


SCIENTIFIC-TECHNOLOGICAL JOURNAL



SCIENCE  
NEWS

OF EASTERN  
TECHNICAL  
UNIVERSITIES

№ 2 (2) 2016

Lublin



ISSN 2451-4446

# **Science News of Eastern Technical Universities**

Scientific-Technological Journal  
Published once a quarter (four times a year)

№2 (2) 2016  
(Lublin, Poland)



*Established by*                   **Saint Petersburg Universities Alumni Association**  
(Lublin, Polska)  
**SGASU** (Samara, Russia)

*Editor in Chief*               **Ewa Holota**  
*Deputy Editor*               **Franciszek Światała**  
*Executive Secretary*       **Vadim Yu. Alpatov**

*Editorial Board:*           **Stanislav Ya. Galitskov**  
Doctor of Engineering Science, Professor  
**Semen A. Piyavskiy**  
Doctor of Engineering Science, Professor  
**Alexander K. Strelkov**  
Doctor of Engineering Science, Professor  
**Igor S. Kholopov**  
Doctor of Engineering Science, Professor  
**Vadim Yu. Alpatov**  
PhD in Engineering Science, Associate Professor

*Scientific Committee:*   **Mikhail I. Balzannikov**  
Doctor of Engineering Science, Professor, Russia  
**Franciszek Światała**  
PhD in Engineering Science, Poland  
**Muradulla M. Mukhammadiev**  
Doctor of Engineering Science, Professor, Uzbekistan  
**Perry Matar**  
Doctor of Engineering Science, Professor, Lebanon  
**Alexander R. Tsyganov**  
Doctor of Agricultural Science, Professor, Belarus  
**Plamen Angelov**  
Doctor of Engineering Science, Professor, Bulgaria

*Publisher:* Stowarzyszenie Absolwentów Uczelni Petersburskich  
*Headquarters:* ul. Ametystowa 2, 20-577 Lublin

Printing house: Si-Art ZPPD  
ul. Tęczowa 169, 20-517 Lublin  
e-mail: biuro@si-art.pl  
Cover design - Małgorzata Mianowska - Si-Art

Edition of 100 copies



## TABLE OF CONTENTS

### ARCHITECTURE. URBAN PLANNING

<b>Sergey A. MALAHOV, Anton P. RAKOV, Rosaliya P. MATKARIMOVA</b> A computer game based on the hypothesis of using artificial moonstone blocks for a moonbase protection .....	5
--	---

### ENGINEERING AND CONSTRUCTION SYSTEMS OF WATER-RESOURCES CONSERVATION SYSTEMS

<b>Andrey A. MIKHASEK, Maksim V. RODIONOV, Margarita G. LITVINOVA</b> Field studies of concrete-filled textile floor-mats exposed to ice action and their results .....	11
<b>Maksim V. RODIONOV, Sergey A. RYZHOV, Irina E. INKINA</b> Simulation studies of wave setup on new types of bank protection structures.....	19

### CIVIL-ENGINEERING SURVEY AND DESIGN ISSUES

<b>Sergey V. EVDOKIMOV, Tatjana V. DORMIDONTOVA</b> Monitoring of technical state construction and facilities .....	27
--	----

### BUILDING STRUCTURES, BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS

<b>Igor S. KHOLOPOV, Stanislav M. PETROV</b> Trial design of three-layer sandwich panels: automated methods .....	33
<b>Dmitriy D. CHERNYSHOV</b> Control-volume method in investigating two square buildings aerodynamic mutual interference.....	39

### ECONOMICS, MANAGEMENT, MARKETING

<b>Maria Laura I. ANFIMOVA</b> Assessing risks and their effect on scientific products and their costs .....	47
---	----



Предложена математическая модель по оценке удорожания изделий РКП под влиянием различных факторов.

#### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Анфимова М.Л.И. Об импортозамещении в ракетно-космической промышленности // Бизнес в законе. №2, 2014. С. 36-38.
2. Данилюк А.Ю., Чурсин А.А. Основы создания системы управления конкурентоспособностью наукоемкой отрасли промышленности: монография. – М.: Издательский дом «Спектр», 2014. – 405 с.
3. Пайсон Д.Б. Космическая деятельность: Эволюция, организация, институты / Пайсон Д.Б.// М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010.
4. Портер М. Конкурентная стратегия: Методика анализа отраслей и конкурентов // Альпина Паблишер, 2011 г. – 453 с.
5. Чурсин А.А. Теоретические основы управления конкурентоспособностью. Теория и практика: монография / А.А. Чурсин. – М.: Спектр. – 521 с.

#### **REFERENCES**

1. Anfimova M.L.I. Ob importozameshenii v raketno-kosmicheskoy promyishlennosti // Biznes v zakone. 2014. №2. Pp. 36-38.
2. Danilyuk A.Yu., Chursin A.A. Osnovyi sozdaniya sistemyi upravleniya konkurentosposobnostyu naukoemkoy otrasti promyishlennosti: monografiya. M.: Izdatelskiy dom «Spektr», 2014. 405 p.
3. Payson D.B. Kosmicheskaya deyatelnost: Evolyutsiya, organizatsiya, institutyi. M.: Knizhnyiy dom «LIBROKOM», 2010. Pp. 2-11.
4. Porter M. Konkurentnaya strategiya: Metodika analiza otrasley i konkurentov. M.: Alpina Pablisher, 2011. 453 p.
5. Chursin A.A. Teoreticheskie osnovyi upravleniya konkurentosposobnostyu. Teoriya i praktika: monografiya. M.: Spektr, 2011. 521 p.



Тогда общая стоимость создания перспективных изделий РКТ возрастет на величину

$$S' = \sum_{k=1}^N S_k \cdot \Delta L_k.$$

Теперь рассмотрим вопрос удорожания стоимости разработки перспективных изделий РКТ в случае увеличения количества приведенных образцов. Основная методическая трудность, возникающая в этом случае, состоит в том, что не имеется точных данных о величинах стоимости создания дополнительных образцов, стоимости доработки дополнительных образцов, а также стоимости летных испытаний дополнительных образцов.

Для оценки величин стоимости создания дополнительных образцов, стоимости доработки дополнительных образцов, а также стоимости летных испытаний дополнительных образцов предлагается использовать средние значения. Для этого введем величины:

$$\bar{s} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N s_k, \quad \bar{S} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N S_k, \quad \bar{L} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N L_k.$$

Если в результате возникших рисков количество приведенных образцов возросло на величину  $\Delta N$ :

$$N' = N + \Delta N,$$

тогда можно использовать следующую оценку удорожания стоимости разработки изделия РКТ:

$$S' = S + N'(\bar{s} + \bar{S} * \bar{L}).$$

Приведем итоговую формулу удорожания создания изделия РКТ:

$$S' = \Delta S_0 + \sum_{k=1}^N (\Delta s_k + \Delta S_k * L_k + S_k * \Delta L_k) + N'(\bar{s} + \bar{S} * \bar{L}).$$

#### Выводы.

Рассмотрены процессы возникновения рисков удорожания проектируемых изделий и на основании этого установлено, что уже на стадии возникновения слабых сигналов необходима их оценка, с тем, чтобы минимизировать их влияние на изменение стоимости изделия.

Предприятиям рекомендовано создавать следующие 5 систем в научно-исследовательских институтах (НИИ) и конструкторских бюро (КБ) для предотвращения увеличения стоимости изделия:

- система мониторинга внешней и внутренней среды;
- система оценки изменений внешней среды;
- система выявления слабых сигналов и анализа рисков;
- система стратегической адаптации;
- системы выработки механизмов уменьшения рисков.

## ARCHITECTURE. URBAN PLANNING

### A COMPUTER GAME BASED ON THE HYPOTHESIS OF USING ARTIFICIAL MOONSTONE BLOCKS FOR A MOONBASE PROTECTION

*КОМПЬЮТЕРНАЯ ИГРА НА ОСНОВЕ ГИПОТЕЗЫ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИСКУССТВЕННЫХ КАМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЛУННОГО ПОСЕЛЕНИЯ*

Sergey A. MALANOV

Anton P. RAKOV

Rosaliya P. MATKARIMOVA

С. А. МАЛАХОВ

А. П. РАКОВ

Р. П. МАТКАРИМОВА

*Samara State University of Architecture and Civil Engineering  
Samara, Russian Federation*

*This paper describes a computer game which is being developed at the moment. This game is an arcade simulator. It is a basis for a new research on exploration of the Moon. With the help of a computer the authors hope to create a virtual model of a moonbase, collect extensive statistic data on different behavioral models and their effectiveness and, as a result, to estimate efficiency of environmental strategies. The amount of worthwhile research projects aimed at the Moon exploration let us clearly see the new horizons of the work ahead. We can even plan the stages of the first moonbase building. An environmental strategy and a computer game are very closely interconnected. The process of game development requires printed and electronic publications, offline and online application development and short-time video clips filming.*

*Данная статья рассказывает о начале работы по созданию компьютерной игры. Жанр этой игры – аркадный симулятор. Эта игра должна стать началом исследовательской работы, направленной на освоение лунной среды. Компьютер поможет создать виртуальную модель, собрать большое количество статистических данных об эффективности разных моделей поведения и, таким образом, оценить эффективность средовых стратегий. Количество и качество проектов, посвящённых освоению спутника Земли, выводит гипотезу о возможности создания лунного поселения на совершенно новый уровень – теперь отчётливо видны этапы этой работы. Средовая стратегия и игра тесно связаны между собой. Процесс разработки игры включает в себя разработку печатных и виртуальных публикаций, разработку полноценных оффлайн и онлайн приложений, а также короткометражных видеороликов.*

**Keywords:** *environmental design, architecture, space, space environment, virtual experiment, simulation study, computer game*

**Ключевые слова:** *средовое проектирование, архитектура, космос, космическая среда, виртуальный эксперимент, моделирование, компьютерная игра*

Идея компьютерной игры основана на гипотезе о том, что в ходе освоения Луны будут активно использоваться местные строительные материалы и ресурсы, а противостоять человек на Луне будет окружающей среде (отсутствие атмосферы, излучение и метеороиды) [1]. В качестве важной задачи нужно обозначить необходимость превращения компьютерной игры из средства развлечения в инструмент сотрудничества между людьми, который используется в исследовательской работе.

Главной задачей игрока в игровом процессе будет обеспечение сохранности оборудования выживания человека, животных и растений, доставляемых с Земли. По мере развития игрового сюжета игроку нужно выбирать и использовать нужную строительную технику из того набора, который предложен разработчиками игры. Набор строительно-космической техники разработчики игры будут заимствовать из существующей проектной и производственной практики.

Отличительной особенностью игры предполагается сделать высокую степень редактируемости игровых объектов и окружения. В основе этой редактируемости объектов положена концепция «морфотипного» проектирования, которая не только позволяет заменять и комбинировать компоненты модели (кастомизация), но и предоставляет возможность управлять топологическими (морфинг) преобразованиями исходной формы. Это делает процесс игры более гибким и реалистичным.

Ещё одним важным отличием игры является планируемое свойство среды. Виртуальная среда, как и игровые объекты, должна быть редактируемой, то есть внесённые игроком изменения должны сохраняться. Например, следы на поверхности, перемещения камней и грунта.

В перспективе, после успешных тестов оффлайн версии игры, мы мечтаем запустить онлайн версию, в которой появится большая единая трёхмерная модель Луны, и тогда пользователи смогут моделировать ещё и взаимодействие разных участников процесса колонизации друг с другом.

До начала работы по разработке концепции игры мы проанализировали материалы, касающиеся мирового опыта разработки компьютерных игр.

«Сколько существует человечество, столько существуют всевозможные игры. Ещё древние люди на досуге занимали себя при помощи различных предметов. Это могли быть обрывки ткани, красивые камушки, вычурно изогнутые веточки и коряги. Каждое время имело свои игрушки и с ростом и развитием техники и технологий игры развивались и усложнялись. Естественно, что бум этого производства пришелся на бум технологического прогресса, а именно на середину XX столетия.

Совершенно естественно, что с разработкой первых компьютеров были созданы и первые забавы, с которыми можно было скоротать время у самой умной машины в мире» [2].

Наша компьютерная игра поможет создать действующую виртуальную модель лунной поверхности, виртуально опробовать различные способы выживания чело-

$S$  – стоимость разработки изделия РКТ;  $N$  – количество приведенных образцов;  $S_0$  – стоимость разработки опытного образца;  $s_k$  – стоимость доработки  $k$ -го образца;  $S_k$  – стоимость создания  $k$ -го образца;  $L_k$  – стоимость летного испытания  $k$ -го образца.

Факторы риска, негативно сказывающиеся на процесс создания перспективных изделий РКТ, могут влиять на все параметры, приведенные в формуле стоимости изделия РКТ. Чтобы рассмотреть это влияние для каждого параметра необходимо, рассмотреть следующую функцию:

$$S = S(S_0, s_k, S_k, L_k, N).$$

Для оценки вклада удорожания необходимо использовать дифференциалы функции  $S$ . Приведем конечные формулы.

Пусть в результате возникших рисков стоимость разработки опытного образца изделия РКТ возросла на величину  $\Delta S_0$ :

$$S'_0 = S_0 + \Delta S_0.$$

Тогда общая стоимость создания перспективных изделий РКТ возрастет линейным образом на величину

$$S' = S + \Delta S_0.$$

Пусть в результате возникших рисков стоимость доработки  $k$ -го образца возросла на величину  $\Delta s_k$ :

$$s'_k = s_k + \Delta s_k.$$

Тогда общая стоимость создания перспективных изделий РКТ возрастет на величину

$$S' = \sum_{k=1}^N \Delta s_k.$$

Пусть в результате возникших рисков стоимость создания  $k$ -го образца возросла на величину  $\Delta S_k$ :

$$S'_k = S_k + \Delta S_k.$$

Тогда общая стоимость создания перспективных изделий РКТ возрастет на величину

$$S' = \sum_{k=1}^N \Delta S_k * L_k.$$

Пусть в результате возникших рисков стоимость летного испытания  $k$ -го образца возросла на величину  $\Delta L_k$ :

$$L'_k = L_k + \Delta L_k.$$



Приведем интегральную математическую модель оценки рисков на основе анализа слабых сигналов. Пусть  $Q(t)$  – обобщенный показатель конкурентоспособности организации наукоемкой отрасли промышленности РФ. Пусть динамика этого показателя описывается с помощью следующего динамического уравнения:

$$Q'(t) = F(t, Q(t)) + G(u(t)),$$

где  $u(t)$  – текущее управление конкурентоспособностью организации, относительно которой, в данном случае, рассматривается показатель конкурентоспособности. Далее, если это уравнение дополнить случайным вектором рисков факторов  $\xi(t) = (\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_N)^T$ , где согласно данной экономико-математической модели компоненты вектора  $\xi(t)$  рассматриваются как слабые сигналы в данной конкретной системе, то динамическое уравнение запишется в следующем виде:

$$Q'(t) = F(t, Q(t)) + H(\xi(t)) + G(u(t)).$$

Поскольку управляющее воздействие само должно зависеть от текущего значения показателя конкурентоспособности  $Q(t)$  и, соответственно, от рисков воздействий  $\xi(t)$ , то можно составить следующее дифференциальное уравнение, которое будет описывать динамику управляемого показателя конкурентоспособности:

$$Q'(t) = F(t, Q(t)) + H(\xi(t)) + G(u(t, W(\xi(t)))).$$

В этом уравнении функция  $W(\xi(t))$  является функцией принятия управленческих решений от слабых сигналов. Согласно предлагаемой методике учета слабых сигналов, эта функция должна иметь пороговый вид:

$$W(\xi(t)) = \sum_{i=1}^N \alpha_i(t) \eta(\beta_i(t) \xi_i(t) - 1),$$

где функция  $\eta(x)$  есть функция Хэвисайда, принимающая значение 1, если  $x$  больше нуля и ноль в противном случае. Функции  $\alpha_i(t)$  и  $\beta_i(t)$  являются управленческими параметрами в данной системе. Их выбор определяется степенью чувствительности управления к слабым сигналам.

Создание полноценного комплекса систем мониторинга, идентификации и предупреждения факторов риска позволяет существенно снизить негативные последствия возникающих факторов риска, что позволяет наукоемким отраслям промышленности РФ и организациям получить дополнительные конкурентные преимущества.

