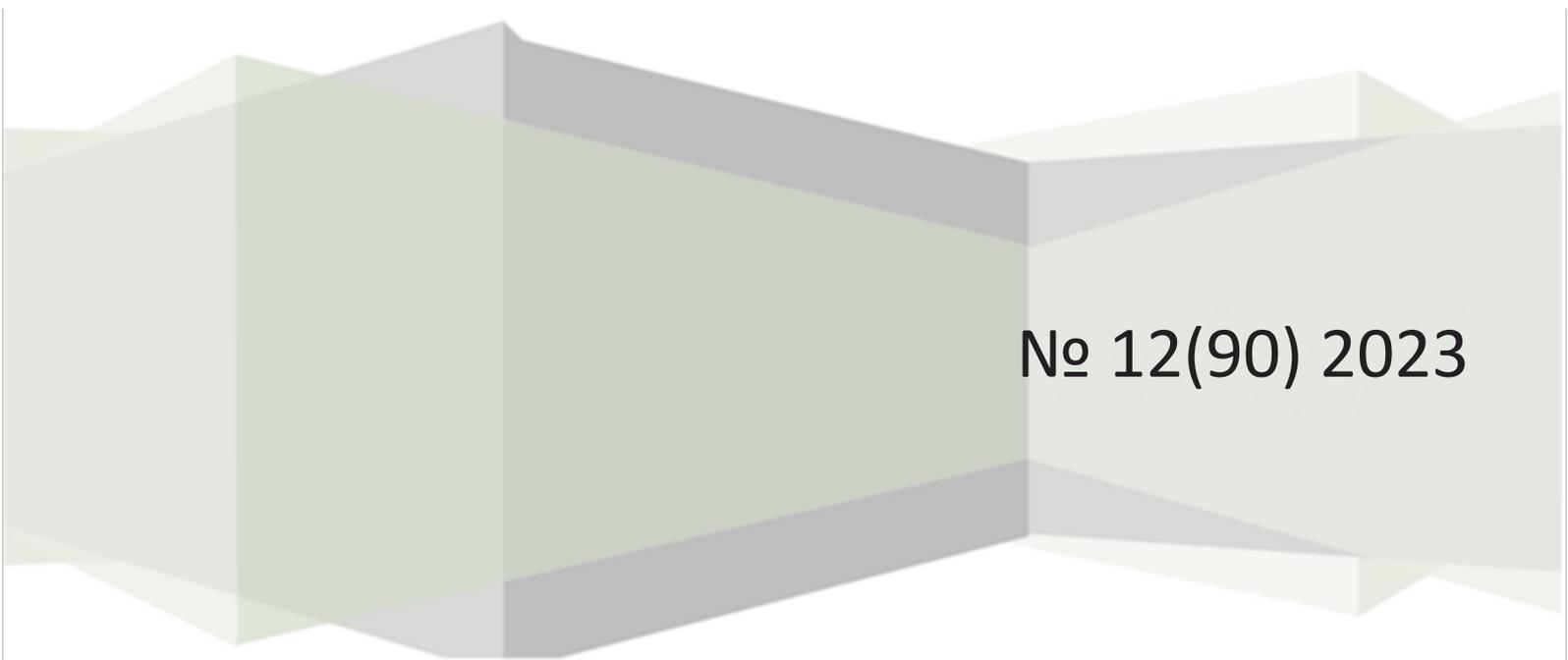


ISSN 1997-9347

# Components of Scientific and Technological Progress

*SCIENTIFIC AND PRACTICAL JOURNAL*



№ 12(90) 2023

Paphos, Cyprus, 2023

Journal "Components  
of Scientific and Technological  
Progress"  
is published 12 times a year

**Founder**  
Development Fund for Science  
and Culture  
Scientific news of Cyprus LTD

The journal "Components of Scientific  
and Technological Progress" is included  
in the list of HAC leading peer-reviewed  
scientific journals and publications  
in which the main scientific results  
of the dissertation for the degree  
of doctor and candidate of sciences  
should be published

**Chief editor**  
Vyacheslav Tyutyunnik

**Page planner:**  
Marina Karina

**Copy editor:**  
Natalia Gunina

**Director of public relations:**  
Ellada Karakasidou

**Postal address:**  
**1. In Cyprus:**  
8046 Atalanta court, 302  
Paphos, Cyprus  
**2. In Russia:**  
13 Shpalernaya St,  
St. Petersburg, Russia

**Contact phone:**  
(+357)99-740-463  
8(915)678-88-44

**E-mail:**  
tmbprint@mail.ru

Subscription index of Agency  
"Rospechat" No 70728  
for periodicals.

Information about published  
articles is regularly provided to  
**Russian Science Citation Index**  
(Contract No 124-04/2011R).

**Website:**  
<http://moofrnk.com/>

Editorial opinion may be different  
from the views of the authors.  
Please, request the editors'  
permission to reproduce  
the content published in the journal.

## ADVISORY COUNCIL

**Tyutyunnik Vyacheslav Mikhailovich** – Doctor of Technical  
Sciences, Candidate of Chemical Sciences, Professor, Director of  
Tambov branch of Moscow State University of Culture and Arts,  
President of the International Information Center for Nobel Prize,  
Academy of Natural Sciences, tel.: 8(4752)504600,  
E-mail: vmt@tmb.ru, Tambov (Russia)

**Bednarzhevsky Sergey Stanislavovich** – Doctor of Technical  
Sciences, Professor, Head of Department of Safety, Surgut State  
University, laureate of State Prize in Science and Technology,  
Academy of Natural Sciences and the International Energy Academy,  
tel.: 8(3462)762812, E-mail: sbed@mail.ru, Russia

**Voronkova Olga Vasilyevna** – Doctor of Economics, Professor,  
Academy of the Academy of Natural Sciences, tel.: 8(981)9720993,  
E-mail: voronkova@tambov-konfcentr.ru, St. Petersburg (Russia)

**Omar Larouk** – PhD, Associate Professor, National School  
of Information Science and Libraries University of Lyon,  
tel.: +0472444374, E-mail: omar.larouk@enssib.fr, Lyon (France)

**Wu Songjie** – PhD in Economics, Shandong Normal University,  
tel.: +86(130)21696101; E-mail: qdwucong@hotmail.com,  
Shandong (China)

**Du Kun** – PhD in Economics, Associate Professor, Department of  
Management and Agriculture, Institute of Cooperation of Qingdao  
Agrarian University, tel.: 8(960)6671587,  
E-mail: tambovdu@hotmail.com, Qingdao (China)

**Andreas Kyriakos Georgiou** – Lecturer in Accounting, Department of  
Business, Accounting & Finance, Frederick University,  
tel.: (00357) 99459477 E-mail: bus.akg@frederick.ac.cy, Limassol  
(Cyprus)

**Petia Tanova** – Associate Professor in Economics, Vice-Dean of  
School of Business and Law, Frederick University,  
tel.: (00357)96490221, E-mail: ptanova@gmail.com, Limassol  
(Cyprus)

**Sanjay Yadav** – Doctor of Philology, Doctor of Political Sciences,  
Head of Department of English, Chairman St. Palus College Science,  
tel.: 8(964)1304135, Patna, Bihar (India)

**Levanova Elena Alexandrovna** – Doctor of Education, Professor,  
Department of Social Pedagogy and Psychology, Dean of the Faculty  
of retraining for Applied Psychology, Dean of the Faculty of Pedagogy

and Psychology of the Moscow Social and Pedagogical Institute; tel.: 8(495)6074186, 8(495)6074513; E-mail: dekanmospi@mail.ru, Moscow (Russia)

**Petrenko Sergey Vladimirovich** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Department of Mathematical Methods in Economics, Lipetsk State Pedagogical University, tel.: 8(4742)328436, 8(4742)221983, E-mail: viola@lipetsk.ru, viola349650@yandex.ru, Lipetsk (Russia)

**Tarando Elena Evgenievna** – Doctor of Economics, Professor of the Department of Economic Sociology, St. Petersburg State University, tel.: 8(812)2749706, E-mail: elena.tarando@mail.ru, St. Petersburg (Russia)

**Veress József** – PhD, Researcher in Information Systems Department, Business School of Corvinus University, tel.: 36 303206350, 36 1 482 742; E-mail: jozsef.veress@uni-corvinus.hu, Budapest (Hungary)

**Kochetkova Alexandra Igorevna** – Doctor of Philosophy and Cultural Studies (degree in organizational development and organizational behavior), PhD, Professor, Department of General and Strategic Management Institute of Business Administration of the Russian Academy of National Economy and Public Administration under the President of the Russian Federation, E-mail: dak6966@gmail.com, Moscow (Russia)

**Bolshakov Sergey Nikolaevich** – Doctor of Political Sciences, Doctor of Economics, Vice-Rector for Academic Affairs, Professor, Syktyvkar State University named after Pitirim Sorokin, tel.: 8(921)6334832, E-mail: snbolshakov@mail.ru, Syktyvkar (Russia)

**Gocłowska-Bolek Joanna** – Center for Political Analysis, University of Warsaw, tel. 48691445777, E-mail: j.gocłowska-bolek@uw.edu.pl, Warsaw (Poland)

**Karakasidou Ellada** – A&G, Kotanides LTD, Logistic, tel.: +99346270, E-mail: espavoellada9@gmail.com, Paphos (Cyprus)

**Artyukh Angelika Alexandrovna** – Doctor of Art History, Professor of the Department of Dramatic and Cinema Studies, St. Petersburg State University of Cinema and Television; tel.: +7(911)9250031; E-mail: s-melnikova@list.ru, St. Petersburg (Russia)

**Melnikova Svetlana Ivanovna** – Doctor of Art History, Professor, Head of the Department of Dramatic Art and Cinema Studies at the Screen Arts Institute of St. Petersburg State University of Cinema and Television; tel.: +7(911)9250031; E-mail: s-melnikova@list.ru, St. Petersburg (Russia)

**Marijan Cingula** – Tenured Professor, University of Zagreb, Faculty of Economics and Business, tel.: +385(95)1998925, E-mail: mcingula@efzg.hr, Zagreb (Croatia)

**Pukharenko Yury Vladimirovich** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Building Materials Technology and Metrology at St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Corresponding Member of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences; tel.: +7(921)3245908; E-mail: tsik@spbgasu.ru, St. Petersburg (Russia)

**Przygoda Mirosław** – Dr. hab., Head of Institute of Economic Analysis and Planning, Department of Management, University of Warsaw, tel.: 225534167, E-mail: mirosławprzygoda@wp.pl, Warsaw (Poland)

**Recker Nicholas** – PhD, Associate Professor, Metropolitan State University of Denver, tel.: 3035563167, E-mail: nrecker@msudenver.edu, Denver (USA)

## Содержание

### *Строительные конструкции, здания и сооружения*

**Галаева Н.Л.** Надежность стыковых сварных швов по критерию прочности на стадии эксплуатации..... 8

### *Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение*

**Будикин А.Е., Слободчиков Е.Г.** Технические решения по устройству систем отопления и основные эксплуатационные проблемы в малоэтажных жилых зданиях в Арктической полосе Республики Саха (Якутия)..... 14

**Kolos E.M., Malyshev I.I.** Analysis of the Implementation of Gas Supply to the Yalta Municipality Under the Regional Gasification Program of the Republic of Crimea ..... 19

**Орешенко Т.Г., Трифанов Н.О., Храмов И.И., Федоров М.С.** Проектирование осветительного устройства для испытаний солнечных батарей малых космических аппаратов..... 27

**Сарчин Р.Р., Медведева Г.А.** Использование котельных с блочно-модульной структурой в системах теплоснабжения и их преимущества ..... 33

### *Строительные материалы и изделия*

**Baghirov B.I., Mammadova I.N., Shirinzade I.N.** Selection of Ceramic Mass for Clinker Brick by Modification of Azerbaijan Clays with Ultradisperse Additives..... 38

**Ванус Д.С., Халиулина О.В., Юсупова А.В., Калашников Е.Д.** Анализ применения высокопрочных бетонов в сжатых и изгибаемых железобетонных элементах..... 45

**Головина В.А., Аубакирова И.У., Ткаченко В.И.** Применение суспензии нанофибриллированной целлюлозы для модификации цементных композитов..... 51

### *Технология и организация строительства*

**Абрамова А.И.** Формирование организационных структур строительных предприятий при выполнении строительно-восстановительных работ..... 58

**Голованов А.В., Левицкая А.К.** Исследование и выбор методов при управлении обращения с отходами строительства и сноса..... 64

**Колмакова Ю.Д., Фомин Н.И.** Оценка технологической живучести сборно-монолитных систем гражданских зданий..... 71

**Синенко С.А., Жадановский Б.В., Базанов В.Е.** Один из методов выбора производ-

ства строительно-монтажных работ ..... 83

### ***Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства***

**Хубаев А.О., Голицын В.С., Бужынский М.С., Макаев Н.В.** Повышение эффективности сортировки мусорных отходов использованием современных технологий ..... 91

### ***Теория и история архитектуры, реставрация и реконструкция историко-архитектурного наследия***

**Целуйко Д.С.** Исследование планировочной структуры города Хабаровска с помощью инструментов пространственного синтаксиса ..... 99

**Целуйко Д.С.** Истоки теории пространственного синтаксиса ..... 105

### ***Управление жизненным циклом объектов строительства***

**Сулейманова Л.А., Обайди Адхам Абдулсаттар Хамид** Прогнозирование тепловых потерь на стадии эксплуатации при управлении жизненным циклом объекта капитального строительства с использованием искусственных нейронных сетей ..... 111

### ***Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды***

**Люзе А.А.** Интеллектуальная таможня. Опыт китайских коллег ..... 118

### ***Математические, статистические и инструментальные методы экономики***

**Ларичев П.Н., Тынченко В.С.** Концепция динамической системы управления и контроля качества рудопотока в минерально-сырьевых комплексах ..... 123

### ***Мировая экономика***

**Ван Вэй** Положение китайских рабочих в России на Дальнем Востоке и в Сибири в XX веке ..... 130

### ***Менеджмент***

**Коваленко Б.Б., Коваленко Е.Г.** Разработка бизнес-модели организации в контексте дизайн-мышления ..... 135

**Курочкина А.А., Лукина О.В., Косолапова Ю.А.** Управление процессом адаптации виртуального персонала ..... 140

## Contents

### *Civil Structures, Buildings and Related Structures*

<b>Galaeva N.L.</b> Reliability of Butt Welds According to the Strength Criterion at the Operational Stage.....	8
---	---

