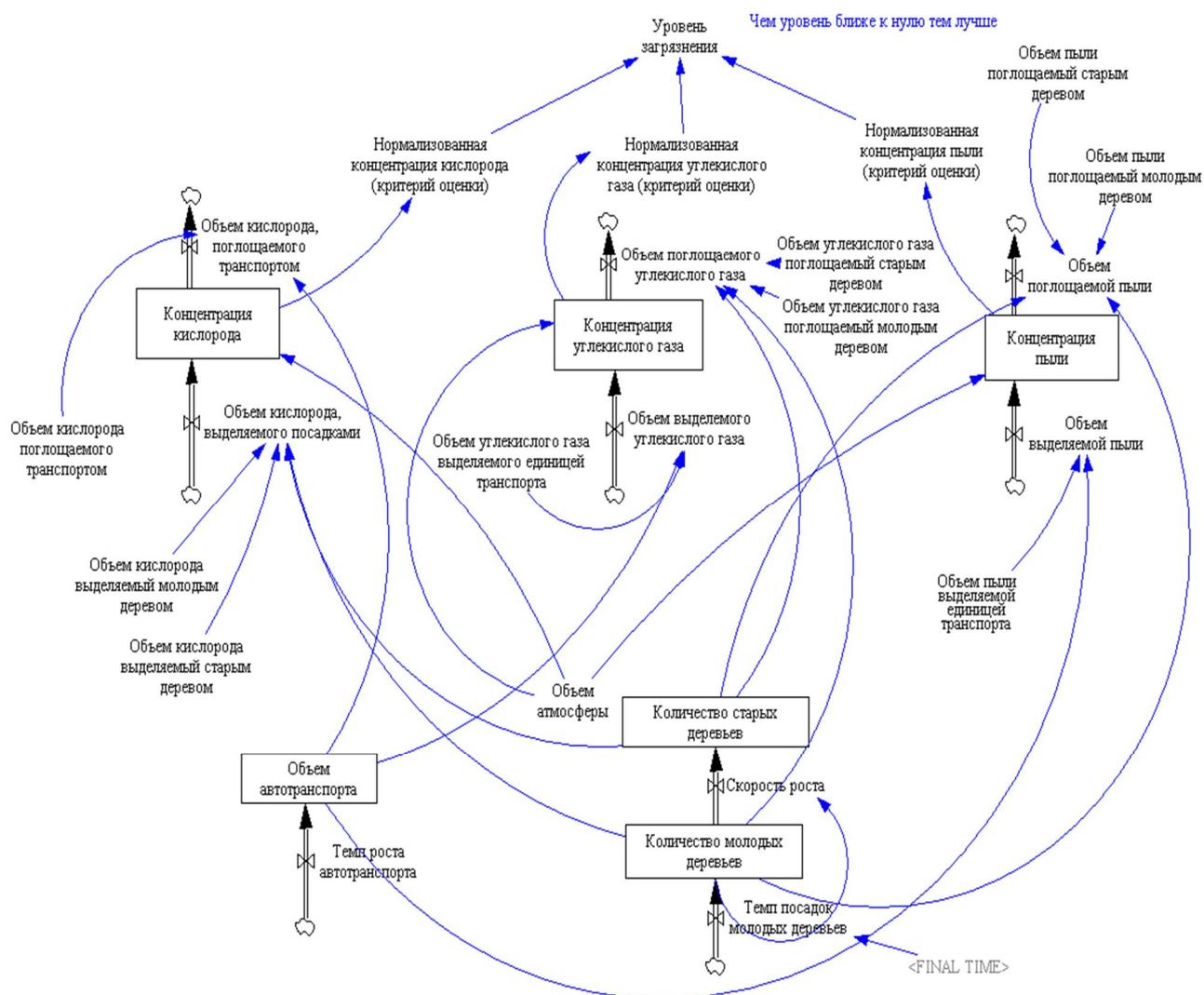


Рисунок 1 – Системно-динамическая модель исследуемой системы (Реализовано в системе Vensim 5.0)

На рисунке 2 показана динамика увеличения уровня загрязнения при постоянном увеличении количества автотранспортных средств. Увеличение объемов высадки деревьев в два раза (кривая 2) позволяет несколько снизить скорость роста загрязнений, но стабилизировать этот показатель только за счет озеленения, скорее всего, невозможно.

Уровень загрязнения

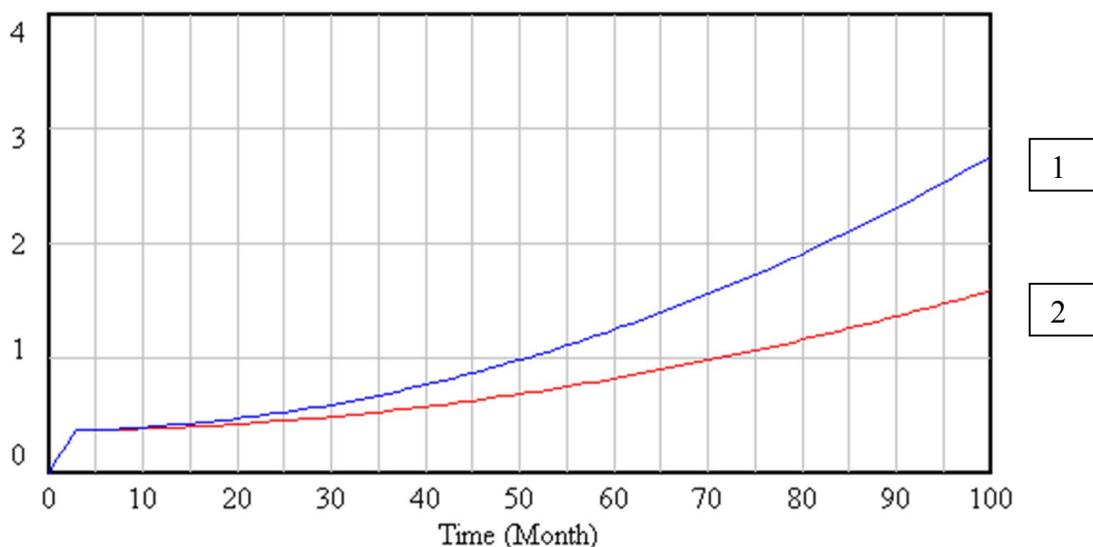


Рисунок 2 – Результаты моделирования

Построенная модель может быть использована для предварительной оценки объема затрачиваемых ресурсов на озеленение города и анализа мероприятий по снижению вредных воздействий автотранспорта. Уточнение модели возможно при внесении изменений, касающихся включения новых переменных, оказывающих влияние на исследуемую ситуацию, и установления более точных зависимостей между факторами модели. Для этого необходимо использовать знания экспертов в области лесного и транспортного хозяйства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ильичев, В.А. Может ли город быть биосферосовместимым и развивать человека? [Текст] / В.А. Ильичев // «Архитектура и строительство Москвы». – №2. – 2009.
2. Садовникова, Н.П. Построение моделей развития города. Системно-динамический подход [Текст] / Н.П. Садовникова, Д.С. Парыгин, Е.В. Манунина // Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании 2012: сб. науч. тр. SWorld по матер. междунар. науч.-практич. конф., 18-27 дек. 2012 г. – Одесса: КУПРИЕНКО, 2012. – Вып. 4. – Т. 13. – С. 73-76.
3. Сайт журнала System Dynamics Review [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1002/%28ISSN%291099-1727>.
4. Азаров, В.Н. Об оценке концентрации мелкодисперсной пыли (р<sub>m10</sub> и р<sub>m2,5</sub>) в атмосфере городов [Текст] / В.Н. Азаров, Н.А. Маринин, Д.В. Жоголева // Известия Юго-Западного государственного университета. – Курск, 2011. – №5-2 (38). – С. 144-148.
5. Аналитическая записка: Состояние зеленых насаждений Волгограда [Текст] [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://v102.ru/news/1951.html>.

**В.Н. Азаров**

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет, г. Волгоград  
 Доктор технических наук, профессор  
 E-mail: [ptb2006@mail.ru](mailto:ptb2006@mail.ru)

**Н.П. Садовникова**

Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград  
 Кандидат технических наук, доцент  
 E-mail: [npsn1@ya.ru](mailto:npsn1@ya.ru)

**Д.П. Мамонтов**

Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград  
 Магистрант  
 E-mail: [mamontov.dp@gmail.com](mailto:mamontov.dp@gmail.com)

## APPLICATION OF SYSTEMS DYNAMICS MODELING TO ASSESS THE IMPACT OF TRANSPORT AND LANDSCAPING FOR AIR QUALITY

*The paper presents an approach to modeling the anthropogenic impact in the city. The possibility of using the model to assess the impact of transport and landscaping on the level of air pollution. The results represent practical interest for the development of environmental programs of the city and the choice of methods of managing environmental safety.*

**Keywords:** simulation modeling; air pollution; decision support; system dynamic.

### BIBLIOGRAPHY

1. Il'ichev, V.A. Mozhet li gorod byt' biosferosovmestimym i razvivat' cheloveka? [Tekst] / V.A. Il'ichev // «Arhitektura i stroitel'stvo Moskvy». – №2. – 2009.
2. Sadovnikova, N.P. Postroenie modelej razvitija goroda. Sistemno-dinamicheskij podhod [Tekst] / N.P. Sadovnikova, D.S. Parygin, E.V. Manunina // Sovremennye problemy i puti ih reshenija v nauke, transporte, proizvodstve i obrazovanii 2012: sb. nauch. tr. SWorld po mater. mezhdunar. nauch.-praktich. konf., 18-27 dek. 2012 g. – Odessa: KUPRIENKO, 2012. – Vyp. 4. – T. 13. – S. 73-76.
3. Sajt zhurnala System Dynamics Review [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1002/%28ISSN%291099-1727>.
4. Azarov, V.N. Ob ocenke koncentracii melkodispersnoj pyli (rm10 i rm2,5) v atmosfere gorodov [Tekst] / V.N. Azarov, N.A. Marinin, D.V. Zhogoleva // Izvestija Jugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. – Kursk, 2011. – №5-2 (38). – S. 144-148.
5. Analiticheskaja zapiska: Sostojanie zelenyh nasazhdenij Volgograda [Tekst] [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://v102.ru/news/1951.html>.

#### **V. Azarov**

Volgograd state university of architecture and civil engineering, Volgograd  
Doctor of technical science, professor  
E-mail: [ptb2006@mail.ru](mailto:ptb2006@mail.ru)

#### **N. Sadovnikova**

Volgograd state technical university, Volgograd  
Candidate of science, associate professor  
E-mail: [npsn1@ya.ru](mailto:npsn1@ya.ru)

#### **D. Mamontov**

Volgograd state technical university, Volgograd  
Undergraduate  
E-mail: [mamontov.dp@gmail.com](mailto:mamontov.dp@gmail.com)

АНТОНОВ А.И., ЖОГОЛЕВА О.А., ЛЕДЕНЕВ В.И.

## МЕТОД РАСЧЕТА ШУМОВОГО РЕЖИМА В ЗДАНИЯХ С КОРИДОРНЫМИ СИСТЕМАМИ ПЛАНИРОВКИ

*Представлен новый метод расчета распространения шума в зданиях с коридорной системой планировки. Новый метод и компьютерная программа его реализации позволяют объективно оценивать шумовой режим в зданиях с коридорами и разрабатывать эффективные шумозащитные мероприятия.*

**Ключевые слова:** шумовой режим, звуковое поле, коридорная система планировки, снижение шума.

В гражданских зданиях общественного и жилого назначения (административные здания, школы, гостиницы и т.д.) широкое распространение имеют коридорные системы планировки, при которых большая часть помещений связана между собой посредством коридора. Объединяющий помещения коридор при наличии в нем источников шума или в отдельных помещениях способствует беспрепятственному распространению звуковой энергии по всем объемам планировки. Для оценки шумового режима и разработки шумозащитных мероприятий необходим метод расчета распределения звуковой энергии в зданиях с коридорной системой планировки, объективно учитывающий условия распространения шума в системе. В настоящее время нами разработан такой метод расчета. Ниже приводятся основные принципы его разработки и практической реализации.

С позиций распространения шума коридорную систему планировки можно рассматривать как систему акустически связанных помещений [1]. Акустическая связь между ними обеспечивается через разделяющие помещения звукоизолирующие преграды в виде стен и дверей. При этом часть дверей может быть закрыта или открыта.

Все помещения, входящие в акустическую систему с коридорной планировкой, по условиям формирования в них отраженных шумовых полей делятся на два типа: на соразмерные и длинные помещения.

В соразмерных помещениях образуются диффузные звуковые поля с равномерным распределением звуковой энергии по объему помещений. Расчет их можно производить на основе статистической диффузной теории акустики [2].

В длинных помещениях, к которым в данной системе относятся коридоры, наблюдаются существенные спады отраженной звуковой энергии по мере удаления от источника шума, но при этом по каждому поперечному сечению коридора звуковая энергия распределяется достаточно равномерно. Такие поля являются квазидиффузными, и расчеты их можно производить на основе статистического энергетического подхода [3]. При таком подходе предполагается, что в коридоре существует результирующий поток отраженной звуковой энергии  $q$ , направленный в систему уменьшения отраженной энергии  $\varepsilon$ ,

$$q = -cl_{cp}/2 \cdot \text{grad}\varepsilon, \quad (1)$$

где  $cl_{cp}/2$  – коэффициент переноса отраженной звуковой энергии в квазидиффузных звуковых полях;  $c$  – скорость звука в воздухе;  $l_{cp}$  – средняя длина свободного пробега звуковых волн в помещении.

Учитывая наличие различных условий формирования шумовых полей в помещениях коридорной системы планировки, расчеты суммарного шумового поля целесообразно выполнять численным методом. При его использовании все объемы этажа, связанные через коридор, разделяются на элементарные объемы  $V_i$ , в пределах которых плотность отраженной звуковой энергии остается постоянной по всему объему.

В соразмерных помещениях в качестве такого объема можно использовать весь объем помещения. В тоже время коридор следует делить на отдельные объемы, в пределах которых допустимо предположение о диффузности отраженного звукового поля в поперечном сечении и о незначительном его изменении в продольном направлении. Для каждого элементарного объема в этом случае можно использовать среднюю величину плотности звуковой  $\varepsilon_i$  и средний коэффициент звукопоглощения ограждений  $\alpha_i$  площадью  $S_i$ .

Величина звуковой энергии  $E_i$  в элементарных объемах  $V_i$  может быть определена на основе баланса поступающей, уходящей и поглощенной в объеме энергии (см. рис. 1):

$$W_{npi} - \eta_i E_i + \sum_{j=1}^n W_{ij} = 0. \quad (2)$$

где  $n$  – количество  $j$ -х объемов связанных с  $i$ -м объемом.

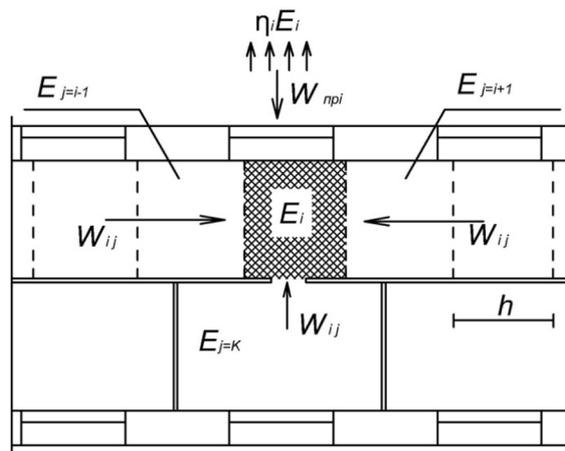


Рисунок 1 – Схема к расчету баланса энергии для  $i$ -го элементарного объема

В уравнении (2)  $W_{npi}$  – звуковая энергия, поступающая в  $i$ -й элементарный объем непосредственно от источника шума. Вторая составляющая уравнения (2) характеризует потери звуковой энергии в пределах  $i$ -го объема. Коэффициент потери звуковой энергии  $\eta_i$   $i$ -го объема при условиях диффузного поля находится как

$$\eta_i = \frac{c\alpha_i S_i}{4V_i(1 - 0,5\alpha_i)}. \quad (3)$$

Третья составляющая уравнения (2) характеризуется поступлением в  $i$ -й объем звуковой энергии из смежных  $j$ -х элементарных объемов. Величина ее зависит от условий передачи энергии на границах разделов объемов.

Через воздушную границу площадью  $S_k$ , разделяющую два смежных элементарных объема коридора, в условиях квазидиффузного поля будет передаваться количество звуковой энергии, определяемое как

$$W_{ij} = q_{ij} S_k = -\frac{cl_{cp}}{2} \cdot \frac{(E_i - E_j) \cdot S_k}{V_i \cdot h} = \frac{cl_{cp}}{2h^2} (E_j - E_i). \quad (4)$$

Здесь принято  $V_i = V_j = S_k \cdot h$ , где  $h$  – шаг разбиения коридора на участки;  $S_k$  – площадь поперечного сечения коридора.

Если границей раздела между элементарными объемами является стена площадью  $S_{ij}$  с коэффициентом звукопередачи  $\tau_{ij}$ , то количество поступающей в  $i$ -й объем звуковой энергии составит:

$$W_{ij} = \frac{E_j c S_{ij} \tau_{ij}}{4V_j(1 - 0,5\alpha_j)}. \quad (5)$$

Для стены, состоящей из нескольких участков с разными звукоизолирующими характеристиками, величина  $S_{ij}\tau_{ij}$  определяется как

$$S_{ij}\tau_{ij} = \sum_m S_{ij}^m \cdot \tau_{ij}^m, \quad (6)$$

где  $m$  – количество различных участков ограждения (например, двери, кирпичная кладка и т.п.).

Звуковая энергия, уходящая из  $i$ -го объема в смежные  $j$ -е объемы через ограждения, учитывается в коэффициенте потерь  $\eta_i$  путем соответствующего увеличения среднего коэффициента звукопоглощения ограждений  $\alpha_i$ .

На основе уравнения (2) для каждой схемы планировки может быть сформирована система из  $N$  линейных алгебраических уравнений с  $i, j \in [1, 2, \dots, k, \dots, N]$ , где  $N$  – количество элементарных объемов. Для решения системы уравнений можно использовать различные точные и итерационные методы.

На основании результатов решения системы уравнений определяются величины звуковой энергии во всех элементарных объемах планировки  $E_i$ , производятся расчеты плотности звуковой энергии:

$$\varepsilon_i = E_i / V_i \quad (7)$$

и, соответственно, вычисляются уровни шума:

$$L_i = 10 \lg \left( \frac{\varepsilon_i \cdot c}{I_0} \right), \quad (8)$$

где  $I_0 = 10^{-12}$  Вт – интенсивность звука на пороге слышимости.

Для расчета звуковых полей в коридорных системах планировки на основе изложенного выше метода расчета составлена компьютерная программа, позволяющая рассчитывать распределение энергии при различных планировочных решениях зданий: с линейными коридорами и одно- или двухсторонним размещением помещений относительно коридора; с кольцевым замкнутым коридором; с коридорами  $T$ -образной формы и т.д.

Ниже, в качестве примера, представлены результаты расчета уровней шума в коридоре длиной 60 м, соединяющего 21 соразмерное помещение (рис. 2).

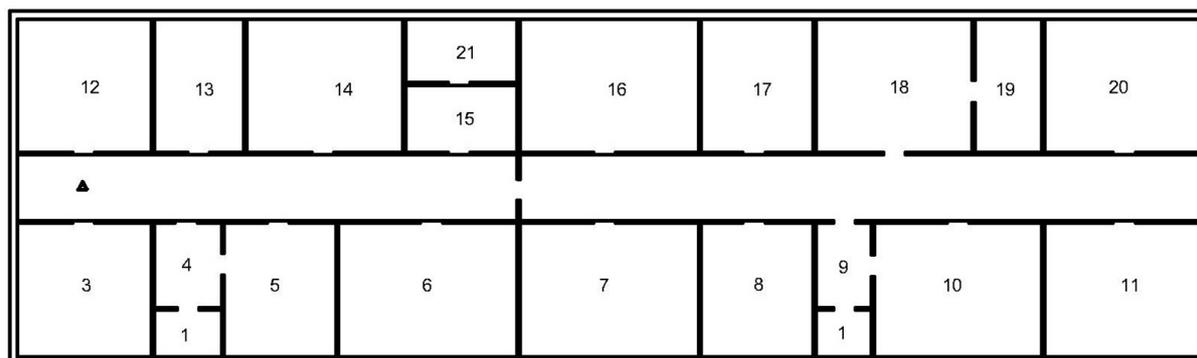


Рисунок 2 – Расчетная схема коридорной системы с указанием номеров помещений:  
 $\Delta$  – место источника шума

Источник шума мощностью 90 дБ размещен вблизи торца коридора. Средние коэффициенты звукопоглощения всех ограждений 0,1. Двери помещений имеют площади равные  $2,5 \text{ м}^2$  и звукоизоляцию  $R_{\text{дв}}=10$  дБ. Некоторые двери открыты и соответственно имеют  $R_{\text{дв}}=0$ . Поперечное сечение коридора  $9 \text{ м}^2$ .

Геометрические параметры соразмерных помещений и результаты расчета уровней шума приведены в таблице 1. Уровни шума в коридоре и в связанных помещениях показаны на рисунке 3.

Таблица 1 – Характеристики соразмерных помещений и уровни шума в них

№ помещения	Объем	Площадь	L, дБ
1	53	30	50,5
2	53	30	40,3
3	144	108	68,3
4	73	42	70,5
5	144	108	66,4
6	198	162	57,1
7	198	162	47,1
8	144	108	45,9
9	73	42	57,9
10	198	162	49,9
11	198	162	33,7
12	144	108	68,3
13	117	81	66,5
14	198	162	58,7
15	81	45	61,5
16	198	162	48,1
17	144	108	45,9
18	198	162	38,8
19	117	81	33,7
20	198	162	33
21	99	63	46,7

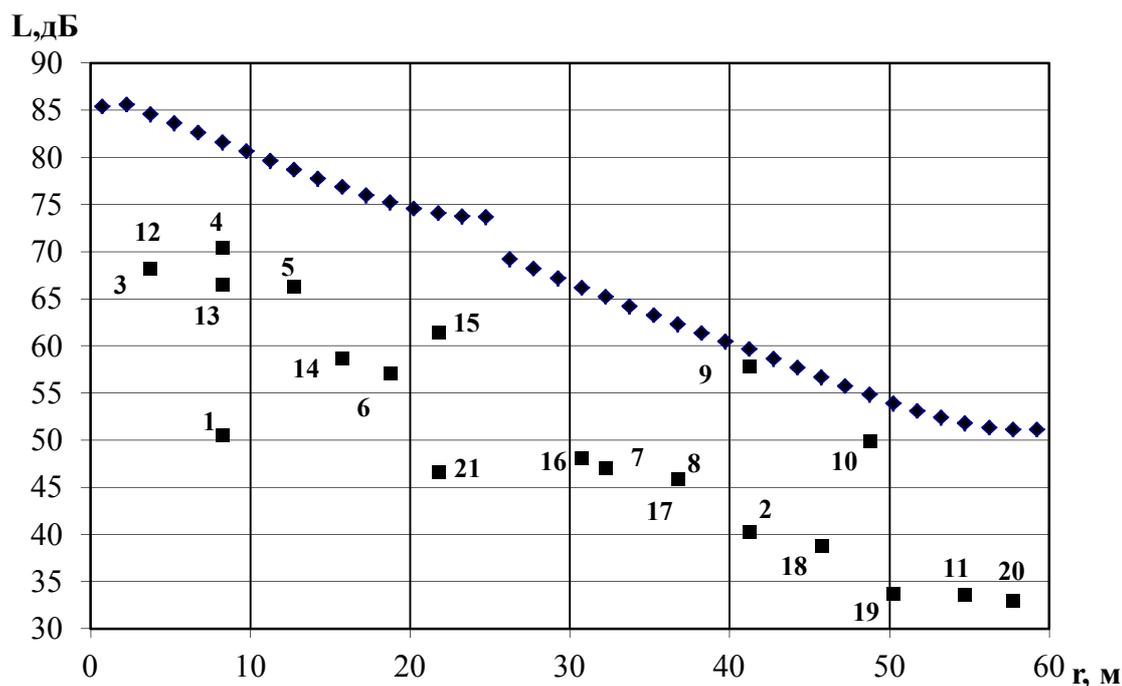


Рисунок 3 – Результаты расчета уровней шума в коридоре и прилегающих помещениях:

◆ – уровни шума в коридоре; ■ – уровни шума в помещениях;  
цифрами обозначены номера помещений согласно таблице 1

Экспериментальная проверка предложенного метода расчета показала, что расхождение результатов расчета и эксперимента не превышают  $\pm 3$  дБ. Метод пригоден для решения практических задач по расчету шумового режима в зданиях с коридорной системой планировки и разработки мероприятий по его улучшению. Метод в настоящее время использован в Научно-исследовательском центре по проблемам архитектуры и строительства ТГТУ при разработке проекта реконструкции Тамбовской областной филармонии.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Леденев, В.И. Расчет шумовых полей в системах акустически связанных помещений [Текст] / В.И. Леденев, А.И. Антонов // Вестник ТГТУ. – Тамбов, 1996. – Т. 2 – №1-2. – С. 149-157.
2. Маньковский, В.С. Акустика студий и залов для звуковоспроизведения [Текст] / В.С. Маньковский. – М: Искусство, 1966, – С. 375.
3. Леденев, В.И. Статистические энергетические методы расчета шумовых полей при проектировании производственных зданий [Текст] / В.И. Леденев. – Тамбов: Тамб. гос. техн. ун-т, 2000. – С. 156.