Рассмотрим вопрос об оценке вклада риска в удорожание создания перспективных изделий РКТ.

Представим стоимость создания изделия РКТ в следующем виде:

$$S = S_0 + \sum_{k=1}^N (s_k + S_k \cdot L_k),$$

где использованы следующие обозначения:

века в этой среде и собрать большое количество статистических данных об эффективности разных моделей поведения.

Компьютерные игры на сегодняшний день являются одним из самых распространенных способов провести досуг. Активный отдых уходит на второй план, люди спешат домой, чтобы скорее погрузиться в игровой мир. С момента начала игры человек познает динамичный мир виртуального пространства.

Большинство компьютерных игр подлежат жанровой классификации: шутеры, ролевые компьютерные игры, стратегии, квесты, симуляторы, спортивные симуляторы, файтинги, настольные игры. Они различаются по смыслу и задачам, которые стоят перед игроком.

Проанализировав данные о годах создания компьютерных игр, можно сделать вывод о том, что популярность тех или иных жанров не зависит от временных циклов и событий. Практически все они зародились в семидесятых и восьмидесятых годах двадцатого века после появления компьютерной техники. Можно предположить, что на осознанный выбор игры влияет несколько факторов, и все они связаны с психоэмоциональным состоянием человека.

«В обществе существует спор о положительном или отрицательном влиянии компьютерных игрушек на психику игрока. Мотивы погружения в компьютерную реальность трудно определить однозначно. Существуют гипотезы, что увлеченность компьютерными играми может быть для личности как способом бегства от реальности, так и возможностью реализовать в игре потребности, удовлетворение которых проблематично или невозможно в реальной жизни. Предпочтение игр определенного жанра связано с наличием у личности определенных черт характера и ценностных ориентаций» [2]. В целом большинство известных сюжетов компьютерных игр в настоящее время вызывают беспокойство, так как пробуждают к жизни преимущественно негативные стороны человеческой психики.

«Косвенно возможно определить преобладающие мотивы личностей: развлечение, достижение статуса, превосходства, контроля и доминирования, возможность выхода негативных эмоций, агрессии и т.п.» [3].

Мы хотим начать виртуальный процесс колонизации Луны и озадачить игрока связанной с этим процессом проблематикой. Мы рассматриваем игрока как полноценного участника исследовательского процесса.

В оффлайн версии игры к настоящему моменту мы выделяем несколько важных видов работы на Луне, будем называть их эпизодами.

Первый эпизод – посадка космических аппаратов с грузом (например, с «гелиолитографами») на Луну, на заранее выбранную территорию (по селенологической карте, так как грунт на Луне неоднороден и выбор площадки должен существенно влиять на игру). Игроку нужно суметь посадить объект, осуществляя контроль его положения в пространстве, управляя работой двигателей и траекторией полёта. Вторым эпизодом – изготовление с помощью «гелиолитографов» каменных деталей, первых искусственных камней на Луне, например, протекторов для колес, обелисков, средств идентификации. Третий эпизод – строительство взлетно-посадочной полосы. Вторым аппаратом, доставленным на Луну, может быть другой аппарат, например, манипулятор, который способен будет перетаскивать камни в горизонтальном направлении и расстановка их на большой площади. Четвертый

эпизод – сооружение первого каменного укрытия для техники. После возведения первого укрытия для транспорта должны появиться космонавты. Пятый эпизод – появление транспорта с радаром, который может обнаруживать лёд и камни, содержащие полезные химические элементы. У пользователя возникает необходимость в перемещении по поверхности на значительные расстояния, и прокладывать дороги. Шестой эпизод – создание производственной лаборатории. Седьмой эпизод – постройка термоядерного реактора, постоянного источника энергии на Луне. Восьмой эпизод – стационарные модули для жизни людей (навесы).

Финансовую поддержку проекта можно организовать при помощи известной краудфандинговой платформы Boomstarter [4]. Краудфандинг это онлайн ресурс, являющийся современным инструментом поддержки инновационных проектов. Суть работы этого онлайн ресурса сводится к организации взаимодействия между двумя категориями пользователей этого ресурса. Одни пользователи размещают объявления о реализации какого-либо инициативного проекта, его стоимости и сроках, а другие пользователи в меру своих возможностей и на разные суммы делают взносы, оформляя предзаказ и осуществляя, таким образом, голосование за проект.

Таким образом, компьютерные игры смогут приносить доход, развивать и поддерживать в общественном мнении тему пребывания человека на Луне, а средовая стратегия сделает игру по-настоящему реалистичной и интересной [5].

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Раков А.П. Метод гуманизации технических концепций в архитектуре экстремальных условий обитания: дис. канд. арх. наук: 05.23.20. Нижний Новгород, 2013.
2. История компьютерных игр // интернет-библиотека URL: <http://www.obzor.ru/index.php?id=105&pages=3> (дата обращения: 16.01.2016).
3. Омельченко Н.В. Личностные особенности играющих в компьютерные игры: дис. ... канд. псих. наук: 19.00.01. Краснодар, 2011.
4. Boomstarter // отечественная краудфандинговая платформа URL: <https://boomstarter.ru> (дата обращения: 16.01.2016).
5. Селенит – концепция развёртывания архитектурно-строительной практики на Луне // АДМ Радизайн URL: <http://www.adm-radesign.ru/селенит/> (дата обращения: 16.12.2015).
6. Договор о принципах деятельности государств по исследованию и использованию космического пространства, включая Луну и другие небесные тела // Официальный сайт Организации Объединённых Наций URL: [http://www.un.org/ru/documents/decl\\_conv/conventions/outer\\_space\\_governing.shtml](http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/outer_space_governing.shtml) (дата обращения: 16.01.2016).
7. Малахов С.А., Раков А.П. Футуристическое предсказание в формообразовании // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14. № 2-1. С. 260-263.
8. Малахов С.А. Композиционный метод как эксперимент по возникновению новой функции и нового языка // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2012. № 4 (8). С. 48-52.

Рассмотрим этот вопрос более подробно. Пусть оценки подчиняются следующему условию:

$$0 \leq a \leq A < \infty.$$

Это означает, что используется конечная шкала. В данном случае неважно, является ли данная шкала дискретной или непрерывной. Однако, чтобы в конкретной модели не вводить дополнительных ограничений, можно допустить возможность использования непрерывной шкалы.

С одной стороны, можно рассчитывать на то, что каждое из значений данной шкалы равновозможное, т.е. во время оценки изменения характеристики внешней среды можно ожидать любую оценку из шкалы с одинаковой вероятностью. Однако, с другой стороны, шкалы редко бывают равномерными. Значительно более частым является случай, когда встречаются логарифмические шкалы либо шкалы со смешанным средним. Поэтому будем использовать математическое ожидание шкалы – среднее значение оценки в данной шкале. Заметим, что математическое ожидание шкалы зависит не только от построения шкалы, но и от объективных причин изменений характеристики внешней среды. Соответственно для определения математического ожидания данной шкалы необходимо использовать статистический материал, полученный в предыдущих случаях.

Итак, будем считать, что известно математическое ожидание используемой шкалы

$$\bar{A} \approx \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N a_n.$$

В этом случае построение порогового значения для выделения значимых событий можно обозначить формулой

$$\alpha = \bar{A}\alpha',$$

где  $\alpha'$  есть коэффициент, принимающий значения больше единицы.

Необходимо уделять большое внимание методам оценки рисков с целью уменьшения рисков, возникающих в ходе хозяйственной деятельности.

В НИИ и КБ для эффективного решения данных задач должны быть созданы следующие системы:

- мониторинга внешней и внутренней среды;
- оценки изменений внешней среды;
- выявления слабых сигналов и анализа рисков;
- стратегической адаптации;
- выработки механизмов уменьшения рисков.

Для принятия конкретных и эффективных мер в ситуации возникшего фактора риска руководству организации необходимо обладать как можно более точной информацией относительно рискованного потока. Для этого система выработки механизмов уменьшения рисков должна быть сопряженной информационно-вычислительными базами данных организации, также эта система должна использовать все информационные ресурсы других систем анализа и предупреждения риска.

построения мониторинговой системы анализа изменения характеристик внешней среды необходимо выделять значимые события в момент их поступления. Поэтому здесь целесообразно использовать среднюю величину, рассчитанную по нарастанию. Введем числовую функцию времени, которую назовем среднее значение изменений характеристики системы по нарастанию:

$$I(t) = \frac{1}{N(t)} \sum_{i=1}^{N(t)} |f(t_i)|.$$

Здесь  $N(t)$  количество временных отсчетов  $\{t_i: t_i \leq t\}$ , то есть тех отсчетов времени, которые не превосходят аргумент  $t$ . Очевидно, что имеет место следующее соотношение:

$$|I(t) - I| \leq \beta(t),$$

где  $\beta(t)$  – оценочная функция, удовлетворяющая условиям:

$$\beta(t) \geq 0, \quad \beta(T) = 0.$$

Как правило, эта оценочная функция убывает с ростом аргумента.

Пусть теперь выбрано относительное пороговое значение, обозначим его  $\alpha$ . Введем основное определение значимого события по нарастанию. Событие  $f(t_i)$  назовем значимым по нарастанию, если выполнено следующее соотношение:

$$|f(t_i)| \geq \alpha I(t_i).$$

Разумеется, данное определение имеет смысл только в том случае, когда уже набрано достаточное количество событий. Поэтому здесь целесообразно регистрировать значимые события не с начала временного ряда, а после того, как будет накоплена достаточная статистика.

Несмотря на то, что в данном критерии значимых событий также присутствует пороговое значение, но это пороговое значение является относительным порогом, поэтому его априорный выбор не должен вызывать проблем.

Построенные методы регистрации значимых событий применимы лишь к случаю, когда в распоряжении имеются числовые значения характеристик.

В то же время многие характеристики внешней среды не имеют числового выражения. В этом случае описанный подход также может быть осуществлен, поскольку проводится регистрация значимых событий на основе временного ряда значений изменения характеристик внешней среды. В том случае, когда практически возможно регистрировать лишь моменты изменений характеристик внешней среды, тогда с использованием унифицированной шкалы является возможным построить временной ряд изменений характеристик внешней среды. Далее можно анализировать временной ряд на наличие значимых событий. При этом подходе следует учесть, что ввиду использования унифицированной шкалы все числовые значения данного временного ряда будут находиться в пределах данной шкалы. Следовательно, при выборе порогового значения необходимо опираться на максимальное значение унифицированной шкалы.

9. Репина Е.А. Катастрофа прогресса и природа инноваций // Инновационные методы и технологии в высшем архитектурном образовании (Материалы международной научной конференции. XVII международный смотр-конкурс) / СГАСУ. Самара, 2008. С. 218-229.
10. История освоения космоса // Тонкости туризма - энциклопедия URL: [http://tonkosti.ru/История\\_освоения\\_космоса](http://tonkosti.ru/История_освоения_космоса) (дата обращения: 10.01.2016).

## REFERENCES

1. Rakov A.P. Metod gumanizatsii tehniceskikh kontseptsiy v arhitekture ekstremalnykh usloviy obitaniya: dis. ... kand. arh. nauk: 05.23.20. Nizhniy Novgorod, 2013.
2. Istoriya kompyuternykh igr // internet-biblioteka URL: <http://www.obzor.ru/index.php?id=105&pages=3> (data obrascheniya: 16.01.2016).
3. Omelchenko N.V. Lichnostnyye osobennosti igrayushchikh v kompyuternyye igry: dis. ... kand. psiol. nauk: 19.00.01. Krasnodar, 2011.
4. Boomstarter // otechestvennaya kraudfandingovaya platforma URL: <https://boomstarter.ru> (data obrascheniya: 16.01.2016).
5. Selenolit – kontsepsiya razvYortyvaniya arhitekturno-stroitelnoy praktiki na Lune // ADM Radizayn URL: <http://www.adm-radesign.ru/selenolit/> (data obrascheniya: 16.12.2015).
6. Dogovor o printsipah deyatelnosti gosudarstv po issledovaniyu i ispolzovaniyu kosmicheskogo prostranstva, vklyuchaya Lunu i drugie nebesnyie tela // Ofitsialnyiy sayt Organizatsii Ob'edinYonnyih Natsiy URL: [http://www.un.org/ru/documents/decl\\_conv/conventions/outer\\_space\\_governing.shtml](http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/outer_space_governing.shtml) (data obrascheniya: 16.01.2016).
7. Malahov S.A., Rakov A.P. Futuristicheskoe predskazanie v formoobrazovanii // Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk. 2012. T. 14. № 2-1. Pp. 260-263.
8. Malahov S.A. Kompozitsionnyiy metod kak eksperiment po vozniknoveniyu novoy funktsii i novogo yazyika // Vestnik SGASU. Gradostroitelstvo i arhitektura. 2012. № 4 (8). Pp. 48-52.
9. Repina E.A. Katastrofa progressa i priroda innovatsiy // Innovatsionnyie metody i tehnologii v vysshem arhitekturnom obrazovanii: (materialy Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii. XVII Mezhdunarodnyiy smotr-konkurs) / SGASU. Samara, 2008. Pp. 218-229.
10. Istoriya osvoeniya kosmosa // Tonkosti turizma - entsiklopediya URL: [http://tonkosti.ru/Istoriya\\_osvoeniya\\_kosmosa](http://tonkosti.ru/Istoriya_osvoeniya_kosmosa) (data obrascheniya: 10.01.2016).



ра. А главное, при использовании производных функций необходимо требовать гладкости от тех функций, которые подвергаются дифференцированию, а большинство экономических показателей меняются скачкообразно. Даже использование кусочно-линейной интерполяции для какой-либо характеристики приводит к тому, что функция, выражающая эту характеристику, не имеет второй производной. Использование же конечных разностей позволяет во многих случаях избежать описанных выше проблем, а также является более адекватным описанием изменения характеристик.

Итак, к примеру, числовой ряд будем рассматривать, состоящим из конечных разностей и построенным по временному ряду числовых значений рассматриваемой характеристики. Каждое значение числового ряда конечных разностей описывает мгновенное изменение значения характеристик внешней среды. Если на каком-то временном шаге числовое значение рассматриваемой характеристики увеличилось, то конечная разность на этом шаге будет иметь положительное значение. Если же на каком-то временном шаге числовое значение уменьшилось, то конечная разность на этом шаге будет отрицательной. Для тех временных шагов, на которых числовое значение характеристики не изменилось, конечная разность будет равна нулю.

Основные экономические характеристики внешней среды, которые представляют интерес для анализа рискованных ситуаций, удовлетворяют условию, что конечные разности этих характеристик являются колеблющимися величинами. Действительно, если ряд из конечных величин постоянно возрастает, то это означает, что исходная характеристика растет с постоянной скоростью. С другой стороны, если ряд из конечных разностей характеристики затухает, то это означает, что исходная характеристика стремится к постоянному значению. Рисковые ситуации, как правило, сопряжены с резким изменением характеристик внешней среды, и можно считать, что характеристики, которые обладают постоянным ростом со временем, так же как и характеристики, которые стремятся к постоянному значению, не представляют интереса с точки зрения анализа изменений характеристик внешней среды.

Таким образом, можно предположить, что числовой ряд, состоящий из конечных разностей характеристик внешней среды, имеет более или менее периодический характер. Однако этот временной ряд будет содержать характерные для временных рядов выбросы значений. Такие выбросы и будут регистрироваться как импульсное изменение характеристик внешней среды.

Для этого будет использоваться подход, основанный на относительном критерии определения значимых событий. Соответственно, необходимо ввести величину среднего значения конечных разностей значений характеристик внешней среды, которую можно записать следующим образом:

$$I = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^N |f(t_i)|.$$

Величина  $I$  представляет собой среднее значение всех конечных разностей значений характеристик внешней среды. Однако для вычисления этой величины необходимо знать значения всего временного ряда, что неудобно, поскольку для

внешней среды, но в среднем эти два события являются связанными. Действительно, рискованная ситуация возникает в тех случаях, когда предприятия оказываются в ситуациях, в которых менеджмент оказывается не готовым к изменению ситуации. Как правило, такое внезапное изменение ситуации и является импульсным изменением характеристик внешней среды. Конечно, для предприятия ситуация может резко измениться и из-за изменений внутри организации. Но проблема оценки рискованных ситуаций, возникающих вследствие внутренних проблем в организации, относится к проблемам управления организациями, поэтому в данном случае будет рассматриваться влияние факторов внешней среды.