### *Heating, Ventilation, Air Conditioning, Gas Supply and Lighting*

<b>Budikin A.E., Slobodchikov E.G.</b> Technical Solutions for the Installation of Heating Systems and the Main Operational Problems in Low-Rise Residential Buildings in the Arctic Zone of the Republic of Sakha (Yakutia).....	14
<b>Колос Е.М., Малышев И.И.</b> Анализ реализации газоснабжения населенных пунктов Большой Ялты в рамках региональной программы газификации Республики Крым	19
<b>Oreshenko T.G., Trifanov N.O., Khramov I.I., Fedorov M.S.</b> Designing a Lighting Device for Testing Solar Batteries of Small Space Vehicles .....	27
<b>Sarchin R.R., Medvedeva G.A.</b> The Use of Boiler Houses with a Block-Modular Structure in Heat Supply Systems and Their Advantages.....	33

### *Building Materials and Products*

<b>Багиров Б.И., Мамедова И.Х., Ширинзаде И.Н.</b> Разработка состава керамической массы для клинкерного кирпича путем модификации азербайджанской глины ультрадисперсными добавками.....	38
<b>Vanus D.S., Khaliulina O.V., Yusupova A.V., Kalashnikov E.D.</b> Analysis of the Application of High Strength Concrete in Bending Reinforced Concrete Elements .....	45
<b>Golovina V.A., Aubakirova I.U., Tkachenko V.I.</b> Application of Nanofibrillated Cellulose Suspension for Modification of Cement Composites .....	51

### *Construction Technology and Management*

<b>Abramova A.I.</b> Formation of Organizational Structures of Construction Enterprises when Performing Construction and Restoration Work.....	58
<b>Golovanov A.V., Levitskaya A.K.</b> Research and Selection of Methods in the Management of Construction and Demolition Waste Management.....	64
<b>Kolmakova Yu.D., Fomin N.I.</b> Technological Survivability Assessment of Precast-Monolithic Systems of Civil Buildings .....	71
<b>Sinenko S.A., Zhadanovsky B.V., Bazanov V.E.</b> One of the Techniques of Selecting the Method of Construction and Erection Works.....	83

***Environmental Safety of Construction and Urban Economy***

- Khubaev A.O., Golitsyn V.S., Buzhynsky M.S., Makaev N.V.** Improving the Efficiency of Waste Sorting with Modern Technologies ..... 91

***Theory and History of Architecture, Restoration and Reconstruction of Historical and Architectural Heritage***

- Tseluiko D.S.** Research of the Planning Structure of the City of Khabarovsk Using Space Syntax Tools..... 99
- Tseluiko D.S.** Origins of the Theory of Space Syntax ..... 105

***Life Cycle Management of Construction Objects***

- Suleymanova L.A., Obaidi Adham Abdulsattar Hamid** Forecasting Heat Losses at the Operation Stage When Managing the Life Cycle of a Capital Construction Facility Using Artificial Neural Networks..... 111

***Methods and Devices for Monitoring and Diagnosing Materials, Products, Substances and the Natural Environment***

- Lyuse A.A.** Intelligent Customs. Experience of Chinese Colleagues.....118

***Mathematical, Statistical and Instrumental Methods of Economics***

- Larichev P.N., Tynchenko V.S.** The Concept of a Dynamic System for Managing and Monitoring the Quality of Ore Flow in Mineral Resource Complexes..... 123

***World Economy***

- Wang Wei** The Situation of Chinese Workers in Russia in the Far East and Siberia in the 20th Century ..... 130

***Management***

- Kovalenko B.B., Kovalenko E.G.** Development of an Organization's Business Model in the Context of Design Thinking ..... 135
- Kurochkina A.A., Lukina O.V., Kosolapova Yu.A.** Managing the Onboarding Process for Virtual Staff..... 140

УДК 69.04

## Надежность стыковых сварных швов по критерию прочности на стадии эксплуатации

Н.Л. Галаева

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский  
Московский государственный строительный университет»,  
г. Москва (Россия)*

**Ключевые слова и фразы:** вероятность безотказной работы; интервал надежности; метод царапания; надежность сварного шва; стыковой сварной шов; теория вероятностей; теория возможностей.

**Аннотация.** Целью данной статьи является разработка частной методики расчета надежности сварного соединения при наличии в математической модели предельного состояния нечетких переменных и случайных величин (на примере стыкового сварного шва). Гипотеза: комбинирование нечетких переменных и случайных величин при проведении расчетов на надежность элементов строительных конструкций позволяет получать более информативные результаты расчетов по сравнению с применением возможностного метода расчета надежности, при использовании которого все параметры модели предельного состояния представляют как нечеткие переменные. Методы исследования: анализ научной литературы, обобщение, математическое моделирование, сравнительный анализ. Результаты: представлена частная методика расчета надежности стыкового сварного соединения.

Обеспечение безопасной эксплуатации зданий и сооружений является одной из целей принятия ФЗ № 384 [3]. Параметром, который позволяет оценить безопасность строительной конструкции, является надежность. Данное понятие введено в нормативно-техническом документе ГОСТ 27751-2014 и определяется как свойство строительных конструкций выполнять заданные функции в течение требуемого промежутка времени. Показателями оценки надежности могут быть различные параметры, например, вероятность безотказной работы. Здания и сооружения состоят из большого количества элементов и в целом могут быть представлены как механические системы. Надежность такой системы будет зависеть от надежности отдельных элементов. Для определения надежности любого из элементов необходим набор статистической информации о контролируемых параметрах. В предлагаемой статье рассматривается подход к расчету надежности строительного элемента, при котором по контролируемым параметрам в математической модели предельного состояния

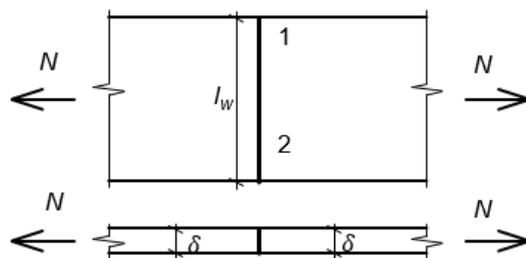


Рис. 1. Сварное соединение стыковым швом

имеется разный по полноте набор статистической информации, полученный в результате обследования и мониторинга.

При проведении обследования и мониторинга строительных конструкций могут быть получены различные варианты наборов статистической информации по контролируемым параметрам. Наиболее удачным является случай, при котором удается получить полную статистическую информацию по контролируемым параметрам, на основе которой можно определить закон и параметры распределения случайной величины, она статистически независима и однородна. В таком случае, в соответствии с [1], могут быть использованы для расчетов надежности вероятностно-статистические методы. Однако на практике получить такую информацию бывает достаточно сложно, а иногда и невозможно. Для случая, при котором статистической информации по контролируемым параметрам недостаточно или она является неполной, для возможности проведения расчетов надежности строительных конструкций с использованием вероятностных методов могут быть использованы положения теории возможностей. В этом варианте параметры математической модели предельных состояний представляют как нечеткие переменные, определить надежность строительного элемента можно на основе возможностного метода. Суть данного метода подробно представлена в работах [4; 6 и др.]. Другим довольно распространенным случаем является ситуация, при которой в результате обследования строительной конструкции экспертам удается получить полную статистическую информацию только по части контролируемых параметров, а статистическая информация, полученная по другой части параметров, является неполной. В этом случае целесообразно часть параметров представить как случайные величины, а другую часть – как нечеткие переменные. При такой комбинации параметров повышается точность результатов расчетов надежности рассматриваемого строительного элемента. Данный подход к расчету надежности строительных конструкций представлен в работах [5; 7 и др.] и назван модернизированным.

Рассмотрим расчет надежности модернизированным методом на примере расчета надежности стыкового сварного шва (с обработанными гладкими поверхностями шва), работающего на растяжение по критерию прочности, схематично представленного на рис. 1.

Для рассматриваемого сварного шва математическую модель предельного состояния по критерию прочности представим в виде (знак «~» означает изменчивость параметра):

$$\tilde{\sigma} = \tilde{N}/(\delta \cdot l_w) \leq \tilde{\sigma}_{\text{пр}}. \quad (1)$$

В формуле (1) параметры  $\delta$  (толщина сварного шва) и  $l_w$  (длина сварного шва) примем детерминированными величинами. Для определения усилия  $\tilde{N}$  могут быть использованы методы тензометрирования, для этого необходимо:

- 1) установить тензометры в зонах 1 и 2, как показано на рис. 1;
- 2) загрузить рассматриваемое сварное соединение пробной экспериментальной нагрузкой ( $N_{\text{пр экс.}} \ll N$ );
- 3) провести замер деформаций от пробной экспериментальной нагрузки  $N_{\text{пр экс.}}$  в зонах 1 и 2 (рис. 1);
- 4) определить усилие  $\tilde{N}$  по измеренным деформациям.

С целью получения набора статистических данных по параметру  $\tilde{N}$  измерения необходимо провести несколько раз и составить вариационный ряд:  $N_i = \{N_1, N_2, \dots, N_n\}$ , где  $n$  – количество проведенных измерений деформаций. Ввиду того что значение параметра  $N$ , определяемое на основе измеренных деформаций, может определяться по ограниченному количеству экспериментальных загрузок пробной экспериментальной нагрузкой, полученная статистическая информация о данном параметре может оказаться неполной. В этом случае  $\tilde{N}$  и, соответственно,  $\tilde{\sigma}$  рассмотрим как нечеткую переменную. Параметр  $\tilde{\sigma}_{\text{пр}}$  можно определить косвенно с использованием неразрушающих методов, например, путем использования метода царапания [2], через твердость металла сварного шва. Так, для строительных сталей  $\tilde{\sigma}_{\text{пр}}$  можно принять  $\sigma_{\text{пр}} \approx 0,6 \sigma_B$ , где  $\sigma_B$  может быть определена по формуле:  $\sigma_B = 0,26H_{\text{ц}} - 71$ , Мпа ( $H_{\text{ц}} = 3,78F/b^2$  – твердость металла сварного шва,  $F = 80H$  – сила прижатия индентора,  $b$  – ширина царапины, мм) [2]. Допустим, что в результате многократного определения параметров  $H_{\text{ц}}$ ,  $\sigma_B$  удалось определить закон и параметры распределения  $\tilde{\sigma}_{\text{пр}}$ , в этом случае  $\tilde{\sigma}_{\text{пр}}$  может быть рассмотрена как случайная величина. Таким образом, в математической модели (1) рассмотрим:

- 1)  $\tilde{\sigma}$  (нечеткую переменную), которую будем характеризовать функцией распределения возможностей:

$$\pi_{\sigma}(\sigma) = e^{-[(\sigma - a_{\sigma})/b_{\sigma}]^2}, \quad (2)$$

где  $a_{\sigma} = (\sigma_{\text{max}} + \sigma_{\text{min}})/2$ ,  $b_{\sigma} = (\sigma_{\text{max}} - \sigma_{\text{min}})/(2\sqrt{-\ln \alpha})$  ( $\alpha$  – уровень риска, принимается в интервале  $[0; 1]$  [6]);

- 2)  $\tilde{\sigma}_{\text{пр}}$  (случайную величину), которая характеризуется функцией нормального (Гаусовского) распределения:

$$\rho_{\sigma_{\text{пр}}}(\sigma_{\text{пр}}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi S_{\sigma_{\text{пр}}}}} e^{-\frac{(\sigma_{\text{пр}} - m_{\sigma_{\text{пр}}})^2}{2S_{\sigma_{\text{пр}}}^2}}, \quad (3)$$

где  $m_{\sigma_{\text{пр}}}$  – математическое ожидание;  $S_{\sigma_{\text{пр}}}$  – среднее квадратическое отклонение.

Условно функции распределения параметров  $\tilde{\sigma}$  и  $\tilde{\sigma}_{\text{пр}}$  можно представить, как показано на рис. 2, в соответствии с (2) и (3). Нечеткая переменная  $\tilde{\sigma}$  будет характеризоваться множеством функций (в заштрихованной области) и находиться в интервале от  $\underline{P}_{\sigma}(\sigma)$  до  $\overline{P}_{\sigma}(\sigma)$  (нижняя и верхняя границы вероятности распределения  $\tilde{\sigma}$ ) в соответствии с условием согласованности ( $\underline{P}_{\sigma}(\sigma) \leq P_{\sigma}(\sigma) \leq \overline{P}_{\sigma}(\sigma)$ ).

Для расчета надежности используем положения теории надежности А.Р. Ржаницына, согласно которой вероятность безотказной работы может быть определена по формуле:

$$P = \int_{-\infty}^{+\infty} \rho_{\text{пр}}(\sigma) P_{\sigma}(\sigma) d\sigma. \quad (4)$$

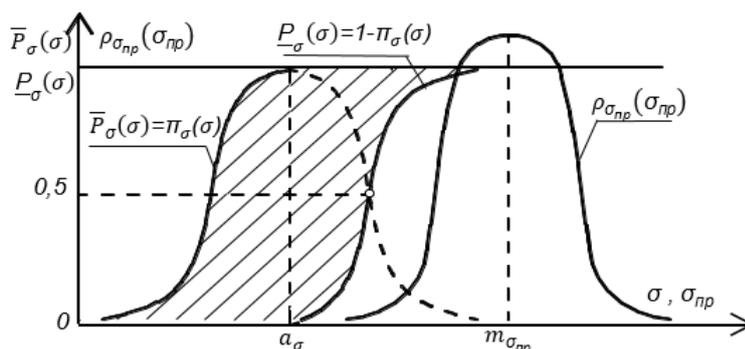


Рис. 2. Функции распределения параметров  $\tilde{\sigma}$  и  $\tilde{\sigma}_{пр}$

Тогда с учетом уравнений (2), (3), (4) и рис. 2 формулы для определения вероятности безотказной работы (нижнего и верхнего значений) рассматриваемого сварного шва по критерию (1) будут иметь вид:

$$\left. \begin{aligned} \underline{P} &= \int_0^{a_\sigma} \frac{1}{\sqrt{2\pi S_{\sigma_{пр}}}} e^{-\frac{(\sigma - m_{\sigma_{пр}})^2}{2S_{\sigma_{пр}}^2}} \times 0 d\sigma + \int_{a_\sigma}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi S_{\sigma_{пр}}}} e^{-\frac{(\sigma - m_{\sigma_{пр}})^2}{2S_{\sigma_{пр}}^2}} \left(1 - e^{-\left(\frac{\sigma - a_\sigma}{b_\sigma}\right)^2}\right) d\sigma \\ \bar{P} &= \int_0^{a_\sigma} \frac{1}{\sqrt{2\pi S_{\sigma_{пр}}}} e^{-\frac{(\sigma - m_{\sigma_{пр}})^2}{2S_{\sigma_{пр}}^2}} e^{-\left(\frac{\sigma - a_\sigma}{b_\sigma}\right)^2} d\sigma + \int_{a_\sigma}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi S_{\sigma_{пр}}}} e^{-\frac{(\sigma - m_{\sigma_{пр}})^2}{2S_{\sigma_{пр}}^2}} \times 1 d\sigma \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Надежность сварного шва, рассматриваемого в данной статье, будет характеризоваться интервалом от нижнего до верхнего значения вероятности безотказной работы, действительное значение будет находиться внутри вычисленного по формулам (5) интервала  $[P; \bar{P}]$ .