**А.И. Антонов**

Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов  
Кандидат технических наук, доцент кафедры «Архитектура и строительство зданий»  
E-mail: aiant58@yandex.ru

**О.А. Жоголева**

Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов  
Магистрант

**В.И. Леденев**

Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов  
Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Городское строительство и автомобильные дороги»  
E-mail: gsiad@mail.tambov.ru

---

A. ANTONOV, O. ZHOGOLEVA, V. LEDENEV

**THE METHOD OF CALCULATION OF THE ACOUSTIC MODES  
IN BUILDINGS WITH A CORRIDOR SYSTEM OF PLANNING**

*A new method of calculation of noise propagation in buildings with a corridor system of planning was presented. This method and computer program allows estimating the calculation of the acoustic modes in buildings with a corridors system of planning objectively and developing effective noise control activities.*

**Keywords:** *the noise mode, the sound field, the corridor system of planning, the noise reduction.*

**BIBLIOGRAPHY**

1. Ledenev, V.I. Raschet shumovyh polej v sistemah akusticheski svjazannyh pomeshhenij [Tekst] / V.I. Ledenev, A.I. Antonov // Vestnik TGTU. – Tambov, 1996. – Т. 2 – №1-2. – S. 149-157.
2. Man'kovskij, V.S. Akustika studij i zalov dlja zvukovosproizvedenija [Tekst] / V.S. Man'kovskij. – M: Iskusstvo, 1966, – S. 375.
3. Ledenev, V.I. Statisticheskie jenergeticheskie metody rascheta shumovyh polej pri proektirovanii proizvodstvennyh zdanij [Tekst] / V.I. Ledenev. – Tambov: Tamb. gos. tehn. un-t, 2000. – S. 156.

**A. Antonov**

Tambov state technical university, Tambov  
Candidate of technical science, associate professor of department «Architecture and Building»  
E-mail: aiant58@yandex.ru

**O. Zhogoleva**

Tambov state technical university, Tambov  
Undergraduate

**V. Ledenev**

Tambov state technical university, Tambov  
Doctor of technical science, professor, head of department «Urban development and roads»  
E-mail: gsiad@mail.tambov.ru

КОБЕЛЕВА С.А.

## СЦЕНАРИИ РАЗВИТИЯ ЖИЛИЩНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

*В статье приведены сценарии развития жилищного строительства с учетом влияния экологических факторов. Предложены частные показатели использования природного потенциала в процессе строительной деятельности. Доказана взаимосвязь социально-экономической, производственно-инфраструктурной, природо-ресурсной подсистем жилищного строительства. Выполнен анализ современных строительных технологий на предмет соответствия пятому (шестому) технологическому укладу развития. Развитие жилищного строительства требует механизма согласования динамики научной сферы и структуры потребления.*

**Ключевые слова:** экологические факторы; жилищное строительство; сценарии развития.

Социально-экономическое развитие региона в условиях глобальных рисков определяется эффективностью функционирования локальных рынков жилья, а одним из показателей инвестиционной привлекательности являются темпы жилищного строительства и повышение комфортности проживания населения. Поскольку рынок жилья и жилищное строительство занимают определяющее место в удовлетворении жилищных потребностей населения, то актуальными являются исследования, связанные с обоснованием и оценкой региональных факторов их развития. По экономическому содержанию инвестиции в жилищное строительство служат удовлетворению социальных потребностей населения региона и представляют собой часть общественного продукта. В научной среде многие работы посвящены оценке взаимного влияния развития жилищного строительства и социально-экономических показателей региона. Однако роли экологической составляющей в этом вопросе должного внимания не уделяется.

В статье [1] было раскрыто содержание природо-социо-технической системы применительно к жилищному строительству. В ходе инвестиционно-строительной деятельности в регионе, как благо, создаются жилые здания для жизнеобеспечения людей. В соответствии с концепцией биосферной совместимости деградация природной среды в процессе неэффективной производственно-экономической деятельности снижает ассимиляционную способность биосферы и препятствует дальнейшему прогрессивному развитию, влечет за собой рост затрат будущих поколений на удовлетворение потребностей. Самоподдерживающееся развитие жилищного строительства в рассматриваемом контексте требует механизма согласования развития научно-технологической сферы и эволюции структуры потребления. В данном исследовании прогноз развития жилищного строительства под воздействием экологических факторов направлен на обеспечение принятия адекватных организационно-технических, управленческих, экономических решений в территориальных границах региона.

Как известно, прогнозирование – это специальное научно-теоретическое исследование, направленное на выявление перспектив развития какого-либо явления, события, последствий тех или иных управленческих, организационных, экологических и иных решений. При этом в прогнозировании методы поиска зависимостей возмущающих факторов, в детерминированном случае, исходят из заданного временного ряда, т.е. функции, определенной в конечном числе точек на оси времени.

Современное прогнозирование уровня инновационно-технологического развития базируется на доказанном факте синхронности нововведений и больших циклов Н.Д. Кондратьева. Основоположник теории экономических циклов Н.Д. Кондратьев предложил считать длинные циклы (*K*-циклы или *K*-волны) равновесными и разработал модель, в соответствии с которой основные капитальные блага и факторы, определяющие существующие способы производства, сырьевую базу, источники энергии, цены, занятость, состояние кредитно-денежной системы, находятся между собой в равновесии [2]. В случае нарушения равновесия появляется

необходимость в создании новых запасов основных капитальных благ в том количестве, которое бы удовлетворило складывающиеся новые технические способы производства. Этот процесс обновления основных капитальных благ является отражением движения научно-технического прогресса, при этом он происходит всплесками с периодичностью в 40-60 лет и является основой в теории длинных циклов Н.Д. Кондратьева.

Многие исследователи связывают смену *K*-волн с технологическими укладами – совокупностью технологий, характерных для определенного уровня развития производства: в связи с научным и технико-технологическим прогрессом происходит переход от более низких укладов к более высоким. Предстоящему шестому *K*-циклу будет соответствовать шестой технологический уклад (с 20-х гг. XXI века). Ожидается, что преимущество шестого технологического уклада, по сравнению с предыдущим, будет состоять в «новом» природопользовании, альтернативной энергетике, резком снижении энергоемкости и материалоемкости производства, в конструировании материалов и объектов с заранее заданными свойствами, вложениями в человеческий капитал [3]. Прогноз развития жилищного строительства в регионе носит сценарный характер. В долгосрочной перспективе в зависимости от степени реализации перечисленных выше факторов шестого технологического уклада выделяют два качественно отличных друг от друга сценария социально-экономического развития:

- инерционный – основан на экстраполяции сложившихся тенденций на прогнозный период;
- оптимистический (инновационно-прорывной) – исходит из благоприятного сочетания условий и использования ресурсов.

В современном мире все большее практическое значение приобретает новая модель экономического развития, не наносящего ущерб окружающей природной среде, которая предполагает неразрывное сочетание экономической, экологической и инновационной политики. Для разработки экологического прогноза динамики жилищного строительства проведена систематизация направлений развития региона исходя из обозначенных в работе [1] подсистем природо-социо-технической системы (табл. 1). Определение границ экологически приемлемого инвестирования в жилищное строительство напрямую связано с региональными особенностями. Известно, что численность населения, его качественный баланс определяют суммарные потребности общества в жилье, образовании, культуре, медицинском обслуживании и т.п. В настоящее время строительная деятельность сопровождается усилением антропогенного давления на многие территории, образованием отходов, выбросами и сбросами загрязняющих веществ в окружающую среду. В экономике региона невелика доля экологически ориентированных, наукоемких технологий в ВРП. Кроме того, население выступает «социальным заказчиком» инноваций, создает спрос на товары и услуги, выявляет приоритеты научно-технического развития производств, в том числе и в строительстве жилья.

Вопросы экологии и инноваций сопряжены со многими экономическими проблемами. Окружающая природная среда реализует системообразующую функцию в экономических отношениях, так как, с одной стороны, содержит трудно заменимые природно-сырьевые ресурсы для промышленного производства, а с другой стороны, ограничивает его экономическое развитие. Потребности комплексного экономического развития регионов выдвигают на первый план задачу оптимального сочетания ускоренного роста производительных сил, ресурсо- и энергопотребления с симбиотическим развитием окружающей природной среды. Экономическое развитие и рост реальных доходов населения в большинстве стран мира создают эффект «зеленого благополучия», когда население готово направлять большие доли своих доходов на природоохранные мероприятия. Не оспорим тот факт, что основная роль в этом процессе отводится инновациям. Достижение экологических целей, поставленных государством в «Стратегии-2020», будет затратным и длительным, если сохранится тенденция применения устаревших технологий, чем при использовании инновационной научно обоснованной строительной продукции.

Таблица 1 – Система показателей и сценариев для разработки прогноза развития жилищного строительства

Направления развития региона	Структура показателей	Назначение показателей	Сценарии развития	
			инерционный	оптимистический (инновационно-прорывной)
Социально-экономическое	Динамика и естественная структура населения; состав и движение трудовых ресурсов; удовлетворение потребностей людей в общественных благ	Служат основой для оценки прогнозных потребностей в товарах и услугах, уровня экономического развития региона (ВРП)	Сокращение численности экономически активного населения, естественное старение выступают ограничителем экономического роста; отсутствие обновления сфер здравоохранения, культуры, туризма и пр. отрицательно скажется на качестве человеческого потенциала; направление инвестиций на потребление, возникновение экономических кризисов, падение общего уровня жизни населения.	Смягчение тенденций к депопуляции; уменьшение смертности (здравоохранение, здоровый образ жизни и пр.); снижение уровня преступности; оптимизация миграционных потоков с учетом потребностей региона в рабочих кадрах для инноваций; увеличение доли ВРП, направляемой на экологические инвестиции, повышение уровня жизни населения; инновационное обновление сфер здравоохранения, культуры, туризма и пр.
Производственно-инфраструктурное	Уровень развития науки, изобретательства, знаний, технического прогресса	Определяют технологический уровень и конкурентоспособность товаров и услуг; обеспечивают темпы экономического роста, качество жизни населения,	Продолжается зависимость экономики от добычи природных ресурсов; опережающий рост добывающих отраслей по сравнению с другими отраслями; сохраняется разрыв между академической, отраслевой наукой и производством, ограниченный спрос бизнеса на научные исследования; дальнейшее устаревание и износ основных фондов, отставание технологий от мирового прогресса, постепенное приближение к третьему замыкающему эшелону стран по уровню развития НТП; потеря технологической независимости страны.	Опережающий рост наукоемких, обрабатывающих и перерабатывающих отраслей экономики; ослабляется зависимость экономики от добычи природных ресурсов; возрастание спроса государства и бизнеса на результаты научных исследований; возрождение отечественного научного потенциала; соответствие технологий пятому, шестому технологическому укладу; модернизация отраслей экономики на собственной научной базе и знаниях.
Природо-ресурсное	Динамика потребления природных ресурсов, топлива, энергии; образование отходов и выбросов; количество техногенных аварий и катастроф; объем экологических инвестиций	Предоставляет возможности для удовлетворения потребностей населения и производства в природных, топливно-энергетических ресурсах; формирует благоприятную среду жизнедеятельности	Продолжится экспорт природного сырья, топлива; бесконтрольное вовлечение в хозяйственный оборот земли, леса, полезных ископаемых; рост уровня загрязнений окружающей среды; развитие производств, использующих энерго- и ресурсорасточительные технологии; рост числа природных катастроф и техногенных аварий; низкий уровень затрат на природоохранные мероприятия.	Сокращение потребления природного сырья, энергии на основе замены восполняемыми источниками, отходами производства и потребления; расширение использования экологически чистых технологий пятого, а затем и шестого технологического уклада; относительное, а в перспективе абсолютное загрязнение окружающей среды; рост экологических инвестиций; формирование постиндустриального общества

Инвестиции в основной капитал, в том числе строительство жилья, являются одним из факторов экономического роста и технологического развития. Основной структурной переменной, оказывающей наиболее значимое влияние на инвестиционную активность, является доля строительства в валовом региональном продукте (ВРП). В настоящее время в Российской Федерации развитие инновационных технологий и человеческого капитала не получают адекватной инвестиционной поддержки от государства. ВРП не в полной мере учитывает потребление природных ресурсов и загрязнение окружающей природной среды региона в процессе производственной деятельности, в том числе и строительной деятельности. Поэтому важно отразить связь между реальным экономико-технологическим ростом и экологическими издержками строительного производства. Для того чтобы дать оценку текущего и прогнозного состояния природо-социо-технической системы с учетом её самоподдерживающего развития, предлагаются следующие частные показатели [4] использования природного потенциала в процессе строительной деятельности (табл. 2):

Таблица 2 – Частные показатели экологичности строительного производства

№ п/п	Показатель	Формула расчета показателя
1	Ущербоемкость	Отношение экономического ущерба ( $У$ ), наносимого окружающей среде строительным производством ( $V$ ).
2	Отходоемкость	Отношение объема отходов ( $O$ ) к соответствующему объему строительного производства ( $V$ ).
3	Ресурсоотдача	Отношение объема выпуска строительной продукции ( $V$ ) к размеру использованного природного капитала ( $P$ ).
4	Ресурсоемкость	Затраты природных ресурсов ( $P$ ) на единицу доли строительной отрасли в валовом региональном продукте (ВРПс). Затраты природного ресурса ( $P$ ) в расчете на единицу конечной строительной продукции ( $V$ ), произведенной на основе этого ресурса.
5	Степень загрязнений	Отношение объема загрязнений ( $Z$ ) в расчете на единицу использования природного ресурса ( $P$ ), территории загрязнения ( $S$ ), количества населения ( $N$ ), конечной строительной продукции ( $V$ ).
6	Энергоемкость	Объем суммарного расхода топливно-энергетических ресурсов (ТУТ) на единицу доли строительной отрасли в валовом региональном продукте (ВРПс).

Взаимосвязь социально-экономической, производственно-инфраструктурной, природо-ресурсной подсистем жилищного строительства подчеркивается общим показателем – «действительная норма накопления», который рассчитывается по формуле (1):

$$RSR = (V - P + \text{ЧК}) \cdot 100\% / \text{ВРПс}, \quad (1)$$

где  $RSR$  – действительная норма накопления;  $V$  – созданный человеком объем строительной продукции (жилья), основной капитал;  $P$  – объем использования природных ресурсов, природный капитал; ЧК – человеческий капитал; ВРПс – доля строительной отрасли в валовом региональном продукте.

В строительной отрасли за длительный период сырьевая, инфраструктурная, управленческая и др. составляющие изменялись очень низкими темпами, что и обуславливает действующее технологическое отставание отечественного строительного-промышленного комплекса от мирового уровня. Среди основных недостатков можно выделить: низкую инновационную активность предприятий, невысокие темпы обновления основного капитала, а также недостаток инвестиций для модернизации строительного комплекса и повышения темпов роста. Вышеперечисленные факторы непосредственно определяют низкую долю шестого технологического уклада в структуре экономики [5], строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства.

В работах Н.Д. Кондратьева отмечено, что повышательная волна большого цикла связана с обновлением и расширением основных капитальных благ, с радикальными изменениями в производительных силах общества. Для этого процесса требуются огромные запасы капитала (природного, человеческого и т.п.), в частности, для смены его пассивной части (зданий, сооружений, инженерных коммуникаций и др.). Исследуя экономические изменения в

факторах производства, Й.А. Шумпетер [6] доказал, что толчок развитию дают новые производства, которые и определяют динамические изменения в экономике. Принципиально новыми комбинациями факторов производства названы следующие: создание нового продукта; использование новой технологии производства; использование новой организации производства; открытие новых рынков сбыта; открытие новых источников сырья.

Например, в строительной индустрии к группе новых материалов относятся конструкционная или функциональная керамика, матричные композиционные материалы на основе керамики и металлов, интерметаллические и сверхлегкие сплавы, новые полимерные материалы, материалы с модифицированными конструкционными, теплоизоляционными свойствами, тонкие пленки, мембраны и биоматериалы и др. Их применение позволит улучшить характеристики и расширить функциональные возможности самых разнообразных строительных изделий.

Таким образом, жилищное строительство – потенциальный потребитель инновационных продуктов. Современное состояние производственной, транспортной и энергетической инфраструктуры российских городов требует радикальных изменений. Строительный комплекс и жилищно-коммунальное хозяйство создают длинную цепочку производства добавленной стоимости для смежных отраслей экономики. Оценить вклад строительного комплекса в экономику региона с учетом влияния экологических факторов можно с помощью частных показателей (см. табл. 2) и общего показателя (формула 1).

Практическая значимость использования метода сценариев в экологическом прогнозе развития жилищного строительства заключается:

- в получении возможности уточнения перспектив развития строительных технологий, материалов, конструкций со стороны потребителей и производителей строительной продукции;
- оценке возможных сроков «выбывания» устаревших технологий со строительного рынка, потенциальной возможности производственно-инфраструктурной, природо-ресурсной перестройки строительного комплекса, перспективности и окупаемости экологических инвестиций.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Кобелева, С.А. Жилищное строительство, природа, общество, экономика: направления эффективного взаимодействия [Текст] / С.А. Кобелева // Строительство и реконструкция. – Орел: ГУ-УНПК. – 2013. – №2 (46). – С. 89-93.
2. Кузык, Б.Н. Прогнозирование, стратегическое планирование и национальное программирование. [Текст] / Б.Н. Кузык, В.И. Кушлин, Ю.В. Яковец. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Экономика, 2011. – 604 с.
3. Кузык, Б.Н. Прогноз инновационно-технологической и структурной динамики экономики России на период до 2030 года с учетом мировых тенденций [Текст] / Б.Н. Кузык, В.И. Кушлин, А.А. Петров, Ю.В. Яковец. – М.: Институт экономических стратегий, 2006. – 48 с.
4. Бобылев, С.Н. Экономика природопользования [Текст] / С.Н. Бобылев, А.Ш. Ходжаев. – М.: ИНФРА-М, 2009. – 501 с.
5. Рыбцев, В.В. Переход к шестому технологическому укладу как механизм перехода к инновационному пути развития [Текст] / В.В. Рыбцев // Креативная экономика. – 2011. – №4 (52). – С. 3-8.
6. Шумпетер, Й. Теория экономического развития [Текст] / Й.А. Шумпетер. – М.: ЭКСМО, 2007. – 864 с.

### **С.А. Кобелева**

Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс, г. Орел  
Кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительные конструкции и материалы»  
E-mail: ksa92@ya.ru

---

S. KOBELEVA

## **THE SCENARIOS OF HOUSING IN VIEW OF THE INFLUENCE OF THE ENVIRONMENTAL FACTORS**

*The article presents the scenario of housing, taking into account the influence of environmental factors. Proposed partial indicators of natural potential in the course of construction activity. We prove the relationship of socio-economic, industrial, infrastructure, environmental and resource subsystems housing. The analysis of modern building technology for compliance with the fifth (sixth) technological system development. Development of housing construction requires a mechanism for coordinating the dynamics of the scientific sphere and consumption patterns.*

**Keywords:** *environmental factors; housing; development scenarios.*

### BIBLIOGRAPHY

1. Kobeleva, S.A. Zhilishhnoe stroitel'stvo, priroda, obshhestvo, jekonomika: napravlenija jeffektivnogo vzai-modejstvija [Tekst] / S.A. Kobeleva // Stroitel'stvo i rekonstrukcija. – Orel: GU-UNPK. – 2013. – №2 (46). – S. 89-93.
2. Kuzyk, B.N. Prognozirovanie, strategicheskoe planirovanie i nacional'noe programmirovanie. [Tekst] / B.N. Kuzyk, V.I. Kushlin, Ju.V. Jakovec. – 4-e izd., pererab. i dop. – M.: Jekonomika, 2011. – 604 s.
3. Kuzyk, B.N. Prognoz innovacionno-tehnologicheskoy i strukturnoj dinamiki jekonomiki Rossii na period do 2030 goda s uchetom mirovyh tendencij [Tekst] / B.N. Kuzyk, V.I. Kushlin, A.A. Petrov, Ju.V. Jakovec. – M.: Institut jekonomicheskikh strategij, 2006. – 48 s.
4. Bobylev, S.N. Jekonomika prirodopol'zovaniya [Tekst] / S.N. Bobylev, A.Sh. Hodzhaev. – M.: INFRA-M, 2009. – 501 s.
5. Rybcev, V.V. Perehod k shestomu tehnologicheskomu ukkladu kak mehanizm perehoda k innovacionnomu puti razvitija [Tekst] / V.V. Rybcev // Kreativnaja jekonomika. – 2011. – №4 (52). – S. 3-8.
6. Shumpeter, J. Teorija jekonomicheskogo razvitija [Tekst] / J.A. Shumpeter. – M.: JeKSMO, 2007. – 864 s.

#### **S. Kobeleva**

State university – educational-science-production complex, Orel

Candidate of technical science, associate professor of department «Building constructions and materials»

E-mail: ksa92@ya.ru

КОЛЕСНИКОВА Т.Н., КОТОВА Е.В., СКРИПКИНА А.О.

## БИОПОЗИТИВНЫЕ ЗДАНИЯ И АРХОФИТОМЕЛИОРАЦИЯ КАК НЕОТЪЕМЛЕМЫЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ АРХИТЕКТУРЫ МЕГАПОЛИСОВ

*В представленной статье рассмотрены такие понятия как «биопозитивность» и «архофитомелиорация» как способы возвращения крупнейшим городам естественной среды обитания. Обозначена проблема эстетической непривлекательности современных городов, причины и последствия рационального строительства без учета экологической составляющей. Предложены различные методы решения по восстановлению природы в мегаполисах. Экологичность и направленность на сохранение окружающей среды выделены в качестве основных критериев строительства крупных городов.*

**Ключевые слова:** биопозитивность зданий; архофитомелиорация; естественная среда; природосберегающие и природовосстанавливающие объекты; вертикальное озеленение.

Синдром крупных городов – так психологи называют депрессию и неврозы, от которых страдают обитатели урбанистических джунглей. Однообразные серые здания с повторяющимися рядами оконных проёмов, глухие бетонные стены неблагоприятно воздействуют на нашу психику. Стремительный рост мегаполисов идёт в отрыве от природы, загрязняя окружающую среду и накладывая негативный оттенок на физическое и психологическое состояние горожан. Вот примерные цифры. Основной показатель, отражающий здоровье населения, – средняя продолжительность жизни, – сегодня в столице нашего государства он на 3-5 лет меньше, чем в Софии, Будапеште; на 8-10 лет меньше, чем в Вене, Париже, Стокгольме. Отрицательное воздействие крупного города на здоровье населения начинается еще до рождения: исследования, которые проводили по линии ВОЗ (Всемирной организации здравоохранения), показали, что именно в период зарождения и вынашивания плода будущего человека, когда развитие и рост клеток организма происходит очень быстро, факторы окружающей среды в мегаполисах действуют хотя и не напрямую, но неумолимо, создавая предпосылки будущих болезней, неправильного формирования личностных характеристик, а то и угрожая самой жизни. В больших городах также более широко распространены заболевания органов дыхания и кровообращения, инфаркты, гипертоническая болезнь и новообразования [2]. Не оставляют равнодушным не только физические заболевания, вызываемые сложной экологической обстановкой, но и влияние города на душевное состояние людей. Нередко «грусть новых городов» связана с многоэтажным строительством. Примеры бионегативной среды городов приведены на рисунке 1.

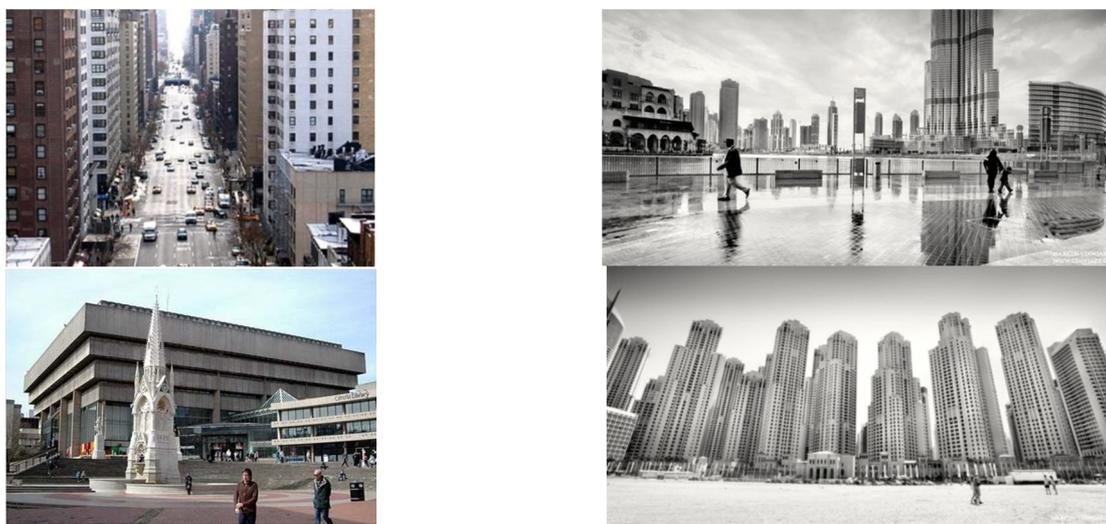


Рисунок 1 – Примеры существующей застройки крупнейших городов

В настоящее время всё более актуальным при строительстве становится соблюдение экологических и природоохранных требований. Но всё же зданий, построенных ранее без учёта этих требований, несоизмеримо больше. Конечно, никто не собирается их сносить или уменьшать этажность [4]. Следовательно, возникает вопрос: как улучшить облик существующей застройки крупных и крупнейших городов, повысить эстетическую привлекательность и экологичность? За границей наметилась тенденция придания определённой биопозитивности всевозможным зданиям и сооружениям. Одним из экологических направлений, связанных с конструктивными и архитектурно-планировочными решениями зданий, является озеленение всех их поверхностей (стен, крыш) и благоустройство прилегающей территории. Конструктивные решения являются биопозитивными, только если они придают поверхности зданий «некоторое подобие естественной среды обитания для растений, птиц и мелких животных». В данном случае применен термин «биопозитивность», который впервые использован профессором Московского государственного университета природообустройства А.Н. Тетиором [1].