Рисковый поток влияет на все характеристики организации, но нас будет интересовать в основном влияние рискового потока на удорожание создания перспективного изделия РКТ.

Перейдем теперь к построению экономико-математических методов, позволяющих проводить мониторинг характеристик внешней среды с целью выявления импульсных изменений ее характеристик, влияющих на изменение стоимости проектируемого изделия. Действительно, интегральный импульсный поток изменения ее характеристик учитывает только значимые изменения характеристик внешней среды. С другой стороны, в ходе непрерывного функционирования экономических процессов многие характеристики меняются непрерывно. Поэтому является принципиально важным определение именно значимых изменений характеристик внешней среды.

Рассмотрим отдельную характеристику внешней экономической среды, которая претерпевает изменения в течение времени. Для определенности будем считать, что эта характеристика может быть выражена числовым значением и будем отсчитывать значения выбранной характеристики в дискретные моменты времени:

$$F(t_i), \quad 0 = t_0 < t_1 < \dots < t_N = T.$$

По значениям функции, представляющей числовые значения характеристик внешней среды, можно построить еще один числовой ряд, состоящий из конечных разностей, построенных по значениям исходного числового ряда

$$f(t_i) = \frac{F(t_i) - F(t_{i-1})}{t_i - t_{i-1}}, \quad i = 1, 2, \dots, N.$$

Для непрерывных значений характеристик эти конечные разности совпадают с производной по времени от функции, представляющей числовые характеристики. В математическом анализе и в прикладной математике более привычным является использование именно производных функций. Это оправданно в естественнонаучных дисциплинах, таких как физика и механика, однако в экономических моделях для многих характеристик более естественным является использование именно конечных разностей. Для этого есть несколько важных мотиваций. Во-первых, непрерывность изменения тех или иных характеристик является на самом деле лишь приближением для характеристик, меняющихся в дискретное время. Во-вторых, многие основные экономические категории являются целочисленными величинами. Например, денежные средства или количество штук това-

## ENGINEERING AND CONSTRUCTION SYSTEMS OF WATER-RESOURCES CONSERVATION SYSTEMS

### FIELD STUDIES OF CONCRETE-FILLED TEXTILE FLOOR-MATS EXPOSED TO ICE ACTION AND THEIR RESULTS

#### РЕЗУЛЬТАТЫ НАТУРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ БЕТОНОПОЛНЯЕМЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТОВ В УСЛОВИЯХ ЛЕДОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Andrey A. MIKHASEK  
Maksim V. RODIONOV  
Margarita G. LITVINOVA

А. А. МИХАСЕК  
М. В. РОДИОНОВ  
М. Г. ЛИТВИНОВА

*Samara State University of Architecture and Civil Engineering  
Samara, Russian Federation*

*The paper introduces results of a field study of concrete-filled textile floor-mats exposed to ice action in the winter of 2014-2015. Three types of concrete-filled textile floor-mats (from 10 to 30 cm in thickness) were analyzed. The researchers observed variations of water and ice level, ice thickness, atmospheric temperature, bank protection structures deformations. The research yielded the following results: concrete-filled textile floor-mat which were the object of this study successfully undergone all possible ice action. The authors also mention that atmospheric temperature in the winter of 2014-2015 did not reach its minimum. This research can be successfully continued.*

*Представлены результаты натурных исследований бетононаполняемых текстильных матов в условиях ледовых воздействий в зимний период 2014-2015 гг. Исследования были проведены для трех типов бетононаполняемых текстильных матов различной толщины от 10 до 30 см. В ходе выполнения работ велись наблюдения за изменениями уровней воды, льда, толщин льда, температурой воздуха, деформаций берегозащитных конструкций. Результаты исследований позволили сделать выводы о том, что исследуемые бетононаполняемые текстильные маты различных типоразмеров без разрушения и значительных деформаций выдержали все наблюдаемые ледовые воздействия. Отмечено, что температурные условия 2014-2015 гг. не достигли своих экстремумов. В связи с этим сделан вывод о продолжении подобного исследования.*

**Keywords:** *hydraulic engineering, bank protection, concrete-filled textile floor-mat, ice action, field study*

**Ключевые слова:** *гидротехническое строительство, берегоукрепление, бетононаполняемые текстильные маты, ледовые воздействия, натурные исследования*

Бетононаполняемые текстильные маты используются в качестве берегозащитных конструкций в странах с теплым климатом уже несколько десятилетий, они состоят из двух соединенных между собой высокопрочных тканых полотен, соединенных распорками, образующими каркас опалубки, заполняемой на месте размещения защитного покрытия самоуплотняющейся бетонной смесью (рис. 1) [1-8]. В России использование бетононаполняемых текстильных матов без исследования их работы в условиях ледовых воздействий весьма ограничено.

Авторами производилось исследование работы бетононаполняемых текстильных матов в условиях ледовых воздействий на экспериментальной площадке в г. Самаре на левом берегу реки Волги в период с октября 2014 г. по июнь 2015 г. (рис. 2).

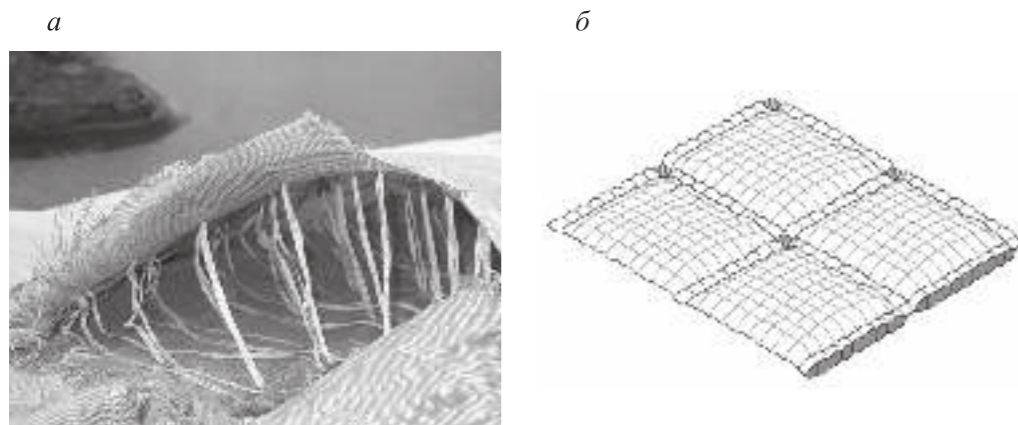


Рис. 1. Бетононаполняемые текстильные маты:

*а – тканое полотно с распорками; б – схема бетононаполняемых «подушек»*

В ходе непосредственного устройства экспериментальной площадки выполнялись следующие виды работ: свodka кустарниковой растительности; планировка откоса до заложения 1:2,5; укладка щебеночного фильтра на спланированный откос; укладка геотекстильного фильтра поверх щебня; укладка матов на откосе с фиксацией их по верху арматурными анкерами; заполнение матов самоуплотняющейся бетонной смесью.

С целью анализа возможных деформаций и смещений БНТМ в ходе проведения исследований каждый элемент крепления маркировался краской (рис. 3), после чего производилась геодезическая съемка маркеров. Маркировка осуществлялась путем снятия верхней части тканого покрытия элемента крепления, забивки дюбеля и нанесения краски по бетонной поверхности до начала ледохода [5].

ющих во время рискованных ситуаций, влияющих на стоимость разрабатываемых изделий, и описывается функцией, зависящей от времени  $R(t)$ . Значения функции рискованного потока могут быть представлены вектором

$$R(t) = \begin{pmatrix} p(t) \\ f(t) \end{pmatrix},$$

где  $p(t)$  есть вероятность отрицательного воздействия при возникновении риска, а  $f(t)$  является случайной величиной – величиной отрицательного воздействия в случае, когда риск приводит к отрицательному воздействию. Таким образом, в данной схеме риск не обязательно приводит к отрицательным воздействиям. Это означает, что данная модель позволяет учитывать запас прочности предприятия РКТ под воздействием рискованного потока. Именно с помощью управления запасом прочности организации можно строить принципиальные схемы минимизации рискованных издержек.

Для начала определим различия между понятиями риска и рискованной ситуации. Рискованная ситуация – это такая ситуация, когда с определенной вероятностью (введем обозначение вероятности, равной  $p(t)$ ) может возникнуть отрицательное воздействие. Таким образом, рискованный поток будет рассматриваться как возникающие во времени рискованной ситуации.

Данный подход на основе дискретного изучения событий внешней среды и событий, внутренних для предприятия предполагает, что рискованной ситуации возникают дискретно во времени и являются случайными событиями. Для описания вероятности возникновения рискованной ситуации во времени здесь используется традиционный для таких задач подход на основе экспоненциального распределения. Экспоненциальное распределение возникновения рискованной ситуации означает, что вероятность возникновения рискованной ситуации на протяжении временного отрезка  $[0, t]$  равна

$$P(t) = 1 - e^{-\mu t}.$$

Здесь параметр  $\mu$  есть математическое ожидание случайной величины возникновения рискованной ситуации. В теории массового обслуживания этот параметр называется интенсивностью возникновения рискованной ситуации.

В свою очередь интенсивность возникновения рискованной ситуации связана с интенсивностью интегрального импульсного потока изменений характеристик внешней среды.

Исходя из этого можно сделать следующее предположение: интенсивность возникновения рискованной ситуации пропорциональна интенсивности интегрального импульсного потока возникновения изменений характеристик внешней среды:

$$\lambda \sim \mu.$$

Конечно, импульсное изменение характеристик внешней среды не всегда приводит к возникновению рискованной ситуации, так же как и для возникновения рискованной ситуации не всегда предшествует импульсное изменение характеристик



**Keywords:** risks, rocket and space industry products, aerospace industry products, technologies, innovative development, rocket and space industry, assessment

**Ключевые слова:** риски, изделия РКП, технологии, инновационное развитие, ракетно-космическая промышленность, оценка

На основе информации, получаемой от системы мониторинга внешней среды, организации формируют информационно-аналитическую базу данных относительно состояния внешней среды. На основе данной системы управления базами данных определяются информационные показатели внешней среды. Эти показатели находятся в постоянной динамике, причем большинство из них подвержены различным случайным факторам. Поэтому задача оценки изменений внешней среды является достаточно сложной. Необходимо обрабатывать большое количество разнородной информации, которая постоянно меняется. Для эффективного анализа изменения показателей внешней среды имеет смысл применять автоматические аналитическо-вычислительные программные продукты, позволяющие в тесной интеграции с базами данных проводить диагностирование показателей внешней среды в режиме реального времени.

С системой оценки изменений внешней среды тесно связана система выявления слабых сигналов и анализа рисков. Поскольку внешняя среда обладает большим количеством показателей внешней среды, то своевременная диагностика этих показателей является весьма сложной задачей. Исходя из этого в данной статье предлагается воспользоваться методами выявления слабых сигналов. Использование в анализе и диагностике подхода на основе выявления слабых сигналов позволяет своевременно выявлять возможные риски для принятия своевременных мер с целью уменьшения этих рисков для научно-исследовательских институтов (НИИ) и конструкторских бюро (КБ), разрабатывающих сложные наукоемкие изделия.

Слабые сигналы могут быть детектированы лишь с определенной степенью достоверности. Как правило, сила этих сигналов находится на границе шумового порога, поэтому при анализе слабых сигналов следует уделять внимание не отдельным сигналам, а именно композиции различных слабых сигналов. Для этого целесообразно использовать специальные схемы корреляции слабых сигналов. Как правило, возникающий риск в процессе хозяйственной деятельности влияет на многие показатели внешней среды, но при этом такое влияние может быть и незначительным в начальной фазе возникающего риска. Обнаружить возникающий риск на как можно более ранней стадии и есть основная задача системы выявления слабых сигналов и анализа рисков, влияющих на сложность разрабатываемого изделия. К таким изделиям можно отнести появление информации о разработке аналогичного изделия конкурентами, получение данных об изменениях стоимости материалов и комплектующих, применяемых в разрабатываемой продукции, об изменениях емкости рынков и т.д.

В данном случае под рисками понимается определенная ситуация во времени, которая характеризуется вероятностью и силой отрицательных воздействий – удорожания создания изделий РКП. Рисковый поток будет складываться из возника-

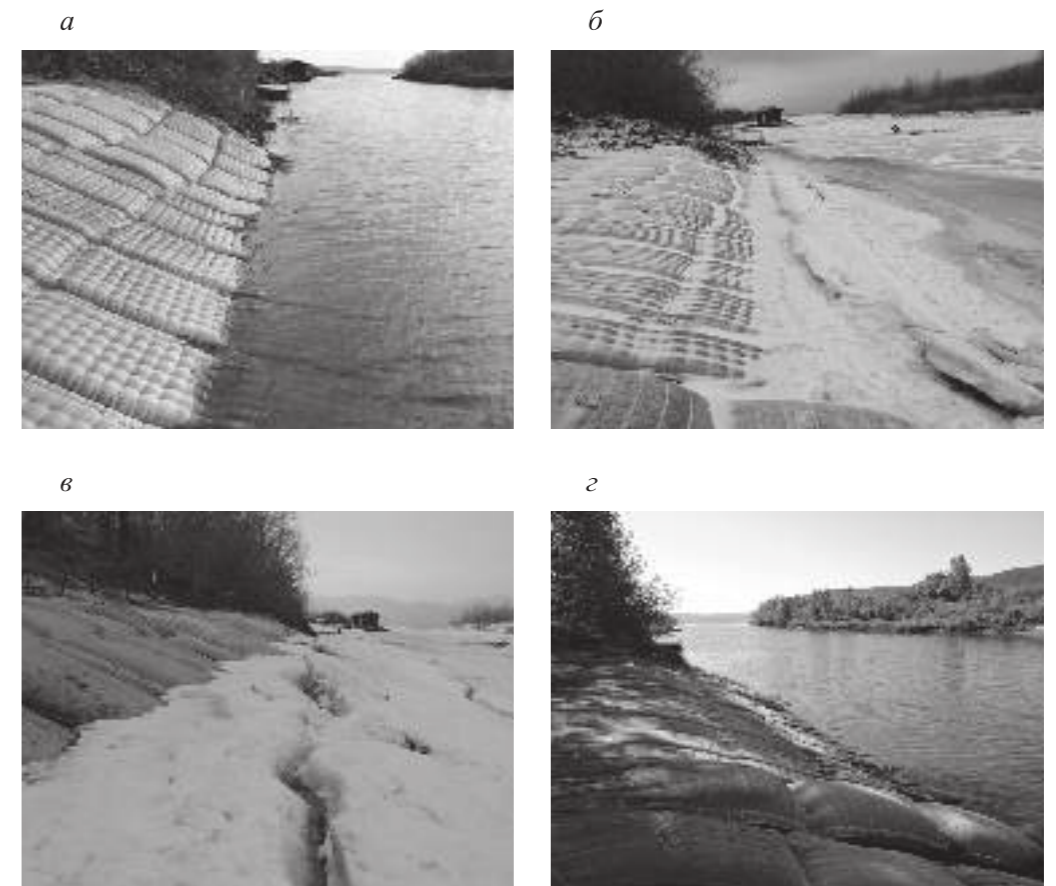


Рис. 2. Бетононаполняемые текстильные маты:  
а – после укладки БНТМ (3.11.2014 г.); б – зимний период (14.12.2014 г.);  
в – весенний период (22.03.2015 г.); г – летний период (12.06.2015 г.)



Рис. 3. Маркировка крепления краской

Для проведения исследований были организованы водомерный пост и геодезический репер. Наблюдения на водомерном посту осуществлялись два раза в неделю в будний и в выходной дни, в связи с тем что на Жигулевской ГЭС к выходным сброс воды уменьшался, а в будние дни увеличивался. Максимальные колебания уровня льда в зимний период зафиксированы в один метр.

Осреднённые показатели наблюдаемых параметров по периодам приведены в табл. 1.