Рассмотрим расчет надежности рассматриваемого стыкового сварного шва по критерию (1) на основе полученных в результате обследования данных:  $a_\sigma = 198$  МПа,  $b_\sigma = 19$  МПа,  $m_{\sigma_{пр}} = 245$  МПа,  $S_{\sigma_{пр}} = 25$  МПа.

Надежность сварного шва по критерию (1) с использованием формул (5) будет характеризоваться интервалом  $[0,872; 0,992]$ .

Если в рассматриваемом примере параметр  $\tilde{\sigma}_{пр}$  представить как нечеткую переменную и определить надежность сварного шва с использованием возможностного метода [4; 6], то будет получен интервал надежности  $[0,680; 1]$ .

Сравнив результаты расчетов надежности на основе модернизированного и возможностного методов, можно заметить, что модернизированный метод расчета надежности позволяет более полно учесть статистическую информацию по контролируемым параметрам за счет комбинирования случайных величин и нечетких переменных, т.е. полученный интервал надежности является менее широким по сравнению с результатами расчета, полученными с использованием возможностного метода.

При обследовании сварных швов строительных конструкций могут быть выявлены смещения кромок соединяемых деталей, наличие утолщения в зоне шва и подобные дефекты, в этом случае распределение напряжений в сечениях сварных швов становится неравно-

мерным, соответственно, при расчете надежности сварного шва необходимо учитывать данные факторы. Эти вопросы автором статьи планируется рассмотреть в последующих работах.

### Литература

1. ГОСТ 27751-2014. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения. – Введ. 01.07.2015.
2. Патент № 2373515 С1 Российская Федерация, МПК G01N 3/46. Устройство для определения твердости материалов методом царапания / В.С. Уткин, В.Ф. Миншиков; заявитель ВоГТУ. – № 2008124457/28; заявл. 16.06.2008; опублик. 20.11.2009.
3. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений : Федеральный закон № 384-ФЗ от 30.12.2009 (ред. от 02.07.2013).
4. Уткин, В.С. Расчет надежности ленточного фундамента под продольной стеной здания на стадии эксплуатации / В.С. Уткин, О.Л. Борисова // Строительная механика и расчет сооружений. – 2016. – № 5(268). – С. 50–58.
5. Уткин, В.С. Теория расчета надежности механических систем при комбинировании нечетких и случайных переменных в математической модели предельных состояний на примере балки с гибкой стенкой / В.С. Уткин, Н.Л. Галаева // Строительная механика и расчет сооружений. – 2009. – № 2(223). – С. 16–21.
6. Уткин, В.С. Значение уровня среза (риска) при расчете надежности несущих элементов возможным методом / В.С. Уткин, С.А. Соловьев, А.А. Каберова // Строительная механика и расчет сооружений. – 2015. – № 6(263). – С. 63–67.
7. Galaeva, N.L. Calculation of Reliability of Beam with Corrugated Wall with Limited Information About the Controlled Parameters at the Stage of Operation / N.L. Galaeva; eds.: S.V. Klyuev, A.V. Klyuev, N.I. Vatin, L.S. Sabitov // Innovations and Technologies in Construction. BUILDINTECH BIT 2022. Lecture Notes in Civil Engineering. – 2023. – Vol. 307. – DOI: 10.1007/978-3-031-20459-3\_41.

### References

1. GOST 27751-2014. Nadezhnost stroitelnyh konstruksij i osnovanij. Osnovnye polozheniya. – Vved. 01.07.2015.
2. Patent № 2373515 C1 Rossijskaya Federatsiya, MPK G01N 3/46. Ustrojstvo dlya opredeleniya tverdosti materialov metodom tsarapaniya / V.S. Utkin, V.F. Menshikov; zayavitel VoGTU. – № 2008124457/28; zayavl. 16.06.2008; opubl. 20.11.2009.
3. Tekhnicheskij reglament o bezopasnosti zdaniy i sooruzhenij : Federalnij zakon № 384-FZ ot 30.12.2009 (red. ot 02.07.2013).
4. Utkin, V.S. Raschet nadezhnosti lentochnogo fundamenta pod prodolnoj stenoj zdaniya na stadii ekspluatatsii / V.S. Utkin, O.L. Borisova // Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzhenij. – 2016. – № 5(268). – S. 50–58.
5. Utkin, V.S. Teoriya rascheta nadezhnosti mekhanicheskix sistem pri kombinirovanii nechetkix i sluchajnyh peremennyh v matematicheskoj modeli predelnyh sostoyanij na primere balki s gibkoj stenкой / V.S. Utkin, N.L. Galaeva // Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzhenij. – 2009. – № 2(223). – S. 16–21.
6. Utkin, V.S. Znachenie urovnya sreza (riska) pri raschete nadezhnosti nesushchih elementov vozmozhnostnym metodom / V.S. Utkin, S.A. Solovev, A.A. Kaberova // Stroitel'naya

mekhanika i raschet sooruzhenij. – 2015. – № 6(263). – S. 63–67.

---

### Reliability of Butt Welds According to the Strength Criterion at the Operational Stage

N.L. Galaeva

*National Research Moscow State University of Civil Engineering,  
Moscow (Russia)*

**Key words and phrases:** probability of trouble-free operation; reliability interval; scratching method; weld reliability; butt weld; probability theory; theory of possibilities.

**Abstract.** The purpose of this article is to develop a particular methodology for calculating the reliability of a welded joint in the presence of fuzzy variables and random variables in the mathematical model of the limit state (for example, butt weld). Hypothesis: the combination of fuzzy variables and random variables during calculations for the reliability of elements of building structures allows us to obtain more informative calculation results compared with the use of a probabilistic method for calculating reliability, when using which all parameters of the limit state model are represented as fuzzy variables. Research methods: analysis of scientific literature; generalization; mathematical modeling, comparative analysis. Results: a particular method for calculating the reliability of butt welded joints is presented.

---

© Н.Л. Галаева, 2023

УДК 697.14

**Технические решения  
по устройству систем отопления  
и основные эксплуатационные проблемы  
в малоэтажных жилых зданиях  
в Арктической полосе  
Республики Саха (Якутия)**

А.Е. Будикин, Е.Г. Слободчиков

*ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет  
имени М.К. Аммосова»,  
г. Якутск (Россия)*

**Ключевые слова и фразы:** Арктика; гидравлика; коррозия; малоэтажные здания; отопление.

**Аннотация.** В данной работе рассматриваются технические решения по устройству систем водяного отопления в малоэтажных жилых зданиях в Арктической полосе Республики Саха (Якутия). Задачи: проанализировать основные проблемы, с которыми сталкиваются собственники и эксплуатанты малоэтажных жилых зданий в Арктической полосе при эксплуатации систем отопления, а также рассмотреть причины возникновения таких проблем. Гипотеза: специфика задач, вызванная суровыми климатическими условиями при проектировании и эксплуатации систем водяного отопления. В работе предлагаются мероприятия, необходимые для улучшения решений по устройству систем отопления в малоэтажных жилых зданиях в Арктике.

Стандартная система отопления в России и в Европейских странах – это центральное водяное отопление с использованием радиаторов, трубопроводов и различных теплогенераторов, работающих на природном газе, жидком и твердом топливе, а также с применением биомассы. Как отмечается в [1], по результатам сравнения энергопотребления в Бельгии среди инженерных систем наиболее затратным являются расходы на отопление зданий. На создание и поддержание комфортных условий затраты энергии на теплоснабжение составляют около 35–40 % из общих расходов. Так, существующий в Средней Европе жилищный фонд имеет тепловую нагрузку на отопление около  $100 \text{ Вт/м}^2$  [2]. В России же, в частности в Арктических районах страны, затраты энергоресурсов на поддержание оптимальных условий в помещениях путем нагрева превышают 50–70 %, достигая  $200\text{--}250 \text{ Вт/м}^2$ . В исследовании европейских ученых [3] предлагаются различные стратегии снижения энергопотребления зданий, но основное внимание уделяется подбору толщин наружных ограждающих конструкций, а также решениям с применением надлежащего оборудования управления или усовершенствованной стратегии управления в суще-



Рис. 1. Разрушение отопительного прибора

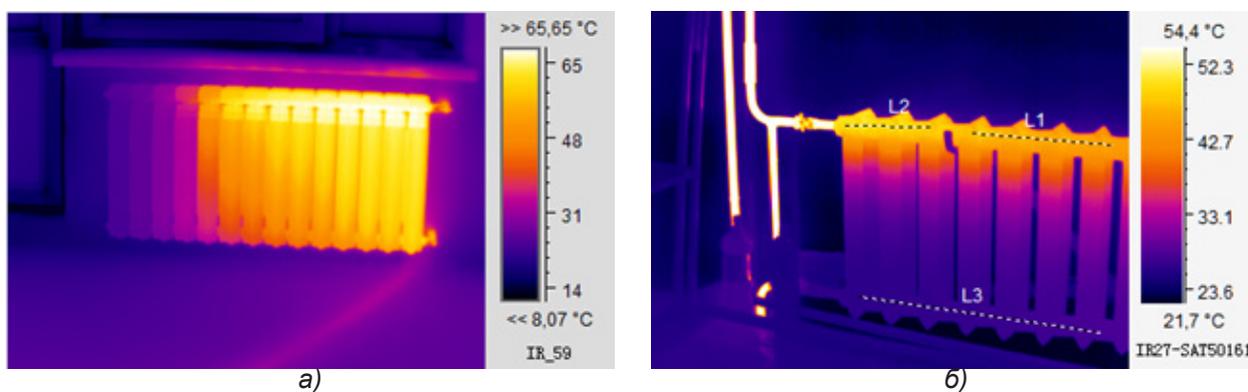
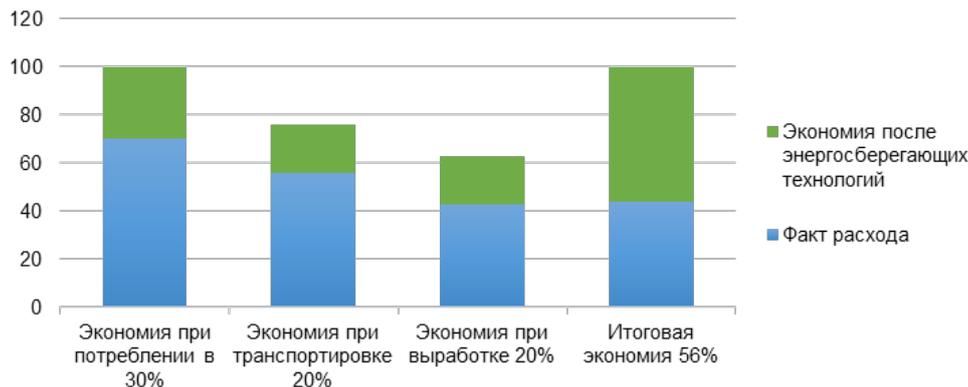


Рис. 2. Неравномерное распределение теплового потока в отопительном приборе

ствующей системе отопления. Например, потенциальная экономия энергии при зональном и незономном управлении оценивается в среднем на уровне 20 %. Однако следует учесть, что для достижения наибольшего эффекта все вышеперечисленные технологии стоит использовать комплексно.

Вследствие отдаленности Арктической зоны и малой плотности расположения населенных пунктов возникает ряд особенностей, усложняющих оперативную доставку нужного количества инженерного оборудования для работы и ремонта систем отопления, также отдаленность обслуживаемых объектов теплоснабжения затрудняет эксплуатацию и ремонт систем отопления, что в свою очередь может привести к их неисправности и повышенным затратам на эксплуатацию. Затруднение оперативной реакции на аварию в системе отопления может привести к необратимым и критическим последствиям, особенно в Арктических регионах (рис. 1).

В работе [4] доказывается, основной источник продуктов коррозии в системах центрального отопления – это вода без предварительной химической подготовки. Эта вода содержит различные взвешенные частицы, коррозионно-активные соединения и растворенные газы, которые постепенно осаждаются на внутренние поверхности трубопроводов и образуют коррозионные отложения. Такие отложения называются шламом, имеют характерный ржаво-коричневый цвет и могут занимать все больший объем при продолжительном функционировании системы (рис. 1). В результате они сужают проходное сечение



**Рис. 3.** Показатели экономии тепловой энергии в Хангаласском районе Республики Саха (Якутия) по различным направлениям

трубопровода, блокируя поток циркулирующей воды, что приводит к нарушению теплообмена и недостаточному нагреву помещений.

Часто наблюдаемое устройство системы отопления без применения воздухоотводчиков и запорно-регулирующей арматуры затрудняет его эксплуатацию. Так, при завоздушивании системы при пуско-наладочных работах или при образовании воздуха при нагревании теплоносителя отсутствие прибора автоматического или ручного выпуска воздуха приведет к снижению теплоступления в помещения [5].

Наличие воздуха в трубопроводе и отопительном приборе может привести к преждевременному коррозионному процессу, разрегулировке гидравлического режима и нарушению распределения теплового потока в отопительном приборе (рис. 2а).

В работе [6] отмечается, что гидравлический режим в системе отопления может быть нарушен из-за различных причин, таких как отклонение фактических расходов от предполагаемых значений, ошибки при проектировании, погрешности в расчетах, отклонения от проекта при монтаже, а также образование отложений в трубопроводах и нагревательных приборах, что приводит к возникновению дополнительных сопротивлений.