Биопозитивность зданий и инженерных сооружений – это способность органично вписываться в окружающую среду (в экосистемы) и не быть отторгаемыми экосистемами, также не загрязнять и не разрушать природную среду, быть приспособленными (биоадаптивными) для существования живой природы на наружных плоскостях зданий и сооружений, экономно использовать и не требовать для строительства зданий невозобновимых ресурсов, восстанавливать природу и создавать высокое качество жизни. Таким образом, биопозитивность зданий и инженерных сооружений – интегральное понятие, которое включает в себя главные требования к природосберегающим и природовосстанавливающим объектам. Как уже обозначено выше, биопозитивные здания и инженерные сооружения в городах помогают в определенной степени «вернуть» природе часть территорий с почвенно-растительной средой, а также создать дополнительные озелененные поверхности, что позволит действовать правилу Ле-Шателье-Брауна и предотвратить увядание природы под антропогенным давлением [3].

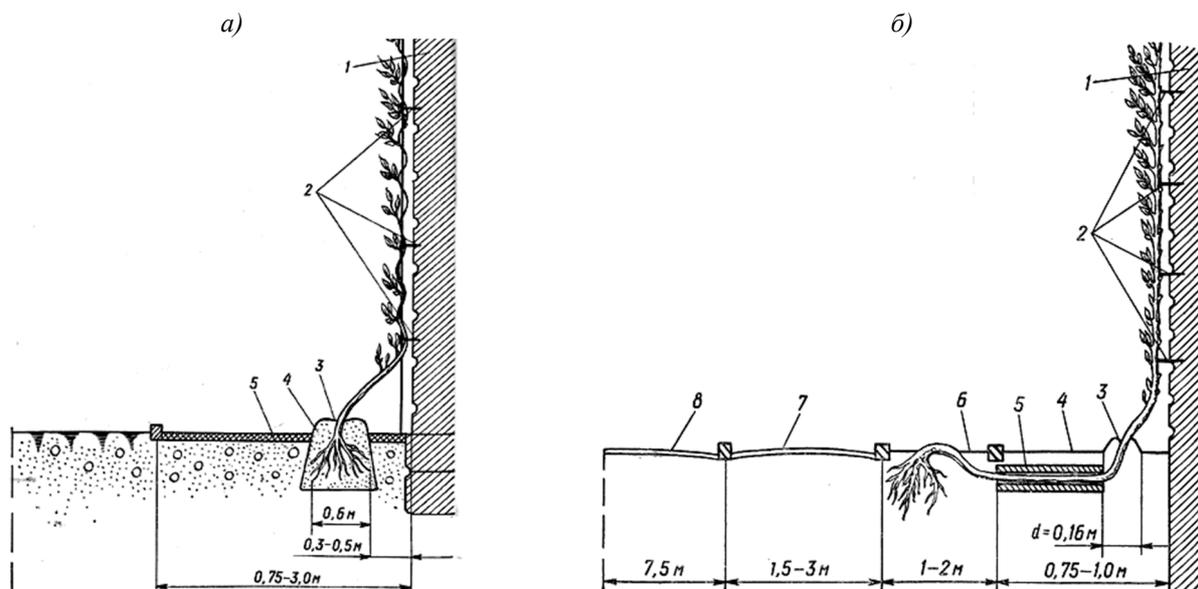
Принцип Ле Шателье-Брауна или принцип смещения равновесия – общее название для ряда аналогичных принципов в химии, электродинамике, теории систем, экономике, экологии и в других науках: «Если на систему, находящуюся в равновесии, производится внешнее воздействие, то равновесие смещается в том направлении, при котором система как бы вновь восстанавливает своё прежнее состояние». Значение принципа заключается в том, что он позволяет делать определённые прогнозы в отношении эволюции системы, находящейся под внешним воздействием [6].

По отношению к природной среде А.Н. Тетиор выделяет также бионегативные здания и сооружения, наносящие непосредственный вред природе, и бионейтральные [1].

Одним из главных условий биопозитивности зданий и сооружений является создание возможности существования и роста растений, закрепленных на вертикальных, горизонтальных и наклонных поверхностях. Эти меры приводят к улучшению состава воды и воздуха, их очищению от загрязнений, улучшению микроклимата в помещениях, а также созданию биомассы, звуко- и теплозащиты, обеспечению существования микроорганизмов, следовательно, улучшается внешний вид сооружений и их визуальное восприятие.

Более подробные рекомендации: внешнее озеленение вьющимися растениями, закрепленными в проемах декоративных керамических выступов; использование сети внутренних керамических каналов, заканчивающихся на поверхности стены керамическими чашами, в которые высаживают растения (таким образом, корни растений по каналам получают воду из почвы). Для укоренения растений в отмошке зданий устраивают проемы с открытым грунтом. Применение грунтовых каналов в стенах невозможно без контактирования растительности с естественным грунтом под зданием. Для этого в фундаментах также выполняют заполненные растительным грунтом проемы (рис. 2) [3].

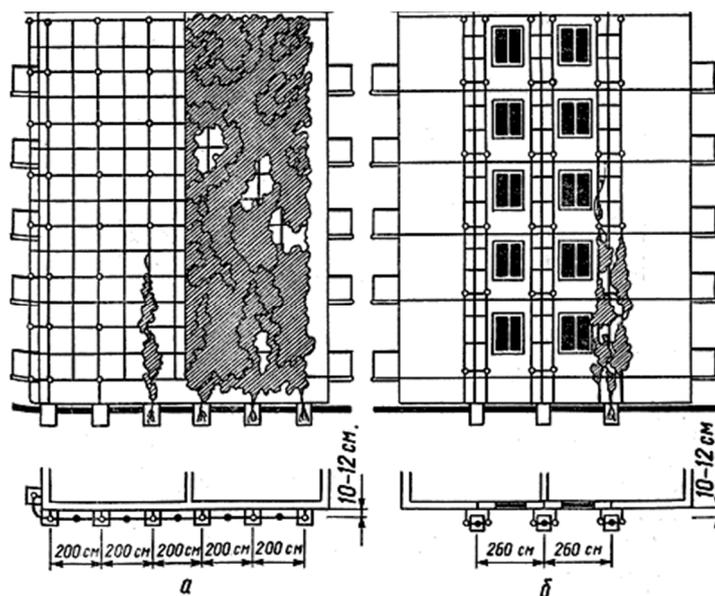
В 1994 г. в городе Манчестере (Англия) был проведен «Глобальный экологический форум-94». Особое внимание оводилось выработыванию «биопозитивных» подходов к решению проблем преобразования городской среды. На этом конгрессе было рекомендовано предусматривать архофитомелиоративные мероприятия при строительстве и реконструкции зданий и сооружений.



**Рисунок 2 – Посадка вьющихся растений у стены здания (а): 1 – стена; 2 – опоры; 3 – лунка; 4 – посадочная яма; 5 – тротуар или отмостка. Подводка стеблей вьющихся растений, высаженных за пределами широкой отмостки или тротуара, к стене здания по керамическим трубкам или иным каналам, проложенным под замощением (б): 1 – стена; 2 – опора в виде сетки; 3 – лунка диаметром 16 см; 4 – отмостка; 5 – керамическая труба диаметром 13-16 см; 6 – газон; 7 – тротуар; 8 – проезжая часть**

Сущность данных мероприятий включает следующие меры:

- создание биопозитивных цокольных зон зданий (озеленение конструкции отмосток, цоколей, выполнение фитоэкранирующих покрытий стен и др.);
- вертикальное озеленение стен при помощи сооружения террас и веранд, создание ампельных покрытий и навесных устройств для озеленения фасадов (рис. 3, 4);
- устройство зимних садов внутри зданий и создание для них фитомансардных этажей;
- озеленение как можно большего количества свободных участков территории и искусственных надземных территорий, создаваемых с помощью подземного пространства; использование эксплуатируемых кровель как зоны рекреации путём озеленения крыш [1].



**Рисунок 3 – Устройство проволочных опор: а – в виде сетки при сплошном озеленении стены; б – в виде лесенки для витья растений при озеленении простенков на торцевой стене [7]**



*Рисунок 4 – Варианты озеленения фасадов зданий: а – здание штаб-квартиры Консорциума (Сантьяго, Чили); б – музей на набережной Бранли (Париж), Франция; в – здание Правительства в Японии*

Одним из распространенных архофитомелиоративных мероприятий является внешнее вертикальное озеленение стен и фасадов. Для этих целей используются быстрорастущие лианы или другие вьющиеся растения, способные за 5-10 лет полностью покрыть стены 9-этажного здания. Такие мероприятия успешно применяются в южных районах России, Украине и странах Прибалтики (рис. 5).



*Рисунок 5 – Примеры озеленения фасадов жилых домов в Ялте*

Для защиты стен от перегрева и осадков, а также для декоративных целей, их ограждают с помощью ярусного размещения ящиков с ампельными растениями с вьющимися стеблями и свисающими побегами.

Такие архофитомелиоративные мероприятия, придающие зданиям и сооружениям биопозитивный вид, оказывают на человека положительное визуально-психологическое воздействие, так как дают ощущение близости к природе. Психологическое влияние на человека созданной им среды (озеленение, бесшумность, чистота, эстетически благоприятные архитектурные формы и др.) является важнейшей проблемой всей экологии [1].

Для повышения уровня биопозитивности следующим шагом идёт создание условий для существования мелких животных на озелененной или пригодной для этого поверхности здания и сооружения, похожей на природный субстрат (кора деревьев, почва, природные камни и пр.).

Очень просто этот вопрос решается для берегоукрепительных сооружений в зоне, соприкасающейся с водой: для удобного крепления обрастаний устраивают вытянутые по береговой линии поверхности субстрата, омываемые водой (рис. 6) [3].

Одним из условий готовности строительных объектов при застройке является проведение на заключительном этапе работ озеленения. Кроме множества экологических функций,

которые выполняет фитоценоз, включающие: создание благоприятного микроклимата в помещениях, защита от пыли, вибрации, загазованности, шума, достижение общего оздоровительного эффекта и т.д., зеленые насаждения улучшают эстетический вид застройки, придают декоративность и красоту. По соображениям экологов, все свободные участки территорий вокруг зданий и сооружений, а также и отдельные их поверхности (стены, крыши), следует подвергать фитоценолотическому освоению (рис. 7, 8) [5].



Рисунок 6 – Устройство берегоукрепительных сооружений

а)

б)

в)



Рисунок 7 – Примеры выполнения архофитомелиоративных мероприятий:  
 а – наньянский технологический университет, Школа искусства, дизайна и мультимедиа Сингапура; б – магазин Ann Demeulemeester Shop, Республика Корея;  
 в – использование растений для реставрации фасадов (Япония)

Уже давно известно, что экологически целесообразно озеленять крыши зданий с плоской кровлей. В проектах многих знаменитых архитекторов были предусмотрены сады на эксплуатируемой кровле. Ле-Корбюзье считал их «программным пунктом новой архитектуры». При помощи устройства гидроизоляции, дренажного слоя и почвенного покрова озеленяемая кровля защищает дома от перегрева летом и теплопотерь в зимний период, препятствует загрязнению, улучшает микроклимат, уменьшает излучение вредных веществ, присущее обычным крышам при перегреве. Примером может послужить Ботанический сад МГУ – газон площадью 850 м<sup>2</sup>, сотворенный работниками на крыше оранжереи, который за три года (с 1998 по 2001) прекрасно выполнил свои экологические функции.

В градостроительном комплексе каждое здание с плоской крышей следует проектировать с эксплуатируемым покрытием в виде открытой площадки, атриума, дендрария или солярия. По исследованиям Ле-Корбюзье, это позволит получить в каждом доме ещё одну экологически чистую зону (рис. 8).

а)



б)



*Рисунок 8 – Примеры озеленения крыш зданий:  
а – «зеленая» крыша одной из высоток Нью-Йорка; б – Чикаго City Hall*

Реализация архофитомелиоративных мероприятий и придание городской застройке биопозитивного облика решают множество экологических проблем. Создание условий существования и развития растений на поверхности самих зданий позволяет возместить уничтоженную при строительстве биопродукцию, поддерживать видовое разнообразие растений, очищать и увлажнять воздух, ослаблять экстремальный перепад температур вне и внутри помещений, и, таким образом, сделать среду обитания человека более комфортной и улучшить состояние экологических систем.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Режим доступа: [http://otherreferats.allbest.ru/ecology/00096464\\_0.html](http://otherreferats.allbest.ru/ecology/00096464_0.html).
2. Режим доступа: [http://www.erudition.ru/referat/printref/id.31083\\_1.html](http://www.erudition.ru/referat/printref/id.31083_1.html).
3. Режим доступа: <http://www.leadnet.ru/tet/t8.htm>.
4. Режим доступа: <http://www.gvozdik.ru/analit/1911.html>.
5. Режим доступа: <http://stroika199.ru/stroitelstvo-i-ekologiya/32-ekologicheskie-trebovaniya-k-arxitekturno-234-biopozitivnost-zdaniy-i-sooruzhenij-i.html>.
6. Режим доступа: <http://traditio-ru.org/wiki>.
7. Режим доступа: <http://balconozel.vva.com.ua/st008.htm>.

#### **Т.Н. Колесникова**

Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс, г. Орел  
Доктор архитектуры, доцент, заведующая кафедрой «Архитектура»  
Тел.: +7 (4862) 73-43-66  
E-mail: [kolesnikovoj@yandex.ru](mailto:kolesnikovoj@yandex.ru)

#### **Е.В. Котова**

Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс, г. Орел  
Тел.: +7 953 617 93 27  
E-mail: [elena.linainvers@yandex.ru](mailto:elena.linainvers@yandex.ru)

#### **А.О. Скрипкина**

Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс, г. Орел  
Старший преподаватель кафедры «Архитектура»  
Тел.: +7 920 821 17 48  
E-mail: [asik85@list.ru](mailto:asik85@list.ru)

T. KOLESNIKOVA, E. KOTOVA, A. SKRIPKINA

## **BIOPOSITIVITY BUILDING AND ARHNPHYTOMELIORATION AS INTEGRAL COMPONENTS OF THE ARCHITECTURE OF MEGACITIES**

*The participants discussed such concepts as «biopositivity» and «arhnphytomelioration» as a means of recovery of the largest cities of the sensations of the natural environment. Indicated by the problem of aesthetic attractiveness of modern cities, the causes and consequences of rational construction without environmental component. Offered various methods of the decision on restoration of nature in the Metropolitan areas. Environmental friendliness, and focus on the preservation of the environment identified as the main criteria for the construction of large cities.*

**Keywords:** *biopositivity buildings; arhnphytomelioration; natural environment; nature conservation and natural regenerating objects; vertical gardening.*

## BIBLIOGRAPHY

1. Rezhim dostupa: [http://otherreferats.allbest.ru/ecology/00096464\\_0.html](http://otherreferats.allbest.ru/ecology/00096464_0.html).
2. Rezhim dostupa: [http://www.erudition.ru/referat/printref/id.31083\\_1.html](http://www.erudition.ru/referat/printref/id.31083_1.html).
3. Rezhim dostupa: <http://www.leadnet.ru/tet/t8.htm>.
4. Rezhim dostupa: <http://www.gvozdik.ru/analit/1911.html>.
5. Rezhim dostupa: <http://stroika199.ru/stroitelstvo-i-ekologiya/32-ekologicheskie-trebovaniya-k-arxitekturno/234-biopozitivnost-zdanij-i-sooruzhenij-i.html>.
6. Rezhim dostupa: <http://traditio-ru.org/wiki>.
7. Rezhim dostupa: <http://balconozel.vva.com.ua/st008.htm>.

### **T. Kolesnikova**

State university – educational-science-production complex, Orel  
Doctor of architecture, associate professor, head of department «Architecture»  
Ph.: +7 (4862) 73-43-66  
E-mail: kolesnikovoj@yandex.ru

### **E. Kotova**

State university – educational-science-production complex, Orel  
Ph.: +7 953 617 93 27  
E-mail: elena.linainvers@yandex.ru

### **A. Skripkina**

State university – educational-science-production complex, Orel  
Senior lecturer of department «Architecture»  
Ph.: +7 920 821 17 48  
E-mail: asik85@list.ru

СИДЕЛЬНИКОВА О.П.

## РАДИАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЗДАНИЙ

*Естественные радионуклиды создают основной вклад в среднюю дозу облучения населения. Радиационный фон в помещениях рассматривается как один из основных видов лучевого воздействия окружающей среды на население, т.к. человек проводит большую часть своего времени внутри помещения. В настоящее время с принятием федеральных законов: «О радиационной безопасности населения» №3-ФЗ от 09.01.1996 г., «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» № 52-ФЗ от 30.03.99 г., а также «Норм радиационной безопасности» (НРБ-99/2009), «Основных санитарных правил обеспечения радиационной безопасности» (ОСПОРБ-99/2009 во многом изменились подходы к организации радиационного контроля в строительной отрасли и, как следствие, к организации контроля радиационной безопасности населения.*

**Ключевые слова:** *естественные радионуклиды; радиационный фон помещений; эффективная удельная активность; эквивалентная объемная активность; дочерние продукты распада радона; плотность потоков радона; радиационная безопасность.*

В настоящее время возрос интерес к проблеме ионизирующего облучения населения. В зависимости от его происхождения излучение классифицируется на естественное и искусственное.

Естественные радионуклиды (ЕРН) присутствуют практически во всех объектах окружающей среды и в организме человека. Ионизирующее излучение создает радиационный фон. В облучении человека наиболее существенное значение имеют ЕРН уранового и ториевого ряда (материнские радионуклиды  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$  и  $^{40}\text{K}$ ). В помещениях человек подвергается воздействию как внешнего гамма-излучения, обусловленного содержанием ЕРН в строительных материалах, так и внутреннего, связанного с вдыханием содержащихся в воздухе  $^{222}\text{Rn}$  и его дочерних продуктов распада (ДПР) [5].

Трудами отечественных и зарубежных специалистов доказано, что природные источники ионизирующего излучения вносят основной вклад в дозу облучения населения. Средняя эффективная доза, обусловленная природными источниками, составляет около 2/3 дозы от всех источников ионизирующего излучения, воздействующих в настоящее время на человека [9]. Не только содержание и активность радионуклидов в регионах меняется в широких пределах, но и индивидуальные дозы в зданиях, построенных из различных материалов. В целом значения эффективных доз облучения населения для регионов изменяются от 2,6 до 20 мЗв/год.

Доза облучения практически всеми компонентами естественного радиационного фона зависит от деятельности людей. Эти компоненты получили название – технологически усиленный фон. В процессе переработки минерального сырья может происходить концентрирование ЕРН в конечных или промежуточных продуктах, а также в отходах производства. Такие производства могут являться поставщиками строительной продукции с повышенной концентрацией ЕРН [3, 13].

В настоящее время признано, что эффективные дозы населения в помещениях могут быть весьма высокие и их можно уменьшить, а также избежать возникновения значительных доз при строительстве новых зданий путем вмешательства в сложившуюся практику строительства [8].

Гамма-излучение радионуклидов, содержащихся в строительных материалах, создает относительно равномерное внешнее облучение человека. Мощность дозы гамма-излучения в помещении однозначно связана со средневзвешенной по массе удельной активностью ЕРН в используемых стройматериалах ( $A_{\text{эфф}}$ ) [7]. Нормирование радиоактивности стройматериалов позволяет ограничить мощность дозы в строящихся зданиях.

Возможности снижения гамма-фона эксплуатируемых зданий весьма ограничены. Такое снижение реально только в тех случаях, когда повышенный уровень фона обусловлен использованием для засыпки перекрытий и территорий около здания материалов с повышенным содержанием ЕРН.

Радон вместе с дочерними продуктами распада вносит примерно 70% годовой индивидуальной эффективной дозы облучения, получаемой населением от земных источников радиации.

Радиоактивный инертный газ  $^{222}\text{Rn}$  образуется при распаде  $^{226}\text{Ra}$ , входящего в семейство  $^{238}\text{U}$ . Благодаря относительно большому периоду полураспада (3,82 суток) радон может распространяться по порам и трещинам почв, земных пород, строительных конструкций. Он может выходить в воздух помещений и в атмосферу. Основными источниками поступления радона в воздух помещений является его выделение из почвы под зданием и из строительных конструкций. При распаде радона образуются его короткоживущие дочерние продукты ДПР:  $^{218}\text{Po}$ ,  $^{214}\text{Pb}$ ,  $^{214}\text{Bi}$  с периодом полураспада 3,1; 26,8; 19,7 минут соответственно. Вдыхание ДПР приводит к облучению легочной ткани человека. Доза облучения легких от ДПР определяется величиной эквивалентной равновесной объемной активности радона.

Величине коллективной дозы пропорциональны негативные последствия воздействия радона и ДПР, проявляющиеся в увеличении числа заболеваний раком легкого, неблагоприятных генетических эффектах и патологических нарушениях состояния системы кроветворения у лиц, в течение длительного времени находящихся в атмосфере с относительно высоким уровнем содержания в ней радона и продуктов его распада. За счет них, в основном, и формируется коллективная доза облучения населения Российской Федерации, составляющая примерно 300000 чел-Зв в год и 1% смертей от рака легкого [11]. Проблема защиты людей от воздействия радона имеет не только радиационно-гигиеническое, но и социальное значение.

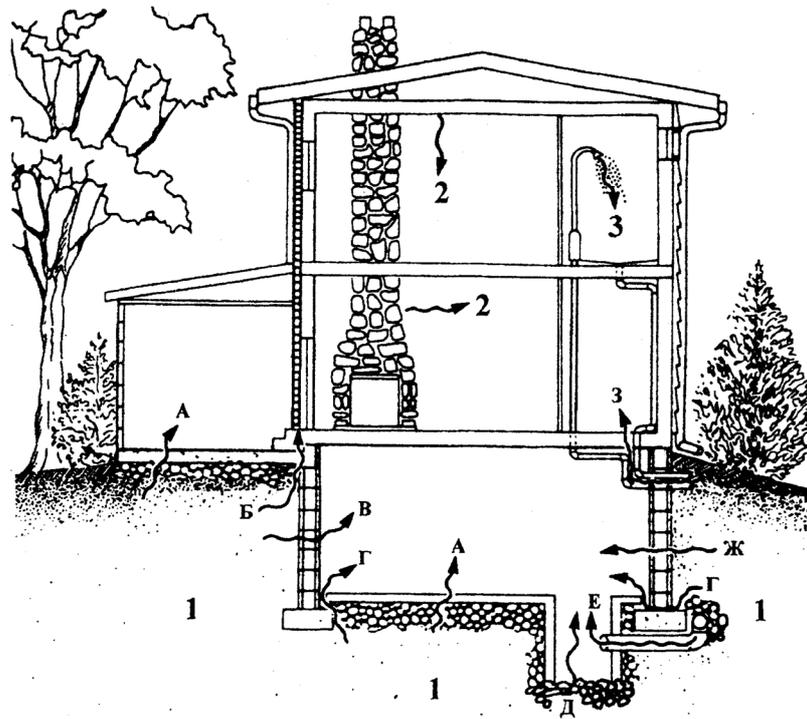
Особое внимание исследователей привлекает проблема последствий воздействия радона на детский организм. При вдыхании продуктов распада радона доза облучения в бронхах существенно зависит от возраста, понижаясь с его увеличением, а максимальная доза приходится на возраст 6 лет. Поэтому относительный риск развития рака легкого в результате облучения продуктами распада радона у детей в возрасте до 10 лет выше, чем у взрослых. При облучении в возрасте до 20 лет закладывается примерно половина величины риска возникновения опухолей.

К сожалению, в обществе существует недопонимание радоновой опасности или, во всяком случае, ее игнорирование как проблемы социального значения. Связано это с тем, что:

- последствия воздействия радона проявляются через многие годы после начала контакта с ним;
- нет прямых органолептических показателей присутствия радона в воздухе и в воде (окраски, запаха и т.п.);
- люди не хотят принимать на себя решения по снижению риска облучения от радона и ДПР в жилых домах, поскольку такое решение в ряде случаев потребует в дальнейшем некоторых экономических затрат;

Поэтому с целью эффективного предупреждения негативных последствий воздействия радона и ДПР требуется преодоление сложившегося стереотипа о том, что только радиационные аварии или утечки высокорadioактивных отходов могут создать социально неприемлемые условия для проживания больших контингентов людей.

На дозу, обусловленную радоном, тороном и их дочерними продуктами распада, существенное влияние оказывают радиационные характеристики строительных материалов и почвы под зданием, в меньшей степени радиационные показатели используемой воды и бытового газа. В различных регионах влияние каждого фактора имеет свои особенности, которые зависят от геологического строения, концентрации радиоэлементов в породах, почвах, подземных водах, коэффициента эманирования, наличия разломов [6]. В зависимости от изменения этих характеристик меняются и индивидуальные дозы в зданиях.



**Рисунок 1 – Основные источники и пути проникновения радона в здания [1]:**  
 1 – почва под зданием; 2 – строительные материалы; 3 – вода из подземных источников;  
 А – трещины в бетонных перекрытиях; Б – пространство за облицовочной стеной,  
 установленной на неперекрытом фундаменте из полых блоков; В – поры и трещины  
 в бетонных блоках фундамента; Г – соединения между полом и стенами; Д – открытая  
 почва; Е – швы между блоками фундамента, заполненные раствором; Ж – плохо изолированные  
 вводы труб и коммуникаций; 3 – открытые торцы пустотелых блочных стен

Как видно из рисунка, путями проникновения радона в здание могут стать практически любые неплотности в оболочке здания, расположенные ниже уровня земли: трещины в перекрытиях, открытые участки почвы в подвальном помещении или подпольном пространстве, вводы труб и коммуникаций, стыки между плитами и блоками и т.д. Проблема обеспечения радоновой безопасности зданий должна решаться комплексно, с учетом всех факторов, обуславливающих поступление радона в помещение.