Таблица 1

Наблюдаемые параметры на водомерном посту по периодам

Показатель	2014 г.		2015 г.			
	XI	XII	I	II	III до 10 числа	III после 10 числа
Средняя температура днем, °С	1.6	-6.5	-10.1	-9.2	-2.6	3.5
Средняя температура ночью, °С	-1.6	-8.7	-12.8	-13.7	-7.5	2.3
Минимальная температура, °С	-13	-16	-24	-25	-19	-12.7
Толщина льда максимально-наблюдённая, см	-	40	50	53	69	-

Повторная проверка маркеров 12.06.2015 г. показала, что смещение матов произошло незначительное, примерно 2-5 мм, что, возможно, связано с осадкой их песчаного основания. Визуальный осмотр и простукивание матов металлическим молотком не выявили повреждений верхнего тканого полотна и разрушений бетона под ним.

Таким образом, натурные исследования, проведенные на экспериментальной площадке, показали, что БНТМ с рассматриваемыми геометрическими размерами устойчивы к наблюдаемым в период исследования ледовым воздействиям: средняя толщина льда 0,5 м максимальная толщина льда 0,69 м; максимальные колебания уровня воды в водохранилище при ледоставе один метр; максимальные колебания температуры наружного воздуха в течение суток на 16 °С при изменении температуры между днем и ночью на 10 °С.

**Выводы.** Представлены результаты наблюдений на экспериментальной площадке за изменениями уровня воды, льда, толщин льда, температур воздуха, деформаций берегозащитных конструкций.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о возможности широкого использования бетононаполняемых текстильных матов в условиях ледовых воздействий.

Ледовые воздействия не достигали своих экстремумов в связи с «мягкой» зимой 2014-2015 гг., в связи с чем можно сделать вывод о том, что наблюдения необходимо продолжить для дальнейшего исследования.

## ECONOMICS, MANAGEMENT, MARKETING

### ASSESSING RISKS AND THEIR EFFECT ON SCIENTIFIC PRODUCTS AND THEIR COSTS

#### ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РИСКОВ НА СТОИМОСТЬ РАЗРАБАТЫВАЕМЫХ НАУКОЕМКИХ ИЗДЕЛИЙ

Maria Laura I. ANFIMOVA

М.Л. И. АНФИМОВА

Peoples' Friendship University of Russia  
Moscow, Russian Federation

*The paper goes into the aspects of rocket and space industry products manufacturing and assess potential risks and their effect on rocket and space industry products costs taking into consideration possible changes of external environment. It gives particular attention to the method of weak signals diagnosis that allows to identify potential risks early enough for taking time-bound measures. These measures are aimed at preventing increase of rocket and space industry products costs and at raising competitive capacity of these innovative products at an early stage of their design and manufacture. The author lays down main principles applied to the proper use of weak signals correlation schemes.*

*The paper also describes different approaches to planning and maintaining systems and complexes of monitoring, identifying and preventing potential risks. It will allow to considerably reduce detrimental effects of various risks and threats. It will also allow Russian high-tech industry to gain competitive advantages.*

*Подробно рассматривается вопрос производства изделий ракетно-космической промышленности, с учетом влияния на стоимость разрабатываемого изделия ракетно-космической промышленности рисков, путем оценки изменений внешней среды. Особое внимание уделено использованию в анализе и диагностике подхода на основе выявления слабых сигналов, которые позволяют своевременно определять возможные риски для принятия своевременных мер по эффективному снижению вероятности увеличения стоимости конечного изделия РКП, и по повышению конкурентоспособности итогового продукта еще на начальной стадии проектирования и планирования изготовления инновационного продукта. Приведены принципы вариантов использования специальных схем корреляции слабых сигналов. Рассмотрены подходы к планированию и созданию полноценного комплекса систем мониторинга, идентификации и предупреждения факторов риска, что позволяет существенно снизить негативные последствия возникающих факторов риска, а также получить дополнительные конкурентные преимущества наукоемким отраслям промышленности РФ.*

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Пиявский С.А., Родионов М.В., Холопов И.С. Применение геосинтетических оболочек в гидротехническом строительстве // Вестник МГСУ. 2012. № 6. С. 54-61.
2. Balzannikov M.I., Galitskova Yu.M. The Causes of Large Plains River Shore and Collapse Research and Measures to Prevent It [Исследования причин обрушений берега крупной равнинной реки и мероприятия по их предотвращению] // Eastern European Scientific Journal (Gesellschaftswissenschaften): Düsseldorf (Germany): Auris Verlag. 2013. № 6. Pp. 28-32. DOI: 10.12851/EESJ201312ART05.
3. Balzannikov M.I., Rodionov M.V. Extending the operating life of low embankment dams in Russia // The International Journal on Hydropower and Dams – Volume Twenty, Issue Six, 2013. Pp. 60-63.
4. Rodionov M. Experience of construction of earth structures with the application of geosynthetics in difficult climatic conditions // The 2nd international conference on geotechnics for sustainable development GEOTEC HANOI 2013 (28-29 November 2013 Hanoi, Vietnam). Hanoi, 2013. Pp. 399-402.
5. Михасек А.А., Родионов М.В., Литвинова М.Г. Опыт создания экспериментальной площадки для натурных исследований берегоукрепительных бетононаполняемых матов в условиях ледовых воздействий // Научное обозрение. М., 2015. С. 125-133.
6. Михасек А.А., Родионов М.В., Литвинова М.Г. Использование геотекстильных материалов в конструкции верхового откоса грунтовой плотины // Природоохранные и гидротехнические сооружения: проблемы строительства, эксплуатации, экологии и подготовки специалистов: материалы Международной научно-технической конференции. / СГАСУ. Самара, 2014. С. 398-401.
7. Родионов М.В. Наполняемые текстильные оболочки в гидротехническом строительстве // Природоохранные и гидротехнические сооружения: проблемы строительства, эксплуатации, экологии и подготовки специалистов: материалы Международной научно-технической конференции. / СГАСУ. Самара, 2014. С. 456-459.
8. Родионов М.В., Литвинова М.Г. Новый тип берегоукрепительных конструкций – бетононаполняемые текстильные маты // Природоохранные и гидротехнические сооружения: проблемы строительства, эксплуатации, экологии и подготовки специалистов: материалы Международной научно-технической конференции. / СГАСУ. Самара, 2014. С. 460-463.
9. Родионов М.В., Литвинова М.Г. Расчет берегоукрепительных бетононаполняемых синтетических матов в условиях ледовых воздействий // Природоохранные и гидротехнические сооружения: проблемы строительства, эксплуатации, экологии и подготовки специалистов: материалы Международной научно-технической конференции. / СГАСУ. Самара, 2014. С. 468-471.



10. Родионов М.В., Литвинова М.Г. Технология крепления откосов бетононаполняемыми текстильными матами // Природоохранные и гидротехнические сооружения: проблемы строительства, эксплуатации, экологии и подготовки специалистов: материалы Международной научно-технической конференции. / СГАСУ. Самара, 2014. С. 481-484.
11. Родионов М.В. Технология крепления откосов бетононаполняемыми текстильными матами в зимних условиях // Природоохранные и гидротехнические сооружения: проблемы строительства, эксплуатации, экологии и подготовки специалистов: материалы Международной научно-технической конференции. / СГАСУ. Самара, 2014. С. 485-488.
12. Родионов М.В., Мелик-Пашаева Н.Э. Исследования новых типов берегоукрепительных сооружений откосного профиля // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре [Электронный ресурс]: материалы 71-й Всероссийской научно-технической конференции по итогам НИР. под ред. М.И. Бальзанникова, Н.Г. Чумаченко; СГАСУ. Самара, 2014. С. 684-688.

#### REFERENCES

1. Piyavskiy S.A., Rodionov M.V., Holopov I.S. Primenenie geosinteticheskikh obolochek v gidrotehnicheskom stroitelstve // Vestnik MGSU. 2012. № 6. Pp. 54-61.
2. Balzannikov M.I., Galitskova Yu.M. The Causes of Large Plains River Shore and Collapse Research and Measures to Prevent It [Issledovaniya prichin obrusheniy berega krupnoy ravninnoy reki i meropriyatiya po ih predotvrascheniyu] // Eastern European Scientific Journal (Gesellschaftswissenschaften): Düsseldorf (Germany): Auris Verlag. 2013. № 6. Pp. 28-32. (DOI 10.12851/EESJ201312ART05).
3. Balzannikov M.I., Rodionov M.V. Extending the operating life of low embankment dams in Russia // The International Journal on Hydropower and Dams – Volume Twenty, Issue Six, 2013. Pp. 60-63.
4. Rodionov M. Experience of construction of earth structures with the application of geosynthetics in difficult climatic conditions // The 2nd international conference on geotechnics for sustainable development GEOTEC HANOI 2013 (28-29 November 2013 Hanoi, Vietnam). Hanoi, 2013. Pp. 399-402.
5. Mikhasek A.A., Rodionov M.V., Litvinova M.G. Opyit sozdaniya eksperimentalnoy ploschadki dlya naturnykh issledovaniy beregoukrepitelnykh betonopolnyaemykh matov v usloviyakh ledovykh vozdeystviy // Nauchnoe obozrenie. 2015. Pp. 125-133.
6. Mikhasek A.A., Rodionov M.V., Litvinova M.G. Ispolzovanie geotekstilnykh materialov v konstruktsii verhovogo otkosa gruntovoy plotiny // Prirodooohrannyye i gidrotehnicheskie sooruzheniya: problemy stroitelstva, ekspluatatsii, ekologii i podgotovki spetsialistov: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii SGASU. Samara, 2014. Pp. 398-401.

#### REFERENCES

1. Kholopov I.S. Modulnyye formy v optimalnom proektirovani metallicheskih konstruktsiy // Doklady V Vserossiyskogo seminar. / NGASU. Novosibirsk, 2005. Pp. 336-344.
2. Simiu E., Skanlan R. Vozdeystvie vetra na zdaniya i sooruzheniya / per. s angl. M.: Stroyizdat, 1984. 360 p.
3. Loytsyanskiy L. G. Mehanika zhidkosti i gaza. 7-e izd. M.: Drofa, 2003. 840 p.
4. Kholopov I.O., Loseva I.V. Opyit optimalnogo proektirovaniya karkasa Rovenskoy AES. // Avtomobilnyye dorogi, iskusstvennyye sooruzheniya v usloviyakh DV i Kraynego Severa / HPI. Habarovsk, 1978.
5. Alpatov V.Yu., Solovov A.V., Holopov I.S., Atamanchuk A.V. Raschet metallicheskoj trubchatoy antennoy oporyi vyisoty N=30 m na vetrovuyu pulsatsiyu. // Traditsii i innovatsii v stroitelstve i arhitekture: materialy 67-y Vserossiyskoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii po itogam NIR / pod red. N.G.Chumachenko; SGASU. Samara, 2010. Pp. 720-722.
6. Alpatov V.Yu., Holopov I.S., Lukin A.O., Solovov A.V., Gudkov K.N. Oblegchennyye metallicheskie konstruktsii – opyit, razrabotka, vnedrenie // Stroitelnyye materialy, oborudovanie, tehnologii 21 veka. 2011. №12 (155). Pp. 40-45.
7. Vadim Yu. Alpatov, Alexey A. Lukin, The Method of Mirror Functions in Optimal Design of Pre-stressed Spatial Structures, Procedia Engineering, Volume 111, 2015, Pages 20-29, ISSN 1877-7058, <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2015.07.030>. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705815012795>).
8. Kuznetsov S. G. Vetrovyye vozdeystviya na vyisotnyye zdaniya v usloviyakh gorodskoy zastroyki: avtoreferat. Makeevka: Donbasskaya natsionalnaya akademiya stroitelstva i arhitektury, 2009. 38 p.

аэродинамических коэффициентов, представленных в СНиП 2.01.07-85\* и СП 20.13330.2011. Положительный знак при коэффициентах соответствует направлению давления ветра на соответствующую поверхность (напор), отрицательный – от поверхности (отсос).

#### Выводы.

1. На основе метода контрольных объемов смоделирована задача обтекания двух близкорасположенных квадратных зданий ветровым потоком. Определены аэродинамические коэффициенты для отдельных зон каждого здания с учетом их взаимного влияния. Аэродинамические коэффициенты получены при различных углах атаки ветрового потока.

2. Максимальные значения аэродинамических коэффициентов, полученных в ходе исследования, для срединных зон составляют 1,09 и –2,28 (напор и отсос соответственно) при угле атаки ветрового потока 90°.

3. Пиковое значение аэродинамического коэффициента для угловых зон составляет –3,7 при угле атаки ветрового потока 90°.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Холопов И.С. Модулярные формы в оптимальном проектировании металлических конструкций // Доклады V Всероссийского семинара. Новосибирск, 2005. С. 336-344.
2. Симиу Э., Сканлан Р. Воздействие ветра на здания и сооружения / пер. с англ. М.: Стройиздат, 1984.– 360 с.
3. Лойцянский, Л. Г. Механика жидкости и газа. 7-е изд. М.: Дрофа, 2003. – 840 с.
4. Холопов И.С., Лосева И. В. Опыт оптимального проектирования каркаса Ровенской АЭС // Автомобильные дороги, искусственные сооружения в условиях ДВ и Крайнего Севера / ХПИ. Хабаровск, 1978.
5. Алпатов В.Ю., Соловьев А.В., Холопов И.С., Атаманчук А.В. Расчет металлической трубчатой антенной опоры высотой Н=30 м на ветровую пульсацию. // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре: материалы 67-й Всероссийской научно-технической конференции по итогам НИР / под ред. Н.Г.Чумаченко; СГАСУ. Самара, 2010. С. 720-722.
6. Алпатов В.Ю., Холопов И.С., Лукин А.О., Соловьев А.В., Гудков К.Н. Облегченные металлические конструкции – опыт, разработка, внедрение // Строительные материалы, оборудование, технологии 21 века. 2011. №12 (155). С. 40-45.
7. Vadim Yu. Alpatov, Alexey A. Lukin, The Method of Mirror Functions in Optimal Design of Pre-stressed Spatial Structures, Procedia Engineering, Volume 111, 2015, Pages 20-29, ISSN 1877-7058, <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2015.07.030>. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705815012795>).
8. Кузнецов С. Г. Ветровые воздействия на высотные здания в условиях городской застройки: автореферат. Макеевка: Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, 2009. 38 с.

7. Rodionov M.V. Napolnyaemye tekstilnyie obolochki v gidrotehnicheskom stroitelstve // Prirodoohrannye i gidrotehnicheskie sooruzheniya: problemyi stroitelstva, ekspluatatsii, ekologii i podgotovki spetsialistov: materialyi Mezhdunarodnoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii SGASU. Samara, 2014. Pp. 456-459.
8. Rodionov M.V., Litvinova M.G. Novyy tip beregoukrepitelnyih konstruksiy — betonopolnyaemye tekstilnyih matyi // Prirodoohrannye i gidrotehnicheskie sooruzheniya: problemyi stroitelstva, ekspluatatsii, ekologii i podgotovki spetsialistov: materialyi Mezhdunarodnoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii SGASU. Samara, 2014. Pp. 460-463.
9. Rodionov M.V., Litvinova M.G. Raschet beregoukrepitelnyih betonopolnyaemyih sinteticheskikh matov v usloviyah ledovyyih vozdeystviy. // Prirodoohrannye i gidrotehnicheskie sooruzheniya: problemyi stroitelstva, ekspluatatsii, ekologii i podgotovki spetsialistov: materialyi Mezhdunarodnoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii SGASU. Samara, 2014. Pp. 468-471.
10. Rodionov M.V., Litvinova M.G. Tehnologiya krepleniya otkosov betonopolnyaemyimi tekstilnyimi matami // Prirodoohrannye i gidrotehnicheskie sooruzheniya: problemyi stroitelstva, ekspluatatsii, ekologii i podgotovki spetsialistov: materialyi Mezhdunarodnoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii SGASU. Samara, 2014. Pp. 481-484.
11. Rodionov M.V. Tehnologiya krepleniya otkosov betonopolnyaemyimi tekstilnyimi matami v zimnih usloviyah // Prirodoohrannye i gidrotehnicheskie sooruzheniya: problemyi stroitelstva, ekspluatatsii, ekologii i podgotovki spetsialistov: materialyi Mezhdunarodnoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii SGASU. Samara, 2014. Pp. 485-488.
12. Rodionov M.V., Melik-Pashaeva N.E. Issledovaniya novyyih tipov beregoukrepitelnyih sooruzheniy otkosnogo profilya // Traditsii i innovatsii v stroitelstve i arhitekture [Elektronnyiy resurs]: materialyi 71-y Vserossiyskoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii po itogam NIR. / pod red. M.I. Balzannikova, N.G. Chumachenko; SGASU. Samara, 2014. Pp. 684-688 (data obrascheniya: 16.03.2016).