Так, при проектировании и монтаже двухтрубных систем отопления с верхней разводкой и вертикальными стояками отсутствие балансировочных клапанов на вертикальных стояках в большинстве случаев приводит к гидравлической разбалансировке и неравномерному распределению теплового потока по контурам системы, что характерно отражается на работе крайних конечных отопительных приборов, снижая их эффективность (рис. 2б).

Основные мероприятия по энергосбережению в жилищном секторе региона направлены на снижение потребления тепловой энергии. При этом окупаемость данных мероприятий выше, чем в других энергопотребляющих системах. Теплоизоляция ограждающих конструкций до требуемых строительных норм и правильная автоматизация систем дают экономию до 70 % (рис. 3).

Для достижения экономии энергоресурсов рекомендуются в инженерных системах выполнять следующие мероприятия [7]:

- 1) установка автоматизированных узлов управления с погодным регулированием;
- 2) установка термостатических клапанов для отопительных приборов с автоматическим регулированием;
- 3) внедрение поквартирного контура системы отопления через коллекторную обвязку

даст возможность для точной настройки гидравлического режима в системе;

4) основными тепловыми затратами на коммунально-бытовые нужды в зданиях являются затраты на отопление;

5) установка на первых этажах малоэтажных зданий теплого водяного пола позволит повысить комфорт при нахождении человека в помещении.

Вышеперечисленные технологии рекомендуется принимать с существующими видами систем отопления, перечисленными в СП 60.13330.2020 [8; 9], в зависимости от архитектурно-планировочных решений. Как показывает практика, надежная работа систем теплоснабжения зависит от эффективности внедрения новых технологий, современных материалов и цифровых технологий. Достигнутая при этом экономия позволит существенно снизить нагрузку на содержание и эксплуатацию зданий в последующие годы.

Применение методических рекомендаций при проектировании системы отопления жилых малоэтажных зданий в Арктических районах, приведенных в работе, позволит обеспечить повышение уровня комфортного проживания для жителей и эффективное использование энергоресурсов.

### Литература

1. Peeters, L. Control of Heating Systems in Residential Buildings: Current Practice / L. Peeters, J. Van der Veken, H. Hens, L. Helsen, W. D'haeseleer // *Energy and Buildings*. – 2008. – Vol. 40. – Iss. 8. – P. 1446–1455.

2. Файст В. Основные положения по проектированию пассивных домов : 2-е изд. / В. Файст. – М. : АСВ, 2011. – С. 54–55.

3. Cholewa, T. On the Influence of Local and Zonal Hydraulic Balancing of Heating System on Energy Savings in Existing Buildings: Long Term Experimental Research / T. Cholewa, I. Balen, A. Siuta-Olcha // *Energy and Buildings*. – 2018. – Vol. 179. – P. 156–164.

4. Осокин, Е.В. Одна из причин недогрева жилых помещений в отопительный период года / Е.В. Осокин, А.А. Оленников, П.П. Кирилов [и др.] // *Вестник Сибирского государственного индустриального университета*. – 2015. – № 4(14). – С. 41–45.

5. Ямлеева, Э.У. О надежности и долговечности систем отопления зданий / Э.У. Ямлеева // *Вестник Ульяновского государственного технического университета*. – 2018. – № 1(81). – С. 53–57.

6. Новосельцев, В.Г. Изучение эффективности методов балансировки систем водяного отопления / В.Г. Новосельцев, Д.В. Новосельцева // *Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F: Строительство. Прикладные науки*. – 2021. – № 16. – С. 94–98.

7. Slobodchikov, E. The Implementation of Energy-Service Contracts in the Republic of Sakha (Yakutia) as a Tool to Reduce Government Spending: Experience and Prospects / E. Slobodchikov, L. Baisheva, V. Syromyatnikov // *MATEC Web of Conferences*, 2018. – P. 06015. – DOI: 10.1051/mateccconf/201824506015.

8. СП 60.13330.2020. Свод правил. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха СНиП 41-01-2003. Утвержден Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ № 921/пр от 30.12.2020. – М., 2020. – 158 с.

9. Карпов, В.Н. Системы водяного отопления многоэтажных зданий. Технические рекомендации по проектированию / В.Н. Карпов. – М. : АВОК-ПРЕСС, 2010. – 107 с.

### References

2. Fajst V. Osnovnye polozheniya po proektirovaniyu passivnyh domov : 2-e izd. / V. Fajst. – M. : ASV, 2011. – S. 54–55.
4. Osokin, E.V. Odnа iz prichin nedogreva zhilyh pomeshchenij v otopitelnyj period goda / E.V. Osokin, A.A. Olennikov, P.P. Kirilov [i dr.] // Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo industrialnogo universiteta. – 2015. – № 4(14). – S. 41–45.
5. YAmleeva, E.U. O nadezhnosti i dolgovechnosti sistem otopleniya zdaniy / E.U. YAmleeva // Vestnik Ulyanovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2018. – № 1(81). – S. 53–57.
6. Novoseltsev, V.G. Izuchenie effektivnosti metodov balansirovki sistem vodyanogo otopleniya / V.G. Novoseltsev, D.V. Novoseltseva // Vestnik Polotskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya F: Stroitelstvo. Prikladnye nauki. – 2021. – № 16. – S. 94–98.
8. SP 60.13330.2020. Svod pravil. Otoplenie, ventilyatsiya i konditsionirovanie vozduha SNiP 41-01-2003. Utverzhen Ministerstvom stroitelstva i zhilishchno-kommunalnogo hozyajstva RF № 921/pr ot 30.12.2020. – M., 2020. – 158 s.
9. Karpov, V.N. Sistemy vodyanogo otopleniya mnogoetazhnyh zdaniy. Tekhnicheskie rekomendatsii po proektirovaniyu / V.N. Karpov. – M. : AVOK-PRESS, 2010. – 107 s.

---

### Technical Solutions for the Installation of Heating Systems and the Main Operational Problems in Low-Rise Residential Buildings in the Arctic Zone of the Republic of Sakha (Yakutia)

A.E. Budikin, E.G. Slobodchikov

*North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov,  
Yakutsk (Russia)*

**Key words and phrases:** Arctic; corrosion; heating; hydraulics; low-rise buildings.

**Abstract.** This paper discusses technical solutions for the installation of water heating systems in low-rise residential buildings in the Arctic zone of the Republic of Sakha (Yakutia). Objective: to analyze the main problems that owners and operators of low-rise residential buildings in the Arctic region face when operating heating systems, and also to consider the causes of such problems. Hypothesis: specific tasks caused by harsh climatic conditions during the design and operation of water heating systems. In conclusion, the work proposes measures necessary to improve solutions for the installation of heating systems in low-rise residential buildings in the Arctic.

---

© А.Е. Будикин, Е.Г. Слободчиков, 2023

УДК 332.145

## The Analysis of the Implementation of Gas Supply to Yalta Municipality under the Regional Gasification Program of the Republic of Crimea

E.M. Kolos, I.I. Malyshev

*Far Eastern Federal University,  
Vladivostok (Russia)*

**Key words and phrases:** State Gasification Program; gasification level; household; household and municipal needs; risk analysis; main gas pipeline; gas transmission system.

**Abstract.** Greater Yalta is the core of recreational resources of the region. At the same time, heat and energy supply of the district is provided by traditional energy carriers: diesel fuel, fuel oil, coal, due to the lack of gas supply network. The research aims at a comprehensive assessment of the effect of gasification of settlements of Greater Yalta, on the basis of which the characteristic of the implementation of the state gasification program is given. The objectives of the work are the analysis of the gasification program, selection of its target indicators, quantitative assessment of the project of gasification of Greater Yalta on the basis of these indicators, comparison of the project results with the expected results indicated in the program. The research methods include analysis of regulatory documentation and official statistics data, modeling of the situation arising from the gasification of the specified area, comparative analysis. The research hypothesis is put forward: the project is expected to increase the regional level of gasification by up to 0.5 % and fulfill the plan of the state program until 2027. The results obtained by calculation and statistical methods based on extrapolation showed an increase in the level of gasification at the value of 0.44 % and the regional consumption of natural gas by 0.98 million m<sup>3</sup>, which confirms the significant impact of the project on the development of the economic complex of the region.

### Introduction

The district of Greater Yalta, located on the South Coast of Crimea (**SCC**), is one of the main sources of recreational resources of the region, providing reception of up to 30 % of recre-

ationists, accommodated annually in medical and sanatorium institutions of the district.

The recreational potential of the district is 18.34 % of the regional [1], thus, the growth rate of regional indicators is directly related to the creation of conditions for the development of Greater Yalta. Within the framework of ensuring the well-being of the region and its sustainable development since 1998 at the legislative level, various programs have been implemented, setting the goal of integrated socio-economic development of the territory. In different periods, the improvement of the territory became the goal of various programs.

1. Integrated program of socio-economic development of the region of Greater Yalta as a resort of national importance (Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine from January 5, 1998, No. 9).

2. State Program of Socio-Economic Development of the AR Crimea until 2017 (Resolution of the CM of Ukraine dated August 30, 2007, No. 1067).

3. State program of the Republic of Crimea "Gasification of settlements of the Republic of Crimea" (Resolution of the CM of the Republic of Crimea dated December 5, 2017, No. 658 (with amendments dated 29.03.2023)).

One of the tasks of ensuring the expansion of recreational potential is to ensure the reliability and environmental friendliness of energy supply of the district, in particular, the gasification of settlements with pipeline gas. These activities are regulated by the State Program of the Republic of Crimea "Gasification of settlements of the Republic of Crimea". Within its framework it is planned to adjust cities and settlements of Yalta urban district: Alupka, Simeiz, Foros, Goluboy Bay, Katsiveli and others.

In order to increase the throughput capacity of the gas transportation network since 2003 the construction of the main gas pipeline "Yalta – Foros – Sevastopol" with a nominal diameter of 500 mm and pressure of 5.4 MPa, originating north of Yalta, on the mountain plateau Ai-Petri and ending near the village of Veseloye, where the construction of GDS "Veseloye" is underway. From GDS "Veseloye" two gas pipelines – branches of high-pressure network of I category ( $P = 0.6$  MPa,  $DN = 300$  mm) are planned: to the town of Alupka and to the Foros settlement.

In addition to the construction of trunk and inter-settlement gas pipelines, it is planned to mark in Foros settlement the automobile gas filling station (**AGNKS**).

The study aims to study and analyze the presented program of gasification of the Republic of Crimea, to extract its main goals and objectives, on the basis of which it is proposed to assess the progress of its implementation. The region of Greater Yalta – the last large district of Crimea, where pipeline gas supply has not yet been established – is taken for evaluation.

The objectives of the study are to calculate the main parameters characterizing the progress of the gasification program, as well as their application to determine the key socio-economic indicators characterizing the region as a whole. In addition, the project and its environmental risks were assessed, ways to minimize them were proposed and directions for further work were identified.

## Methods

The present program of gasification of Crimea aims to increase the level of natural gas supply to all categories of consumers and improve socio-economic conditions of life of the population of the Republic of Crimea.

Within the framework of this goal it is planned to develop and modernize the gas supply system in accordance with the needs of housing and communal services, industrial and other consumers, increase the number of gasified settlements, expand the use of natural gas as a

gas motor fuel.

The program also provides for the implementation of the main activities, which include a set of interrelated measures aimed at achieving the goals of the program, as well as at solving important current and future tasks that ensure the development of gasification of the Republic of Crimea.

The total amount of financing of the program for the period from 2018 to 2027 is 43,393,605,949 thousand rubles, divided into two stages: from 2018 to 2022 and from 2023 to 2027. This funding will be used to implement the above activities.

The Regional Gasification Program of the RC establishes the following target indicators and indicators related directly to natural gasification with natural gas:

1. Level of gasification of the population with natural gas, %.
2. Number of constructed gas distribution stations (**GDS**), units.
3. Length of constructed main gas pipelines, km.
4. Length of constructed intra-settlement gas pipelines, km.
5. Length of constructed inter-settlement gas pipelines, km.
6. Number of gasified settlements, units.
7. Number of gasified households, units.
8. Number of CNG filling stations built, units.

The key macroeconomic and social indicator that determines the qualitative assessment of measures within the framework of the implemented gasification programs is the gasification level (**GL**). GL characterizes the degree of natural gas use to meet the household needs of the population. According to the calculation methodology approved in [2], the GL is determined by the formula:

$$GL_{pop} = \left( \alpha_1 \frac{N_{GS}}{N_{flats}} + \alpha_2 \frac{N_{HWS} + \beta N_{CHWS}}{N_{flats}} + \frac{N_{HS} + \beta N_{CHS}}{N_{flats}} \right) \times 100\%. \quad (1)$$

The GL calculation is based on statistical data on the demographics of the area and the size and condition of the housing stock, as well as information on the use of gas as an energy source for heat supply.

Initial information for determining GL includes the characteristics of the area to be gasified: number of settlements, population, number of households (**HHs**). Based on the census data of Yalta City, it is necessary to determine the coverage of gasified HHs, the share of HHs connected to centralized heating (**CHS**) and hot water supply (**CHWS**) systems, the degree to which they are equipped with individual heating (**HS**) and hot water supply (**HWS**) devices.

For calculations the data of the All-Russian census of 2014, census of 2020, information on the size of the housing stock and on the work of organizations supplying public utilities to the population (source – Krymstat) were taken. With the help of the above data, information on the share of HH, equipped with HS, CHS, HWS, CHWS was obtained.

According to the statistical data, information on the degree of gas utilization by the population and enterprises to meet individual and household needs was obtained. Further, the parameters were refined by deducting the data on the population and the number of HHs of the gasified area presented in Table 1 from the general characteristics.