В целях защиты населения и работников от влияния природных радионуклидов должны осуществляться [12]:

- выбор земельных участков для строительства зданий и сооружений с учетом уровня выделения радона из почвы и гамма-излучения;
- проектирование и строительство зданий и сооружений с учетом предотвращения поступления радона в воздух этих помещений. При проектировании новых зданий жилищного и общественного назначения должно быть предусмотрено, чтобы среднегодовая эквивалентная равновесная объемная активность дочерних изотопов радона и торона в воздухе помещений  $\text{ЭРО}_{\text{Rn}}+4,6 \cdot \text{ЭРО}_{\text{Th}}$  не превышала  $100 \text{ Бк/м}^3$ , а мощность эффективной дозы гамма-излучения не превышала мощность дозы на открытой местности более чем на  $0,2 \text{ мкЗв/ч}$ .
- проведение производственного контроля строительных материалов, приемка зданий и сооружений в эксплуатацию с учетом уровня содержания радона в воздухе помещений и гамма-излучения природных радионуклидов;
- эксплуатация зданий и сооружений с учетом уровня содержания радона в них и гамма-излучения природных радионуклидов. В эксплуатируемых зданиях среднегодовая эквивалентная равновесная объемная активность дочерних изотопов радона и торона в воздухе жилых помещений не должна превышать  $200 \text{ Бк/м}^3$ . При более высоких значениях объемной активности должны проводиться защитные мероприятия, направленные на снижение поступления радона в воздух помещений и улучшение вентиляции помещений. Защитные мероприятия

должны проводиться также, если мощность эффективной дозы гамма-излучения в помещениях превышает мощность дозы на открытой местности более чем на 0,2 мкЗв/ч.

При невозможности выполнения нормативов путем снижения уровня содержания радона и гамма-излучения природных радионуклидов в зданиях и сооружениях должен быть изменен характер их использования.

Эффективная удельная активность ( $A_{эфф}$ ) природных радионуклидов в строительных материалах (щебень, гравий, песок, бутовый камень, цементное и кирпичное сырье и пр.), добываемых на месторождениях или являющихся побочным продуктом промышленности, а также отходы промышленного производства, используемые для изготовления строительных материалов (золы, шлаки и пр.), не должна превышать [4]:

- для материалов, используемых в строящихся и реконструируемых жилых и общественных зданиях (I класс):  $A_{эфф} = A_{Ra} + 1,3A_{Th} + 0,09A_K \leq 370$  Бк/кг,

где  $A_{Ra}$  и  $A_{Th}$  – удельные активности  $^{226}\text{Ra}$  и  $^{232}\text{Th}$ , находящихся в равновесии с остальными членами уранового и ториевого рядов;  $A_K$  – удельная активность  $^{40}\text{K}$  (Бк/кг);

- для материалов, используемых в дорожном строительстве в пределах территории населенных пунктов и зон перспективной застройки, а также при возведении производственных сооружений (II класс):  $A_{эфф} \leq 740$  Бк/кг;

- для материалов, используемых в дорожном строительстве вне населенных пунктов (III класс):  $A_{эфф} \leq 1,5$  кБк/кг.

При  $1,5$  кБк/кг  $< A_{эфф} < 4,0$  кБк/кг (IV класс) вопрос об использовании материалов решается в каждом случае отдельно по согласованию с федеральным органом Госсанэпиднадзора.

При  $A_{эфф} > 4,0$  кБк/кг материалы не должны использоваться в строительстве.

Запрещается использовать строительные материалы и изделия, не отвечающие требованиям по обеспечению радиационной безопасности.

Современная стратегия обеспечения радиационной безопасности населения, получившая свое развитие в новой редакции системы нормативно-правовых актов, требует серьезного пересмотра основных практических подходов к оценке и обеспечению радиационного благополучия населения. Прежде всего, это необходимо в связи с введением в 1998 году Федеральной программы радиационно-гигиенической паспортизации организаций и территорий России. С принятием концепции эффективной дозы как меры радиационного риска, в корне изменились требования как к самой измерительной информации, так и условиям ее получения и интерпретации. Наконец, в современных условиях, когда изменились потребительские качества товаров и услуг, в разряд их перешли жилые и производственные здания, земля и ее недра (в разной степени), в силу целого ряда причин существенно ужесточились требования к их радиационным характеристикам. В последние годы сделкам на рынке недвижимости предшествует радиационный контроль помещений и территорий.

За это же время существенные изменения произошли в важнейшей отрасли экономики, которая в значительной мере и определяет облучение населения – строительной индустрии. Изменились структура и качество применяемых материалов, интенсивность строительства, технологии производства строительных изделий, возведения зданий и т.д. И, самое главное, произошли качественные изменения радиационных характеристик.

В соответствии с исследованиями, проводимыми в 1996-1999 гг. на территории Волгоградской области ЛРК ВолгГАСУ, установлено, что плотности потоков радона из почв составляют 28-107,9 мБк/м<sup>2</sup> с и относятся ко 2-й, а некоторые к 3-й категории радоноопасности [2, 10], поэтому застройка на этих территориях может производиться с обязательным применением умеренных и усиленных противорадиационных средств.

Принципиально пониженное содержание радона во внутреннем воздухе помещений может быть обеспечено за счет [1, 6]:

- выбора для строительства участка с низкими выделениями радона из грунтов;
- применения ограждающих конструкций, эффективно препятствующих проникновению радона из грунтов в здание;
- удаления радона из внутреннего воздуха помещений.

На стадии предпроектных изысканий должна производиться экспертная оценка потенциальной радоноопасности участка на основе анализа комплекса качественно и количественно определяемых факторов. Наиболее значимые факторы, которые следует учитывать при этом, включают в себя:

- ЭРОА радона в эксплуатируемых на рассматриваемом или вблизи рассматриваемого участка зданиях;

- плотность потока радона на поверхности земли;
- ОА радона в почвенном воздухе;
- характеристики геологического строения разрезов;
- удельная активность радия в слоях пород геологических разрезов;
- коэффициент эманирования радона в породах геологического разреза.

Таким образом, развитие научных идей в области радиационной безопасности населения, их практическая реализация в рамках национальной системы радиационной защиты обеспечат решение проблемы ограничения облучения населения от природных источников облучения, позволят оптимизировать систему защиты населения и снизить радиационные риски.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жуковский, М.В. Радоновая безопасность зданий [Текст] / М.В. Жуковский, А.В. Кружалов, В.Б. Гурвич, И.В. Ярмошенко. – Екатеринбург: УрОРАН, 2000.
2. Козлов, Ю.Д. Справочник по радиационному контролю в стройиндустрии [Текст] / Ю.Д. Козлов, О.П. Сидельникова, П.А. Сидякин. – Волгоград: ВолгГАСА, 1999.
3. Козлов, Ю.Д. Высокие технологии с использованием источников ионизирующих излучений в промышленности [Текст] / Ю.Д. Козлов, И.В. Стефаненко, С.В. Ермолаев, О.П. Сидельникова. – М.: Энергоатомиздат, 2006.
4. Нормы радиационной безопасности (НБР-99) СП 2.6.1.758-98. Ионизирующее излучение, радиационная безопасность [Текст]. – М.: Минздрав России, 1999.
5. Онищенко, Г.Г. Основные итоги деятельности государственной санитарно-эпидемиологической службы по ограничению облучения населения России от природных источников ионизирующих излучений, нерешенные проблемы и задачи на предстоящий период [Текст] / Г.Г. Онищенко, С.И. Иванов // Материалы научно-практической конференции «Актуальные проблемы ограничения облучения населения от природных источников ионизирующего излучения. Радон-2000», 18-20 апреля 2000 г. – Москва, 2000. – С. 3-11.
6. Пособие к МГСН 2.02-97. Проектирование противорадоновой защиты жилых и общественных зданий [Текст]. – М.: Правительство Москвы, Москомархитектура, 1998.
7. Рыжакова, Н.К. Оценка вклада стройматериалов в радиационный фон жилых помещений г. Томска [Текст] / Н.К. Рыжакова, Н.И. Башкиров, Н.В. Титенкова. – АНРИ, 2002. – №4.
8. Сидельникова, О.П. Оценка защиты для снижения мощности дозы в помещениях [Текст] / О.П. Сидельникова, Г.Н. Крикунов // Методические рекомендации. – Днепропетровск: ДИСИ, 1993.
9. Сидельникова, О.П. Влияние активности естественных радионуклидов строительных материалов на радиационный фон помещений [Текст] / О.П. Сидельникова, Ю.Д. Козлов. – М.: Энергоатомиздат, 1996.
10. Сидельникова, О.П. Радиационный контроль в стройиндустрии [Текст] / О.П. Сидельникова. – М.: АСВ, 2002.
11. Федеральная целевая программа снижения уровня облучения населения России и производственного персонала от природных радиоактивных источников на 1994-1996 гг. (программа «Радон») [Текст] // АНРИ, 1994. – №3.
12. Федеральный закон РФ «О радиационной безопасности населения» от 1996 г. №3-ФЗ [Текст].
13. Худяков, В.А. Организация контроля и управления радиационной нагрузкой в помещениях [Текст] / В.А. Худяков, К.О. Чичиров, О.П. Сидельникова. – Пенза: ПГУ АС, 2004.

#### **О.П. Сидельникова**

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет, г. Волгоград  
Доктор технических наук, профессор кафедры «Безопасность жизнедеятельности в техносфере»

O. SIDELNIKOVA

### **RADIATION AND ECOLOGICAL ASPECTS OF BUILDING CONSTRUCTION**

*Natural radioactive nuclides are the main reason of mean dose of population. Since people most of their time spend inside radiation background in buildings is considered to be one of the negative impacts of environment, a kind of radiation that has a great influence on population. Nowadays after the adoption of federal laws «On radiation security of population» № 3-ФЗ from 01.09. 1996, «On sanitary and epidemiological welfare of population» № 52-ФЗ from 03.30 1999, and also «Radiation safety standards» (NRB-99/2009), «Principal sanitary radiation safety rules» (OSPORB-99/2009) the approach towards the radiation control management in a building sector has changed a lot, and consequently, the approach towards the management of radiation security of population.*

**Keywords:** *natural radioactive nuclides; radiation background in buildings; effective specific activity; equivalent volumetric activity; radon daughter; radon flux density; radiation security.*

## BIBLIOGRAPHY

1. Zhukovskij, M.V. Radonovaja bezopasnost' zdaniy [Tekst] / M.V. Zhukovskij, A.V. Kruzhalov, V.B. Gurvich, I.V. Jarmoshenko. – Ekaterinburg: UrORAN, 2000.
2. Kozlov, Ju.D. Spravochnik po radiacionnomu kontrolju v strojindustrii [Tekst] / Ju.D. Kozlov, O.P. Sidel'nikova, P.A. Sidjakin. – Volgograd: VolgGASA, 1999.
3. Kozlov, Ju.D. Vysokie tehnologii s ispol'zovaniem istochnikov ionizirujushhijh izluchenij v promyshlennosti [Tekst] / Ju.D. Kozlov, I.V. Stefanenko, S.V. Ermolaev, O.P. Sidel'nikova. – M.: Jenergoatomizdat, 2006.
4. Normy radiacionnoj bezopasnosti (NBR-99) SP 2.6.1.758-98. Ionizirujushhee izluchenie, radiacionnaja bezopasnost' [Tekst]. – M.: Minzdrav Rossii, 1999.
5. Onishhenko, G.G. Osnovnye itogi dejatel'nosti gosudarstvennoj sanitarno-jepidemiologicheskoy sluzhby po ogranicheniju obluchenija naselenija Rossii ot prirodnyh istochnikov ionizirujushhijh izluchenij, nereshennye problemy i zadachi na predstojashhij period [Tekst] / G.G. Onishhenko, S.I. Ivanov // Materialy nauchno-prakticheskoy konferencii «Aktual'nye problemy ogranichenija obluchenija naselenija ot prirodnyh istochnikov ionizirujushhego izluchenija. Radon-2000», 18-20 aprelja 2000 g. – Moskva, 2000. – S. 3-11.
6. Posobie k MGSN 2.02-97. Proektirovanie protivoradonovoj zashhity zhilyh i obshhestvennyh zdaniy [Tekst]. – M.: Pravitel'stvo Moskvy, Moskomarhitektura, 1998.
7. Ryzhakova, N.K. Ocenka vklada strojmaterialov v radiacionnyj fon zhilyh pomeshhenij g. Tomska [Tekst] / N.K. Ryzhakova, N.I. Bashkirov, N.V. Titenkova. – ANRI, 2002. – №4.
8. Sidel'nikova, O.P. Ocenka zashhity dlja snizhenija moshhnosti dozy v pomeshhenijah [Tekst] / O.P. Sidel'nikova, G.N. Krikunov // Metodicheskie rekomendacii. – Dnepropetrovsk: DISI, 1993.
9. Cidel'nikova, O.P. Vlijanie aktivnosti estestvennyh radionuklidov stroitel'nyh materialov na radiacionnyj fon pomeshhenij [Tekst] / O.P. Cidel'nikova, Ju.D. Kozlov. – M.: Jenergoatomizdat, 1996.
10. Sidel'nikova, O.P. Radiacionnyj kontrol' v strojindustrii [Tekst] / O.P. Cidel'nikova. – M.: ASV, 2002.
11. Federal'naja celevaja programma snizhenija urovnja obluchenija naselenija Rossii i proizvodstvennogo personala ot prirodnyh radioaktivnyh istochnikov na 1994-1996 gg. (programma «Radon») [Tekst] // ANRI, 1994. – №3.
12. Federal'nyj zakon RF «O radiacionnoj bezopasnosti naselenija» ot 1996 g. №3-FZ [Tekst].
13. Hudjakov, V.A. Organizacija kontrolja i upravlenija radiacionnoj nagruzkoj v pomeshhenijah [Tekst] / V.A. Hudjakov, K.O. Chichirov, O.P. Cidel'nikova. – Penza: PGU AS, 2004.

### O. Sidelnikova

Volgograd state university of architecture and civil engineering, Volgograd

Doctor of technical science, professor of department «Health and safety in a technosphere»

ФЕДОРОВА М.А.

## КОНЦЕПЦИЯ СЕРИЙНОСТИ В АРХИТЕКТУРЕ В УСЛОВИЯХ РАЗВИТОГО КАПИТАЛИЗМА

*В статье рассматривается развитие концепции серийности в архитектуре в условиях развитого капитализма. Изучаются методы формообразования архитектурных объектов и концепций данного периода, в которых используется серийный подход. В контексте развития глобализации и мультикультурализма, а также увеличения массового производства, проникающего во все сферы, возникает дисбаланс между массово-воспроизводимым и уникальным, единичным. Как следствие появляется необходимость поиска новых методов формообразования в архитектуре, которые позволили бы решить определенные задачи, сформированные тенденциями данного времени. С момента внедрения компьютерного моделирования в процесс создания объектов архитектуры, серийность наиболее активно развивается в качестве основы формообразующих методов, что в свою очередь позволяет, отвечая требованиям современности, достигать определенного разнообразия в контексте массового производства.*

**Ключевые слова:** серийность, глобализация, мультикультурализм, комбинаторика, метаболизм, деконструктивизм, диаграмминг.

Понятие серии и серийности на данный момент становится наиболее актуальным. Развитие и интеграция этих понятий в различные сферы науки и культуры стали наиболее заметны в последней трети XX века. Этот процесс стал следствием комплексного изменения во многих областях науки, культуры, техники и технологии, а также развития общества в целом.

С конца второй мировой войны начался процесс глобализации и повышения нового среднего класса. Стремительное развитие мировой экономики и производства привело к появлению огромного числа производителей, в результате чего рынок довольно скоро насытился массовым продуктом. На фоне развития процесса глобализации и мультикультурализма, менялась и психология общества. Дж. Уардом было введено понятие «кризис идентификации». Он описывает его следующим образом: «Это понятие ярко характеризует психологический аспект, возможно служивший поводом к поиску нового, индивидуального на фоне бесконечного воспроизводства». Как пишет Лиотар, «эkleктизм является нулевой степенью общей культуры: по радио слушают реггей, в кино смотрят вестерн, на ланч идут в McDonald's, на обед в ресторан с местной кухней, употребляют парижские духи в Токио и одеваются в стиле ретро в Гонконге». Коллаж превращается в постмодерне из частного приема художественной техники в универсальный принцип построения культуры. Это формирует социально-психологические ситуации, когда человек, особенно молодой, оказывается неспособным четко зафиксировать свою позицию по отношению к плюральным аксиологиям, а, следовательно, не может зафиксировать самоидентичность своего сознания и себя как личности» [1].

Возникла необходимость решения современных задач, сформированных последними тенденциями в науке и обществе. Эти изменения, в свою очередь, создали предпосылку для развития новых методов в архитектуре. Изучение понятия серийности, а также его внедрение в архитектуру в качестве основы метода формообразования, позволяет найти компромиссное решение, поскольку серийный подход помогает добиться определенного разнообразия в контексте массового производства.

Серийность как феномен рассматривается и многими философами. Французский философ Жиль Делез определяет значение и типологию серийности на основе двух понятий: различие и повторение. Он также выделяет два типа - качественная серия и количественная: «В случае, когда серия состоит из компонентов объединенных общим принципом, но различимых между собой определенной эксклюзивной чертой, дополнением, этот компонент становится ступенью развития. При этом он не может быть изъят из общей цепи. В этом состоит отличие от чистой копии, которую можно заменить другой или изъять. Противоположным типом является количественное изменение, в котором не возникают внутренние изменения, а лишь про-

исходит наложение очередного варианта на исходный прототип» [2]. Умберто Эко, в свою очередь, говорит о том, что обе структуры существуют взаимосвязано. В том случае, когда существуют лишь количественные изменения и не происходит качественных преобразований, структура перестает развиваться. Многие исследования понятия серийности в философии находят отражение и в сфере архитектуры.

К примеру, в 30-е годы в Советском Союзе развивается серийное строительство. В стране внедряются некоторые промышленные технологии на основе заграничного опыта, а после 1954 года, когда Хрущев начинает развивать идею эффективного строительства на основе стандартизации, этот процесс приобретает массовый характер. Задача состояла в том, чтобы предельно сократить количество типов строящихся объектов, а затем каталогизировать их детали и элементы конструкций. Каталоги станут для архитекторов чем-то вроде поваренной книги: проектирование сведется к комбинированию заданных «ингредиентов», а вероятность нестандартных решений приблизится к нулю [11]. Подобный принцип позволял максимально удешевить и унифицировать процесс строительства, с одной стороны, и сохранить возможность создания отличающихся вариантов блокировок. Архитекторы разрабатывали серии типовых объектов. Одним из примеров является здание типа 1-335: пятиэтажный жилой дом, включающий широчайший выбор его приложения – здание подходит практически для любого климатического пояса. Следует отметить, что сам проект не предусматривал разнообразия: было предусмотрено все, вплоть до расстановки мебели, и даже мебельное производство отражало тенденцию максимальной экономии.

С помощью алгоритма Л. Бронера из ЦНИИЭП жилища варианты квартир получались путем комбинирования идеальных планировочных параметров. Квартиры проектировались для секционных домов, в которых они располагались вокруг центральной лестничной клетки, благодаря чему отпадала необходимость в развитых холлах и коридорах. Из получившихся 27 вариантов архитекторы отбирали самые удачные. Те, в свою очередь, пропускались через второй алгоритм, который комбинировал квартиры внутри секции. Критерием секционной разбивки служили демографические показатели, заданные проектировщиками того микрорайона, где планировалось возвести здание. Каждое помещение в квартире было рассчитано на определенные функции. Функциям присваивали коды, с помощью которых затем обозначались помещения. Каждая точка обозначала комнату, в зависимости от ее назначения. Планировочные решения возникали в результате различных изменений исходной диаграммы функциональных межкомнатных связей [11].

В результате многочисленные города СССР застраивались почти одинаковыми 1-335, которые из-за быстроты возведения и невнимания к деталям оказались достаточно недолговечными и не качественными. Можно сказать, что «серийное строительство» в данном случае реализовалось как чистое копирование, клонирование однотипных жилых единиц, что привело к однообразию в архитектуре.

Интересно этот вопрос решался в Японии. В японской архитектуре 60-70-х годов возникло направление, получившее название метаболизм, в котором принципы формообразования основаны на серийном подходе. Занявшись вслед за Кендзо Танге созданием мегаструктур и отвечая на грозящую Японию проблему перенаселения, метаболисты в конце 1950-х годов предложили ряд постоянно растущих и приспособляемых к новым нуждам «штепсельных» мегаструктур. Жилые клетки (модули) этих сооружений представляли собой предварительно изготовленные «коконы», закрепленные на огромных геликоидальных небоскребах. [3] Принцип, который создаёт цельную систему из набора трансформируемых единиц, является вариантом количественной серии, в которой определенный элемент, дублируясь и умножаясь, становится основой множества вариантов, при этом качественно не изменяясь. Таким образом, возникает мобильная система, способная к саморазвитию.

Примером варианта использования серийного подхода в направлении метаболизма являются проекты японского архитектора Кисе Курокавы. Проект «Геликс Сити» (Токио, Япония, 1961) представляет собой спиральную структуру, подобную хромосоме ДНК в системе жизни человека, имеющую форму трехмерной системы кластеров. Подобная структура представляет собой процесс серийного развития, в котором прототип размножается по определенному принципу, при наличии возможности различных вариантов трансформации. Еще один

пример метаболистической архитектуры - павильон Экспо'70 Takara Beautilion (Суита, Осака, Япония, 1968-1970), в котором четырехэтажный каркас верхней части составлен из стальных труб. В результате формируется структура дерева, развивающаяся во всех направлениях. Эта структура потенциально готова к расширению или копированию горизонтально и вертикально, в зависимости от концепции и необходимости. Самый знаменитый проект Кисе Курокавы: Капсульная Башня Nakagin (Ginza, Токио, Япония, 1970-1972 года). Капсула Nakagin - первый мировой пример капсульной архитектуры, построенной для фактического использования, где сами капсулы являются помещениями и встраиваются в общую мегаструктуру здания [5].

Капсульная Башня Nakagin является примером поиска компромисса между массовым и индивидуальным в архитектуре. Курокава сформировал концепцию проекта таким образом, чтобы при условии массового технического воспроизведения сохранялась возможность создавать индивидуальное пространство. Капсульные единицы устанавливаются в определенное «ядро» так, чтобы можно было комбинировать съемные и заменяемые единицы для размещения одного человека или целой семьи. Капсульная Башня Nakagin становится опытным образцом жизнеспособной архитектуры нового типа. Следует отметить, что в данном случае метод Курокавы, позволяющий создавать комбинации из готовых элементов, представляет собой пример использования только одного типа серии – количественного. Серийность в данном случае является методом на основе создания различных вариантов комбинирования ячеек, которые поддаются бесконечному повторению и трансформации. Но, следует отметить, что одновременно должен происходить и процесс качественных преобразований. Примером серии качественных изменений в эпоху постмодернизма может служить система фракталов, подразумевающая под собой бесконечно «самоподобную» геометрическую фигуру, каждый фрагмент которой повторяется при уменьшении масштаба. Подобный принцип также используется в проектах Кисе Курокавы.

Принципы и общая концепция метаболизма дали возможность многостороннему развитию серийного подхода. Проекты метаболистов полагались в большой степени на технологический прогресс, и зачастую состояли из мегаструктур способных к саморасширению. Но, несмотря на то, что большая часть проектов на основе принципов метаболизма не могла быть реализована, архитекторы, развивавшие это направление, создали дополнительную основу для экспериментов с формообразованием другим авторам.

На основе теоретических исследований современной философии, в частности французского философа Жака Дерриды, в конце 1980-х годов в качестве самостоятельного течения формируется деконструктивизм. В этом направлении также возникают примеры серийного подхода. Например, ряд проектов Эйзенмана может быть представлен как серия, в которой используются и различия и повторения. При этом повторяющим фактором является принцип формирования архитектурного объекта: наложение нескольких систем (сетка города и ландшафт) и последующая трансформация, а отличающим, – тип искажения. Aronoff Center for Design and Art, Tours Center for Contemporary Arts and Music Conservatory, The Max Reinhardt Haus, Church of the Year, Haus Immendorff - все эти объекты организованы общей линией преобразований: наложением двух структур, а затем искажением общей структуры различными типами трансформации. Используя один исходный прототип, но, применяя к нему различные типы трансформаций или меняя последовательность и направление модификаций, можно получить разные результаты. В проектах Питера Эйзенмана прототип трансформируется под влиянием контекста, каждый раз нового. Таким образом, принцип формообразования в данном случае представляет собой программу последовательных преобразований, результатом которых может явиться бесконечное число отличающихся объектов. В 1978 году Эйзенман использовал приемы декомпозиции, объект создавался путем вычитания элементов и проведения над ним ряда механических действий.

По мнению архитектора, мы живем во время незаконченных, частичных объектов и целей, поэтому объект – это всего лишь фиксация фрагмента несуществующего прошлого и невозможного будущего. Он использует метод масштабирования (увеличения или уменьшения сетки и рисунка), таким образом, чтобы объект стал самоподобным, а из не-антропометрических путей

создания объектов особо выделяет «масштабирование», «коллаж» и «самоподобие», туда же относит и «фрактальную», «самоподобную», «прерывистую» геометрию [6].

Развивается своеобразная система, в которой появляется возможность на основе качественных преобразований получать неопределенное число вариантов конечных объектов. Опыты Эйзенмана, расширяют словарь комбинаторных преобразований, развивая композиционную грамматику архитектуры. В качестве исходной формы архитектор берет, как правило, куб – объем, потенциально содержащий в себе «источник неисчерпаемого многообразия». Затем начинается «артикуляция – кристаллизация идеи». Куб членится колоннами, плоскостями, часто конструктивно ложными [7].

Подобный подход так же иллюстрирует применение принципа серийности в основе формообразующего метода. В данном случае объединяющим фактором является способ создания конечного объекта, основанный на определенных геометрических трансформациях исходного прототипа, а отличающим – контекст и тип модификаций, благодаря которым получается оригинальный вариант.

С момента внедрения компьютерных технологий в процесс проектирования, спектр возможностей формообразования стал значительно шире. Уже в проектах Эйзенмана очевидным является изменение методологии на основе использования компьютерных технологий. Этот фактор также стал основой для развития серийного подхода в проектировании на новом этапе. Специфика цифровых методов в том, что серийный процесс уже изначально заложен в основу. Таким образом, с появлением нового инструмента, - компьютера - происходит изменение в самой архитектуре.