Аэродинамические свойства зданий, имеющих острые кромки, зависят в основном от формы их поперечного сечения. Это связано с тем, что срыв вихрей у таких зданий осуществляется с четко фиксированных угловых точек. Поэтому значения аэродинамических коэффициентов рассматриваемых зданий зависят от формы их поперечного сечения и их взаимного расположения относительно друг друга и практически не зависят от скорости ветрового потока и значения интенсивности турбулентности [8].

Таблица 1

Результаты исследования обтекания двух близкорасположенных зданий

Номер здания (см. рис. 1)	Участок здания (см. рис. 1)	Аэродинамический коэффициент (по нормали к поверхности здания)								
		по результатам эксперимента							по СНиП [1]	по СП [4]
		Угол атаки ветрового потока								
		0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°		
Здание 1	1	0,95	0,98	0,79	0,46	-0,24	-0,9	-2,28	0,8 (-0,6)	1,2 (-1,2)
	2	-0,92	-0,7	0,25	0,66	1	1,05	1,09	0,8 (-0,6)	1,2 (-1,2)
	3	-0,64	-0,52	-0,72	-0,96	-1,19	-1,65	-0,48	0,8 (-0,6)	1,2 (-1,2)
	4	-0,92	-0,68	-1,06	-1,24	-1,45	-0,81	-0,98	0,8 (-0,6)	1,2 (-1,2)
	5	0,41	0,69	1,2	0,8	-0,96	-2,1	-3,7	-2	-2,2
	6	-1,74	-1,96	-0,05	1,2	1,19	0,74	-0,03	-2	-2,2
	7	-0,66	-0,61	-1,1	-1,67	-1,87	-2,66	-1,32	-2	-2,2
	8	-0,83	-0,44	-0,23	-0,2	0,1	0,17	0,92	-2	-2,2
	9	-0,66	-0,42	-0,68	-0,58	-1,52	-1,58	-0,33	-2	-2,2
	10	-0,83	-0,69	-0,72	-1,98	-0,89	-1,19	-0,36	-2	-2,2
	11	0,41	0,32	-0,15	-0,29	-1,01	-0,6	-1,65	-2	-2,2
	12	-1,74	-1,29	-1,78	-1,55	-2,46	-0,68	-1,51	-2	-2,2
Здание 2	1	-0,53	0,3	0,54	0,38	-0,05	-0,76	-0,48	0,8 (-0,6)	1,2 (-1,2)
	2	-0,2	-0,21	0,08	0,49	0,77	0,9	1,09	0,8 (-0,6)	1,2 (-1,2)
	3	-0,22	-0,81	-1,17	-0,78	-2,01	-1,68	-2,28	0,8 (-0,6)	1,2 (-1,2)
	4	-0,2	-0,84	-1,05	-0,91	-0,95	-0,9	-0,98	0,8 (-0,6)	1,2 (-1,2)
	5	-0,68	1,18	1,36	1,07	-0,59	-2,22	-1,32	-2	-2,2
	6	-0,16	-0,72	0,24	0,99	1,4	0,86	0,92	-2	-2,2
	7	-0,28	-1,31	-1,9	-1,3	-2,94	-2,57	-3,7	-2	-2,2
	8	-0,2	-0,58	-0,68	-0,2	-0,57	-0,14	-0,03	-2	-2,2
	9	-0,28	-0,57	-0,73	-0,89	-1,2	-1,2	-1,65	-2	-2,2
	10	-0,2	-1,08	-1,41	-0,62	-1,29	-1,15	-1,51	-2	-2,2
	11	-0,68	-0,45	-0,45	-0,4	-0,53	-0,45	-0,33	-2	-2,2
	12	-0,16	-1,37	-1,71	-1,58	-1,38	-0,66	-0,36	-2	-2,2

Результаты значений аэродинамических коэффициентов (нормальных к соответствующим поверхностям зданий) внешнего давления для каждой отдельной зоны обоих зданий приведены в табл. 1. Здесь также приведены значения



Размеры рабочей области составляют 1500 м вдоль потока и 1000 м поперек потока. Сетка рабочей области разбита на ячейки переменных размеров, которые уменьшаются по мере приближенности ячеек к контурам зданий (рис. 2). Минимальные размеры ячеек составляют  $0,005D$  ( $D$  – размер здания), максимальные –  $0,3D$ .

**Начальные условия задачи** – покоящаяся среда.

**Граничные условия задачи:**

- на входе в расчетную область задается скорость ветрового потока  $V=25\text{ м/с}$ , интенсивность турбулентности  $\gamma=1\%$ ;
- на выходе принято условие постоянства давления  $p = p_0$ ;
- на удаленных внешних боковых границах задано условие аэродинамически гладкой стенки (вектор скорости параллелен боковой границе расчетной области);
- скорость ветра на внутренних границах (по периметрам зданий) задается из условия «непротекания», т.е. скорость ветра на поверхностях зданий равна нулю;
- шаг по времени равен 0,005 с.

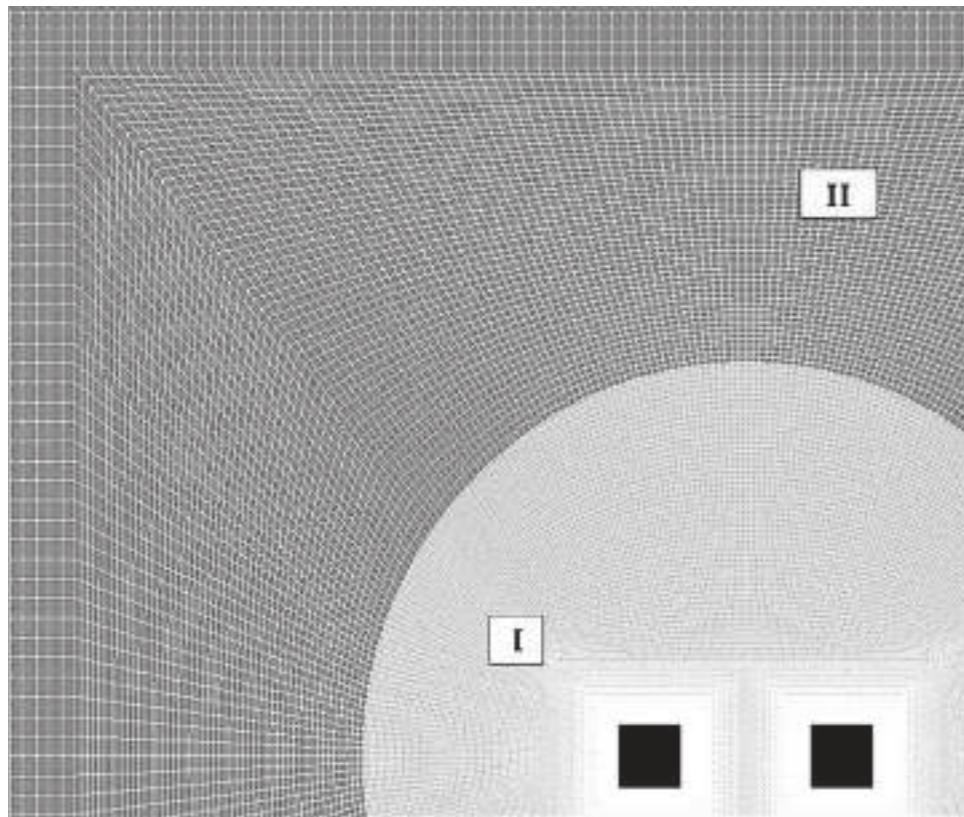


Рис. 2. Фрагмент контрольно-объемной сетки

## SIMULATION STUDIES OF WAVE SETUP ON NEW TYPES OF BANK PROTECTION STRUCTURES

### МОДЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НАКАТА ВОЛН НА НОВЫЕ ТИПЫ БЕРЕГОЗАЩИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Maksim V. RODIONOV

Sergey A. RYZHOV

Irina E. INKINA

М. В. РОДИОНОВ

С. А. РЫЖОВ

И. Е. ИНКИНА

Samara State University of Architecture and Civil Engineering  
Samara, Russian Federation

The research paper studies new types of bank protection structures built with gabion mattresses and concrete-filled textile floor-mats. The authors point out their specific design features that do not let use existing calculation and design methodologies typical for other bank protection structures. The article introduces results of hydraulic studies analyzing wave setup on various bank protection structures parameters. These installations are generally used to protect hydraulic structures, their slopes and river banks from wind-generated waves destructive effect. The paper also analyses the obtained data of wave setup amplitude, calculates model coefficients of roughness and compares these results with those given in the standardizing documents.

**Keywords:** hydraulic structures, bank protection structures, gabion mattresses, wave setup, concrete-filled textile floor-mats, simulation studies

Рассматриваются новые типы берегозащитных конструкций с использованием габионовых матрацев и бетононаполняемых текстильных матов. Указываются их конструктивные особенности, не позволяющие корректно применять к ним существующие методики расчета и проектирования берегоукрепительных сооружений. Приводятся результаты модельных гидравлических исследований параметров наката волн на различные конструкции берегоукрепительных устройств, используемых для защиты откосов гидротехнических сооружений и берегов рек от разрушающего воздействия ветровых волн. Анализируются полученные данные о величинах наката волн, определяются модельные коэффициенты шероховатости рассматриваемых покрытий, дается сравнение полученных значений с приводимыми в нормативных документах.

**Ключевые слова:** гидротехнические сооружения, берегозащитные сооружения, габионовые матрацы, накат волн, бетононаполняемые текстильные маты, модельные исследования

Одним из наиболее важных вопросов, решаемых при проектировании берегозащитных сооружений, является назначение отметки верха крепления откоса, подверженного разрушающему воздействию волн, течений воды, льда, атмосферных осадков и других факторов [1-3]. Корректное определение данного параметра не только влияет на надежность сооружения, но и на его экономичность, т. к. в случае обоснованного снижения отметки верха крепления возможно значительное сокращение объемов строительного-монтажных работ как на устройство крепления, так и связанного с ним грунтового сооружения [4-6].

Согласно СП 39.13330.2012 «Плотины из грунтовых материалов» превышение верха крепления над расчетным уровнем воды  $h_s$  назначается по формуле

$$h_s = \Delta h_{set} + h_{run1\%} + a,$$

где  $\Delta h_{set}$  - ветровой нагон воды, м;  $h_{run1\%}$  - высота наката ветровых волн обеспеченностью 1%, м;  $a$  - запас возвышения крепления, м.

Как правило, наибольшее влияние на величину  $h_s$  оказывает высота наката ветровых волн, которая, в свою очередь, значительно зависит от коэффициента шероховатости  $k_r$  крепления откоса.

Коэффициент шероховатости  $k_r$  не соответствует коэффициентам шероховатости Гоклера – Маннинга, полученным для различных типов поверхностей, и принимается согласно таблице СП 38.13330.2011 «Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов)». Анализ данных таблицы показывает, что коэффициент шероховатости является понижающим и может иметь значения от 0,7 до 1,0, причем единица соответствует конструкции крепления откоса из бетонных или железобетонных плит, а меньшие значения – креплениям из гравийно-галечникового или каменного покрытия бетонных или железобетонных блоков.

В настоящее время в России все большее распространение получают такие типы крепления грунтовых откосов, как габионовые матрацы и бетононаполняемые текстильные маты [7-10].

Габионовые матрацы обычно изготавливаются в виде плоскостных конструкций небольшой высоты, но значительной площади из металлической сетки с ячейками в виде четырех – или шестиугольников (рис. 1). Для заполнения матрацев, как правило, используется камень фракции 125÷200 мм. Наличие металлической сетки, расположенной поверх камня, приводит к изменению относительной шероховатости поверхностей габионовых матрацев в сравнении с каменной наброской той же фракции.

Бетононаполняемые маты представляют собой текстильную опалубку, состоящую из двух соединенных между собой высокопрочных тканых материалов (рис. 2). Внутреннее пространство мата заполняют бетонным раствором с помощью насосного оборудования на строительной площадке. Гибкая текстильная опалубка после заполнения бетоном не позволяет создавать прямолинейных форм берегоукрепительных конструкций, что повышает их относительную шероховатость в сравнении с шероховатостью традиционных железобетонных плит.

Указанные особенности новых типов берегозащитных конструкций не позволяют корректно применить к ним значения коэффициента шероховатости из

Здесь  $k = (3 \cdot \gamma^2) / 2$  – удельная кинетическая энергия турбулентных пульсаций, где  $\gamma$  – интенсивность турбулентности;  $\epsilon$  – скорость диссипации турбулентной энергии, связанная с масштабом турбулентности  $L$  (характерный размер турбулентный вихрей в направлении среднего течения).

### Моделирование обтекания двух близкорасположенных зданий в ПК «STAR-CD»

Модель представляет собой два близкорасположенных здания квадратной формы, каждое размерами 24×24 м, с расстоянием в свету между ними 48 м. В исследовании учитываются семь углов атаки ветрового потока: от 0 до 90° с шагом по 15°. Поверхности зданий поделены на отдельные зоны, для которых определяются значения аэродинамических коэффициентов (рис. 1).

Требования проведения расчетов при различных углах атаки ветровым потоком влечет необходимость поворота исследуемых зданий. Для этого в сетку вмонтирован промежуточный цилиндрический элемент (рис. 2, область I), позволяющий круговым смещением расчетных узлов в необходимом направлении получать новую расчетную сетку с заданным углом атаки набегающего потока

В программе моделировались поперечные сечения зданий и рассматривалась плоская задача.

Одним из важнейших моментов проведения численного эксперимента является задание граничных условий и определение размеров ячеек сетки объемных элементов.

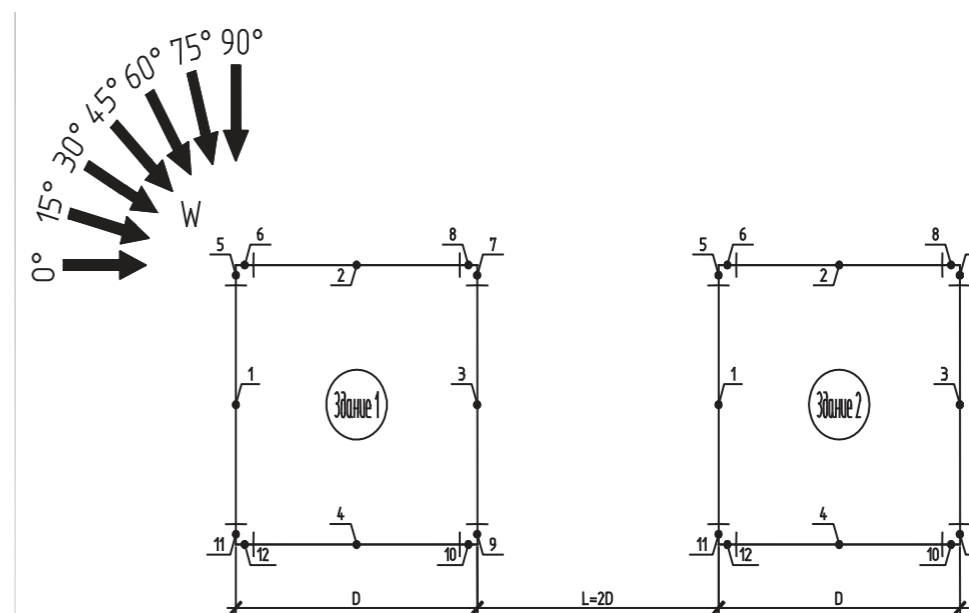


Рис. 1. Схема расположения участков по поверхностям зданий и углов атаки ветрового потока (цифрами показаны номера участков зданий)



кретный аналог дифференциального уравнения, в который входят значения искомой переменной в нескольких узловых точках.