When calculating the number of HHs within settlements, the values of the average size of HH for rural and urban areas (3.1 and 3.2 persons per HH, respectively) were adopted. Based on the data from Table 1, as well as the indicators of the 2020 census [4], Table 2 was compiled, including the values used to calculate the formula (1). The coefficient  $\beta$ , characterizing the share

Table 1. Calculation parameters for determining GL

Type of area	Name	$N_{pop}^*$	HH total $N_{sq}$ , unit	HH GS, $N_{WS}$ , unit	HH HWS, $N_{HWS}$ , unit	HH CHWS, $N_{CHWS}$ , unit	HH HS, $N_{HS}$ , unit	HH CHS, $N_{CHS}$ , unit
Urban area	Alupka	7771	2507	1919	1984	190	845	1398
Rural area	Holuboy Zaliv	615	193	93	155	9	68	90
	Katsiveli	529	166	80	133	8	58	77
	Parkovoe	403	126	61	101	6	44	59
	Ponizovka	213	67	33	54	3	24	32
	Sanatornoe	232	73	36	59	4	26	34
	Simeiz	2604	814	392	652	36	283	378
	Foros	1844	577	278	462	25	201	268
	Oliva	379	119	58	96	6	42	56
	Opolznevoe	390	122	59	98	6	43	57

\* – data taken according to [4].

of gas in the total volume of all types of fuels consumed in heat generation, is assumed to be 0.643, according to [5]. The total area of the housing stock of the region is taken according to [6].

### Project progress and problems revealed

The Yalta-Foros-Sevastopol gas pipeline is an important project for the gas supply system of the South Coast of Crimea. The implementation of this project will increase the capacity of the existing gas distribution network and provide consumers in the area of the southern part of the peninsula and the Baidar Valley with natural gas. The project is currently approved and provides for laying half of the gas pipeline underground along Sevastopol Highway and above ground along Yuzhnoberezhnoye Highway. In places where the gas pipeline approaches the borders of specially protected natural territories, it is envisaged to narrow the construction strip in order to preserve the territory from the impact of construction works. However, this solution is not optimal and has been criticized by environmentalists. Sevastopol highway is prone to landslides and rockfalls, which can lead to damage to the gas pipeline and man-made accidents. At the moment, according to the project documentation of the object, the gas pipeline Yalta – Foros – Sevastopol will pass near the lands of the Yalta mountain forest nature reserve, cross the lands of the state nature reserve “Ai-Petri Yaila”, and then will be located on the lands of the forest Kuibyshev forestry and Yalta city district.

Thus, the main difficulties in implementing the gasification program directly in the South Coastal region are the difficult geological conditions of construction of main and distribution gas pipelines: the presence of rocky mountain slopes, subject to landslides and landslides, karst structures of mountain plateaus, a significant difference in altitude.

### Results

Within the framework of the analysis of the Greater Yalta gasification project according to

**Table 2.** Results of calculation of target indicators

Indicator name	Value
Natural gas consumption in RC, mln m <sup>3</sup>	2,665.2
Increase, mln m <sup>3</sup>	0.98
GL by natural gas, %	82.50
GL increment, %	0.44
Number of gasified settlements, unit	8
Number of gasified HHS, unit	3,009
GDS built, unit	1*
CNG filling stations built, unit	1**

\* – GDS Veseloye.

\*\* – CNG filling station Foros.

the indicators established by the state gasification program, the following data were obtained, presented below.

As a result of the implementation of gas supply to the Greater Yalta area, the total consumption of combustible natural gas in Crimea will increase by 980 thousand m<sup>3</sup> per year (0.04 % of current consumption).

The main objective of the project is to create conditions for the development of the recreational area, accordingly, for this purpose, the transition to more environmentally friendly and less emission-intensive gas motor fuel (**GMF**) is envisaged, for this purpose a CNG filling station will be constructed in Foros settlement. The transfer of vehicles is facilitated by preferential programs implemented by the regional authorities.

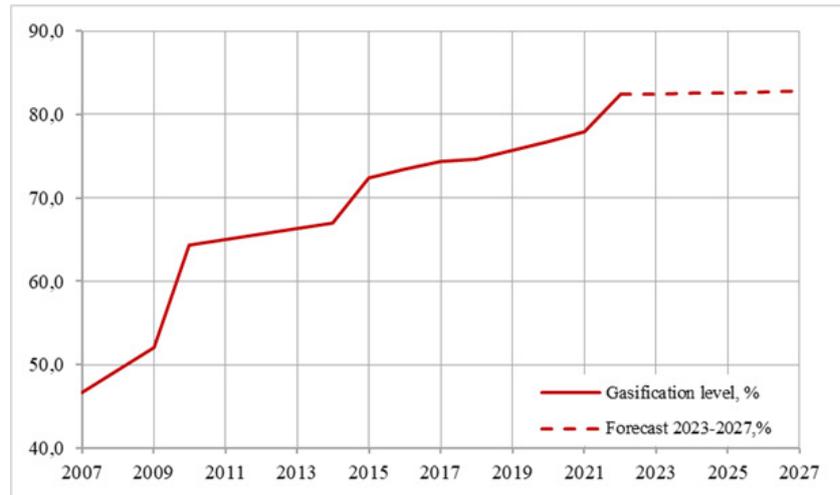
In general, the project will provide GL growth of 0.44 %, thus achieving a regional GL of 82.5 % by the end of the first stage.

Implementation of the project will provide gas supply to large settlements located along the coast: Alupka (population 7,771), Simeiz (2,604), Foros (1,844). Thus, the last town on the peninsula – Alupka – will be gasified, where currently there is no gas supply with network gas. The further goal is to build inter-settlement gas pipelines to small villages with population of 300–600 people located along the South Coast Highway. A promising direction of the project development is gas supply to villages in the Baidar Valley, where additional recreational facilities and agricultural lands are located.

At the same time, the risks of the project implementation include an increase in the time of its realization due to complicated land acquisition and coordination of the gas pipeline project with state and municipal institutions. In addition, there are environmental risks associated with anthropogenic impact on vegetation, fauna and landscapes of the coastal mountain forest areas.

## Conclusion

The study obtained data according to the selected indicators characterizing the implementation of the program of gasification of settlements of the Republic of Crimea. In the course of analyzing the results, the following conclusions were made:



**Fig. 1.** Growth rates of GL in Crimea (without Sevastopol) and forecast indicators, according to the gasification program

1. Thus, from the point of view of macro-indicators, the project is promising, allowing to achieve both quantitative growth in the economically developed recreational area of Greater Yalta, as well as to provide the basis for further gasification of remote settlements of the Baidar Valley.

2. The main risks of the project are related to anthropogenic impact on the environment during construction of linear natural gas transportation facilities.

3. It is advisable to provide further increase of GL by means of autonomous gasification, including liquefied petroleum gas (**LPG**), liquefied natural gas (**LNG**), compressed natural gas (**CNG**).

### References

1. Букреев, И.А. Оценка рекреационного потенциала Большой Ялты и перспективы его развития / И.А. Букреев // Региональная экономика: теория и практика. – 2016. – № 7(430). – С. 187–196 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-rekreatsionnogo-potentsiala-bolshoy-yalty-i-perspektivy-ego-razvitiya>.

2. Приказ Минэнерго России от 02.04.2019 № 308 «Об утверждении Методики расчета показателей газификации». – 18.06.2019. – С. 2–8.

3. Перепись населения в Крымском федеральном округе со 100 % охватом населения, 2014 г. Итоги // Управление Федеральной службы государственной статистики по Республике Крым и г. Севастополю [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://82.rosstat.gov.ru/folder/28299>.

4. Всероссийская перепись населения 2020 года. Итоги // Управление Федеральной службы государственной статистики по Республике Крым и г. Севастополю [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://82.rosstat.gov.ru/folder/179764>.

5. О работе отопительных котельных и тепловых сетей Республики Крым в 2019 году // Управление Федеральной службы государственной статистики по Республике Крым и г. Севастополю [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://82.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/1-%D1%82%D0%B5%D0%BF\(%D0%BF%D1%80%D0%B5%D1%81%D1%81-%D0%B2%D1%8B%D0%BF%D1%83%D1%81%D0%BA\)\(2\).pdf](https://82.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/1-%D1%82%D0%B5%D0%BF(%D0%BF%D1%80%D0%B5%D1%81%D1%81-%D0%B2%D1%8B%D0%BF%D1%83%D1%81%D0%BA)(2).pdf).

6. Жилищные условия // Управление Федеральной службы государственной статистики по Республике Крым и г. Севастополю [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://82.rosstat.gov.ru/folder/27554>.

7. Мурашева, А.А. Анализ антропогенного воздействия на территорию строительства магистрального газопровода МГ Ялта-Форос-Севастополь (участок Ялта – Веселое) / А.А. Мурашева, М.В. Терехова // Московский экономический журнал. – 2022. – № 11 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-antropogennogo-vozdeystviya-na-territoriyu-stroitelstva-magistralnogo-gazoprovoda-mg-yalta-foros-sevastopol-uchastok-yalta>.

### References

1. Bukreev, I.A. Otsenka rekreatsionnogo potentsiala Bolshoy YAlty i perspektivy ego razvitiya / I.A. Bukreev // Regionalnaya ekonomika: teoriya i praktika. – 2016. – № 7(430). – S. 187–196 [Electronic resource]. – Access mode : <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-rekreatsionnogo-potentsiala-bolshoy-yalty-i-perspektivy-ego-razvitiya>.

2. Prikaz Minenergo Rossii ot 02.04.2019 № 308 “Ob utverzhdenii Metodiki rascheta pokazatelej gazifikatsii”. – 18.06.2019. – S. 2–8.

3. Perepis naseleniya v Krymskom federalnom okruge so 100 % ohvatom naseleniya, 2014 g. Itogi // Upravlenie Federalnoj sluzhby gosudarstvennoj statistiki po Respublike Krym i g. Sevastopolyu [Electronic resource]. – Access mode : <https://82.rosstat.gov.ru/folder/28299>.

4. Vserossijskaya perepis naseleniya 2020 goda. Itogi // Upravlenie Federalnoj sluzhby gosudarstvennoj statistiki po Respublike Krym i g. Sevastopolyu [Electronic resource]. – Access mode : <https://82.rosstat.gov.ru/folder/179764>.

5. O rabote otopitelnyh kotelnyh i teplovyh setej Respubliki Krym v 2019 godu // Upravlenie Federalnoj sluzhby gosudarstvennoj statistiki po Respublike Krym i g. Sevastopolyu [Electronic resource]. – Access mode : [https://82.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/1-%D1%82%D0%B5%D0%BF\(%D0%BF%D1%80%D0%B5%D1%81%D1%81-%D0%B2%D1%8B%D0%BF%D1%83%D1%81%D0%BA\)\(2\).pdf](https://82.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/1-%D1%82%D0%B5%D0%BF(%D0%BF%D1%80%D0%B5%D1%81%D1%81-%D0%B2%D1%8B%D0%BF%D1%83%D1%81%D0%BA)(2).pdf).

6. ZHilishchnye usloviya // Upravlenie Federalnoj sluzhby gosudarstvennoj statistiki po Respublike Krym i g. Sevastopolyu [Electronic resource]. – Access mode : <https://82.rosstat.gov.ru/folder/27554>.

7. Murasheva, A.A. Analiz antropogennogo vozdeystviya na territoriyu stroitelstva magistralnogo gazoprovoda MG YAlta-Foros-Sevastopol (uchastok YAlta – Veseloe) / A.A. Murasheva, M.V. Terekhova // Moskovskij ekonomicheskij zhurnal. – 2022. – № 11 [Electronic resource]. – Access mode : <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-antropogennogo-vozdeystviya-na-territoriyu-stroitelstva-magistralnogo-gazoprovoda-mg-yalta-foros-sevastopol-uchastok-yalta>.

## Анализ реализации газоснабжения населенных пунктов Большой Ялты в рамках региональной программы газификации Республики Крым

Э.М. Колос, И.И. Малышев

*ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»,  
г. Владивосток (Россия)*

**Ключевые слова и фразы:** анализ рисков; газотранспортная система; государственная программа газификации; домохозяйство; коммунально-бытовые нужды; магистральный газопровод; уровень газификации.

**Аннотация.** Большая Ялта выступает основой рекреационных ресурсов региона. При этом в связи с отсутствием системы газоснабжения, тепло- и энергоснабжение района обеспечивается традиционными энергоносителями: дизельным топливом, мазутом, каменным углем. Исследование ставит целью комплексную оценку эффекта газификации населенных пунктов Большой Ялты, на основе которой дана характеристика хода выполнения государственной программы газификации. Задачами работы выступают анализ программы газификации, отбор ее целевых индикаторов, количественная оценка проекта газификации Большой Ялты на основе приведенных индикаторов, сопоставление результатов проекта с ожидаемыми результатами, обозначенными в программе. Методы исследования включают анализ нормативной документации и данных официальной статистики, моделирование ситуации, образующейся при газификации указанного района, сравнительный анализ. В рамках исследования на основе экспресс-оценки выдвинута гипотеза: в результате реализации проекта ожидается прирост регионального уровня газификации на величину до 0,5 % и выполнение плана государственной программы до 2027 г. Результаты, полученные расчетными и статистическими методами, основанными на экстраполяции, показали прирост уровня газификации на уровне 0,44 % и регионального потребления природного газа на 0,98 млн м<sup>3</sup>, что подтверждает существенное влияние проекта на развитие хозяйственного комплекса региона.

© E.M. Kolos, I.I. Malyshev, 2023

УДК 621

## Проектирование осветительного устройства для испытаний солнечных батарей малых космических аппаратов

Т.Г. Орешенко, Н.О. Трифанов, И.И. Храмов, М.С. Федоров

*ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», г. Красноярск (Россия)*

**Ключевые слова и фразы:** освещенность; светодиод высокой мощности; светодиодный светильник.

**Аннотация.** В данной работе целью является оптимизация компоновки и геометрии светодиодного светильника большой мощности. Гипотеза этого исследования заключается в визуализации распространения света светодиода на рабочей плоскости с помощью моделирования. Для анализа была использована имитационная модель светодиодной матрицы в пакете математического моделирования MathCad 13. В процессе моделирования мы использовали метод конечных элементов (МКЭ), чтобы сделать анализ освещенности на заданном расстоянии. Научная новизна заключается в изучении свойств светодиодов с целью проведения испытаний солнечных батарей в условиях атмосферы Земли и дальнейшей оптимизации для удовлетворительных результатов. Цель оптимизации состоит в том, чтобы поддерживать равномерное освещение в плоскости мишени. Несмотря на то, что в модели не используются оптические аксессуары или активные системы охлаждения, результаты показывают, что мы смогли получить необходимые характеристики при ограниченном количестве параметров.