С середины 1990-ых годов начинает развиваться новое направление, - Blobitecture (архитектура капли), - термин использованный архитектором Греггом Линном в 1995 году в его экспериментах в цифровом проекте с metaball графическим программным обеспечением для обозначения движения в архитектуре, в которой здания имеют органическую выпуклую форму. Архитекторы формируют объекты, управляя алгоритмами компьютера. Общий принцип формообразования подобным методом основан на внедрении в процесс так называемой фрактальной структуры. При этом фрактал становится не только структурой объекта, но методом, которым этот объект был создан. Грег Линн в серии своих книг говорит о том, что blob - это более развитая форма куба: она способна транслировать большее количество информации, чем примитивная коробка. [8] Таким образом, архитектура капли представляет собой направление, отвечающее происходящим изменениям в современном обществе и, одновременно является примером еще одного метода на основе серийности.

Наиболее ярким примером создания blobitecture - форм является архитектура NOX, - группа, возглавляемая голландским архитектором и художником Ларсом Спайброком. Объекты NOX имеют непрерывную геометрию, где этажи, стены и потолки сливаются в единое целое. Как говорит Ларс Спайброк: «Эта архитектура отражает технологическую революцию, где мощные вычислительные инструменты заменяют простое копирование элементов, бесконечной разновидностью». [9] Компьютер используется как в процессе проектирования, так и при непосредственной реализации. Ларс Спайброк считает, что скоро будет возможно иметь абсолютно уникальные объекты в единой структуре за цену, которая прежде была бы возможной только через большое количество копий. Он говорит: «мы разрушаем противоречие между элитарной ручной работой и подвергнутыми машинной обработке фрагментами; между Ар Нуво и Баухаусом за счет высоких технологий» [10].

NOX использует новый метод формообразования, основанный на так называемом, - Diagramming (диаграмминге), - диаграммном изображении, которое является первой ступенью к metadesign (метапроектирование, метадизайн). Метадизайн часто используется в графическом и промышленном дизайне, и в основном подразумевает проектирование с «шаблоном» или «трафаретом». Таким образом, создается универсальная структура, которая может сама продолжаться себя.

Ларс Спайброк практически переводит философские рассуждения, относящиеся к анализу концепции серийности, на язык архитектуры. При этом он очень ярко характеризует сознание современного общества, как потребителя «продукции архитектуры». Совместив принцип коллажа деконструктивизма и нового принципа компьютерного моделирования, а также

серийный подход на основе качественных и количественных изменений, NOX создает универсальный метод проектирования: предполагаемое направление движения людей, - схема коммуникаций переводится в язык архитектуры, и становится вектором, относительно которого происходят трансформации исходного прототипа.

Архитектура также должна была создавать серийные объекты, предполагающие возможность воспроизводства и, одновременно, удовлетворяющие требованиям индивидуальности. В условиях развитого капитализма, процессов глобализации и мультикультурализма возникло несколько направлений серийной концепции. С одной стороны, современные тенденции формируют подход на основе расчленения на самостоятельные структуры и объединение их в новое целое в различных вариациях. Метаболисты предложили принцип для массового общества на основе комбинаторики, - создание крупномасштабных, гибких и расширяемых структур. Однако использование серийности только в качестве чистого копирования, т.е. в том случае, когда серия не подразумевает качественных изменений, может привести к появлению однообразия. Другой подход характеризуется возможностью цифрового моделирования в качестве нового инструмента в проектировании архитектурных объектов. В результате серийность становится основой метода формообразования с использованием цифровых технологий. Следует отметить, что в данном случае, уже можно говорить о совмещении качественного и количественного типа серий, что позволяет добиться наиболее гармоничного решения проблемы дисбаланса между массовым и уникальным в архитектуре.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Можейко, М.А. Идентификации кризис. Энциклопедия постмодернизма [Текст]. yanko.lib.ru: электронная библиотека. 2000. URL:[http://yanko.lib.ru/books/encicl/post\\_mod\\_enciclop\\_all.html](http://yanko.lib.ru/books/encicl/post_mod_enciclop_all.html) (дата обращения: 23.05.11).
2. Делез, Ж. Различия и повторения [Текст]. – Спб.: ТОО ТК «Петрополис», 1998. – 384 с.
3. Фремpton, К. Современная архитектура: Критический взгляд на историю развития [Текст] / Пер. с англ. Е.А. Дубченко; Под ред. В.Л. Хайта. – М.: Стройиздат, 1990. – 414 с.
4. Kurokawa Kisho. Critique og Popular Formalism. Kisho.co.jp: официальный сайт архитектора Кисе Курокава. 2006. URL: <http://kisho.co.jp/page.php/294.html> (дата обращения: 25.11.11).
5. Kurokawa Kisho. Critique og Popular Formalism. Kisho.co.jp: официальный сайт архитектора Кисе Курокава. 2006. URL: <http://kisho.co.jp/page.php/294.html> (дата обращения: 25.11.11).
6. Турбин, Д.А. Деконструктивизм. cih.ru: Архитектурный альманах Корпус - web-версия. 2001. URL: <http://cih.ru/k2/decon1.html> (дата обращения: 09.01.12).
7. Турбин, Д.А. Деконструктивизм. cih.ru: Архитектурный альманах Корпус - web-версия. 2001. URL: <http://cih.ru/k2/decon1.html> (дата обращения: 09.01.12).
8. Дженкс, Ч. Язык архитектуры постмодернизма [Текст] / Ч. Дженкс. – М.: Стройиздат, 1985. – 136 с.
- 9-10. Spuybroek L. Diagramming/interviewed by Cho Im Sik. Sarai.net: Интернет-портал с публикациями. URL:<http://sarai.net/publications/readers/02-the-cities-of-everyday-life/03diagramming.pdf>.
11. Хрущев, Н.С. Фрагменты речи на Всесоюзном совещании строителей 7 декабря 1954 г. [Текст] / Н.С. Хрущев // «ПРОЕКТ РОССИЯ. Микрорайон». – Самара: «АСС-ПРЕСС», 2003. – №25.

#### М.А. Федорова

Самарский государственный архитектурно-строительный университет, г. Самара  
Ассистент кафедры «Рисунок, живопись, скульптура»  
Тел.: +7 904 747 77 07  
E-mail: mari.fedorowa@gmail.com

M. FEDOROVA

### CONCEPT OF SERIALITY IN ARCHITECTURE IN THE MOVEMENT OF THE ADVANCED CAPITALISM

*In article evolution of seriality as a basis of new architectural methods in the movement of the advanced capitalism is examined. Methods of morphogenesis in some examples of architectural objects and concepts in a given time in which serial approach be used are studied. In a context of development*

*of globalization and multiculturalism, and also increases in the mass production getting into all of sphere, the unbalance between mass-reproduced and unique, individual is appear. Consequently appears a necessity of searches of new methods of morphogenesis in architecture which would allow to solve the certain problems generated by tendencies of given time. Since computer simulation became a part of creation process in architecture, Seriality develops in a basis of morphogenesis methods more actively. It, has in turn allowed satisfying requirements of the present by means of obtaining of the certain variety in a context of mass production.*

**Keywords:** seriality; globalization; multiculturalism; combinatorics; metabolism; deconstructivism; diagramming.

## BIBLIOGRAPHY

1. Mozhejko, M.A. Identifikacii krizis. Jenciklopedija postmodernizma [Tekst]. yanko.lib.ru: jelektronnaja biblioteka. 2000. URL:[http://yanko.lib.ru/books/encicl/post\\_mod\\_enciclop\\_all.html](http://yanko.lib.ru/books/encicl/post_mod_enciclop_all.html) (data obrashhenija: 23.05.11).
2. Delez, Zh. Razlichija i povtorenija [Tekst]. – Spb.: TOO TK «Petropolis», 1998. – 384 s.
3. Frempton, K. Sovremennaja arhitektura: Kriticheskiy vzgljad na istoriju razvitija [Tekst] / Per. s angl. E.A. Dubchenko; Pod red. V.L. Hajta. – M.: Strojizdat, 1990. – 414 s.
4. Kurokawa Kisho. Critique og Popular Formalism. Kisho.co.jp: oficial'nyj sajt arhitekтора Kise Kurokava. 2006. URL: <http://kisho.co.jp/page.php/294.html> (data obrashhenija: 25.11.11).
5. Kurokawa Kisho. Critique og Popular Formalism. Kisho.co.jp: oficial'nyj sajt arhitekтора Kise Kurokava. 2006. URL: <http://kisho.co.jp/page.php/294.html> (data obrashhenija: 25.11.11).
6. Turbin, D.A. Dekonstruktivizm. cih.ru: Arhitekturnyj al'manah Korpus - web-versija. 2001. URL: <http://cih.ru/k2/decon1.html> (data obrashhenija: 09.01.12).
7. Turbin, D.A. Dekonstruktivizm. cih.ru: Arhitekturnyj al'manah Korpus - web-versija. 2001. URL: <http://cih.ru/k2/decon1.html> (data obrashhenija: 09.01.12).
8. Dzhenks, Ch. Jazyk arhitektury postmodernizma [Tekst] / Ch. Dzhenks. – M.: Strojizdat, 1985. – 136 s.
- 9-10. Spuybroek L. Diagramming/interviewed by Cho Im Sik. Sarai.net: Internet-portal s publikacijami. URL:<http://sarai.net/publications/readers/02-the-cities-of-everyday-life/03diagramming.pdf>.
11. Hrushhev, N.S. Fragmenty rechi na Vsesojuznom soveshhanii stroitelej 7 dekabnja 1954 g. [Tekst] / N.S. Hrushhev // «PROEKT ROSSIJa. Mikrorajon». – Samara: «ASS-PRESS», 2003. – №25.

### M. Fedorova

Samara state university of architecture and civile engineering, Samara

Assistant of department «Drawing, painting, sculpture»

Ph.: +7 904 747 77 07

E-mail: mari.fedorowa@gmail.com

УДК 691.3

АКУЛОВА М.В., СЕЛИВЕРСТОВА О.В.

### **ВЛИЯНИЕ ЧЕТЫРЕХКОМПОНЕНТНОЙ КОМПЛЕКСНОЙ ДОБАВКИ НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БЕТОННОЙ СМЕСИ И ПРОЧНОСТЬ ТЯЖЕЛОГО БЕТОНА**

*В статье рассматривается влияние комплексной четырехкомпонентной добавки в бетонную смесь на основе поверхностно-активных веществ и солей сульфокислот: суперпластификатор С-3, лигносульфонаты технические ЛСТ, смола древесная омыленная СДО, тиосульфат и роданид натрия. Исследуется эффективность действия отдельных компонентов добавки на реологические свойства бетонной смеси: удобоукладываемость и связность, а также подбирается комплекс компонентов для получения наилучшего технического результата в тяжелом бетоне: повышение прочности во все сроки твердения бетона.*

**Ключевые слова:** суперпластификатор С-3; лигносульфонаты технические; смола древесная омыленная; соли сульфокислот; добавка; бетонная смесь; удобоукладываемость; сохраняемость; воздухововлечение; прочность.

Имеющийся мировой опыт показывает, что требования к современным технологиям получения строительных материалов ужесточаются. Строительный материал должен обладать заданными гармонично сочетаемыми свойствами. В этих случаях рационально использование комплексных добавок, в частности, для бетонов применение химических добавок является обязательным условием в строительной индустрии [3]. В данном исследовании изучалось влияние различных органических соединений на свойства бетонной смеси и физико-механические свойства бетона. Определялось совместное влияние различных добавок для создания композиционной четырехкомпонентной добавки. В работе исследовались такие показатели, как удобоукладываемость и сохраняемость бетонной смеси, кинетика твердения образцов бетона. В качестве исследуемых компонентов добавки в бетонную смесь были выбраны следующие органические вещества:

1. Суперпластификатор С-3 на основе сульфированных нафталиноформальдегидных соединений. Данный продукт относится к категории поверхностно-анионоактивных веществ, содержащий смесь олигомеров и полимеров, которая является компонентной основой вещества, а также содержит непрореагировавшую соль –  $\beta$ -нафталинсульфокислоты ( $\beta$ -соль) и сульфат натрия.

2. Смесь балластных солей сероочистки коксового газа на основе тиосульфата и роданида натрия (СБС).

3. Лигносульфонаты технические (ЛСТ) – побочные продукты переработки древесины на целлюлозу.

4. Смола древесная омыленная – жидкая смола, полученная путем омыления частично конденсированной (термообработанной) древесной смолы щелочью (СДО).

Эффективность действия добавок в бетонных смесях проверялась в соответствии с ГОСТ 30459 «Добавки для бетонов и строительных растворов. Оценка и определение эффективности». Для изготовления бетонной смеси использовались следующие материалы: Мордовский цемент (ЦЕМ1 42,5Б); Гранит М-1200 (фр. 5-20 мм); песок хромцовский 1 класса ( $M_k=2,2$ ); вода техническая. Расход материалов на 1 м<sup>3</sup> бетона составил: цемент – 350 кг; песок – 776 кг; щебень 1125 кг; вода 182 кг. Результаты испытаний сравнивались с контрольным (бездобавочным) составом бетонной смеси, осадка конуса которого составила 2,5 см.

Известно [1], что адсорбционная способность суперпластификаторов в бетонных смесях определяется рядом факторов, главными из которых является молекулярная масса поверхностно-активных веществ, длина углеводородной цепи, а также сродство полярной груп-

пы с данной поверхностью. В результате адсорбции снижается водопотребность бетонной смеси и улучшается ее удобоукладываемость. Так, при введении в бетонную смесь суперпластификатора С-3 в дозировке 0,5% ее подвижность была на уровне П5 (23 см), что подтверждает сильное суперпластифицирующее и диспергирующее действие добавки.

На пластифицирующую и замедляющую способность схватывания бетонной смеси помимо вещественного состава цемента и действия ПАВ влияет также способ введения добавки в бетонную смесь. Установлено [1], что наибольший пластифицирующий эффект добавки и сроки схватывания бетонной смеси достигаются за счет введения этой добавки в бетонную смесь непосредственно на влажные материалы. Это объясняется тем, что при затворении цемента водой трехкальциевый алюминат начинает быстро взаимодействовать с гипсом, образуя твердую фазу этрингит. Когда же добавка вводится в бетонную смесь на влажные материалы, трехкальциевый алюминат  $C_3A$ , содержащийся в цементе, частично прореагировав с гипсом, остается в большем содержании в жидкой фазе. Следовательно, увеличивается замедление сроков схватывания бетонной смеси и сохраняемость ее реологических свойств. При введении добавки суперпластификатора С-3 в бетонную смесь вышеизложенным способом в дозировке 0,5% от массы цемента сохраняемость реологических свойств составила всего 45 мин по отношению к контрольному составу. Наличие скорой гидратирующей способности и быструю потерю подвижности бетонной смеси можно объяснить повышенным содержанием в минералогическом составе цементного клинкера силикатов кальция  $C_3S$  и трехкальциевого алюмината  $C_3A$ . Данный вид цемента относится к типу быстротвердеющих. Поэтому, для более длительной сохраняемости бетонной смеси целесообразно вводить добавки-замедлители.

Доказано [1], что применение другой добавки – ЛСТ в бетонных или растворных смесях ограничивается, как правило, 0,25% от массы цемента. Но такая дозировка не является эффективной по пластифицирующим свойствам. При увеличении дозировки добавки для наибольшего пластифицирующего эффекта до 0,5-0,7% можно наблюдать побочные явления: замедление структурообразования и набора прочности бетона.

Лигносulfонаты технические вводились в бетонную смесь при дозировке 0,5% от массы цемента, при этом осадка конуса была на уровне 24 см, наблюдалось небольшое воздухововлечение и расслоение бетонной смеси, сохраняемость составила 110 мин.

Как видно из полученных результатов, наибольшей «жизнеспособностью» обладает бетонная смесь с лигносульфонатом техническим. Принцип адсорбции ЛСТ аналогичен адсорбции нафталинформальдегидных соединений и основывается на электростатическом отталкивании частиц цемента [1]. Однако помимо основных молекул лигносульфоновой кислоты технические лигносульфонаты также содержат сахара, обладающие способностью замедлять схватывание бетонной смеси, а при высоких дозировках снижать прочность бетона.

Чтобы получить бетонную смесь с хорошими реологическими свойствами и повышенной жизнеспособностью к компоненту суперпластификатор С-3 было добавлено небольшое количество лигносульфоната технического в следующем соотношении: С-3 – 85% и ЛСТ – 15%. Полученная двухкомпонентная смесь вводилась в бетонную смесь в той же дозировке 0,5%. Исследования показали, что сохраняемость бетонной смеси с двухкомпонентной добавкой достигала 90 минут, подвижность была на уровне П5. Прочностные показатели бетона с двухкомпонентной добавкой представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Прочностные показатели бетона с двухкомпонентной добавкой

Вид бетона	В/Ц	Д, %	ОК, см	Сохраняемость, мин.	Предел прочности бетона при сжатии в возрасте, МПа				Эффективность $\Delta$ , %
					1 сут.	3 сут.	7 сут.	28 сут.	
Контрольный состав	0,5	–	2,0	–	11,2	25,7	35,6	40,4	-10,0
С добавкой С-3 +ЛСТ	0,5	0,5	24,5	90	7,0	26,7	34,3	36,5	

Как видно из таблицы 1, набор прочности бетона в возрасте 28 суток с добавкой суперпластификатора С-3 в комплексе с ЛСТ по отношению к контрольному образцу был меньше ввиду замедляющего действия двухкомпонентной добавки в начальный период гидратации и дополнительного воздухововлечения.

Известно, что смесь балластных солей сероочистки коксового газа на основе тиосульфата и роданида натрия является сильными ускорителями схватывания и твердения цементных бетонов. Следует также учитывать, что в составе данной смеси содержится определенное количество сульфатов натрия. Существует мнение [2], что данные вещества могут вызывать коррозию бетона. Установлено, что при дозировке нафталиноформальдегидных соединений 1% и содержании сульфатов натрия 15%, изменение содержания свободных щелочей составит всего 0,05%, а сульфатов по оксиду серы  $SO_3 - 0,1\%$ , что существенно ниже значений этих параметров в самом портландцементе. Кроме того, смесь солей на основе тиосульфатов и роданидов натрия эффективно растворяет минералы цемента и распределяет соотношение между гелевой и капиллярной пористостью бетона. В итоге, ускоряются процессы схватывания и твердения, и соответственно, повышается прочность бетона.

Так как органические соли являются отчасти регуляторами структурообразования и основное предназначение их – увеличить прочность бетона в ранние сроки твердения, было принято решение выявить эффективность исследуемых реологических свойств бетонной смеси и прочности бетона в дозировке 0,7% от массы цемента по сухому веществу.

В результате проведенных экспериментов отмечена низкая удобоукладываемость и пластификация бетонной смеси – 7,5 см. Кинетика твердения бетона с добавкой представлена на рисунке 2.

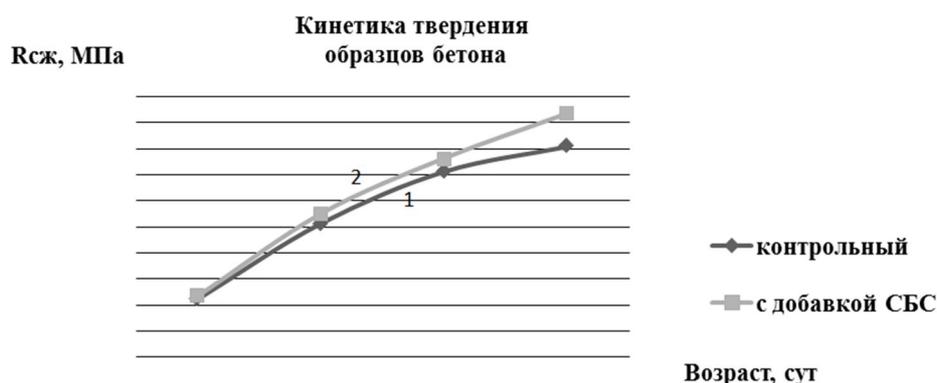


Рисунок 2 – Кинетика твердения образцов бетона:  
1 – контрольный без добавки; 2 – с добавкой СБС

Как видно из графиков, приведенных на рисунке 2, у образцов бетона с добавлением солей тиосульфата и роданида натрия наблюдается повышение предела прочности при сжатии относительно контрольного состава во все сроки твердения.

Исследования кинетики набора прочности образцов бетона с вводимыми отдельно в бетонную смесь ускорителей твердения показали возможность добавления к комплексу С-3 +ЛСТ третьего компонента – смесь балластных солей сероочистки коксового газа (СБС) в следующем соотношении: С-3 – 70%, ЛСТ – 10%, СБС – 20%. Сравнительная характеристика технических показателей бетона с трехкомпонентной добавкой представлена в таблице 2.

Как видно из данных, приведенных в таблице 2, спроектированный состав является эффективным по пластифицирующим свойствам (увеличение марки по подвижности до П4 при средней дозировке, улучшение удобоукладываемости бетонной смеси) и увеличение предела прочности бетона при сжатии в проектном возрасте. Но такой состав добавки имеет и ряд ограничений, например, его нельзя применять в бетоны, где требуется высокая морозостойкость и водонепроницаемость.

Высокие показатели долговечности бетонов можно достичь и за счет увеличения расхода вяжущего согласно СНиП 82-02 – 95 «Федеральные элементные нормы расхода цемента

при изготовлении бетонных и железобетонных изделий и конструкций», но это не будет являться экономически целесообразным, так как в итоге приведет к удорожанию бетона.

Таблица 2 – Сравнительная характеристика технических показателей бетона с трехкомпонентной добавкой

Вид бетона	В/Ц	Добавка, %	ОК, см	Плотность бетонной смеси, г/см <sup>3</sup>	Сохраняемость бетонной смеси, мин.	Предел прочности бетона при сжатии через сут., МПа				Эффективность Δ, %
						1	3	7	28	
Контр	0,5	-	2,0	2400	-	11,2	25,7	35,6	40,4	+16,0
С добавкой	0,5	0,5	20	2375	80	11,8	27,6	38,2	46,8	

Известно [1], что высокая морозостойкость в бетонах достигается за счет правильного организованного воздухововлечения, получения условно замкнутых гелевых пор с минимальным расстоянием между ними.

Исследуя свойства бетонной смеси с воздухововлекающим компонентом смолой древесной омыленной (СДО), была выявлена зависимость содержания воздуха в смеси от дозировки добавки (рис. 3). Как видно из графиков на рисунке 3, с увеличением дозировки увеличивается воздухововлечение в бетонной смеси и ее пластифицирующая способность. При дозировке воздухововлекающего компонента 0,1% содержание воздуха в бетонной смеси составляло 11,5 %, при этом осадка конуса находилась на уровне 12 см.

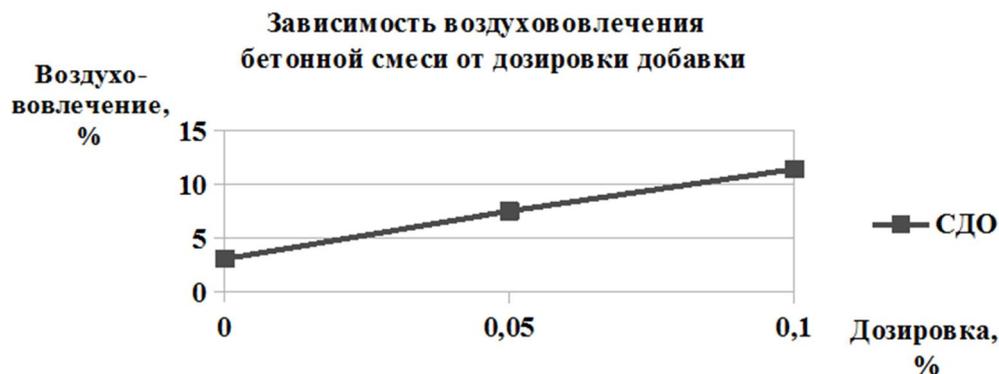


Рисунок 3 – Зависимость воздухововлечения бетонной смеси от дозировки добавки СДО

Для достижения высокой морозостойкости необходимо иметь воздухововлечение в бетонную смесь на уровне 7-8%, поэтому в состав трехкомпонентной добавки дополнительно был введен воздухововлекающий компонент (с учетом воздухововлекающего действия лигносульфонатов технических) в следующем соотношении: С-3 – 65%; ЛСТ – 10%; СБС – 20%; СДО – 5%. Эффективность состава бетона с комплексной четырехкомпонентной добавкой представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Сравнительная характеристика свойств бетонной смеси и бетона с четырехкомпонентной добавкой

Вид бетона	Дозировка, %	ОК, см	Воздухововлечение бетонной смеси, %	Сохраняемость, мин.	Предел прочности при сжатии бетона в возрасте сут., МПа				Эффективность Δ, %
					1	3	7	28	
Контр.	-	2,0	3,4	-	11,2	25,7	35,6	40,4	+21,0
С добавкой	0,6	22,5	8,6	80	13,8	28,8	40,4	48,7	

Как видно из приведенных данных, бетон с комплексной четырехкомпонентной добавкой показал увеличение пластификации, воздухововлечения, сохраняемости и прочности бетона во все сроки твердения по сравнению с предыдущими составами. Технический результат: увеличение подвижности бетонной смеси до марки П5; сохраняемость бетонной смеси больше 1 часа; увеличение воздухововлечения бетонной смеси на 5,2%, увеличение прочности бетона во все сроки твердения и водонепроницаемости до W12. Технологические характеристики четырехкомпонентной добавки представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Технические характеристики четырехкомпонентной добавки

Наименование показателей	Значение показателей для добавки в форме раствора
Внешний вид	Однородная жидкость темно-коричневого цвета
Плотность при 20°C, не менее, г/см <sup>3</sup>	1,168
Массовая доля воды, % не более	68,0
Показатель активности водородных ионов (pH)	8,0±1,0
Массовая доля ионов хлора в сухом веществе, не более	0,1
Повышение марки по удобоукладываемости бетонной смеси без снижения прочности бетона во все сроки твердения	От П1 до П5
Содержание воздуха в бетонной смеси по объему, % не более	10

Разработанный состав четырехкомпонентной добавки целесообразно применять в бетонах, предназначенных для железобетонных армированных и неармированных конструкций в естественных условиях и в условиях ТВО с различными классами бетона до В-40. А также возможно применение в товарных бетонных смесях при транспортировке их на незначительные расстояния, где сохраняемость смеси требуется ориентировочно в течение 60-80 мин. Организованное воздухововлечение бетонной смеси сделает ее при транспортировке связной и удобоукладываемой, а полученные бетоны – высокоморозостойкими и водонепроницаемыми. В дальнейшем данный разработанный состав планируется исследовать в композициях с цементом различного минералогического состава.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Батраков, В.Г. Модифицированные бетоны [Текст] / В.Г. Батраков // Теория и практика. – М: 1998 – 290. – 376 с.
2. Ружинский, С.И. Популярное бетоноведение [Текст] / С.И. Ружинский. – Харьков, 2005 – 75 с.
3. Баженов, Ю.М. Технология бетона [Текст] / Ю.М. Баженов. – М: АСВ, 2002. – 98 с.