Одним из важных свойств предложенного метода контрольного объема является то, что в нем заложено точное интегральное сохранение таких величин, как масса, количество движения и энергия на любой группе контрольных объемов и, следовательно, на всей расчетной области. Это свойство проявляется при любом числе узловых точек, а не только в предельном случае их очень большого числа. Таким образом, даже решение на достаточно грубой сетке удовлетворяет точным интегральным балансам.

**Цель исследования:** определить значения величин аэродинамических коэффициентов на поверхностях двух близкорасположенных квадратных зданий при различных углах атаки ветрового потока.

**Постановка задачи.** Нормативное значение ветрового давления  $W_0$  (Па) определяется по формуле

$$W_0 = 0,5 \cdot \rho \cdot V^2, \quad (1)$$

где  $V$  – скорость ветрового потока,  $\rho = 1,22 \text{ кг/м}^3$  – плотность воздушной среды.

В нормах [4] в качестве скорости  $V$  принимается скорость ветра на высоте 10 м от поверхности земли для типа местности А, соответствующая 10-минутному интервалу осреднения и превышаемая в среднем раз в 5 лет.

Нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки  $W_i$  на высоте  $z$  над поверхностью земли согласно СП 20.13330.2011 составляет:

$$W_i = W_0 \cdot k_z \cdot c, \quad (2)$$

где  $k_z$  – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте;  $c$  – аэродинамический коэффициент.

Движение воздушной массы в пограничном слое земли до 200 м является турбулентным. Скорость движения воздуха состоит из средней  $\bar{V}$  и пульсационной  $V'$  составляющих:  $V = \bar{V} + V'$ . Пульсационная составляющая в одни моменты времени положительна, в другие – отрицательна, а ее среднее значение по времени равно нулю. Как показано в работе [2], турбулентное течение считается стационарным случайным процессом со средним значением, равным нулю.

Решение задач турбулентных течений жидкости позволяет получить удовлетворительные данные, имитируя, таким образом, поведение реальных турбулентных течений. Модели турбулентности описывают систему дополнительных уравнений (и связанных с ними алгебраических соотношений и наборов констант), которые решаются совместно с уравнением Навье – Стокса.

ПК «STAR-CD» предлагает широкий выбор моделей турбулентности. В настоящей работе расчеты выполнены с использованием двухпараметрической «высокореинольдсово́й  $k-\epsilon$  модели» (см. «Методология для ПК «STAR-CD 3.20»; пер. с англ. ЗАО «Саровские Лаборатории» воздуха»). В отличие от других моделей, данная модель является наиболее универсальной с точки зрения предсказания турбулентных эффектов [3].



Рис. 1. Крепление откосов габионовыми матрацами



Рис. 2. Крепление откосов бетононаполняемыми текстильными матами



СП 38.133302011 и, как следствие, точно назначить отметку верха крепления откосов из них. В связи с этим исследования шероховатости габионовых матрацев и бетононаполняемых текстильных матов, на наш взгляд, являются весьма актуальными.

Для оценки величины наката волн на различные типы конструкций берегоукрепления были проведены модельные исследования с использованием экспериментальной установки лаборатории кафедры природоохранного и гидротехнического строительства Самарского государственного архитектурно-строительного университета [11]. Для моделирования волновых явлений использовался волнопродуктор, представляющий собой закрепленный шарнирно у дна поворачивающийся металлический щит.

В ходе экспериментов в лотке устанавливались модели различных типов конструкций берегоукрепления откосного типа с коэффициентами заложения, равными двум, трем и четырем, а также при трех глубинах воды в гидравлическом лотке 15, 17 и 19 см. С помощью волнопродуктора для каждой модели создавались волны постоянной величины. Геометрический масштаб для всех моделей был принят 1:8.

Исследовались следующие модели берегоукрепительных конструкций. Модель № 1 – бетонные плиты (рис. 3,а). Модель изготавливалась из листа фанеры, которая для соблюдения геометрического подобия ее шероховатости покрывалась лаком. Модель № 2 – каменная наброска (рис. 3,б). Выполнялась из гравия со средним диаметром 5 мм, отсыпаемого толщиной 30 мм. Модель № 3 – габионовые матрацы (рисунок 3,в). Для изготовления модели использовались металлическая сетка Streck с размером ячеек 10×10 мм и гравий со средним размером 5 мм. Модель № 4 – бетононаполняемые текстильные маты (рис. 3,г). Для соблюдения геометрического подобия шероховатости поверхность модели, выполненной из гипса, покрывалась краской.

Значения полученных величин наката волн на рассматриваемые конструктивные типы крепления приведены в табл. 1.

Таблица 1  
Экспериментальные данные по длине наката волны на откос

Глубина воды, см	Длина наката волны на откос, см											
	бетонные плиты			бетонные маты			каменная наброска			габионовые матрацы		
	1:2	1:3	1:4	1:2	1:3	1:4	1:2	1:3	1:4	1:2	1:3	1:4
19	19,4	18,7	18,3	18	16,8	15,7	12,6	11	9,8	13,7	12,5	11,8
17	19,1	18,5	18,5	18,1	16,5	15,5	12,5	10,7	9,6	13,5	12,6	11,5
15	19,2	18,5	18,4	17,9	16,3	15,4	12,3	10,8	9,5	13,5	12,2	11,4

Коэффициент шероховатости крепления оценивался путем определения разницы величины наката волн на различные конструктивные типы крепления в сравнении с моделью крепления откоса бетонными плитами. Для последней коэффициент шероховатости, согласно СП 38.133302011, был принят равным единице.

В результате обработки экспериментальных данных были получены коэффициенты шероховатости, приведенные в табл. 2.

## CONTROL VOLUME METHOD IN INVESTIGATING TWO SQUARE BUILDINGS AERODYNAMIC MUTUAL INTERFERENCE

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМНОГО АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ВЛИЯНИЯ ДВУХ КВАДРАТНЫХ ЗДАНИЙ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА КОНТРОЛЬНЫХ ОБЪЕМОВ

Dmitriy D. CHERNYSHOV

Д. Д. ЧЕРНЫШЕВ

Samara State University of Architecture and Civil Engineering  
Samara, Russian Federation

*In this paper the researcher uses the control-volume method in «STAR-CD» PC to investigate wind current flow of two square closely-spaced buildings. Aerodynamic coefficients of various wind stream angles are also obtained.*

*С помощью метода контрольных объемов в ПК «STAR-CD» исследована картина обтекания ветровым потоком двух квадратных близкорасположенных зданий, а также получены значения аэродинамических коэффициентов при различных углах атаки ветрового потока.*

**Keywords:** aerodynamic coefficient, high building, building aerodynamics

**Ключевые слова:** аэродинамический коэффициент, высотное здание, строительная аэродинамика

В настоящее время в связи с массовым строительством компактно расположенных высотных зданий встает вопрос их взаимного аэродинамического влияния друг на друга. Ветровая нагрузка на высотные здания является приоритетной и при расчете каркасов зданий заслуживает особого внимания. В современной нормативной литературе не дается указаний по учету взаимного влияния близкорасположенных зданий при определении для них ветровых нагрузок.

Для нахождения истинных значений аэродинамических характеристик близкорасположенных зданий необходимо проводить натурные исследования по их обдувке в аэродинамической трубе. Вместе с этим в настоящее время для решения газодинамических задач все более широкое распространение получают программные комплексы, работа которых основана на численном решении систем уравнений, отражающих общие законы механики сплошной среды.

В данной статье представлены исследования по обдувке двух близкорасположенных квадратных зданий с помощью метода контрольных объемов в газодинамическом комплексе «STAR-CD».

Главная идея метода заключается в том, что расчетная область разбивается на некоторое количество контрольных объемов таким образом, что каждая узловая точка содержится в одном контрольном объеме. Дифференциальные уравнения интегрируются по каждому объему. Используя кусочные профили, определяют дис-

5. Petrov S.M. CAD and three-layer panels calculation with account of force impact and temperature effect // Building Mechanics and Structures Calculation. M., 2013. №1. Pp. 23-28.
6. Rzhantsin A.R. Compound bars and plates. M.: Stroyizdat, 1986. 306 p.
7. Kholopov I.S., Mosesov M.D., Solovjev A.V., Ildiyarov E.V., Petrov N.V. Experimental research of roof sandwich panels with basalt insulation layer . Higher education establishments news. Building Engineering. M., 2008. №2 (590). Pp. 108-112.
8. Petrov S.M., Ildiyarov E.V., Popkov N.V., Kholopov I.S., Mosesov M.D., Solovjev A.V. Experimental research of three-layer roof sandwich panels // Industrial and civil engineering. M.: 2009. №6. Pp. 44-47.
9. Petrov S.M. KiSP Program. Certificate of software registration № 2012614613.
10. Likhtarnikov Ya.M. Building structures trial design and optimization. M.: Stroyizdat, 1979. 319 p.

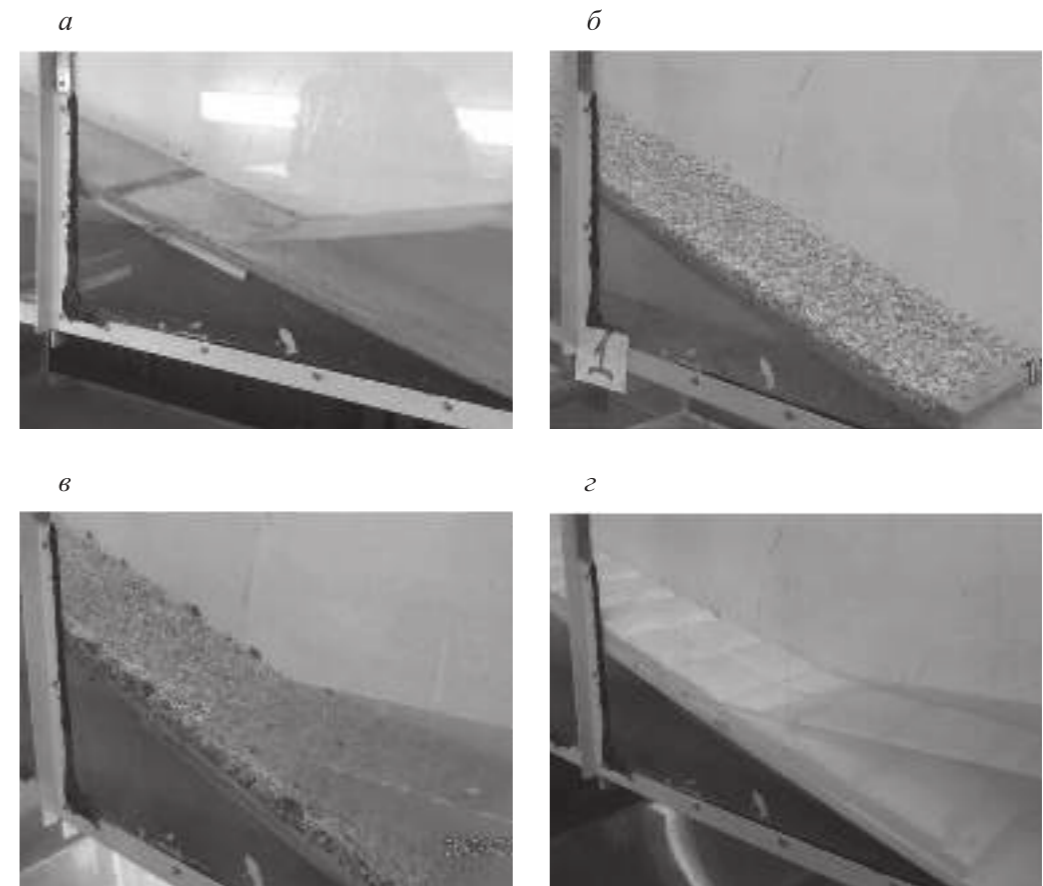


Рис. 3. Модели берегоукрепительных конструкций:  
 а – бетонные плиты; б – каменная наброска;  
 в – габионовые матрацы; з – бетононаполняемые текстильные маты

Таблица 2

Экспериментальные данные по коэффициентам шероховатости

Глубина воды, см	Модельные коэффициенты шероховатости											
	бетонные плиты			бетонные маты			каменная наброска			габионовые матрацы		
	1:2	1:3	1:4	1:2	1:3	1:4	1:2	1:3	1:4	1:2	1:3	1:4
19	1,00	1,00	1,00	0,93	0,90	0,86	0,65	0,59	0,54	0,71	0,67	0,64
17	1,00	1,00	1,00	0,95	0,89	0,84	0,65	0,58	0,52	0,71	0,68	0,62
15	1,00	1,00	1,00	0,93	0,88	0,84	0,64	0,58	0,52	0,70	0,66	0,62

Анализ полученных результатов показывает, что изменение глубины воды в гидравлическом лотке не оказывает значительного влияния на величину наката волн, что доказывает отсутствие воздействия стенок гидравлического лотка на результаты. Наличие металлической сетки поверх каменного крепления приводит

к увеличению коэффициента шероховатости в сравнении с каменной наброской, при этом полученные значения ниже данных, приведенных в СП 38.133302011 для каменной наброски. Бетононаполняемые текстильные маты имеют более низкий коэффициент шероховатости в сравнении с бетонными плитами.

Таким образом, на основании полученных данных можно заключить, что учет фактических значений коэффициентов шероховатости, новых типов конструкций берегоукрепительных сооружений повышает их экономическую эффективность за счет обеспечения возможности снижения отметки верха крепления откоса и, как следствие, уменьшения объемов строительных работ. Так, для бетононаполняемых текстильных матов значения коэффициентов шероховатости на 5-16 % меньше, чем для бетонных плит, что, по нашей оценке, позволяет снизить площадь укрепления на 4 – 8 %.

**Выводы.**

1. В настоящее время все большее распространение получают новые типы конструкций берегоукрепительных сооружений откосного профиля, в частности, габионовые матрацы и бетононаполняемые текстильные маты. Данных о параметрах наката волн на такие конструкции в справочной и нормативной литературе не приводится, что затрудняет выполнение расчетов и обоснованное назначение их геометрических параметров. В связи с этим необходимы экспериментальные исследования для выявления их свойств.

2. Выполнены экспериментальные исследования физических моделей новых типов конструкции берегоукрепительных сооружений: габионовых матрацев и бетононаполняемых текстильных матов. Результаты исследований позволили получить данные о коэффициентах шероховатости этих конструкций. Выявлено, что наличие металлической сетки, используемой поверх каменного крепления, повышает коэффициент шероховатости поверхности берегоукрепительного сооружения по сравнению с поверхностью из каменной наброски. Применение же криволинейных бетононаполняемых текстильных матов снижает значение коэффициента шероховатости по сравнению с поверхностью из бетонных плит.

3. Учет фактических значений коэффициентов шероховатости берегоукрепительных конструкций из габионовых матрацев и бетононаполняемых текстильных матов позволит более обоснованно определить параметры крепления откоса и, тем самым, снизить стоимость строительных работ.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Бальзанников М.И., Родионов М.В., Сеницкий Ю.Э. Повышение эксплуатационной надежности низконапорных гидротехнических объектов с грунтовыми плотинами // Приволжский научный журнал. 2012. № 2. С. 35-40.
2. Balzannikov M.I., Galitskova Yu.M. The Causes of Large Plains River Shore and Collapse Research and Measures to Prevent It [Исследования причин обрушений берега крупной равнинной реки и мероприятия по их предотвращению] // Eastern European Scientific Journal (Gesellschaftswissenschaften): Düsseldorf (Germany): Auris Verlag. 2013. № 6. Pp. 28-32. DOI: 10.12851/EESJ201312ART05.