Светодиодные лампы и люминесцентные светильники используются только в нескольких типовых областях применения. Это обуславливается их более высокой стоимостью по сравнению с другими технологиями. В нашем случае мы будем использовать модель осветителя для испытаний солнечных батарей в условиях атмосферы Земли.

Если сравнивать светодиоды с традиционными источниками освещения, то они имеют ряд следующих преимуществ: длительный срок службы; высокая яркость; низкое энергопотребление; компактный размер; быстрая реакция; высокая надежность [2; 4; 6; 11]; устойчивость к механическим ударам и вибрации [12].

Необходимо помнить, что существуют некоторые трудности при использовании НР-светодиодов в наружном освещении, такие как рассеивание тепла (что может снизить

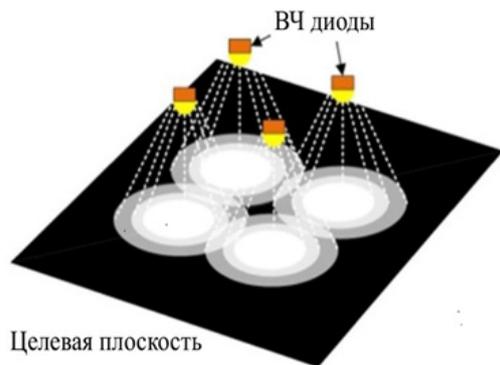


Рис. 1. Моделирование трассировки лучей

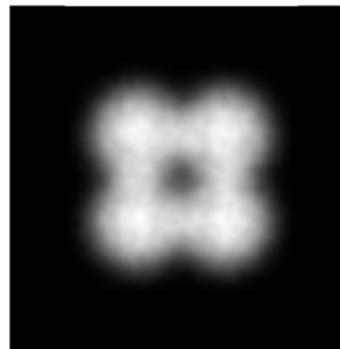


Рис. 2. Засветка целевой плоскости размером 200 × 200 мм

светоотдачу), оптические характеристики (включая оптическую эффективность) и форма освещаемой области [14]. Существует лишь несколько исследований, в которых представлена оценка эффективности установки наружных светодиодных светильников [15]. Эти трудности являются сложной задачей при проектировании наружного освещения HP-LED [16].

Момент, который необходимо учитывать в этой работе, – это диаграмма направленности светодиода, так как светодиоды HP не излучают одинаковый световой поток во всех направлениях. При работе со светодиодом мы сталкиваемся с проблемой неравномерной засветки. Для того чтобы не тратить время и материалы при реализации реального оборудования, мы можем провести соответствующее моделирование.

Для этого применим численный метод Снелла – Декарта, который используется для имитации освещения.

Также необходимо учитывать, что моделирование высокого уровня включает в себя следующие понятия: стохастическое моделирование определенного количества световых лучей; извлечение светового рисунка из целевой плоскости. Итак, симулировав трассировку лучей, мы можем убедиться в том, что освещение происходит неравномерно. Это подтверждает рис. 1.

Создание модели осуществлялось с помощью определенного программного обеспечения. Для реализации объекта нам понадобилось три составляющие: источник, геометрия и детектор. Геометрическим объектом являются оптические компоненты, такие как ограничитель и основная светодиодная линза, а объект-детектор – это целевая плоскость, функция которой – обнаружение сталкивающихся лучей и обеспечение количественных данных, таких как освещенность, радиационный фон, световой поток и т.д.

Практически все модели элементов основаны на базовых уравнениях, определяемых параметрами. Изменение объектов обуславливается их характеристиками, представленными в редакторе непоследовательных компонентов. Номинальные данные светодиода, такие как размеры, материал и мощность, мы можем найти в техническом описании. Однако их количество и расположение на светильнике сказываются на распределении светового потока в целевой плоскости. Каждая из точек освещения соответствует светодиодному источнику. Модель яркости мы можем наблюдать на рис. 2.

Моделирование пространственно-энергетических параметров является первым этапом проектирования светодиодных устройств освещения. Часть моделей, описывающих пространственно-энергетические свойства излучения светодиодов (СД), предполагает

расположение излучающего контакта строго по центру и одинаковое излучение во всех направлениях. В связи с этим форма линзы СД и положение излучающего контакта внутри него влияет на пространственно-энергетические свойства излучения. Следующее уравнение мы можем использовать для моделирования пространственного распределения освещенности от СД:

$$E_{LED}(x, y) = E_0 \cos \left( \arctg \frac{k \sqrt{(x-r)^2 + (y-r)^2}}{l} \right)^2,$$

где коэффициент  $E_0$  – пересчет в абсолютные величины;  $k$  – ширина функции (сужение/уширение);  $r$  – размер освещаемой СД зоны;  $l$  – расстояние от СД до освещаемой им зоны.

Размер  $r$  освещаемой СД зоны находится из произведения тангенса угла  $\alpha$  рассеивания и расстояния  $l$  от СД до облучаемой им зоны:

$$r = l \times \operatorname{tg}(\alpha).$$

При этом величина угла рассеивания  $\alpha$  берется из документации на СД. Значение коэффициента  $E_0$  рассчитывается из следующего уравнения:

$$E_0 = \frac{E_v}{\sum_x \sum_y \left( \cos \left( \arctg \frac{k \sqrt{(x-r)^2 + (y-r)^2}}{l} \right) \right)^2},$$

где  $E_v$  – значение освещенности (лк). Данную величину можно рассчитать через энергетические/световые параметры, представленные в документации на СД. Значение коэффициента  $k$  рассчитывается из следующего уравнения:

$$k = \frac{l \operatorname{tg}(\arccos 0,1)}{r \sqrt{2}}.$$

Для построения моделей пространственного распределения освещенности в зоне анализа от многоэлементного источника света необходимо на излучающей поверхности в определенном порядке расположить излучатели, т.е. создать шаблон или модель (кластер). Следует отметить, что, изменяя, например, расположение отдельных излучателей или расстояние от источника излучения до зоны анализа, можно обеспечить необходимое распределение освещенности в зоне анализа.

Обобщенная функция, описывающая пространственное распределение освещенности в зоне анализа от многоэлементного источника света, имеет вид:

$$E(x, y) = E_0 \sum_a \sum_b \cos \left( \arctg \frac{k \sqrt{(x-(r+an))^2 + (y-(r+bm))^2}}{l} \right)^2,$$

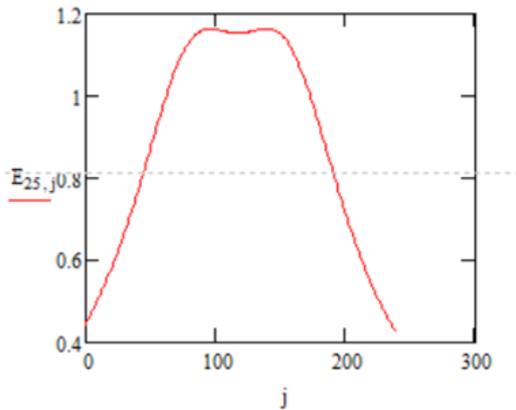


Рис. 3. Диаграмма направленности светодиодов до проведения коррекции

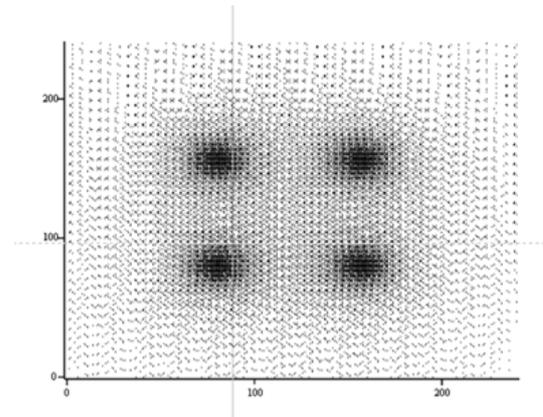


Рис. 4. Диаграмма освещенности проведения коррекции

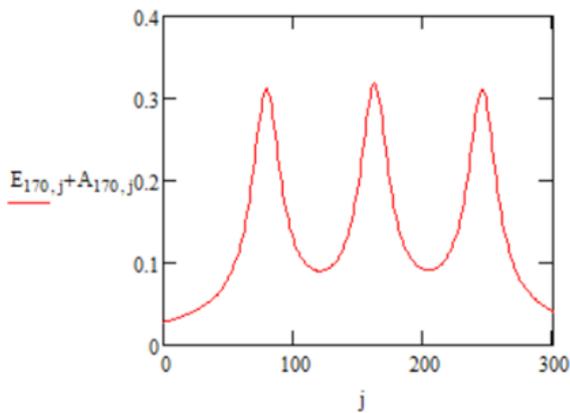


Рис. 5. Диаграмма направленности светодиодов после проведения коррекции

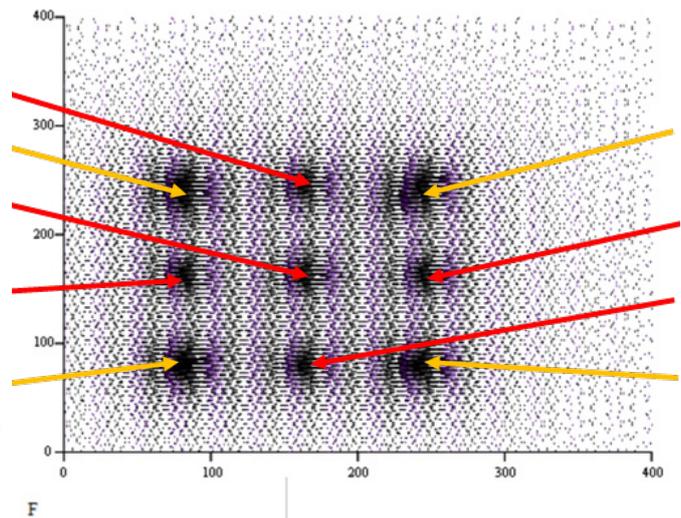


Рис. 6. Распространение света светодиодов после проведения коррекции (красные стрелки – дополнительные светодиоды, желтые – исходные светодиоды)

где  $a$  и  $b$  – номер излучателя;  $n$  и  $m$  – расстояние между излучателями.

Далее представлены диаграммы, смоделированные в пакете математического моделирования MathCad. На рис. 3 и 4 продемонстрирован вариант до проведения коррекции, на рис. 5 и 6 – после.

Коррекция проводилась по принципу суперпозиции в отношении исходных светодиодов (отображены желтыми стрелками на рис. 6) и дополнительных (показаны красными стрелками на рис. 6). Для коррекции были использованы следующие светодиоды: SMD 1206 с длиной волны равной 470 нм в количестве пяти единиц.

В заключение стоит отметить, что проведенное исследование светодиодов показывает возможность проведения предварительного численного моделирования коррекции в целях получения требуемой равномерной освещенности на рабочей плоскости в указанном диапазоне длин волн.

## Литература

1. Перетягин, В.С. Исследование и разработка многокомпонентных устройств освещения для оптико-электронных систем цветового анализа объектов : дисс. ... канд. техн. наук / В.С. Перетягин. – СПб., 2015. – 142 с.
2. Антонов, В.В. Приборы для измерения оптических параметров и характеристик светодиодов / В.В. Антонов, О.В. Круглов, В.Н. Кузьмин // Полупроводниковая светотехника. – 2010. – № 3. – С. 26–31.
3. ГОСТ 55702-2013. Национальный стандарт Российской Федерации. Источники света электрические. Методы измерений электрических и световых параметров. – М. : Стандартинформ, 2014.
4. ГОСТ 249940-96. Межгосударственный стандарт. Здания и сооружения. Методы измерения освещенности. – М. : МНТКС, 1996.
5. Зубков, Д.П. Гониометрический метод измерения излучения светодиодов / Д.П. Зубков // Светотехника и электроэнергетика. – 2011. – № 4. – С. 30–37.
6. Chi, W.H. Analysis of Thermal and Luminous Performance of MR-16 LED Lighting Module / W.H. Chi, T.-L. Chou, C.-N. Han, S.-Y. Yang, K.-N. Chiang // IEEE Trans. Compon. Packag. Technol. – 2010. – Vol. 33. – P. 713–721.
7. Barbosa, J.L.F. High power LED luminaire design optimization / J.L.F. Barbosa, W. Calixto, D. Simon // Proceedings of the IEEE 16th International Conference on Environment and Electrical Engineering, Florence, Italy, 7–10 June 2016. – P. 1–6.
8. Barbosa, J.L.F. Secondary Lens Optimization Methodology for LED Lamps : Master's Thesis / J.L.F. Barbosa. – Federal University of Goias, Goiania, Brazil, 2013. (In Portuguese).
9. Simon, D. Biogeography-based optimization / D. Simon // IEEE Trans. Evolut. Comput. – 2008. – Vol. 12. – P. 702–713.
10. Barbosa, J.L.F. Design Optimization of a High Power LED Matrix Luminaire / J.L.F. Barbosa, D. Simon, W.P. Calixto // Energies. – 2017. – Vol. 10. – P. 639.
11. Luo, X. Thermal Design of a 16W LED Bulb Based on Thermal Analysis of a 4W LED Bulb / X. Luo, Z. Mao, S. Liu // Proceedings of the 60th Electronic Components and Technology Conference (ECTC), IEEE, Las Vegas, NV, USA, 1–4 June 2010. – P. 1906–1911.
12. Luo, X. Thermal Analysis of an 80 W Light-Emitting Diode Street Lamp / X. Luo, T. Cheng, W. Xiong, Z. Gan, S. Liu // IET Optoelectron. – 2007. – Vol. 1. – P. 191–196.
13. Pryde, J.R. Methods of Determining LED Operating Junction Temperature Experimental and Theoretical / J.R. Pryde // LED Prof. Rev. – 2012. – Vol. 32. – P. 42–48.
14. Lenk, R. Practical Lighting Design with LEDs / R. Lenk, C. Lenk. – Hoboken, NJ, USA : Wiley-IEEE Press, 2011.
15. Evans, D.L. High Luminance LEDs Replace Incandescent Lamps in New Applications / D.L. Evans // Proceedings of the SPIE 3002, Light-Emitting Diodes: Research, Manufacturing, and Applications. – San Jose, CA, USA. – 1997. – Vol. 3002. – P. 142–153.
16. Lo, Y.-C. Optical Design of a Butterfly Lens for a Street Light Based on a Double-Cluster LED / Y.-C. Lo, K.-T. Huang, X.-H. Lee, C.-C. Sun // Microelectron. Reliab. – 2012. – Vol. 52. – P. 889–893.
17. Орешенко, Т.Г. Разработка метода прогнозирования деградации панели солнечных батарей в космосе / Орешенко Т.Г., Романов Р.В. // Наука и бизнес: пути развития. – М. : ТМБпринт. – 2023. – № 6(144). – С. 86–91.
18. Орешенко, Т.Г. Реализация беспроводных сенсорных сетей на базе микроконтроллера ATtiny13 / Орешенко Т.Г., Лобанов Д.К., Федоров М.С., Широков А.Д. // Наука и биз-

нес: пути развития. – М. : ТМБпринт. – 2022. – № 7(133). – С. 20–24.