#### **М.В. Акулова**

Ивановский государственный политехнический университет, г. Иваново  
Доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой «Производство строительных материалов, изделий и конструкций»  
E-mail: m\_akulova@mail.ru

#### **О.В. Селиверстова**

Ивановский государственный политехнический университет, г. Иваново  
Аспирант  
Тел.: +7 904 034 00 08  
E-mail: tds\_tp@mail.ru

M. AKULOVA, O. SELIVYORSTOVA

## THE INFLUENCE OF FOUR-COMPONENT ADMIXTURE ON RHEOLOGICAL PROPERTIES OF CONCRETE MIX AND DURABILITY OF HEAVY CONCRETE

*The article describes the effect of complex four-component admixture in concrete mix based on surface-active substances and sulphosalts: superplasticizer S-3, technical lignosulfonates (TLS), saponified wood resin SWR, sodium thiosulfate and thiocyanate. The efficiency of individual admixture components impact on rheological properties of concrete mix is studied: workability and cohesion. A set of components is defined for the best technical result in heavy concrete: increase in strength in all terms of hardening and watertightness.*

**Keywords:** *superplasticizer; technical lignosulfonates; saponified wood resin; sulphosalts; admixture; concrete mix; workability; strength.*

## BIBLIOGRAPHY

1. Batrakov, V.G. Modificirovannye betony [Tekst] / V.G. Batrakov // Teorija i praktika. – M: 1998 – 290. – 376 s.
2. Ruzhinskij, S.I. Populjarnoe betonovedenie [Tekst] / S.I. Ruzhinskij. – Har'kov, 2005 – 75 s.
3. Bazhenov, Ju.M. Tehnologija betona [Tekst] / Ju.M. Bazhenov. – M: ASV, 2002. – 98 s.

### **M. Akulova**

Ivanovo state politechnical university, Ivanovo

Doctor of technical science, professor, head of department «Production of building materials, products and designs»

E-mail: m\_akulova@mail.ru

### **O. Selivyorstova**

Ivanovo state politechnical university, Ivanovo

Post graduate student

Ph.: +7 904 034 00 08

E-mail: tds\_tp@mail.ru

РУМЯНЦЕВА В.Е., РУМЯНЦЕВА К.Е., КОНОВАЛОВА В.С.

## ВЛИЯНИЕ МОДИФИКАТОРОВ ХОЛОДНОГО ФОСФАТИРОВАНИЯ НА КОРРОЗИОННУЮ СТОЙКОСТЬ СТАЛЕЙ

*Рассмотрено влияние модификаторов, вводимых в растворы холодного фосфатирования, на структуру и свойства фосфатных пленок, а, следовательно, на коррозионную стойкость сталей. С помощью электрохимических методов исследования получены поляризационные диаграммы, анализ которых позволил рассчитать основные показатели скорости коррозии. Результаты расчетов представлены в графическом виде. Проведен сравнительный анализ показателей скорости коррозии исследуемых образцов без защитных пленок и с покрытиями, сформированными в растворах фосфатирования, содержащих различные модификаторы. Предпринята попытка определения роли углеродсодержащей фазы сплавов в коррозионном поведении сталей различных марок, защищенных фосфатными пленками. Полученные данные позволяют прогнозировать возможность введения в состав растворов холодного фосфатирования компонентов, положительно влияющих на качество и защитные свойства получаемых пленок. Представленный материал, является отправной точкой для изучения механизма процесса холодного фосфатирования на поверхности сталей разных марок и разработки технологии нанесения защитных покрытий, адаптированной для строительной индустрии.*

**Ключевые слова:** коррозия; стальная арматура; фосфатирование; фосфатные пленки; модификаторы; показатели коррозии.

Железобетонные конструкции являются наиболее распространенным материалом в индустрии строительства. Армирование бетона стальными стержнями, сетками или каркасами не предохраняет изделия, работающие на изгиб, от образования трещин в растянутой зоне бетона, так как последний обладает незначительной растяжимостью, тогда как сталь выдерживает без разрушения в 5...6 раз большие растягивающие напряжения, чем бетон. Появление трещин отрицательно влияет на процесс эксплуатации железобетонного элемента: увеличиваются прогибы, в трещины проникают влага и газы, отчего создается опасность коррозии стальной арматуры [1].

С целью защиты стальной арматуры от возникновения очагов коррозии и дальнейшего ее распространения по всей поверхности целесообразно наносить на нее защитные фосфатные покрытия, которые предотвращают взаимодействие сплава с коррозионной средой. Установлено, что фосфатные пленки обеспечивают механическую защиту поверхности стали от коррозии, следовательно, необходимо получать равномерные по толщине и структуре пленки с наименьшими внутренними напряжениями. В коррозионных условиях мелкокристаллические пленки из-за меньшей пористости обладают более высокой защитной способностью, чем крупнокристаллические пленки большей толщины. На толщину, свойства и структуру пленок влияют как способ предварительной обработки поверхности и природа сплава, так и условия фосфатирования. Одним из определяющих факторов является состав раствора фосфатирования, который целесообразно модифицировать путем введения различных специальных добавок [2].

В более ранних работах [3-5] говорилось о возможных модификаторах, вводимых в растворы холодного фосфатирования с целью изменения свойств получаемых защитных пленок. Установлено, что использование в составе раствора добавок таких веществ, как сахарин, глюкоза и глицерин, способствует улучшению антикоррозионных свойств фосфатных пленок и сокращению продолжительности процесса фосфатирования. Введение нитрилотриуксусной и этилендиаминтетрауксусной кислот снижает выпадение нерастворимых фосфатов железа, что обеспечивает увеличение работоспособности раствора при сохранении защитных свойств фосфатной пленки. Исходя из этого, было подобрано несколько оптимальных составов растворов на основе традиционного раствора холодного фосфатирования, содержащего препарат «Мажеф», нитрат цинка и нитрит натрия. Модифицированный раствор №1 включает в качестве добавок сахарин, трилон А и препарат ОС-20; модифицированный раствор №2 – глюкозу,

ЭДТА и препараты ОП-4, ОП-7, ОП-10; модифицированный раствор №3 – глицерин, ЭДТА и препарат ОС – 20. Фосфатированию из исследуемых растворов подвергались углеродистые и низколегированные железоуглеродистые сплавы. Пленки на высоколегированных сталях получаются неравномерными по толщине и структуре, низкого качества.

Согласно установленной методике [6] проведены коррозионные испытания в 10% растворе NaCl образцов сталей различных марок без пленки и с нанесенными фосфатными покрытиями. Для графического метода расчета скорости и характеристик процесса коррозии получены поляризационные диаграммы  $\varphi, B - I, мкА$ , анализ которых позволил рассчитать такие показатели коррозии, как степень анодного и катодного контроля, отрицательный показатель изменения массы и глубинный показатель коррозии по приведенным формулам:

$$C_a = \frac{\Delta\varphi_a}{\varphi_{pa} - \varphi_{pk}} \cdot 100\%; \quad (1)$$

$$C_k = \frac{\Delta\varphi_k}{\varphi_{pa} - \varphi_{pk}} \cdot 100\%; \quad (2)$$

$$K_m^- = \frac{IA}{zS26,8}; \quad (3)$$

$$K_h = K_m^- \frac{8,76}{\rho_{me}}. \quad (4)$$

где  $C_a$  – степень анодного контроля, %;  $C_k$  – степень катодного контроля, %;  $K_m^-$  – отрицательный показатель изменения массы,  $г/м^2 \cdot ч$ ;  $I$  – коррозионный ток, А;  $A$  – атомная масса металла, г;  $z$  – валентность иона металла, переходящего в раствор;  $S$  – поверхность анода,  $м^2$ ;  $K_h$  – глубинный показатель коррозии,  $мм/год$ ;  $\rho_{me}$  – плотность металла,  $г/см^3$ .

Коррозионная стойкость стальных образцов, как незащищенных, так и обработанных в традиционных и разрабатываемых растворах фосфатирования, представлена на диаграммах (рис. 1-4). Выбор марок железоуглеродистых сплавов обусловлен тем, что соответственно повышению содержания углерода увеличивается количество цементита, а металлографическая структура меняется от ферритной к ферритно-цементитной [7].

В целом, как видно из диаграмм, коррозионная стойкость образцов различных марок сталей, защищенных фосфатными пленками, значительно выше, чем без покрытий. Наблюдаемые различия в показателях коррозии не слишком велики, однако, всё же для фосфатных пленок, сформированных из модифицированных растворов №1 и №2, результаты несколько выше. Принципиальных различий в отношении внешнего вида, кристаллической структуры, плотности и адгезионной прочности пленок для всех изученных систем не обнаружено.

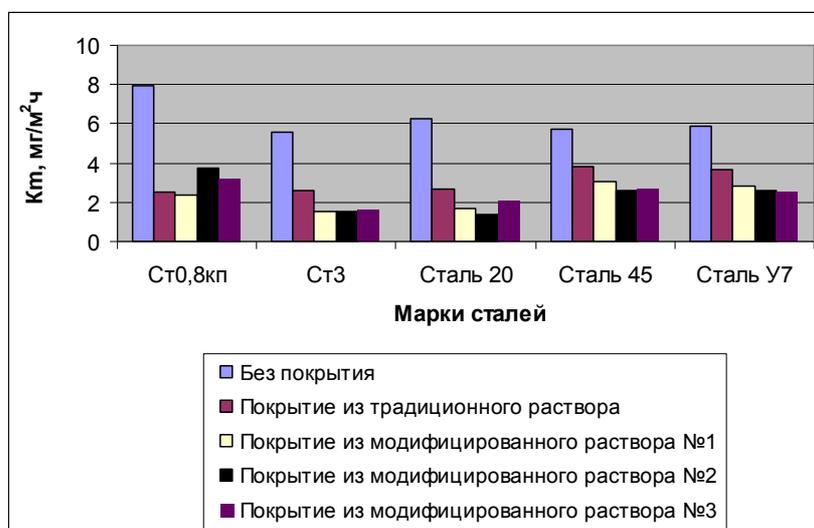


Рисунок 1 – Сравнение отрицательного показателя изменения массы образцов

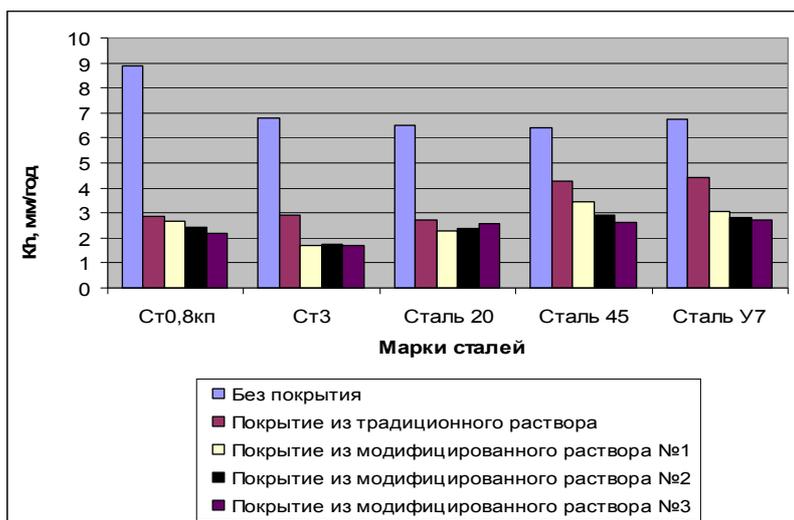


Рисунок 2 – Сравнение глубинного показателя коррозии

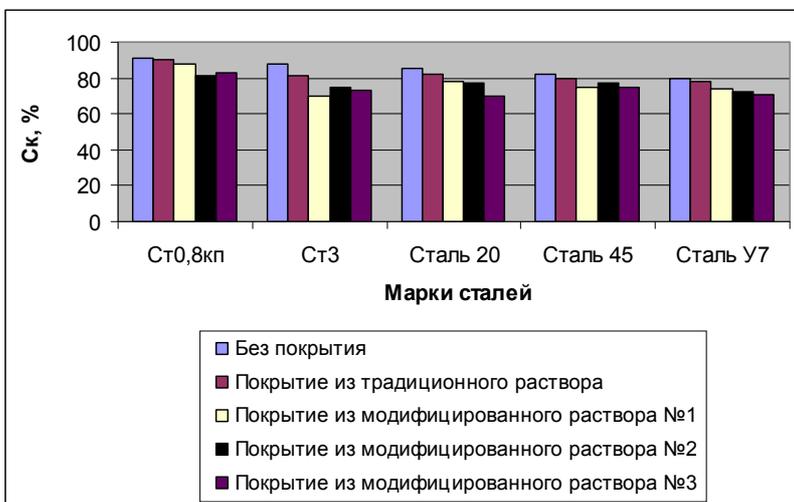


Рисунок 3 – Сравнение степени катодного контроля

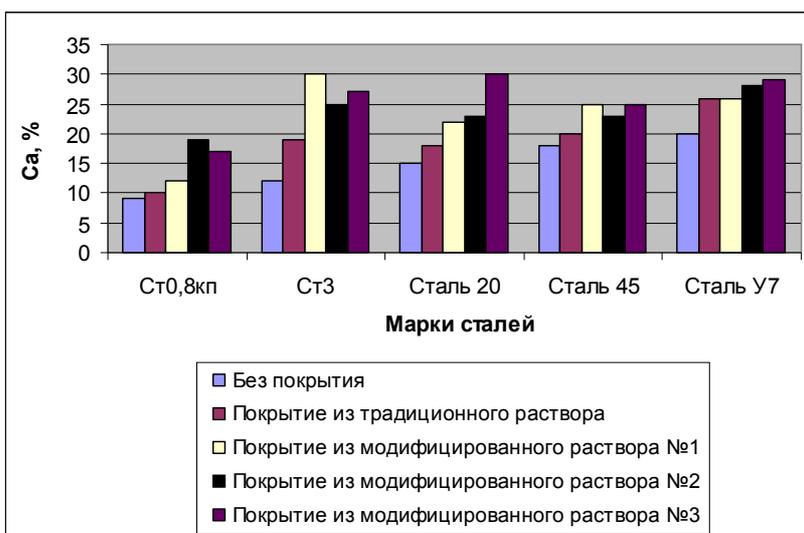


Рисунок 4 – Сравнение степени анодного контроля

Основываясь на приведенных результатах, можно рекомендовать в качестве покрытий, отвечающих требованиям к повышенной коррозионной стойкости, фосфатные пленки, полу-

ченные из растворов, содержащих в качестве модификаторов сахарин и глюкозу. Однако, принимая во внимание неплохие результаты, которые показывает модифицированный раствор №3, целесообразно продолжить оптимизацию состава этого раствора.

Таким образом, в статье предпринята попытка определения роли углеродсодержащей фазы сплавов в коррозионном поведении сталей, защищенных фосфатными пленками. Учитывая тот факт, что с увеличением содержания углерода в сталях их коррозионная стойкость уменьшается [7], существует возможность повысить антикоррозионные свойства материала с помощью модифицированных растворов холодного фосфатирования.

Представленный авторами материал является отправной точкой для изучения механизма процесса холодного фосфатирования на поверхности сталей разных марок и разработки технологии нанесения электролита, адаптированного для строительной индустрии.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев, С.Н. Коррозионная стойкость железобетонных конструкции в агрессивной промышленной среде [Текст] / С.Н. Алексеев, Н.К. Розенталь. – М.: Стройиздат, 1976. – С. 205.
2. Машенко, К. Модификаторы – шаг к повышению качества бетонов и растворов [Текст] / С.В. Федосов // Строительные материалы. – 2004. – №6. – С. 62-63.
3. Федосов, С.В. Некоторые теоретические и прикладные аспекты противокоррозионной защиты арматурной стали [Текст] / С.В. Федосов, В.Е. Румянцева // Строительные материалы. – 2010. – №5. – С. 57-60.
4. Коновалова, В.С. К вопросу о защите стальной арматуры [Текст] / В.С. Коновалова, К.Е. Румянцева, В.Е. Румянцева // Материалы IV Международной научно-технической конференции «Современные методы в теоретической и экспериментальной электрохимии». – Плес, 2012. – С. 15.
5. Коновалова, В.С. Оптимизация процесса химического фосфатирования стали [Текст] / В.С. Коновалова, К.Е. Румянцева, В.Е. Румянцева // Сборник тезисов докладов 9-ой международной конференции «Покрытия и обработка поверхности». – Москва, 2012. – С. 64-65.
6. Томашов, Н.Д. Лабораторные работы по коррозии и защите металлов [Текст] / Н.Д. Томашов, Н.П. Жук, В.А. Титов, М.А. Веденева. – М.: Металлургия. 1971. – 140 с.
7. Салтыков, С.Н. Влияние цементитной фазы железоуглеродистых сплавов на их электрохимическое поведение в щавелевой кислоте [Текст] / С.Н. Салтыков, М.С. Путилина // Защита металлов, 2006. – Т. 42. – №4. – С. 406-411.

### **В.Е. Румянцева**

Ивановский государственный политехнический университет, г. Иваново  
Доктор технических наук, профессор кафедры «Химия и охрана окружающей среды»  
Тел.: +7 (4932)37-34-36  
E-mail: vargym@gmail.ru

### **К.Е. Румянцева**

Ивановский государственный химико-технологический университет, г. Иваново  
Кандидат технических наук, доцент кафедры технологии электрохимических производств  
Тел.: +7 920 371 64 41  
E-mail: ki-rum@mail.ru

### **В.С. Коновалова**

Ивановский государственный химико-технологический университет, г. Иваново  
Магистрант кафедры «Технология электрохимических производств»  
Тел.: +7 910 997 02 68  
E-mail: kotprotiv@yandex.ru

---

V. RUMYANTSEVA, K. RUMYANTSEVA, V. KONOVALOVA

## THE INFLUENCE OF COLD PHOSPHATING MODIFIERS ON CORROSION STABILITY OF STEELS

*The influence of modifiers, entered into solutions cold phosphating, on structure and properties of phosphate films, and, consequently, on corrosion stability of steels is considered. With the help of electrochemical methods of research the polarization diagrams are received, the analysis of which al-*

lowed to calculate the basic characteristics of the rate of corrosion. The results of calculations are presented in the graphic form. The comparative analysis of indicators of corrosion process of studied samples without protective films and with coverings from the solutions of phosphate coating containing modifiers is carried out. An attempt to determine the role of carbonaceous phase of alloys in corrosion behavior of steels various grades, protected phosphate films, are made. The data obtained allow to predict the possibility of introduction in structure of solutions of a cold phosphating components, positively affecting the quality and protective properties of the obtained films. The material presented is the starting point for the study of the mechanism of the process of cold phosphating on the surface of a steel of different grades and development of technology of deposition of protective coatings, adapted for the construction industry.

**Keywords:** corrosion; steel armature; phosphate coating; phosphate films; modifiers; corrosion index.

## BIBLIOGRAPHY

1. Alekseev, S.H. Korroziionnaja stojkost' zhelezobetonnyh konstrukcii v agressivnoj promyshlennoj srede [Tekst] / S.H. Alekseev, N.K. Rozental'. – M.: Strojizdat, 1976. – S. 205.
2. Mashhenko, K. Modifikatory – shag k povysheniju kachestva betonov i rastvorov [Tekst] / S.V. Fedosov // Stroitel'nye materialy. – 2004. – №6. – S. 62-63.
3. Fedosov, S.V. Nekotorye teoreticheskie i prikladnye aspekty protivokorroziionnoj zashhity armaturnoj stali [Tekst] / S.V. Fedosov, V.E. Rumjanceva // Stroitel'nye materialy. – 2010. – №5. – S. 57-60.
4. Konovalova, V.S. K voprosu o zashhite stal'noj armatury [Tekst] / V.S. Konovalova, K.E. Rumjanceva, V.E. Rumjanceva // Materialy IV Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii «Sovremennye metody v teoreticheskoy i jeksperimental'noj jelektrohimii». – Ples, 2012. – S. 15.
5. Konovalova, V.S. Optimizacija processa himicheskogo fosfatirovanija stali [Tekst] / V.S. Konovalova, K.E. Rumjanceva, V.E. Rumjanceva // Sbornik tezisov dokladov 9-oj mezhdunarodnoj konferencii «Pokrytija i obrabotka poverhnosti». – Moskva, 2012. – S. 64-65.
6. Tomashov, N.D. Laboratornye raboty po korrozii i zashhite metallov [Tekst] / N.D. Tomashov, N.P. Zhuk, V.A. Titov, M.A. Vedeneeva. – M.: Metallurgija. 1971. – 140 s.
7. Saltykov, S.N. Vlijanie cementitnoj fazy zhelezouglerodistyh splavov na ih jelektrohimicheskoe povedenie v shhavelevoj kislothe [Tekst] / S.N. Saltykov, M.S. Putilina // Zashhita metallov, 2006. – T. 42. – №4. – S. 406-411.

### V. Roumyantseva

Ivanovo state politechnical university, Ivanovo  
Doctor of technical science, professor of department «Chemistry and preservation of the environment»  
Ph.: +7 (4932)37-34-36  
E-mail: varrym@gmail.com

### K. Roumyantseva

Ivanovo state himiko-technological university, Ivanovo  
Candidate of technical science, associate professor of department «Technology of electrochemical manufactures»  
Ph.: +7 920 371 64 41  
E-mail: ki-rum@mail.ru

### V. Konovalov

Ivanovo state himiko-technological university, Ivanovo  
Graduate student of department «Technology of electrochemical manufactures»  
Ph.: +7 910 997 02 68  
E-mail: kotprotiv@yandex.ru

ФЕДОСОВ С.В., АКУЛОВА М.В., ПОТЕМКИНА О.В.,  
ЕМЕЛИН В.Ю., БЕЛЯКОВА Н.А.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ФАЗОВОГО СОСТАВА ПЕНОБЕТОНА С ДОБАВЛЕНИЕМ ЖИДКОГО СТЕКЛА И СТЕКЛОБОЯ ТЕРМОГРАФИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

*Разработан новый состав пенобетона со средней плотностью не выше  $800 \text{ кг/м}^3$  с добавкой жидкого стекла и стеклобоя для изоляции строительных объектов и технологического оборудования от высоких температур, возникающих при возникновении чрезвычайных ситуаций. Проведено исследование изменения фазового состава пенобетона с добавлением жидкого стекла и стеклобоя термографическим методом. Предложена методология исследования структуры ячеистого бетона на комбинированном вяжущем с помощью дериватографических исследований. Приведена количественная оценка распределения кристаллогидратов и полимерных превращений в структуре пенобетона с добавкой натриевого жидкого стекла и стеклобоя.*

**Ключевые слова:** пенобетон; натриевое жидкое стекло; стеклобой; термографический анализ; дериватограф.

Интенсивное развитие промышленности, внедрение новых технологий наряду с решением важнейших проблем жизнедеятельности человека, сопровождается пожарами, авариями вплоть до техногенных катастроф. Развитие новых технологий вызывает всё более опасные аварийные ситуации, которые требуют более совершенных средств защиты людей, борющихся с этими опасными для жизни ситуациями. Поэтому в настоящее время актуальной является проблема разработки новых конструкционных материалов и изделий теплозащитного и огнестойкого назначения [1].

Одним из материалов, используемых для теплозащиты строительных конструкций, является пенобетон. Благодаря ячеистой структуре он выдерживает большие температурные напряжения по сравнению с тяжелыми бетонами, выполненными на тех же вяжущих. В настоящее время разрабатываются новые поколения пенобетонов, с более сложным составом, имеющих повышенные теплофизические характеристики. Однако они все работают в области средних температур до  $500\text{-}600^\circ\text{C}$ . Поэтому разработка новых составов пенобетонов повышенной термостойкости является актуальной задачей.

Качество ячеистых бетонов, характеризуемое потребительскими свойствами - средней плотностью, видом поровой структуры и связанными с ними механическими и теплофизическими показателями, определяется рецептурными факторами, отражающими рациональный состав бетонных смесей, технологию их приготовления и переработки [2]. Физико-механические свойства ячеистых материалов больше всего зависят от вида используемого в бетонной смеси вяжущего материала. С позиций получения жаростойких теплоизоляционных пенобетонов, наиболее подходящим вяжущим является жидкое стекло - водный раствор силиката натрия или других щелочных катионов [3]. Однако жаростойкие бетоны на одном только жидком стекле имеют пониженную водостойкость, низкие физико-механические характеристики и могут использоваться только в качестве теплоизоляции. Наиболее предпочтительно использовать смешанные цементно-жидкостекольные вяжущие, из которых можно получать конструкционно-теплоизоляционные изделия, например, в виде стеновых блоков, повышенной термостойкости.

Для получения защиты при высокотемпературной отделке бетонов разработаны подстилающие слои, содержащие бой стекла [4]. Применение боя стекла для снижения теплопроводности, по-видимому, объясняется наличием в нем аморфной фазы, которая труднее проводит тепло, чем кристаллический песок.

В данной работе был разработан новый состав пенобетона со средней плотностью не выше  $800 \text{ кг/м}^3$  с добавкой жидкого стекла и стеклобоя для изоляции строительных объектов и

технологического оборудования от высоких температур, возникающих при возникновении чрезвычайных ситуаций.