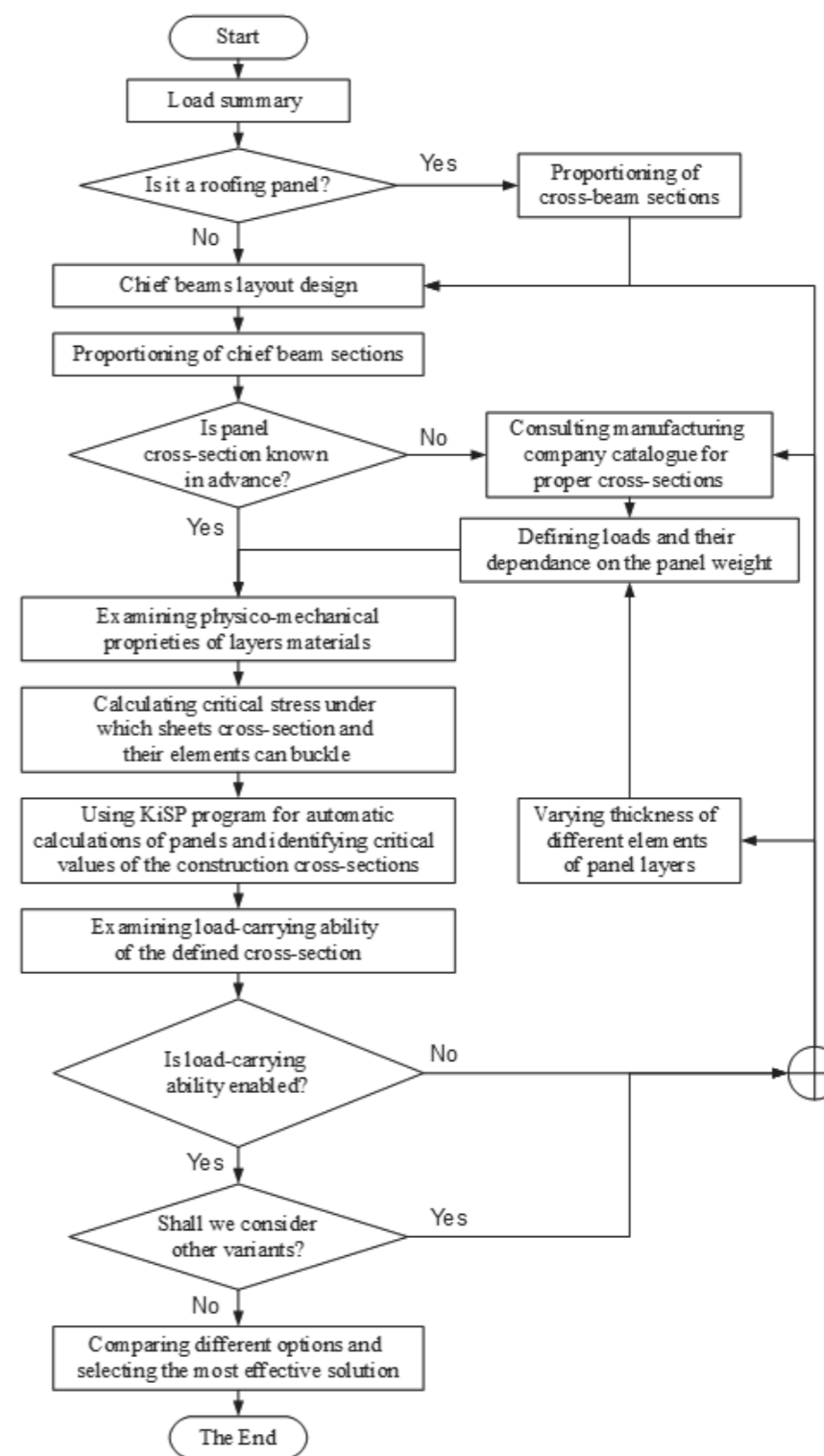


Fig. 3. Sandwich panels trial design methodology and its procedure



$$C_i = m_i + \gamma_i \quad (3)$$

where  $i$  – layer index ( $i = VO, NO$  or  $CC$ ).

While calculating the target function (2) minimum, one should take the basic data into account and accept design and calculation constraints.

The basic data here are as follows: physical mechanical properties of the layers materials, the size of the panel as for the number of spans in it, the application of loads scheme (both force and temperature impact) and load intensity, supporting structures parameters (cross-section, span, physical mechanical properties of material used).

To design constraints we refer discreteness of sheets and insulant gauge material, discreteness of sheets material corrugation, discreteness of the span between the panel supporting structures, middle layer minimum thickness necessary for heat transmission resistance.

To calculation constraints we refer conditions of deformation compatibility with account of middle-layer shift and supporting structures squeeze reduction, conditions of the whole construction rigidity, conditions of all layers materials strength, conditions of squeezed sheets resistance, conditions of layer interconnections strength and durability.

The basis for the general optimal and trial design algorithm is a parametric task of reducing the cost of a panel with sheets and middle layer made of definite materials while the calculation scheme and supporting structures rigidity are the same. Using design automation facilities makes the whole process of calculating other optimal tasks easier and quicker.

The solution for the parametric task is achieved while changing discrete parameters of sandwich panels layers. According to customers' requirements different combinations of materials can be used as panels layers.

Sandwich panels trial design methodology and its procedure are schematically shown on Fig. 3.

## REFERENCES

1. TSNIISK named for V.A. Kucherenko. Calculating three-layer panels with metal skin and expanded foam aggregate. M.: Stroyizdat, 1976. 24 p.
2. EUROPEAN STANDARD prEN 14509:2005 (E). Self-supporting double skin metal faced insulating panels. Factory made products. Specifications. Final draft. Brussels: CEN, 2006. 147 p.
3. Levchuk A.A. Investigating supporting structures shift from insulation span on stress and strain state of two-span metal three-layer panels // Modern metal and timber building structures. Scientific Proceedings. Odessa: OGASA, 2008. Vol.1 Pp. 179-184.
4. Petrov S.M. Multi-span sandwich panels calculation with account of structural orthotropic mineral-cotton middle-layer shift and elastic compliance of supporting structures // Building Mechanics and Structures Calculation. M., 2010. №4. Pp. 27-33.

3. Галицкова Ю.М., Бальзанников М.И. Защита береговых склонов от разрушения // Экобалтика 2006: сб. трудов VI Междунар. молодежного экологического форума стран Балтийского региона. СПб.: СПбГПУ, 2006. С. 58-60.
4. Галицкова Ю.М., Бальзанников М.И. Повышение природоохранных требований в современных условиях // Исследования в области архитектуры, строительства и охраны окружающей среды: Тез. докл. обл. 57-й научно-техн. конф. Самара, 2000. С. 222-223.
5. Евдокимов С.В., Дормидонтова Т.В. Оценка надежности гидротехнических сооружений // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2012. № 1. С. 49-53.
6. Евдокимов С.В., Дормидонтова Т.В. Критерии оценки надежности и технического состояния гидротехнических сооружений // Вестник СГАСУ (Градостроительство и архитектура). 2011. № 2. С. 105-109.
7. Пиявский С.А., Родионов М.В., Холопов И.С. Применение геосинтетических оболочек в гидротехническом строительстве // Вестник МГСУ. 2012. № 6. С. 54-61.
8. Родионов М.В., Литвинова М.Г. Новый тип берегоукрепительных конструкций – бетононаполняемые текстильные маты // Природоохранные и гидротехнические сооружения: проблемы строительства, эксплуатации, экологии и подготовки специалистов: материалы Международной научно-технической конференции / СГАСУ. Самара, 2014. С. 460-463.
9. Родионов М.В., Литвинова М.Г. Расчет берегоукрепительных бетононаполняемых синтетических матов в условиях ледовых воздействий // Природоохранные и гидротехнические сооружения: проблемы строительства, эксплуатации, экологии и подготовки специалистов: материалы Международной научно-технической конференции / СГАСУ. Самара, 2014. С. 468-471.
10. Михасек А.А., Родионов М.В., Литвинова М.Г. Опыт создания экспериментальной площадки для натурных исследований берегоукрепительных бетононаполняемых матов в условиях ледовых воздействий // Научное обозрение. 2015. С. 125-133.
11. Бальзанников М.И., Родионов М.В., Мелик-Пашаева Н.Э. Исследования наката ветровых волн на новые конструкции гидротехнических берегоукрепительных сооружений // Известия высших учебных заведений. Строительство. Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2014. № 9-10. С. 45-55.

## REFERENCES

1. Balzannikov M.I., Rodionov M.V., Senitskiy Yu.E. Povyishenie ekspluatatsionnoy nadezhnosti nizkonapornyih gidrotehnicheskikh ob'ektov s gruntovymi plotinami // Privolzhskiy nauchnyiy zhurnal. 2012. Pp. 35-40.
2. Balzannikov M.I., Galitskova Yu.M. The Causes of Large Plains River Shore and Collapse Research and Measures to Prevent It [Issledovaniya prichin obrusheniya berega krupnoy ravninnoy reki i meropriyatiya po ih predotvrascheniyu] // Eastern European Scientific Journal (Gesellschaftswissenschaften): Düsseldorf (Germany): Auris Verlag. 2013. № 6. Pp. 28-32. (DOI 10.12851/EESJ201312ART05).

3. Galitskova Yu.M., Balzannikov M.I. Zashchita beregovyih sklonov ot razrusheniya // Ekobaltika 2006: Sb. trudov VI Mezhdunar. Molodezhnogo ekologicheskogo foruma stran Baltiyskogo regiona. S-Pb.: SPbGPU, 2006. Pp. 58-60.
4. Galitskova Yu.M., Balzannikov M.I. Povyishenie prirodoohrannyih trebovaniy v sovremennyih usloviyah // Issledovaniya v oblasti arhitekturyi, stroitelstva i ohranyi okruzhayushey sredy: Tez. dokl. obl. 57-y nauchno-tehn. konf. - Samara, 2000. Pp. 222-223.
5. Evdokimov S.V., Dormidontova T.V. Otsenka nadezhnosti gidrotehnicheskikh sooruzheniy // Vestnik SGASU. Gradostroitelstvo i arhitektura. 2012. № 1. Pp. 49-53.
6. Dormidontova T.V., Evdokimov S.V. Kriterii otsenki nadezhnosti i tehniceskogo sostoyaniya gidrotehnicheskikh sooruzheniy: Vestnik SGASU. № 2, Samara, SGASU, Pp. 105-109.
7. Piyavskiy S.A., Rodionov M.V., Holopov I.S. Primenenie geosinteticheskikh obolochek v gidrotehnicheskome stroitelstve // Vestnik MGSU. 2012. № 6. Pp. 54-61.
8. Rodionov M.V., Litvinova M.G. Novyy tip beregoukrepitelnykh konstruktsiy - betonopolnyaemye tekstilnykh matyi// V sbornike: prirodoohrannyye i gidrotehnicheskoe sooruzheniya: problemyi stroitelstva, ekspluatatsii, ekologii i podgotovki spetsialistov. Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii. Samarskiy gosudarstvennyy arhitekturno-stroitelnyy universitet. Samara, 2014. Pp. 460-463.
9. Rodionov M.V., Litvinova M.G. Raschet beregoukrepitelnykh betonopolnyaemykh sinteticheskikh matov v usloviyah ledovykh vozdeystviy.// V sbornike: prirodoohrannyye i gidrotehnicheskoe sooruzheniya: problemyi stroitelstva, ekspluatatsii, ekologii i podgotovki spetsialistov. Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii. Samarskiy gosudarstvennyy arhitekturno-stroitelnyy universitet. Samara, 2014. Pp. 468-471.
10. Mihasek A.A., Rodionov M.V., Litvinova M.G. Opyit sozdaniya eksperimentalnoy ploschadki dlya naturnykh issledovaniy beregoukrepitelnykh betonopolnyaemykh matov v usloviyah ledovykh vozdeystviy//V zhurnale: Nauchnoe obozrenie. Moskva, 2015. Pp. 125-133.
11. Balzannikov M.I., Rodionov M.V., Melik-Pashaeva N.E. Issledovaniya nakata vetrovykh voln na novyye konstruktsii gidrotehnicheskikh beregoukrepitelnykh sooruzheniy // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Stroitelstvo. - Novosibirsk: NGASU (Sibstrin), 2014. - № 9-10. - Pp. 45-55.

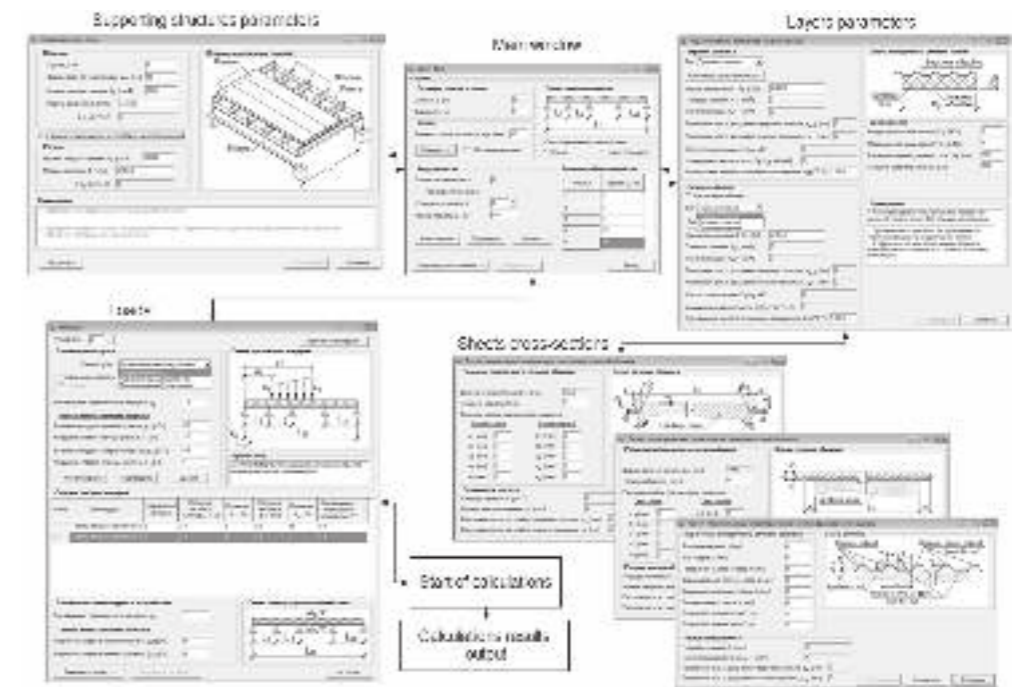


Fig. 1. KiSP program dialogue boxes

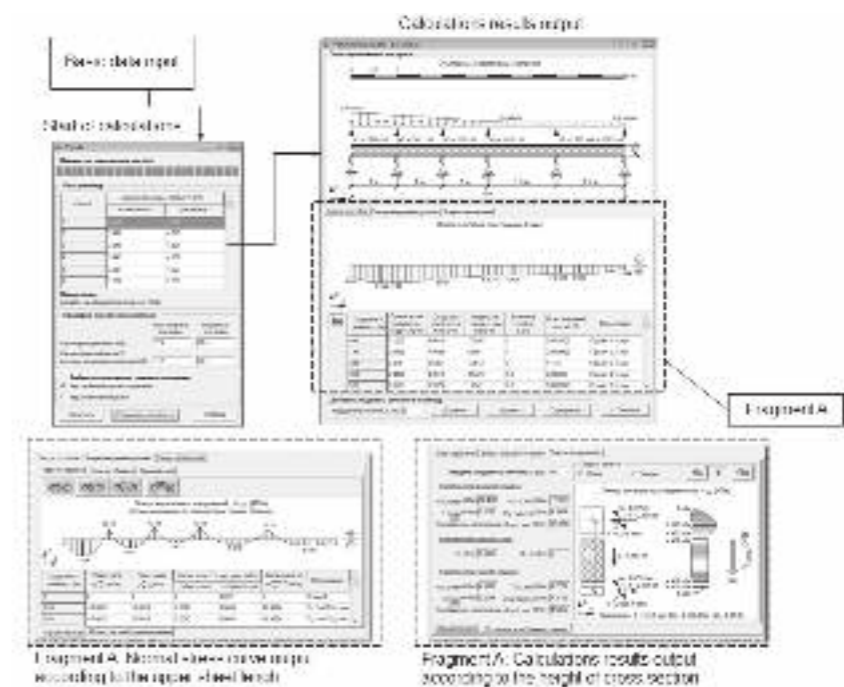


Fig. 2. KiSP program data calculations window



that we should also consider multi-span panels supporting structures flexibility while designing such panels.

To make calculation process automatic the authors work out an C++ algorithm using KiSP Program [9]. This algorithm makes it possible to calculate stress and strain state of three-layer sandwich panels with account of middle-layer shift and elastic compliance of supporting structures. This calculation does not depend on either evenly distributed loads or trapezoidal shear loads. The algorithm also considers nonlinear nature of the construction which, in its turn, comes from vertical supporting structures flexibility coefficient and its dependence of corresponding support resistance.