### References

1. Peretyagin, V.S. Issledovanie i razrabotka mnogokomponentnyh ustrojstv osveshcheniya dlya optiko-elektronnyh sistem tsvetovogo analiza obektov : diss. ... kand. tekhnich. nauk / V.S. Peretyagin. – SPb., 2015. – 142 s.
2. Antonov, V.V. Pribory dlya izmereniya opticheskikh parametrov i harakteristik svetodiodov / V.V. Antonov, O.V. Kruglov, V.N. Kuzmin // Poluprovodnikovaya svetotekhnika. – 2010. – № 3. – S. 26–31.
3. GOST 55702-2013. Natsionalnij standart Rossijskoj Federatsii. Istochniki sveta elektricheskie. Metody izmerenij elektricheskikh i svetovyh parametrov. – М. : Standartinform, 2014.
4. GOST 249940-96. Mezhhgosudarstvennij standart. Zdaniya i sooruzheniya. Metody izmereniya osveshchennosti. – М. : MNTKS, 1996.
5. Zubkov, D.P. Goniometricheskij metod izmereniya izlucheniya svetodiodov / D.P. Zubkov // Svetotekhnika i elektroenergetika. – 2011. – № 4. – S. 30–37.
17. Oreshenko, T.G. Razrabotka metoda prognozirovaniya degradatsii paneli solnechnykh batarej v kosmose / Oreshenko T.G., Romanov R.V. // Nauka i biznes: puti razvitiya. – М. : ТМБпринт. – 2023. – № 6(144). – S. 86–91.
18. Oreshenko, T.G. Realizatsiya besprovodnyh sensornyh setej na baze mikrokontrollera ATtiny13 / Oreshenko T.G., Lobanov D.K., Fedorov M.S., SHirokov A.D. // Nauka i biznes: puti razvitiya. – М. : ТМБпринт. – 2022. – № 7(133). – S. 20–24.

---

### Designing a Lighting Device for Testing Solar Batteries of Small Space Vehicles

T.G. Oreshenko, N.O. Trifanov, I.I. Khramov, M.S. Fedorov

*Siberian State University of Science and Technology  
named after Academician M.F. Reshetnev,  
Krasnoyarsk (Russia)*

**Key words and phrases:** high power LED; LED lamp; illumination.

**Abstract.** In this work, the goal is to optimize the layout and geometry of a high-power LED lamp. The hypothesis of this study is to visualize the propagation of LED light on a workplane through simulation. For the analysis itself, a simulation model of the LED matrix used in the mathematical modeling package Mathcad 13. During the modeling process, we used the finite element method to analyze the illumination at a given distance. The scientific novelty lies in the study of the properties of LEDs in order to test solar cells in the conditions of the Earth's atmosphere and further optimize them for satisfactory results. The goal of optimization is to maintain uniform illumination in the target plane. Although the model does not use optical accessories or active cooling systems, the results show that we were able to achieve the required performance with a limited number of parameters.

---

© Т.Г. Орешенко, Н.О. Трифанов, И.И. Храмов, М.С. Федоров, 2023

УДК 697.3

## Использование котельных с блочно-модульной структурой в системах теплоснабжения и их преимущества

Р.Р. Сарчин, Г.А. Медведева

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет»,  
г. Казань (Россия)*

**Ключевые слова и фразы:** автоматизация; блочно-модульные котельные; системы теплоснабжения; техническое обслуживание; электроэнергия.

**Аннотация.** Цель данного исследования заключается в изучении использования блочно-модульных котельных (БМК) в системах теплоснабжения и определения их основных преимуществ.

Актуальность исследования: в современном обществе, где растет потребление тепла и энергии, эффективность и надежность систем теплоснабжения играет ключевую роль. Блочно-модульные котельные являются современным технологическим решением, которое способно существенно улучшить эффективность и экономичность процессов обеспечения теплом. Это исследование имеет большое значение для энергетической инфраструктуры и экономики в целом.

Задачи, поставленные перед исследованием, включают подробный анализ принципов функционирования и структуры БМК, исследование технических параметров и характеристик таких систем, выявление основных преимуществ использования блочно-модульных котельных в системах теплоснабжения.

Системы обеспечения теплом и комфортом в жилых, коммерческих и промышленных зданиях играют значимую роль. Котельные являются ключевым звеном в таких системах, отвечая за производство тепла. В последние десятилетия получили распространение блочно-модульные котельные (БМК), привлекательные из-за своих многочисленных преимуществ [1].

Блочно-модульные котельные представляют собой современные теплопроизводящие системы, состоящие из компактных модулей, которые можно объединить в единую конструкцию. Каждый модуль включает в себя котел, средства контроля и регулирования теплопроизводства, а также системы обеспечения безопасности. Основное отличие блочно-модульных котельных от традиционных заключается в их способности к адаптации под

различные потребности благодаря масштабируемости и гибкости. Эти инновационные котельные представляют собой передовые системы для производства тепла. Они состоят из небольших компактных модулей, способных объединяться в единую работоспособную конструкцию [1]. Рассмотрим их основные характеристики.

1. *Оптимизированное энергопотребление*: благодаря передовым технологиям и возможности регулировки способны обеспечивать высокую эффективность производства тепла. Они автоматически адаптируются к текущей потребности, что снижает энергозатраты и уменьшает выбросы вредных веществ в атмосферу.

2. *Гибкость и расширяемость*: пользователи могут легко увеличивать или уменьшать количество модулей в зависимости от изменения потребности в тепле. Это делает такие системы идеальными для объектов с переменной нагрузкой, таких как большие здания или промышленные комплексы.

3. *Надежность и долговечность*: они проходят строгие проверки и сертификацию, что гарантирует высокую надежность и долговечность. Кроме того, благодаря модульной структуре отказ одного модуля не останавливает всю систему, что повышает надежность теплоснабжения.

4. *Экологическая ответственность*: современные БМК оборудованы системами очистки и снижения выбросов, что сокращает негативное воздействие на окружающую среду. Это соответствует современным требованиям по сокращению экологического воздействия.

5. *Экономическая эффективность*: инвестиции в них окупаются благодаря сокращению расходов на энергию, обслуживание и ремонт. Гибкость системы также позволяет оптимизировать затраты на теплоснабжение.

6. *Безопасность и контроль*: оборудованы системами мониторинга и автоматического управления, что обеспечивает более высокий уровень безопасности и контроля над процессом теплопроизводства. Это позволяет быстро реагировать на потенциальные проблемы и снижает риски аварий.

7. *Простота обслуживания и ремонта*: модульная структура делает обслуживание и ремонт таких котельных более удобными и экономически эффективными. При необходимости можно заменить или отремонтировать отдельные модули, не прерывая работу всей системы.

8. *Оптимальное использование пространства*: БМК компактны и занимают меньше места по сравнению с традиционными котельными. Это особенно важно для объектов с ограниченным пространством, таких как городские здания и заводские сооружения.

9. *Совместимость с альтернативными источниками энергии*: многие такие котельные могут легко интегрироваться с альтернативными источниками энергии, такими как солнечные панели или ветряные генераторы, что увеличивает устойчивость и экологическую эффективность системы.

БМК используются в различных отраслях и типах зданий. Вот несколько примеров их практического применения [2].

1. *Жилые комплексы*. Могут обеспечивать теплоснабжение для сотен квартир и домов в жилых комплексах. Гибкость и масштабируемость такой системы позволяет адаптировать теплопроизводство к колебаниям спроса, что снижает затраты на обслуживание и поддерживает комфорт для жителей.

2. *Коммерческие здания*. Также нашли свое применение в коммерческих объектах, таких как офисные здания, магазины, отели. Эффективное управление системой позволяет снизить расходы на энергию и сделать бизнес-объекты экономически более выгодными.

3. *Промышленные предприятия.* На промышленных предприятиях, где требуется большое количество тепла для производства, блочно-модульные котельные могут стать надежным и эффективным решением. Они способны обеспечивать стабильное теплоснабжение даже в условиях высокой нагрузки.

4. *Нефтегазовая промышленность.* В нефтегазовой промышленности, где процессы добычи и переработки требуют высоких температур и обогрева. Они могут использоваться для подогрева нефтепроводов, обогрева оборудования на месторождениях, а также для обеспечения комфортных условий для персонала на нефтяных платформах и в лагерях.

5. *Крайний Север.* В условиях Крайнего Севера, где зимние температуры могут быть крайне низкими, БМК становятся жизненно важными для обогрева жилых домов, офисов и промышленных объектов. Они способны работать при экстремальных условиях и обеспечивать надежное отопление и горячую воду даже при сильных морозах.

Рассмотрим также некоторые технические аспекты БМК.

1. *Гибкая структура.* Благодаря модульной организации могут быть совместимы с различными видами котлов и дополнительными системами в зависимости от конкретных потребностей. Это предоставляет возможность разработки оптимальных решений для различных объектов.

2. *Системы автоматизации и управления.* Современные блочно-модульные котельные оснащены автоматическими системами управления, которые способны мониторить и регулировать параметры теплопроизводства в реальном времени. Это упрощает процесс обслуживания и гарантирует эффективную работу всей системы.

3. *Экономия энергии.* Блочно-модульные котельные обычно имеют высокий коэффициент полезного действия, что позволяет использовать энергию наиболее эффективно и снижать расходы на топливо.

Остановимся на дополнительных технических аспектах БМК в различных климатических условиях [4].

1. *Устойчивость к экстремальным температурам.* БМК спроектированы с учетом различных климатических зон, что обеспечивает их работоспособность как в условиях сильных морозов, так и в жарком климате.

2. *Адаптация к изменениям влажности.* Влажность воздуха может сильно различаться в разных климатических условиях. БМК обычно имеют системы контроля и управления, которые способны адаптироваться к изменениям влажности, чтобы обеспечивать надежную и эффективную работу.

3. *Адаптивное управление топливом.* В разных климатических условиях может потребоваться разное топливо для обеспечения эффективной работы. БМК могут быть оборудованы системами, которые позволяют переключаться между разными видами топлива, чтобы соблюдать оптимальные параметры работы [5].

Таким образом, важно учитывать климатические особенности и требования при проектировании и эксплуатации блочно-модульных котельных, чтобы обеспечить их надежную и эффективную работу в различных условиях [5].

В итоге следует подчеркнуть, что БМК обладают высокой эффективностью, способностью масштабирования и гибкостью, что делает их отличным решением для широкого спектра объектов и отраслей. Кроме того, благодаря применению современных технологий и автоматизации, блочно-модульные котельные способствуют сокращению нагрузки на окружающую среду и снижают эксплуатационные расходы.

В результате проведенного анализа выделим следующие ключевые аспекты:

- роль экономических факторов: затраты на установку, эксплуатацию и обслуживание котельных могут сильно варьироваться в зависимости от выбранного типа, важно учитывать как начальные инвестиции, так и долгосрочные расходы;
- значение технических характеристик: надежность и долговечность системы определяются ее техническими параметрами, выбор подходящего типа котельной должен учитывать требования к мощности, автоматизации и другим техническим аспектам;
- роль регулирования и управления: не следует забывать о важности системы регулирования и управления котельной, что значительно повышает эффективность и экономичность работы системы.

### Литература

1. Радченко, С.А. Теплотехника и энергетические машины : учеб. пособие / С.А. Радченко, А.Н. Сергеев. – Тула : Изд-во ТулГУ, 2015. – 630 с.
2. Самсонов, В.С. Экономика предприятий энергетического комплекса : учебник для вузов / В.С. Самсонов, М.А. Вяткин. – М. : Высшая школа, 2001. – 416 с.
3. Филатова, Е.Б. Экономическая эффективность систем теплоснабжения / Е.Б. Филатова, С.М. Пуринг, Д.Н. Ватузов // Энергосбережение и экология в жилищно-коммунальном хозяйстве и строительстве городов : Международная научно-практическая конференция. – Белгород : Изд-во БГТУ, 2013. – С. 58–63.
4. Новопашина, Н.А. Особенности реконструкции системы теплоснабжения производственных предприятий при использовании газовых водогрейных котельных / Н.А. Новопашина, В.А. Едуков, Д.А. Едуков; под ред. М.И. Бальзанникова, К.С. Галицкова, А.К. Стрелкова // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительные технологии. – Самара, 2016. – С. 358–363.
5. Сарчин, Р.Р. Способы повышения энергоэффективности источника теплоснабжения ЦДНГ для СЦ г. Когалым Тюменской области / Р.Р. Сарчин, Г.А. Медведева; под ред. Е.А. Чуфистова // XXIII Международная научно-техническая конференция «Современные технологии в машиностроении». – Пенза : Приволжский Дом знаний, 2022. – 96 с.

### References

1. Radchenko, S.A. Teplotekhnika i energeticheskie mashiny : ucheb. posobie / S.A. Radchenko, A.N. Sergeev. – Tula : Izd-vo TulGU, 2015. – 630 s.
2. Samsonov, V.S. Ekonomika predpriyatij energeticheskogo kompleksa : uchebnyk dlya vuzov / V.S. Samsonov, M.A. Vyatkin. – M. : Vysshaya shkola, 2001. – 416 s.
3. Filatova, E.B. Ekonomicheskaya effektivnost sistem teplosnabzheniya / E.B. Filatova, S.M. Puring, D.N. Vatuzov // Energoberezhenie i ekologiya v zhilishchno-kommunalnom hozyajstve i stroitelstve gorodov : Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya. – Belgorod : Izd-vo BGTU, 2013. – S. 58–63.
4. Novopashina, N.A. Osobennosti rekonstruktsii sistemy teplosnabzheniya proizvodstvennykh predpriyatij pri ispolzovanii gazovykh vodogreynykh kotelnykh / N.A. Novopashina, V.A. Edukov, D.A. Edukov; pod red. M.I. Balzannikova, K.S. Galitskova, A.K. Strelkova // Traditsii i innovatsii v stroitelstve i arhitekture. Stroitelnye tekhnologii. – Samara, 2016. – S. 358–363.
5. Sarchin, R.R. Sposoby povysheniya energoeffektivnosti istochnika teplosnabzheniya TSDNG dlya STS g. Kogalym Tyumenskoj oblasti / R.R. Sarchin, G.A. Medvedeva; pod red. E.A. Chufistova // XXIII Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya

“Sovremennye tekhnologii v mashinostroenii”. – Penza : Privolzhskij Dom znaniij, 2022. – 96 s.