Для приготовления пенобетона использовался портландцемент Мордовского завода М500, песок Хромцовского карьера, вода, отвечающая требованиям ГОСТ 23732-79 «Вода для бетонов и растворов, пенообразователь ПБ-2000 производства ОАО «Ивхимпром», содовое жидкое стекло плотностью 1,4 г/см<sup>3</sup> и с силикатным модулем – 2,8-3,0, молотый бой листового стекла. Разработаны оптимальные составы пенобетона [5]. Они находятся в интервалах, мас. %: портландцемент 52,06-57,73; пенообразователь ПБ-2000 0,24-0,25; кварцевый песок 7,99-18,56; жидкое натриевое стекло 0,75-3,91; бой стекла 2,00-10,31; вода 23,96-24,75.

Для контрольных образцов изготавливалась сырьевая смесь для получения пенобетона, мас. %: портландцемент 30,0-31,0; пенообразователь 0,15-0,25; вода 33,0-34,0 и мелкозернистый заполнитель.

Добавки вводили на стадии приготовления растворной части смеси. Это позволяет предварительно и целенаправленно изменять технологические свойства раствора до введения пены. Приготовление бетонной смеси производилось следующим образом. Кварцевый песок, молотый бой силикатного стекла, портландцемент смешивали в отдельной емкости. В другой емкости в течение 5 минут взбивали однородную пену из 1%-го рабочего раствора пенообразователя ПБ-2000 с добавлением жидкого натриевого стекла. После приготовления пены в нее постепенно вводили смесь из сухих компонентов, продолжая постоянно взбивать массу. Затем смесь заливали в формы. Примеры составов сырьевых композиций и их термостойкость приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Составы сырьевой смеси для получения пенобетона и его термостойкость

Состав №	Содержание компонентов, мас. %:						Термостойкость пенобетона, теплосмены*
	Портландцемент	Песок	Жидкое стекло	Бой стекла	Пенообразователь	Вода	
1	52,06	10,01	3,65	10,01	0,24	24,03	1
2	53,63	10,31	0,75	10,31	0,25	24,75	5
3	53,63	18,56	0,75	2,06	0,25	24,75	>5
4	55,69	12,99	0,75	5,57	0,25	24,75	>5
5	54,83	12,80	2,28	5,48	0,24	24,37	1
6	контрольный						0

\* Примечание: термостойкость пенобетона определена по ГОСТ 20910-90 «Бетоны жаростойкие. Технические условия».

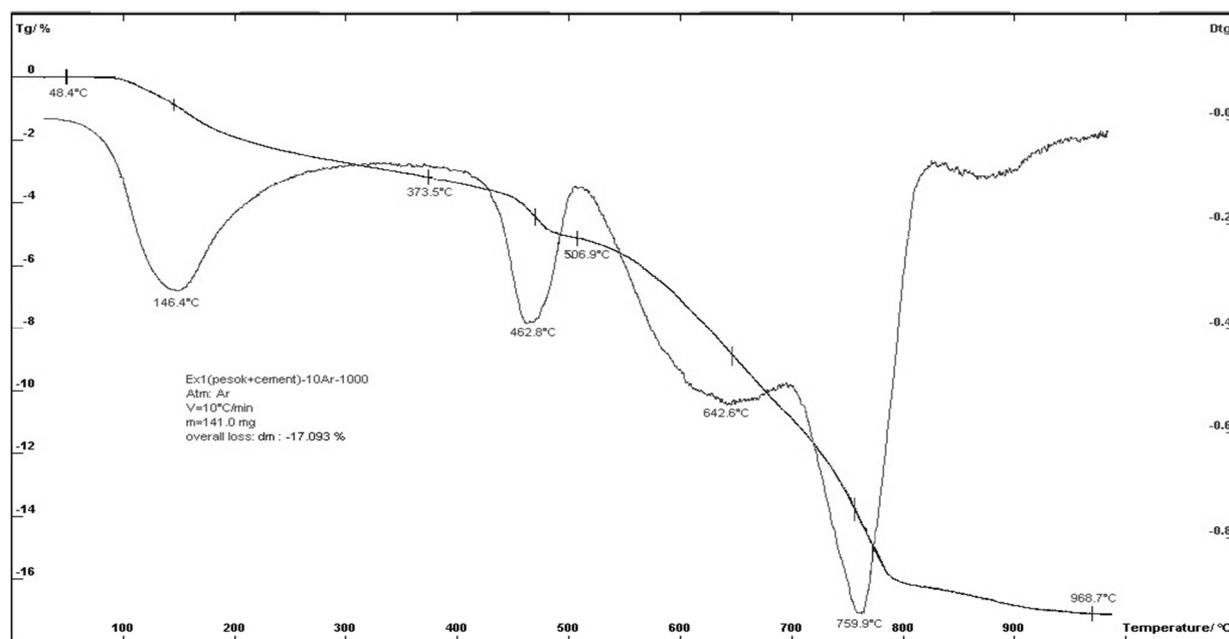
Как видно из приведенных данных при определенном содержании жидкого стекла и стеклобоя в пенобетонной смеси в значительной степени улучшается термостойкость (образцы выдерживают большее количество циклов попеременного нагревания (до 500°C) и охлаждения), улучшается трещиностойкость при резких перепадах температуры (определяли посредством внешнего осмотра образцов после каждой теплосмены), а также снижаются интенсивность потери массы и общая потеря в весе образцов при высокотемпературном нагревании. Полученный пенобетон соответствует классу жаростойкого бетона В1.

Для изучения зависимости изменения термостойкости пенобетонов с разными добавками от структуры бетонного камня был проведен термографический анализ. Термогравиметрический ТГ метод анализа основан на непрерывном измерении массы (веса) образца исследуемого вещества непосредственно в процессе его нагревания и заключается в использовании этой характеристики как показателя физико-химических превращений в исследуемом материале [6]. Термогравиметрия находит широкое применение почти во всех областях химии и в смежных областях науки и техники.

При нагревании может происходить как уменьшение, так и увеличение веса материала. Уменьшение веса, как правило, обуславливается выделением из вещества газообразных про-

дуктов, а увеличение веса – поглощением веществом кислорода в процессе окисления,  $\text{CO}_2$  в процессе рекарбонизации и т.п. Однако для большинства минералов увеличение веса при нагревании чрезвычайно мало и им пренебрегают.

Термогравиметрический (ТГ) и дифференциально-термогравиметрический (ДТГ) анализ образцов пенобетона проводился на термоанализаторе SETARAM TGA 92-24. Опыты проводились в инертной атмосфере с протоком высокочистого аргона ОХЧ (расход газа 3...5 л/ч). Проведение опытов в инертной атмосфере удобно тем, что такая постановка исключает процессы возможного окисления компонентов бетона. Нагрев образцов исследуемых материалов осуществлялся в интервале температур от комнатной до  $1000^\circ\text{C}$ , скорость нагрева составляла  $10^\circ\text{C}/\text{мин}$ . Результаты опытов представлены на термограммах (рис. 1-4) и в таблице 2.



**Рисунок 1 – Дифференциальный термогравиметрический анализ (ДТГ) и термогравиметрический (термовесовой) анализ контрольного пенобетона: (песок: цемент)**

Анализ полученных термограмм исследуемых образцов позволил выявить следующие закономерности: кривые ДТГ характеризуются тремя эндотермическими пиками, третий из которых имеет сложную форму за счет частичного перекрытия эффектов, а также одним незначительным экзоэффектом. Рассмотрим каждый пик термограмм.

На термограммах всех кривых первый эндоэффект наблюдается при температуре  $\sim 141,0-151,8^\circ\text{C}$ . Широкая эндотермическая впадина связана с испарением свободной и физически связанной воды из тоберморитоподобной фазы и из продуктов гидратации (гидроалюминаты, гидроферриты, гидроалюминаты кальция и др.) [7]. Чем больше потеря массы при испарении физически связанной воды, тем крупнее поры в цементном камне, тем ниже его прочность и термостойкость. Следовательно, с этих позиций лучший образец тот, который потерял меньше всех физически связанной влаги, то есть образец пенобетона с добавлением боя стекла и образец с совместным добавлением жидкого стекла и боя стекла.

Второй эндотермический эффект, отмеченный при температуре  $\sim 454,2 - 462,8^\circ\text{C}$ , характерен для процесса дегидратации гидроксида кальция  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , возникшей при гидратации фазы  $\text{C}_3\text{S}$ , и удаления химически связанной воды. Стоит полагать, что при гидратации алита  $\text{C}_3\text{S}$  – освободившиеся ионы  $\text{Ca}^{2+}$  вступали в химическую связь не только с гидроксильными группами  $\text{OH}^-$  с образованием  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , но и с  $\text{CO}_2$  [7]. Чем больше потеря массы при дегидратации  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , тем больше  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  осталось несвязанным в гидросиликатах кальция. Лучшим образцом с наименьшей потерей массы является исследуемая проба пенобетона с добавлением жидкого стекла и боя стекла.

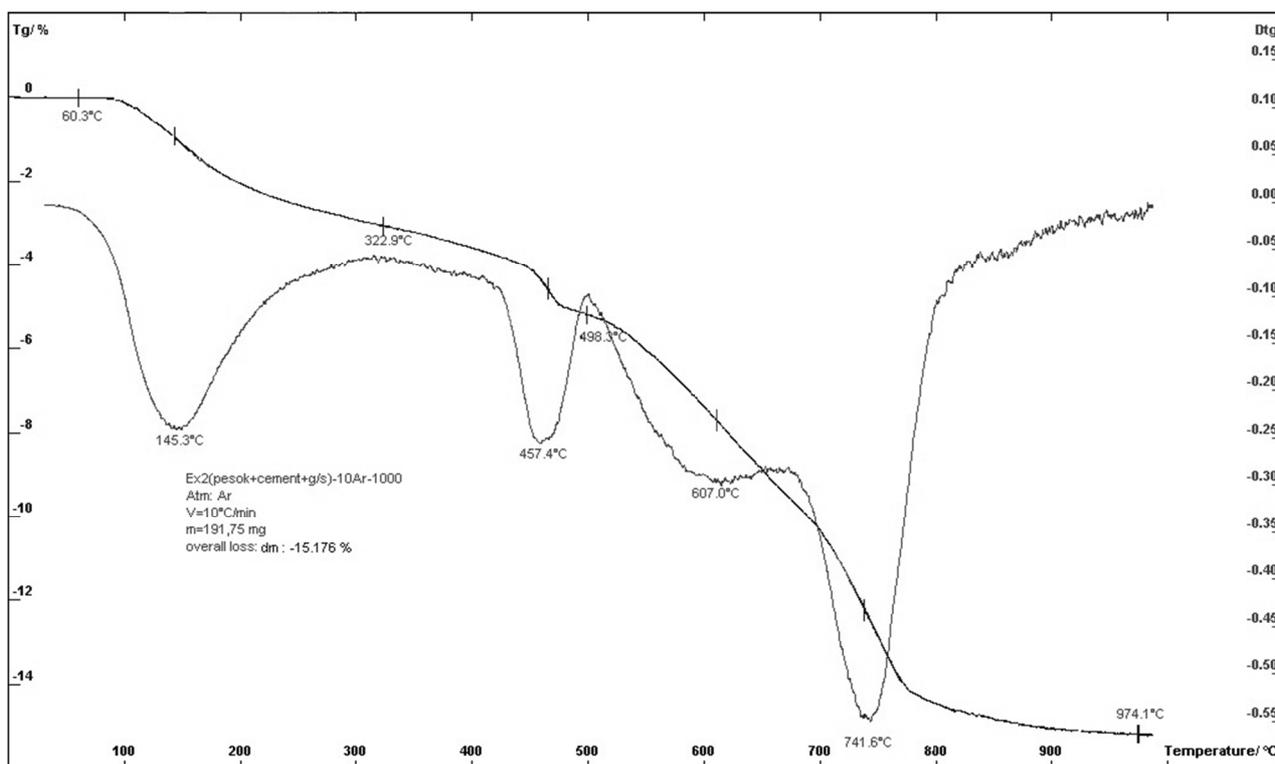


Рисунок 2 – Дифференциальный термогравиметрический анализ (ДТГ) и термогравиметрический (термовесовой) анализ пенобетона состава (песок: цемент: жидкое стекло)

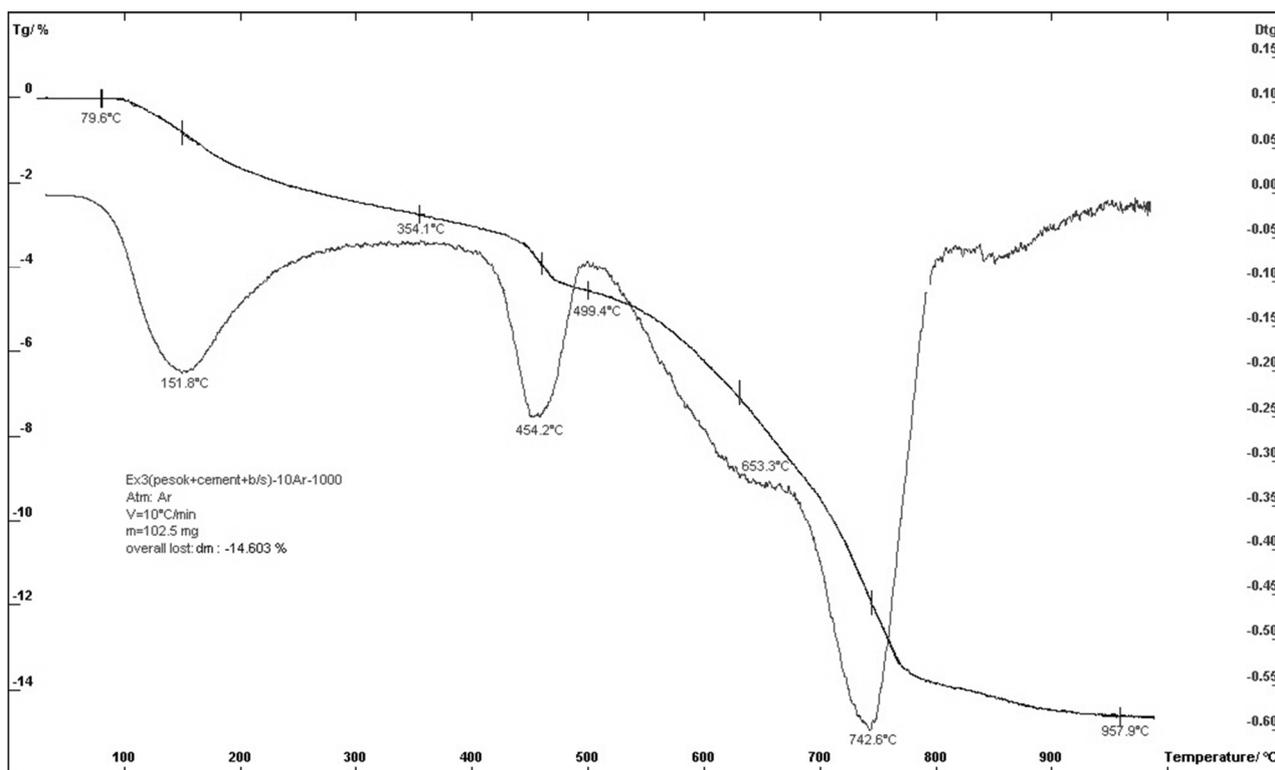
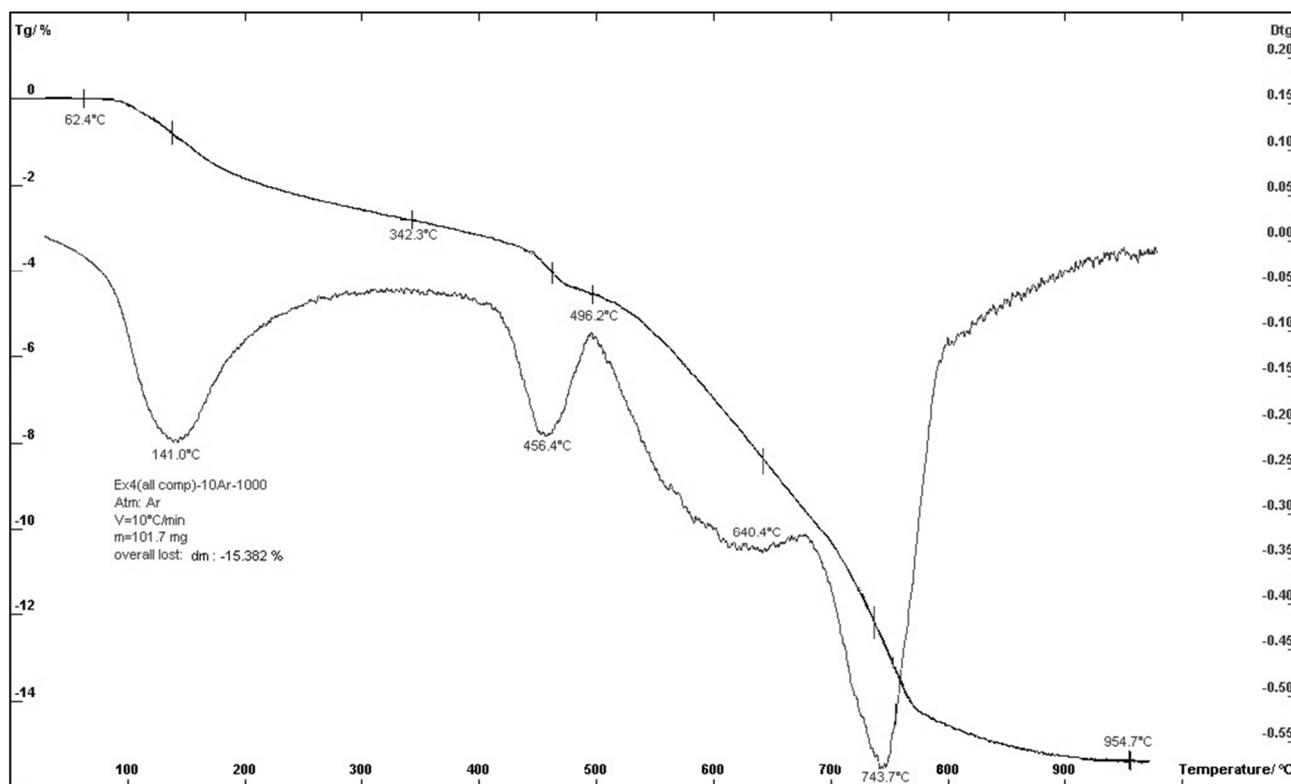


Рисунок 3 – Дифференциальный термогравиметрический анализ (ДТГ) и термогравиметрический (термовесовой) анализ пенобетона состава (песок: цемент: бой стекла)

Третий пик имеет сложную форму за счет частичного перекрытия эффектов. Эндотермический эффект наблюдается при температуре ~607,0-653,3°C и относится к дегидратации гидросиликатов кальция различной основности [7]. Высоко- и низкоосновные гидросиликаты кальция сливаются в общий пик, поэтому различить их очень трудно. Однако можно,

наверное, утверждать, что чем больше потеря массы при дегидратации фазы CSH(I) и CSH(II), тем больше в цементном камне этой фазы образовалось. Известно, что CSH(I) придает цементному камню прочность (при сжатии), а CSH(II), имея развитую волокнистую структуру, обеспечивает лучший контакт между твердыми частицами непрореагировавшего клинкера и новообразованиями (что повышает прочность при изгибе). Следовательно, чем больше потеря массы при дегидратации фазы CSH, тем лучше. Согласно таблице 2, лучший образец пенобетона с этих позиций – пенобетон с добавлением жидкого стекла и боя стекла.



**Рисунок 4 – Дифференциальный термогравиметрический анализ (ДТГ) и термогравиметрический (термовесовой) анализ пенобетона состава (песок: цемент: жидкое стекло: бой стекла)**

Следующий эндотермический эффект приходится на интервал от ~741,6 до 759,9°C. Этот период связан с дегидратацией высокоосновных гидросиликатов кальция и с возможным разложением, хорошо закристаллизованного, карбоната кальция, в основном в виде кальцита (CaCO<sub>3</sub>), а также с проявлением других диффузных процессов [7]. Кальцит в виде мелких кристалликов кольматирует поры цементного камня, уплотняя его. Наибольшей потерей массы при данной температуре обладает контрольный образец. Имеет значение соотношение потери массы при дегидратации гидросиликатов кальция и разложении кальцита, поскольку, гидросиликаты кальция важнее для улучшения структуры цементного камня. С этих позиций лучший образец пенобетона с добавлением жидкого стекла и боя стекла.

На термограммах имеются один небольшой экзотермический пик при температуре ~322,9-373,5°C, свидетельствующий о реакции, соответствующей переходу продуктов обезвоживания в более плотные структуры. Этот период можно отнести к переходу оксида кремния из β в α модификацию, происходит перекристаллизация цементного камня [7].

Количественный анализ изменения структуры пенобетонов при нагревании приведен в таблице 2.

На рисунке 3 показано количество физически и химически связанной воды и гидратированных соединений в пенобетонах при фазовых превращениях в соответствующих температурных пределах, установленных по кривым ДТГ.

Таблица 2 – Изменение массы пенобетона различного состава в термоанализаторе

Состав пенобетона	Температурный интервал / температурный пик, (T <sub>1</sub> °C-T <sub>2</sub> °C)/ T <sub>3</sub> °C					Общая потеря влаги, %	Общая потеря массы, %
	Изменение массы, %						
1) контрольный (песок:цемент)	48,4-253,8/ 146,4	253,8-419,2/ 373,5	419,2-506,9/ 462,8	506,9-696,2/ 642,6	696,2-968,7/ 759,9	2,37	17,09
	2,368	1,039	1,790	5,313	6,583		
2) песок: цемент: жидкое стекло	60,3-246,2/ 145,3	226,9-425,0/ 322,9	425,0-498,3/ 457,4	498,3-669,2/ 607,0	669,2-974,1/ 741,6	2,35	15,18
	2,347	1,460	1,408	4,224	5,737		
3) песок: цемент: бой стекла	79,6-242,3/ 151,8	242,3-426,9/ 354,1	426,9-499,4/ 454,2	499,4-678,8/ 653,3	678,8-957,9/ 742,6	2,07	14,60
	2,071	1,191	1,295	4,143	5,903		
4) песок: цемент: жидкое стекло: бой стекла	62,4-223,1/ 141,0	223,1-419,2/ 342,3	419,2-496,2/ 456,4	496,2-682,7/ 640,4	682,7-954,7/ 743,7	2,07	15,38
	2,072	1,295	1,191	5,127	5,697		

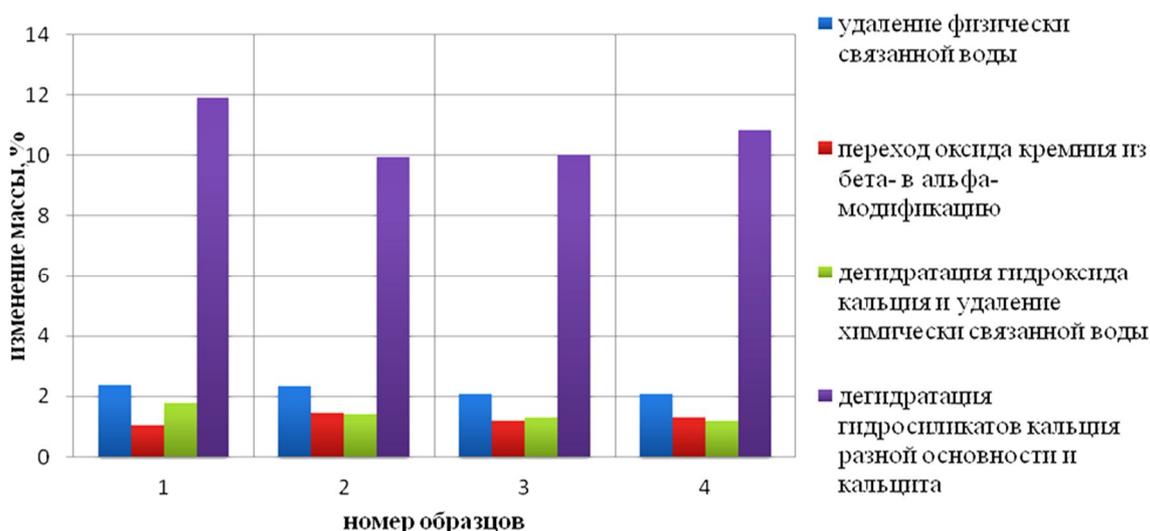


Рисунок 3 – Степень термической устойчивости физически и химически связанной воды и гидратированных соединений: 1 – контрольный образец (песок: цемент); 2 – с добавлением жидкого стекла; 3 – с добавлением боя стекла; 4 – с добавлением жидкого стекла и боя стекла

Представленные нами данные, свидетельствуют о зависимости кинетических характеристик твердения цемента от добавления жидкого стекла и боя стекла. Как показали исследования, наилучший эффект выявлен при совместном применении жидкого стекла и боя стекла в составе пенобетона. Изменения в кинетике, положительно сказавшиеся на фазовых превращениях, обусловлено, как мы полагаем, образованием более прочных химических связей, о чем свидетельствует, например, третий (дегидратация гидросиликатов кальция) и четвертый эндозффекты (разрушение кальцита), характеризующиеся наибольшей площадью энтальпии и более глубокими пиками, смещенным в сторону более высоких температур.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Демехин, В.Н. Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре [Текст] / В.Н. Демехин, И.Л. Мосалков. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2003. – 656 с.
2. Кривицкий, М.Я. Ячеистые бетоны [Текст] / М.Я. Кривицкий, Н.И. Левин, В.В. Макарычева и др. – М.: Стройиздат, 1972. – 137 с.
3. Тотурбиев, Б.Д. Строительные материалы на основе силикатно-натриевых композиций [Текст] / Б.Д. Тотурбиев. – М. Стройиздат, 1988. – 142 с.