To work out the algorithm for KiSP Program the researches used the three-layer sandwich panels calculation methodology with account of middle-layer shift and supporting structures flexibility, firstly introduced in Papers [4] and [5]. KiSP Program makes it possible to perform static analysis of the panel for combined effect of any static shear load and temperature impact (that is with sharp variations in temperature between sheets of the panel). This methodology is based on A. Rzhantsin's theory of compound bars [6]. This methodology makes use of advanced calculation model (developed with the help of in-place tests [7, 8]). In this model supporting structures reactions on the panel go through grounds of finite width.

The basic data for calculations with the use of KiSP program are characteristics of a panel different elements cross-sections, this panel spans size, cross-section and span of beams of the panel, construction loads (as shown on Fig. 1).

As results of sandwich panels calculations, the program in question shows graphical and tabulated data including supporting structures reactions, panel elastic line motion, internal force curves, the stress and strain state of the panel sheets and middle layer (as shown on Fig. 2).

KiSP program helps automatize calculations and produce three-layer sandwich panels trial design while varying the construction parameters.

To develop three-layer panels optimal and trial design we take the construction field adjusted parameters cost [10] as the general target function of the model:

$$C = C_M + C_I + C_T + C_C = \min \quad (1)$$

where  $C_M, C_I, C_T, C_C$  – is panels materials and manufacture cost, as well their transportation and assembling cost.

In case we take the same parameters of the materials used and the same structural diagram, the first three components can slightly vary (when compared with the fourth). So, we believe that the economical effect mostly depends on the cost of sheets materials and the cost of insulates. Thus, the target function is:

$$C_M = C_{VO} + C_{NO} + C_{CC} = \min \quad (2)$$

where  $C_{VO}, C_{NO}, C_{CC}$  determine the cost of upper and lower sheets and the coos of the middle layer. The cost of each layer depends on its weight  $m_i$  and the unit cost of materials  $\gamma_i$ ;

## CIVIL-ENGINEERING SURVEY AND DESIGN ISSUES

### MONITORING OF TECHNICAL STATE CONSTRUCTION AND FACILITIES

#### МОНИТОРИНГ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ И ОБЪЕКТОВ

Sergey V. EVDOKIMOV

Tatjana V. DORMIDONTOVA

С. В. ЕВДОКИМОВ

Т. В. ДОРМИДОНТОВА

*Samara State University of Architecture and Civil Engineering  
Samara, Russian Federation*

*The main reasons for accidents and damages of building constructions and objects are considered and analyzed. The classification of the reasons of defects of building constructions and objects developed by authors according to which, mechanical influences, corrosion of materials, violations of operating state of the settlement scheme of designs and their sections in the course of production and during the operational period, replacement in the course of production and operation of materials and designs, and also the unskilled solution of construction questions are the main reasons for defects is given. Data of quantitative ratios between defects of the reasons of damages by results of the analysis and by results of calculations are submitted. The obtained data allow to determine more reasonably the frequency and frequency of an assessment of technical condition of building constructions and objects at their monitoring.*

*Рассматриваются и анализируются основные причины аварий и повреждений строительных конструкций и объектов. Приводится разработанная авторами классификация причин дефектов строительных конструкций и объектов, согласно которой основными причинами дефектов являются механические воздействия, коррозия материалов, нарушения работоспособного состояния расчетной схемы конструкций и их сечений в процессе изготовления и в эксплуатационный период, замена в процессе изготовления и эксплуатации материалов и конструкций, а также неквалифицированное решение строительных вопросов. Представлены данные количественных соотношений между дефектами причин повреждений по результатам анализа и по результатам расчетов. Полученные данные позволяют более обоснованно определять частоту и периодичность оценки технического состояния строительных конструкций и объектов при их мониторинге.*



**Keywords:** reasons of accidents and damages, classification of the reasons of defects of building constructions and objects, quantitative ratios between defects, assessment of technical condition, monitoring of building constructions and objects

**Ключевые слова:** причины аварий и повреждений; классификация причин дефектов строительных конструкций и объектов; количественные соотношения между дефектами; оценка технического состояния; мониторинг строительных конструкций и объектов

Государственный комитет Российской Федерации по жилищной и строительной политике систематически проводит обобщение и анализ происхождения аварий строительных объектов, регистрируемых ежегодно на территории РФ. Материалы по их результатам направляются органам исполнительной власти субъектов РФ и организациям-участникам строительства для изучения причин аварий с целью проведения профилактических работ по их предотвращению.

Работа по техническому анализу причин, приводящих к авариям, обусловлена необходимостью предотвращения их повторения за счет выполнения профилактических мероприятий, совершенствования проектных решений и нормативных требований. Опыт расследования аварий строительных конструкций и объектов показывает, что в большинстве случаев их причинами являются нарушения, каждое из которых в отдельности не представляет угрозы строению. Поэтому при рассмотрении авторами причин дефектов строительных конструкций и объектов по основным признакам использовались нарушения, которые являлись одними из основных причин аварий.

Под аварией понимаются обрушения, повреждения строительных объектов или отдельных их конструктивных элементов, а также увеличение ими предельно допустимого деформационного состояния, связанного с безопасным ведением работ, в том числе связанных с приостановкой строительства или процесса эксплуатации объекта (отдельных его конструкций).

В понятие аварии входят также повреждения и обрушения строительных объектов, произошедшие вследствие природно-климатических изменений (землетрясения, ветер, снегопад и т.д.), воздействия которых не превышали расчетных параметров.

Авторами проведен анализ причин аварий и повреждений строительных конструкций и объектов, в результате которого была разработана классификация причин дефектов строительных конструкций и объектов. Согласно разработанной классификации основными причинами дефектов строительных конструкций являются механические воздействия, коррозия материалов, нарушения расчетной схемы работы конструкции и сечения при изготовлении и эксплуатации, замена материалов и конструкций при изготовлении и эксплуатации, а также неквалифицированное решение строительных вопросов.

Целью расследования причин аварий и повреждений строительных конструкций и объектов является диагностирование факторов, влияющих на аварии, резюмирование этих причин, регистрация и подготовка исследований, определение мероприятий по предупреждению аварии. Это возможно путем корректировки

## BUILDING STRUCTURES, BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS

### TRIAL DESIGN OF THREE-LAYER SANDWICH PANELS: AUTOMATED METHODS

Igor S. KHOLOPOV  
Stanislav M. PETROV

*Samara State University of Architecture and Civil Engineering  
Samara, Russian Federation*

*Three-layer sandwich panels are widely used in insulation of walls and roofing of buildings and other various structures. At the moment building products markets are full of various types of panels by produced different manufactures but skinned with one and the same material only. Panels skinned with two different types of materials are widely used in the sphere of transport. It may be also of considerable economical effect in building engineering. The paper introduces automated methods of single- and multi-span sandwich panels trial design. Different types of materials can be used while skinning these panels. Their middle-layer shift and compliance of supporting structures are taken into account.*

**Keywords:** sandwich panel, force impact, temperature effect, temperature impact, elastic compliance of supporting structures, calculation methodology

Three-layer sandwich panels are widely used in insulation of walls and roofing of buildings and other various structures.

These panels consist of two rigid sheathings glued to a comparatively light middle layer. The cross section of a panel sheathing depends on its function and span. Thus, the cross section can be flat or profiled. The sheathings can be made of metal (thin sheet steel or aluminum) or composites materials (laminated particle board, construction veneer or fiberglass). The main characteristic feature of these structures is their middle layer shearing capacity. Their middle layer can be made of separate mineral-cotton bars, which have been cut and stabbed together. It can as well be made of expanded foam blown between panel sheathings.

At the moment building products markets are full of various types of panels by produced different manufactures but skinned with one and the same material only. Panels skinned with two different types of materials are widely used in the sphere of transport. It may be also of considerable economical effect in building engineering.

The most calculation methodologies [1, 2] take into account neither supporting structures general lay-out and rigidity nor external load actions or the number of spans. A. Levtschuk [3], in his turn, insists that the difference in position of panels tops should be necessarily taken into account while using multi-span sandwich panels. It means

10. Dormidontova T.V. Operational safety assessment of stadium stands / Procedia Engineering, XXIV R-S-P seminar, Theoretical Foundation of Civil Engineering (24RSP) (TFoCE 2015). Vol. III, Pp. 164-169.

**REFERENCES**

1. Evdokimov S.V., Dormidontova T.V. Otsenka nadezhnosti gidrotehnicheskikh sooruzheniy // Vestnik SGASU. Gradostroitelstvo i arhitektura. 2012. №1. Pp. 49-53.
2. Evdokimov S.V., Dormidontova T.V. Kriterii otsenki nadezhnosti i tehnikeskogo sostoyaniya gidrotehnicheskikh sooruzheniy // Vestnik SGASU. Gradostroitelstvo i arhitektura. 2011. № 2. Pp. 105-109.
3. Balzannikov M.I., Zubkov V.A., Kondrateva N.V., Hurtin V.A. Kompleksnoe obsledovanie tehnikeskogo sostoyaniya stroitelnykh konstruktsiy sooruzheniy Zhigul'Yovskoy GES // Gidrotehnicheskoe stroitelstvo. 2013. № 6. Pp. 21-27.
4. Lyichev A.S., Dormidontova T.V. Povyishenie nadezhnosti otsenki prochnosti betona v ekspluatiruemykh konstruktsiyah // Izvestiya vuzov. Stroitelstvo. 2002. № 6. Pp. 15-20.
5. Balzannikov M.I., Rodionov M.V., Senitskiy Yu.E. Povyishenie ekspluatatsionnoy nadezhnosti nizkonapornykh gidrotehnicheskikh ob'ektov s gruntovymi plotinami // Privolzhskiy nauchnyy zhurnal. 2012. № 2. Pp. 35-40.
6. Balzannikov M.I., Ivanov B.G., Mikhasek A.A. Sistema upravleniya sostoyaniem gidrotehnicheskikh sooruzheniy // Vestnik MGSU. 2012. № 7. Pp. 119-124.
7. Dormidontova T.V., Popov V.P. Prakticheskaya organizatsiya instrumentalnogo monitoringa nesuschiy konstruktsiy // Nauchnoe obozrenie. 2014. № 4. Pp. 130-133.
8. Dormidontova T.V. Monitoring nesuschiy konstruktsiy odnoetazhnogo karkasnogo sbornogo zhelezobetonnoy zdaniya // Internet-zhurnal «Naukovedenie». 2014. № 2. P. 108.
9. Dormidontova T.V., Kiryakov V.V. Primenenie metodov teorii nad'Yozhnosti na praktike // Internet-zhurnal «Naukovedenie». 2015. T.7, № 2. Pp. 1-15.
10. Dormidontova T.V. Operational safety assessment of stadium stands / Procedia Engineering, XXIV R-S-P seminar, Theoretical Foundation of Civil Engineering (24RSP) (TFoCE 2015). Vol. III, Pp. 164-169.

нормативных и проектных показателей, разработки документов, связанных с проектированием, строительством и эксплуатацией строительных объектов, учёта и сбора сведений о характере и частоте повторяемости выявленных причин аварий, путём оповещения представителей организаций строительства о происхождении произошедших аварий и мерах по их предотвращению.

Кроме того, авторами в результате проведенного анализа причин аварий и повреждений строительных конструкций и объектов по публикациям были установлены количественные соотношения между дефектами (табл. 1), которые не противоречат данным, полученным в результате расчетов (табл. 2).

Таблица 1

Количественные соотношения между дефектами по результатам анализа

Причины повреждений	Количество случаев повреждений строительных конструкций и объектов без обрушения, %	Количество случаев обрушения строительных конструкций и объектов, %
1. Целенаправленное нарушение сплошности конструкции	1 (0,5)	–
2. Случайные нарушения сплошности конструкции	14 (6,9)	1 (0,5)
3. Влажностная коррозия	24 (11,9)	–
4. Химическая коррозия	8 (3,9)	–
5. Морозная коррозия	14 (6,9)	–
6. Электрохимическая коррозия	0	–
7. Другие виды коррозии	3 (1,5)	–
8. Изменчивость технологических параметров (прочности материалов, геометрических размеров и т.д.)	8 (3,9)	7 (3,5)
9. Изменение условий опирания и соединения конструкций между собой при монтаже	11 (5,4)	15 (7,5)
10. Целенаправленное изменение расчетной схемы конструкций и сечения при ремонтах	1 (0,5)	–

Продолжение таблица 1

11. Замена марок и классов бетона и арматуры при изготовлении	2 (0,9)	1 (0,5)
12. Замена конструкций при монтаже и реконструкции	4 (1,9)	1 (0,5)
13. Замена материалов и конструкций, создающих нагрузку на расчетный элемент	4 (1,9)	6 (2,9)
14. Несоблюдение норм проектирования	16 (7,9)	17 (8,4)
15. Отсутствие проекта при строительстве	0	–
16. Строительство неквалифицированными кадрами	13 (6,4)	15 (7,5)
17. Неквалифицированная эксплуатация	12 (5,8)	3 (1,5)
Итого:	135 (67,2)	66 (32,8)

Таблица 2

Количественные соотношения между дефектами по результатам расчетов

Причины повреждений	Количество случаев повреждений строительных конструкций и объектов без обрушения, %	Количество случаев обрушения строительных конструкций и объектов, %
1. Низкое качество конструкций при изготовлении и монтаже на объектах строительства	41,6 (7,3)	3,2 (8,0)
2. Низкое качество конструкций при изготовлении в заводских условиях	17,6 (0,9)	– (0,5)
3. Ошибки и недостатки проекта	4 (7,9)	– (8,4)
4. Неправильная эксплуатация строительных конструкций и объектов	8 (5,8)	– (1,5)
5. Совокупность названных причин	17,6 (45,3)	8 (14,4)
Итого:	88,8 (67,2)	11,2 (32,8)

Проведенный анализ причин появления различного рода дефектов, возникающих при строительстве и эксплуатации строительных конструкций и объектов, позволил установить следующее:

- наиболее часто встречающаяся причина дефектов – различные виды коррозии (46 случаев из 201);
- на втором месте – несоблюдение норм проектирования строительных конструкций и объектов (16 случаев из 201);
- на третьем месте по частоте появления – случайные нарушения сплошности конструкций (14 случаев из 201).

Вывод. Полученные данные позволяют более обоснованно определять частоту и периодичность оценки технического состояния строительных конструкций и объектов при их мониторинге.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Евдокимов С.В., Дормидонтова Т.В. Оценка надежности гидротехнических сооружений // Вестник СГАСУ (Градостроительство и архитектура). 2012. № 1. С. 49-53.
2. Евдокимов С.В., Дормидонтова Т.В. Критерии оценки надежности и технического состояния гидротехнических сооружений // Вестник СГАСУ (Градостроительство и архитектура). 2011. № 2. С. 105-109.
3. Бальзанников М.И., Зубков В.А., Кондратьева Н.В., Хуртин В.А. Комплексное обследование технического состояния строительных конструкций сооружений Жигулёвской ГЭС // Гидротехническое строительство. 2013. № 6. С. 21-27.
4. Лычев А.С., Дормидонтова Т.В. Повышение надежности оценки прочности бетона в эксплуатируемых конструкциях // Известия вузов. Строительство. 2002. № 6. С. 15-20.
5. Бальзанников М.И., Родионов М.В., Сеницкий Ю.Э. Повышение эксплуатационной надежности низконапорных гидротехнических объектов с грунтовыми плотинами // Приволжский научный журнал. 2012. № 2. С. 35-40.
6. Бальзанников М.И., Иванов Б.Г., Михасек А.А. Система управления состоянием гидротехнических сооружений // Вестник МГСУ. 2012. № 7. С. 119-124.
7. Дормидонтова Т.В., Попов В.П. Практическая организация инструментального мониторинга несущих конструкций // Научное обозрение. 2014. № 4. С. 130-133.
8. Дормидонтова Т.В. Мониторинг несущих конструкций одноэтажного каркасного сборного железобетонного здания // Интернет-журнал «Наукоедение». 2014. № 2. С. 108.
9. Дормидонтова Т.В., Кирьяков В.В. Применение методов теории надежности на практике // Интернет-журнал «Наукоедение». 2015. Том 7. № 2. С. 1-15.