4. Федосов, С.В. Оплавляемый отделочный слой для бетона [Текст] / С.В. Федосов, М.В. Акулова, Ю.А. Щепочкина // Патент РФ на изобретение №2307113, опубл. БИ №27 от 27.09.2007.
5. Акулова, М.В. Влияние жидкого стекла на термостойкость цементных композитов [Текст] / М.В. Акулова, О.В. Потемкина, В.Ю. Емелин, А.Н. Коллеров // Приволжский научный журнал. – Н. Новгород: ННГАСУ. – 2013. – №1. – С. 17-21.
6. Топор, Н.Д. Термический анализ минералов и неорганических соединений [Текст] / Н.Д. Топор, Л.П. Огородова, Л.В. Мельчакова. – М.: Изд-во МГУ, 1987. – 190 с.
7. Рамачадран, В.С. Применение дифференциально-термического анализа в химии цементов [Текст] / В.С. Рамачадран. – М.: Стройиздат, 1977. – 408 с.

**С.В. Федосов**

Ивановский государственный политехнический университет, г. Иваново  
Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Строительное материаловедение и специальные технологии»  
Тел.: +7 (4932) 32-89-42

**М.В. Акулова**

Ивановский государственный политехнический университет, г. Иваново  
Доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой «Производство строительных материалов, изделий и конструкций»  
E-mail: m\_akulova@mail.ru

**О.В. Потемкина**

Ивановский институт государственной противопожарной службы МЧС России, г. Иваново  
Кандидат технических наук, заместитель начальника института по научной работе  
E-mail: molodkina@mail.ru

**В.Ю. Емелин**

Ивановский институт государственной противопожарной службы МЧС России, г. Иваново  
Старший преподаватель  
E-mail: emelin78@mail.ru

**Н.А. Белякова**

Ивановский государственный политехнический университет, г. Иваново  
Аспирант кафедры «Производство строительных материалов, изделий и конструкций»  
E-mail: natale888@mail.ru

---

S. FEDOSOV, M. AKULOVA, O. POTEKINA,  
V. EMELIN, N. BELYAKOVA

**RESEARCH OF CHANGE OF PHASE COMPOSITION  
OF FOAM CONCRETE WITH ADDITION OF THE LIQUID SILICA  
GLASS AND THE CULLET THE THERMOGRAPHIC METHOD**

*The new composition of foam concrete with an average density not over 800 kg/m<sup>3</sup> with an additive of a liquid silica glass and a cullet is developed for isolation of structural objects and processing equipment from the high temperatures arising at emergence of emergency situations. Research of change of phase composition of foam concrete with addition of a liquid silica glass and a cullet a thermographic method is conducted. The methodology of research of structure of cellular concrete on combined knitting by means of derivatograficheskoy researches is offered. The quantitative assessment of distribution of crystallohydrates and polymorphic turning into to foam concrete structure with an additive of a soda-ash liquid silica glass and a cullet is given.*

**Keywords:** foam concrete; sodium silicate solute; cullet; thermographic analysis; derivatograph.

**BIBLIOGRAPHY**

1. Demehin, V.N. Zdanija, sooruzhenija i ih ustojchivost' pri pozhare [Tekst] / V.N. Demehin, I.L. Mosalkov. – M: Akademiya GPS MChS Rossii, 2003. – 656 s.

2. Krivickij, M.Ja. Jacheistye betony [Tekst] / M.Ja. Krivickij, N.I. Levin, V.V. Makarycheva i dr. – M.: Strojizdat, 1972. – 137 s.
3. Toturbiev, B.D. Stroitel'nye materialy na osnove silikatno-natrievyh kompozicij [Tekst] / B.D. Toturbiev. – M. Strojizdat, 1988. – 142 s.
4. Fedosov, S.V. Oplavljaemyj otdelochnyj sloj dlja betona [Tekst] / S.V. Fedosov, M.V. Akulova, Ju.A. Shhepochkina // Patent RF na izobretenie №2307113, opubl. BI №27 ot 27.09.2007.
5. Akulova, M.V. Vlijanie zhidkogo stekla na termostojkost' cementnyh kompozitov [Tekst] / M.V. Akulova, O.V. Potemkina, V.Ju. Emelin, A.N. Kollerov // Privolzhskij nauchnyj zhurnal. – N. Novgorod: NNGASU. – 2013. – №1. – S. 17-21.
6. Topor, N.D. Termicheskij analiz mineralov i neorganicheskikh soedinenij [Tekst] / N.D. Topor, L.P. Ogorodova, L.V. Mel'chakova. – M.: Izd-vo MGU, 1987. – 190 s.
7. Ramachadran, V.S. Primenenie differencial'no-termicheskogo analiza v himii cementov [Tekst] / V.S. Ramachadran. – M.: Strojizdat, 1977. – 408 s.

**S. Fedosov**

Ivanovo state politechnical university, Ivanovo

Doctor of technical science, professor, head of department «Building materials technology and special technologies»

Ph.: +7 (4932) 32-89-42

**M. Akulova**

Ivanovo state politechnical university, Ivanovo

Doctor of technical science, professor, head of department «Production of building materials, products and designs»

E-mail: m\_akulova@mail.ru

**O. Potemkina**

Ivanovo Institute of state firefighting service of ministry of Russian Federation for civil defence, emergencies and elimination of consequences of natural disasters, Ivanovo

Candidate of technical sciences, deputy chief of institute on scientific work

E-mail: molodkina@mail.ru

**V. Emelin**

Ivanovo Institute of state firefighting service of ministry of Russian Federation for civil defence, emergencies and elimination of consequences of natural disasters, Ivanovo

Senior lecturer

E-mail: emelin78@mail.ru

**N. Belyakova**

Ivanovo state university of architecture and civil engineering

Postgraduate student

E-mail: natale888@mail.ru

ФЕДОСОВ С.В., ЩЕПОЧКИНА Ю.А., БАКАНОВ М.О.

## ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННОГО СТРОИТЕЛЬНОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ПЕНОСТЕКЛА С ЗАЩИТНО-ДЕКОРАТИВНЫМ ПОКРЫТИЕМ

*Показана целесообразность введения в пеностекляную шихту плавня. Предложена технология получения композиционного материала при одновременном вспенивании пеностекляной шихты и ее спекании с отделочным стекловидным слоем. Показана возможность оптимизации состава шихты для получения пеностекла с защитно-декоративным покрытием с добавлением NaCl. Представлены некоторые результаты исследования образцов полученного материала. Показана целесообразность добавления в пеностекляную шихту NaCl при температуре вспенивания стекломассы 950°C и временном интервале выдержки 40 минут, что позволяет увеличить давление газовой фазы, за счет паров NaCl, что в свою очередь позволяет увеличить пористость пеностекла и добиться равномерного распределения пор в материале, повысив тем самым теплоизоляционные показатели пеностекла.*

**Ключевые слова:** композиционный материал; пеностекло; плавень; защитно-декоративное покрытие; хлорид натрия.

В настоящее время пеностекло широко применяют при строительстве различных зданий и сооружений. Области и пути использования этого своеобразного строительного материала неуклонно расширяются в связи с огромными масштабами современного строительства и одновременным созданием массового и дешевого производства стеклоизделий.

Пеностекло по сравнению с другими строительными материалами наиболее полно удовлетворяет требованиям новых конструктивных и архитектурных решений в строительстве. Это обусловлено благоприятным сочетанием у этого материала целого ряда ценных свойств, а именно: пористости, малого водопоглощения, долговечности. Вместе с тем пеностекло легко поддается формованию разнообразными способами, а также механической и химической обработке. Поэтому из пеностекла можно изготавливать изделия, различные по форме и фактуре.

Последнее время производители пеностекла и ученые обратили свое внимание на возможность производить пеностекло с нанесением на его поверхность стекловидного слоя. В работах [1-6] показана возможность получения таких материалов. Следует учесть, что для нанесения на поверхность готового материала стекловидный слой предполагает его последующую термообработку, которая ведет к потере прочности, изменению размеров пеностекла и внутренним напряжениям, что в свою очередь способствует нарушению целостности структуры пеностекла и его дальнейшей деформации.

В работах [7, 8] экспериментально подтверждена возможность получения пеностекла при одновременном вспенивании и спекании пеностекляной шихты и отделочного стекловидного слоя, что позволяет упростить технологию производства данного материала с защитно-декоративным покрытием за счет исключения отдельной стадии - оплавления стекловидного слоя.

Наряду с этим нами предложено добавить в шихту пеностекла хлорид натрия (NaCl) – которая при нагреве и плавлении улетучивается, не разлагаясь, т.е. в виде паров хлорида натрия, а поэтому склонна к улетучиванию и из состава. Добавление в шихту хлорида натрия может способствовать большей поризации пеностекла, посредством увеличения давления газовой фазы, а также увеличению прочности.

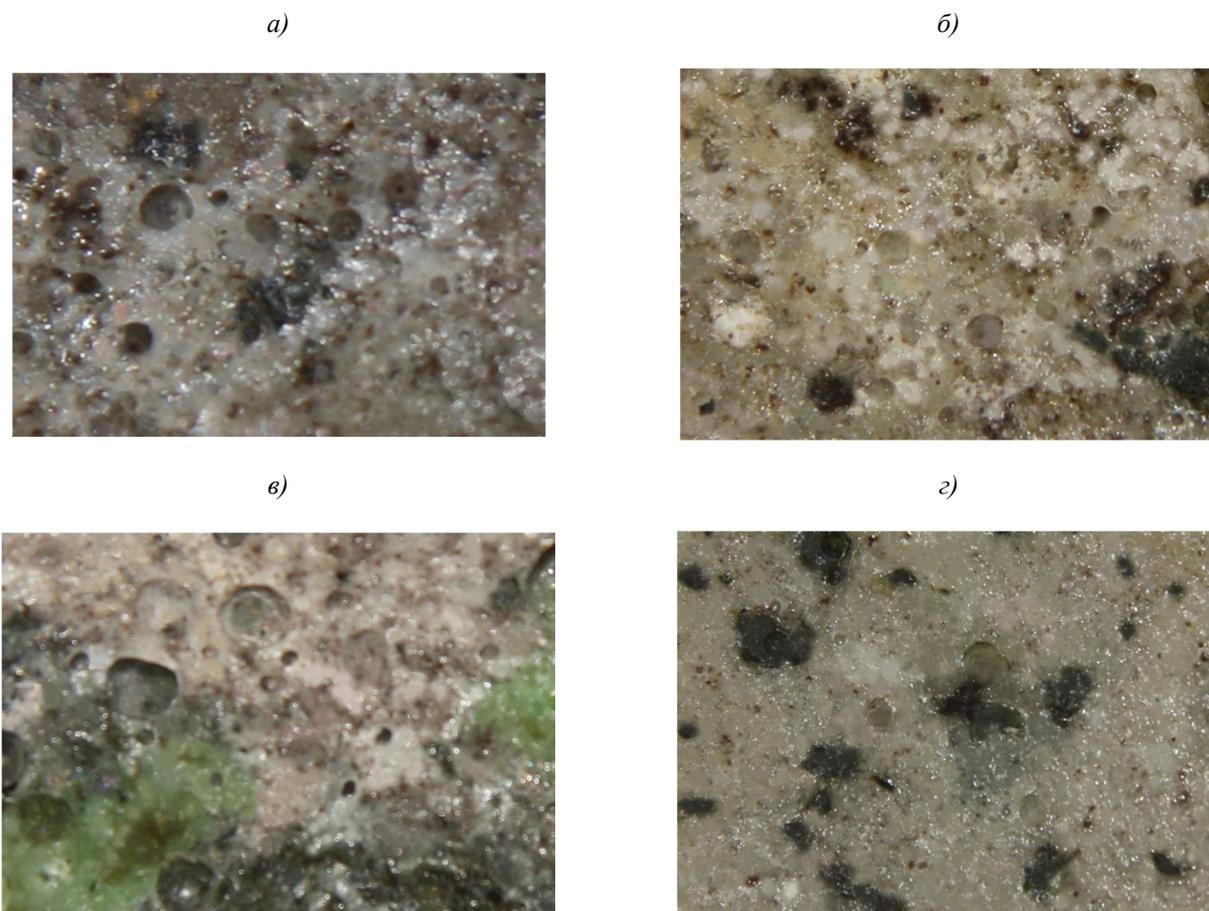
Основной задачей было исследование полученных образцов пеностекла с защитно-декоративным покрытием при добавлении в пеностекляную шихту NaCl, для повышения общей поризации пеностекла, посредством увеличения давления газовой фазы, а также для увеличения прочности.

Использовали следующий состав шихты, содержащий, мас. %: стеклобой (94,0; 93,0; 91,0; 89,0); газообразователь 4,0; NaCl (2,0; 3,0; 5,0, 7,0); стекловидный слой – стеклобой тар-

ного стекла. Формы с шихтой и стекловидным слоем помещали в разогретую до 300°C электрическую муфельную печь для вспенивания. В камере печи формы устанавливали в зоне постоянных температур. Вспенивание проводили при температуре 950°C в течение 40 мин. Отжиг образцов пеностекла происходил при самопроизвольном охлаждении муфельной печи в течение 2 часов. После извлечения образцов из форм им придавали заданные размеры (40×40×40 мм) путем обрезки граней.

Добавление в состав шихты хлорида натрия при температуре спекания 950°C позволяет увеличить давление газовой фазы в расплаве шихты, за счет паров хлорида натрия, что в свою очередь создает возможность увеличить размер пор пеностекла и добиться их равномерного распределения в материале.

При введении в шихту хлорида натрия в количестве 2 мас. % структура материала достаточно неоднородная (рис. 1). Данное содержание хлорида натрия не достаточно, чтобы повысить давление газовой фазы при низкой вязкости расплава. Введение хлорида натрия в пределах 5-7 мас. % позволяет повысить давление газовой фазы в расплаве, при этом пары хлорида натрия улетучиваются вместе с прореагировавшим газообразователем, достаточно низкая вязкость стекловидного слоя тоже этому способствует.



*Рисунок 1 – Микроструктура полученных образцов пеностекла при увеличении в 40 раз с содержанием NaCl: а – 2% мас.; б – 3% мас.; в – 5% мас.; з – 7% мас.*

Наиболее высокий показатель пористости (55%) при низкой плотности соответственно (1175 кг/м<sup>3</sup>), наблюдается у материала с добавлением в шихту 3% хлорида натрия (табл. 1). Высокий показатель поризации обусловлен равномерным распределением пор в образце, данная концентрация хлорида натрия способствовала созданию оптимального давления газовой фазы в расплаве, при температуре 950°C давление газовой фазы достаточно для образования замкнутых пор при достаточно низкой вязкости расплава.

Таблица 1 – Физико-механические показатели полученных образцов композиционного материала на основе пеностекла с защитно-декоративным покрытием при добавлении в шихту NaCl разной концентрации % по массе

№ п/п	Состав и свойства материала	Порядковый номер образца			
		1	2	3	4
1	Состав покрытия	ТС*	ТС*	ТС*	ТС*
2	Состав шихты, мас. %	ЛС** (94)	ЛС** (93)	ЛС** (91)	ЛС** (89)
3	Газообразователь CaCO <sub>3</sub> , мас. %	мел (4)	мел (4)	мел (4)	мел (4)
4	NaCl, мас. %	2	3	5	7
5	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	1895	1175	1875	2354
6	Водопоглощение, %	11,1	16	4,1	6,1
7	Пористость, %	27	55	28	10

ТС\* – бой тарного стекла, ЛС\*\* – бой листового стекла

В результате проведенных исследований установлена целесообразность введения в пеностекляную шихту NaCl, что позволяет увеличить давление газовой фазы, за счет паров NaCl и, следовательно, увеличить пористость пеностекла и добиться равномерного распределения пор в материале.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бессмертный, В.С. Пеностекло с защитно-декоративным покрытием [Текст] / В.С. Бессмертный, О.В. Пучка, В.Б. Крахт и др. // Фундаментальные исследования. – 2009. – №1. – С. 21-22.
2. Пучка, О.В. Новый композиционный теплоизоляционный материал на основе пеностекла с покрытием на лицевой поверхности [Текст] / О.В. Пучка, А.А. Кузьменко, М.Н. Степанова // Известия вузов. Строительство. – 2007. – С. 53-55.
3. Пучка, О.В. Разработка неорганических декоративно-защитных покрытий для теплоизоляционного пеностекла [Текст] / О.В. Пучка, Н.И. Минько, М.Н. Степанова // Техника и технология силикатов. – Т. 16. – №2. – 2009. – С. 9-10.
4. Пучка, О.В. Теплоизоляционный материал с защитно-декоративным покрытием [Текст] / О.В. Пучка, М.Н. Степанова // Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в стройиндустрии: сб. докл. Международной науч.-практич. конференции. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2007. – С. 207-209.
5. Пат. JP (Япония) №2038342, А, C03 C11/00. Decorative glassy cellular substance/ Nogami Kenji (JP), 1990.
6. Пат. JP (Япония) №3218934, А, C03 B 19/06, C03 C11/00. Ornamental vitreous foamed body / Nakamura Nobuo (JP), 1991.
7. Щепочкина, Ю.А. Технология получения композиционного теплоизоляционного материала с защитно-декоративным покрытием [Текст] / Ю.А. Щепочкина, М.О. Баканов // Строительство и реконструкция. – Орел: Госуниверситет – УНПК. – 2012. – №3 (41). – С. 73-77.
8. Федосов, С.В. Композиционный материал на основе пеностекла с защитно-декоративным покрытием [Текст] / С.В. Федосов, Ю.А. Щепочкина, М.О. Баканов // Строительство и реконструкция. – Орел: Госуниверситет – УНПК. – 2012. – №6 (44). – С. 109-113.

#### **С.В. Федосов**

Ивановский государственный политехнический университет, г. Иваново  
 Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Строительное материаловедение и специальные технологии»  
 Тел.: +7 (4932) 32-89-42

#### **Ю.А. Щепочкина**

Ивановский государственный политехнический университет, г. Иваново  
 Доктор технических наук, профессор кафедры «Строительное материаловедение и специальные технологии»  
 Тел.: +7 (4932) 32-89-42

#### **М.О. Баканов**

Ивановский государственный политехнический университет, г. Иваново  
 Аспирант кафедры «Строительное материаловедение и специальные технологии»  
 E-mail: mask-13@mail.ru

S. FEDOSOV, Ju. SHCHEPOCHKINA, M. BACANOV

## PECULIARITIES OF THE PRODUCTION OF COMPOSITE BUILDING MATERIAL ON THE BASIS OF FOAMGLASS WITH PROTECTIVE-DECORATIVE COATING

*Shows the expediency of introduction of the пеностекольную charge a fluxing agent. The proposed technology of production of composite material while foaming of charge and its sintering with finishing opaque layer. The possibility of optimization of charge for receipt of foamed glass with protective-decorative coating with the addition of NaCl. Presents some of the results of the study samples of the material. The efficiency of addition to the batch of sodium chloride foam glass at a foaming temperature glass 950 degrees Celsius and holding slot 40 minutes, to increase the pressure of the gas phase by vapors of sodium chloride, which in turn allows to increase the porosity of the foam glass and a uniform distribution of pores in the material, thereby increasing the cellular glass insulation performance.*

**Keywords:** composite material; foamglass; flux; protective decorative covering; sodium chloride.

### BIBLIOGRAPHY

1. Bessmertnyj, V.S. Penosteklo s zashhitno-dekorativnym pokrytiem [Tekst] / V.S. Bessmertnyj, O.V. Puchka, V.B. Kraht i dr. // Fundamental'nye issledovaniya. – 2009. – №1. – S. 21-22.
2. Puchka, O.V. Novyj kompozicionnyj teploizoljacionnyj material na osnove penostekla s pokrytiem na licevoj poverhnosti [Tekst] / O.V. Puchka, A.A. Kuz'menko, M.N. Stepanova // Izvestija vuzov. Stroitel'stvo. – 2007. – S. 53-55.
3. Puchka, O.V. Razrabotka neorganicheskikh dekorativno-zashhitnyh pokrytij dlja teploizoljacionnogo penostekla [Tekst] / O.V. Puchka, N.I. Min'ko, M.N. Stepanova // Tehnika i tehnologija silikatov. – T. 16. – №2. – 2009. – S. 9-10.
4. Puchka, O.V. Teploizoljacionnyj material s zashhitno-dekorativnym pokrytiem [Tekst] / O.V. Puchka, M.N. Stepanova // Nauchnye issledovaniya, nanosistemy i resursosberegajushhie tehnologii v strojindustrii: sb. dokl. Mezhdunarodnoj nauch.-praktich. konferencii. – Belgorod: BGTU im. V.G. Shuhova, 2007. – S. 207-209.
5. Pat. JP (Japonija) №2038342, A, S03 S11/00. Decorative glassy cellular substance/ Nogami Kenji (JP), 1990.
6. Pat. JP (Japonija) №3218934, A, S03 V 19/06, S03 S11/00. Ornamental vitreous foamed body / Nakamura Nobuo (JP), 1991.
7. Shhepochkina, Ju.A. Tehnologija poluchenija kompozicionnogo teploizoljacionnogo materiala s zashhitno-dekorativnym pokrytiem [Tekst] / Ju.A. Shhepochkina, M.O. Bakanov // Stroitel'stvo i rekonstrukcija. – Orel: Gosuniversitet – UNPK. – 2012. – №3 (41). – S. 73-77.
8. Fedosov, S.V. Kompozicionnyj material na osnove penostekla s zashhitno-dekorativnym pokrytiem [Tekst] / S.V. Fedosov, Ju.A. Shhepochkina, M.O. Bakanov // Stroitel'stvo i rekonstrukcija. – Orel: Gosuniversitet – UNPK. – 2012. – №6 (44). – S. 109-113.

#### S. Fedosov

Ivanovo state politechnical university, Ivanovo

Doctor of technical science, professor, head of department «Building materials technology and special technologies»

Ph.: +7 (4932) 32-89-42

#### J. Shhepochkina

Ivanovo state politechnical university, Ivanovo

Doctor of technical science, professor of department «Building materials technology and special technologies»

Ph.: +7 (4932) 32-89-42

#### M. Bacanov

Ivanovo state politechnical university, Ivanovo

Post-graduate student of department «Building materials technology and special technologies»

E-mail: mask-13@mail.ru

**Уважаемые авторы!**  
**Просим Вас ознакомиться с основными требованиями**  
**к оформлению научных статей**

- Представляемый материал должен быть **оригинальным, не опубликованным ранее** в других печатных изданиях.
- Объем материала, предлагаемого к публикации, измеряется страницами текста на листах **формата А4** и содержит от **4 до 9 страниц**; все страницы рукописи должны иметь сплошную нумерацию.
- Статья должна быть набрана шрифтом Times New Roman, размер 12 pt с одинарным интервалом, текст выравнивается по ширине; абзацный отступ – 1,25 см, правое поле – 2 см, левое поле – 2 см, поля внизу и вверху – 2 см.
- Статья предоставляется в **1 экземпляре** на бумажном носителе и в электронном виде (по электронной почте или на любом электронном носителе).
- В одном сборнике может быть опубликована только **одна статья одного автора**, включая соавторство.
- **Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.**
- Если статья возвращается автору на доработку, исправленный вариант следует прислать в редакцию повторно, приложив письмо с ответами на замечания рецензента. Доработанный вариант статьи рецензируется и рассматривается редакционной коллегией вновь. Датой представления материала считается дата поступления в редакцию окончательного варианта исправленной статьи.
- Аннотации всех публикуемых материалов, ключевые слова, информация об авторах, списки литературы будут находиться в свободном доступе на сайте соответствующего журнала и на сайте Российской научной электронной библиотеки – РУНЭБ (Российский индекс научного цитирования).

**В тексте статьи** не рекомендуется применять:

- обороты разговорной речи, техницизмы, профессионализмы;
- для одного и того же понятия различные научные термины, близкие по смыслу (синонимы), а также иностранные слова и термины при наличии равнозначных слов и терминов в русском языке;
- произвольные словообразования;
- сокращения слов, кроме установленных правилами русской орфографии, соответствующими стандартами.
- Сокращения и аббревиатуры должны расшифровываться по месту первого упоминания (вхождения) в тексте статьи.

**Обязательные элементы:**

- **заглавие (на русском и английском языке)** публикуемого материала должно быть точным и емким, слова, входящие в заглавие, должны быть ясными сами по себе, а не только в контексте; следует избегать сложных синтаксических конструкций, новых словообразований и терминов, а также слов узкопрофессионального и местного значения;
- **аннотация (на русском и английском языке)** описывает цели и задачи проведенного исследования, а также возможности его практического применения, указывает, что нового несет в себе материал; рекомендуемый средний объем – 500 печатных знаков;
- **ключевые слова (на русском и английском языке)** – это текстовые метки, по которым можно найти статью при поиске и определить предметную область текста; обычно их выбирают из текста публикуемого материала, достаточно 5-10 ключевых слов.
- **список литературы**, на которую автор ссылается в тексте статьи.

Право использования произведений предоставлено авторами на основании п. 2 ст. 1286 Четвертой части Гражданского Кодекса Российской Федерации.

**С полной версией требований к оформлению научных статей**  
**Вы можете ознакомиться на сайте [www.gu-unprk.ru](http://www.gu-unprk.ru)**

---

*Адрес учредителя журнала*

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Государственный университет –  
учебно-научно-производственный комплекс»  
(ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК»)  
302020, г. Орел, ул. Наугорское шоссе, 29  
+7 (4862) 42-00-24  
www.gu-unpk.ru  
E-mail: unpk@ostu.ru

*Адрес редакции*

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Государственный университет –  
учебно-научно-производственный комплекс»  
(ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК»)  
302020, г. Орел, ул. Московская, 77.  
+7 (4862) 73-43-49  
www.gu-unpk.ru  
E-mail: oantc@mail.ru

Материалы статей печатаются в авторской редакции

Право использования произведений предоставлено авторами на основании  
п. 2 ст. 1286 Четвертой части Гражданского Кодекса Российской Федерации

Технический редактор С.В. Солопов  
Компьютерная верстка С.В. Солопов

Подписано в печать 23.05.2013 г.  
Формат 70×108 1/16. Печ. л. 5,15.  
Тираж 400 экз.  
Заказ № \_\_\_\_\_

Отпечатано с готового оригинал-макета на полиграфической  
базе ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК»  
302030, г. Орел, ул. Московская, 65.