---

### **The Use of Boiler Houses with a Block-Modular Structure in Heat Supply Systems and Their Advantages**

R.R. Sarchin, G.A. Medvedeva

*Kazan State University of Architecture and Engineering,  
Kazan (Russia)*

**Key words and phrases:** automation; block-modular boiler houses; power; heat supply systems; maintenance.

**Abstract.** The purpose of the study is to study the use of boiler houses with a block-modular structure in heat supply systems and to identify their significant advantages.

Relevance of the study: With the increase in heat and energy consumption in modern societies, attention to the efficiency and sustainability of heat supply systems becomes critically important. Block-modular boiler houses are a modern technological solution that can significantly increase the efficiency and cost-effectiveness of heat supply processes. Research in this area is of great relevance for energy infrastructure and the economy as a whole.

The objectives of the study are: to analyze the principles of operation and structure of block-modular boiler houses, to investigate the technical parameters and characteristics of such systems, to identify the key advantages of block-modular boiler houses in heat supply systems.

---

© P.P. Сарчин, Г.А. Медведева, 2023

УДК 691

## Selection of Ceramic Mass for Clinker Brick by Modification of Azerbaijani Clays with Ultradisperse Additives

B.I. Baghirov, I.H. Mammadova, I.N. Shirinzade

*Azerbaijan Architecture and Construction University,  
Baku (Azerbaijan)*

**Key words and phrases:** clinker brick; softening clays; ultradisperse additives; ceramic material.

**Abstract.** The purpose of the research work is to develop the composition of a ceramic mass based on polymineral clays, widespread in Azerbaijan, and ultradisperse additives and to study its properties. For the first time, the technological principles for producing clinker bricks with high technical properties and the pattern of formation of the structure of ceramic material based on local low-melting clays and ultradisperse additives containing aluminosilicate have been determined. The mineralogical composition and granulometric composition of ultradisperse additives were studied and it was determined that more than 90 % of the additives content are particles with a size smaller than 1  $\mu\text{m}$ . The effect of the amount of ultradisperse additives on the properties of the ceramic mass for clinker brick was determined experimentally. It was determined that both the addition of fireclay and the addition of fly ash caused an increase in the compressive strength of the ceramic material by 2–2.8 times. The optimal combustion temperature of the ceramic mass made on the basis of Ashagy Guzduk clay was determined. When this ceramic mass made on the basis of clay and fireclay is fired at 1,250 °C, the obtained ceramic material has high construction and technical indicators.

### Introduction

Although the territory of Azerbaijan is rich in various types of mountain rocks suitable for the construction materials industry, difficult clays are hardly found in the country. For this reason, high-quality ceramic materials are imported to our country from foreign countries. One of such ceramic materials is clinker brick with high physical-mechanical properties and high decorativeness. Clinker brick is successfully used for paving parks, alleys, and promenades in recreation centers. These bricks are also used in the design of footpaths and facing buildings.

Clinker bricks with high construction and technical properties are obtained by burning ceramic slag with a special composition in an optimal mode. At the same time, these properties

depend on the phase composition and the structure formed during the firing of the ceramic mass [1]. Obtaining ceramic material with such properties may be possible by modifying the composition of the easy-to-use clays in the territory of the republic with aluminosilicate-containing mineral additives. Improving the properties of materials with the use of mineral additives with high hardness is one of the priority areas of construction materials science in the modern era.

### Literature review and problem statement

In the direction of the influence of the types of raw materials and materials used in the production of clinker bricks, their characteristics and technological factors on the properties of the material, the advantages of using high-quality clinker bricks were determined. Also, researches on the application of ultradispersed particles in the production of construction materials, as well as in all areas of industry, were investigated in modern times, and the positive results of their modification of ceramic materials were emphasized.

Italian scientists [2] used nanoparticles of  $\text{Al}_2\text{O}_3$  and  $\text{ZrO}_2$  oxides in the preparation of ceramic pans and ceramic tiles. The ceramic material obtained with the use of 70–80 nm nanoparticles was fired at 1180 °C. According to the researchers, nanoparticles of both oxides have a positive effect on the quality of the crystalline phase in the ceramic material and have increased the density of the material [2]. Thus, the shape of mullite crystals, which is considered the main crystalline phase of ceramic material, has taken a more correct shape.

Interesting results were obtained as a result of research by scientists of the Islamic Republic of Iran [3]. Researchers added 1.5 %  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  nanoparticles to the slag composition for magnesium-containing refractory bricks and fired the material in electric furnaces at 1650 °C. The compressive strength of the obtained material was 90 MPa, and its density was 3.41 g/cm<sup>3</sup> [3].

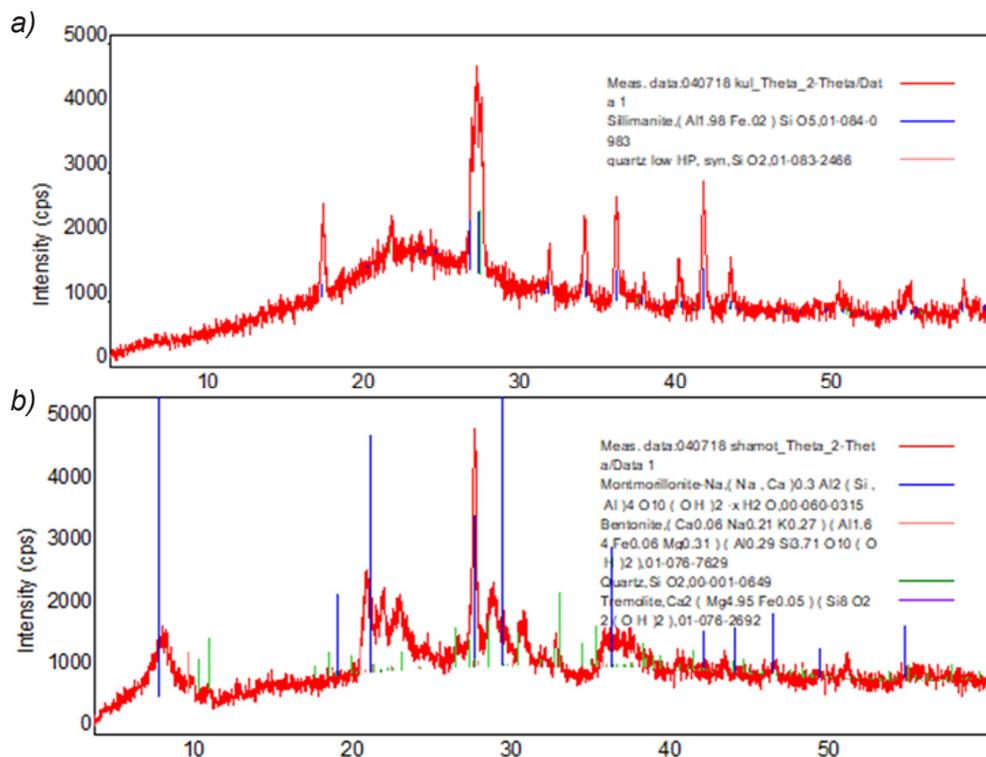
Ukrainian researchers prepared the slag used in the production of clinker bricks on the basis of a mixture of hard and easy clays and proposed to modify this mixture with chemical additives [4]. The ceramic mass was molded and baked at a temperature of 1140–1200 °C for 1.5–2.0 hours. The compressive strength of the ceramic material was 59–67 MPa, and the maximum shrinkage was 4 %. Since 55–70 % of the composition of the studied material is composed of clays, they melted at a temperature higher than 900 °C and caused the material to become dense.

Therefore, the research conducted in this field shows that it is possible to get high-quality clinker bricks with a dense structure, resistant to frost and other aggressive effects, and high mechanical properties as a result of the modification of easy-flowing clays, which are widespread all over the world, with many mineral additives. The smaller the size of mineral additives, the higher the efficiency of its use.

### The aim and objectives of the study

The purpose of the research work is to select the composition of ceramic mass for clinker brick by means of modification of easy-flowing clays with ultradisperse additives in the territory of the Republic of Azerbaijan and to study the properties of the obtained material. For this, the following work should be done:

- study of the composition and properties of local raw materials (clays) and ultradisperse additives;
- determining the optimal combustion mode of ceramic mass for clinker brick;
- study of the dependence of the properties of clinker brick on the amount of ultradisperse



**Fig. 1.** X-ray analysis of ultradispersed additives:  
a) fly ash; b) fireclay

additives used;

– to confirm the reliability and longevity of the purchased material, studying its composition using modern physico-chemical analysis methods.

### Materials and methods of the study

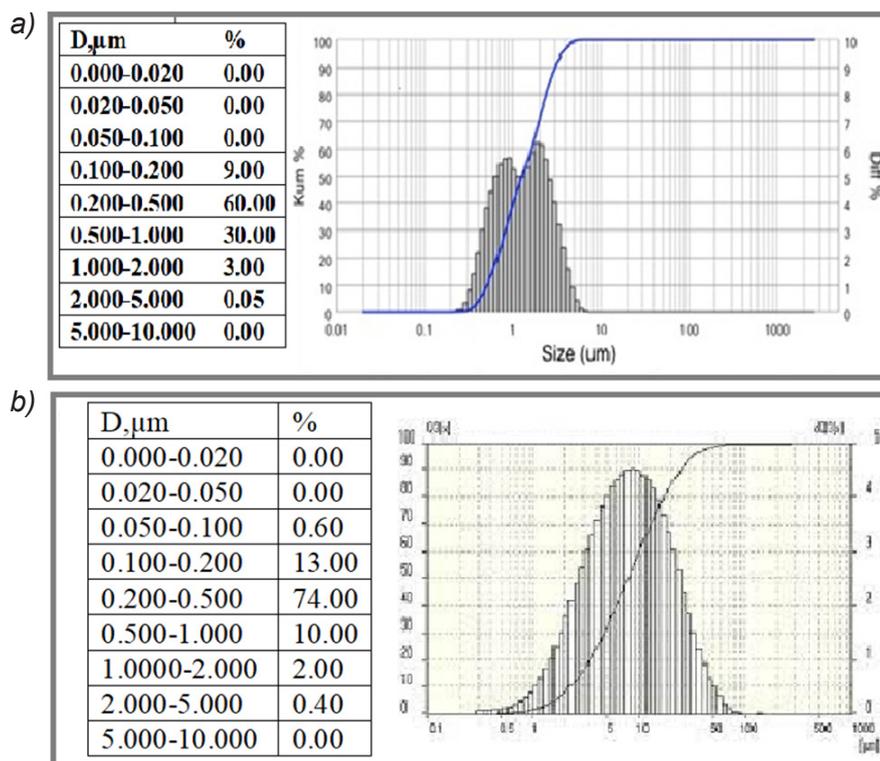
The clay of the Ashagy Guzdek deposit (Azerbaijan) and 2 types of ultra disperse additives containing aluminosilicate – fireclay and fly ash – were used in the research work. Granularity of ultradispersed additives was studied by Laser Granulometry method in Master Sizer device.

Physical-mechanical and physico-chemical (X-ray spectroscopy, X-ray photography, microprobe and electron microscopy) research methods used in modern construction materials science were used in the research work.

### Selection of composition and properties of ceramic materials obtained by modification of softening clays with ultradisperse additives

First of all, the composition and degree of fineness of the ultradisperse additives used in the research work were studied. The mineralogical composition of aluminosilicate additives was determined by radiographic method and is presented in fig. 1. The results obtained from the determination of the degree of orangeness of ultradispersed additives are presented in fig. 2.

From the derivatogram of both additives, it is clear that their composition consists of basic aluminosilicate minerals. From the derivative diagram of fly ash (Fig. 2a) it is clear that the main part of the ash composition consists of amorphous SiO<sub>2</sub>. This is evidence that it is chemically



**Fig. 2.** Granulometric characteristics of ultradisperse additives:  
a) fireclay; b) fly ash

active and can easily interact with other components that make up the composition of the ceramic mass during thermal processing.

It can be seen from Fig. 2 that 99 % of the fireclay and 97 % of the fly ash used in the study are particles smaller than 1  $\mu\text{m}$ .

It is known that during the firing of ceramic material, the product should remain at the coagulation temperature for an optimal period of time. At the first moments of coagulation, the ceramic mass becomes dense, but after a certain period of time, the product is deformed and loses its shape. At the same time, too much burning can cause defects such as foaming, which is an important defect for clinker brick, which is considered a facing material. For this reason, it is very important to determine the optimal combustion mode of the ceramic mass. This section of the research work is also dedicated to this important issue.

In order to achieve the goal set in the research work, various ultradisperse materials were added to the selected clays (clay of the Ashagy Guzdek field) and the combustion mode of the obtained ceramic masses was determined.

First, we determined the optimal amount of ultradisperse additives. For this purpose, using both additives separately in amounts of 3, 5, 7, 10, 13, 16, and 20 %, ceramic clay was prepared on the basis of Ashagy Guzdek clay. Ceramic materials made by plastic molding from ceramic slag were fired at 1250 °C.

To determine the optimal burning temperature, the plastic molding method was used in the preparation of the samples (the optimal moisture content of the plastic mass was 23 %) and the results are presented in Table 2. At this time, Ashagy Guzdek bed clay and mass with 20 % fireclay was used.

**Table 1.** The influence of the amount of ultradisperse additives on the properties of ceramic material based on Ashagy Guzdek clay

s/s	The content of ceramic mass, %			Compressive strength, MPa	Water absorption, %
	clay	fireclay	fly ash		
1	100	–	–	18.5	16.6
2	97	3	–	21.0	12.0
3	95	5	–	25.0	10.5
4	93	7	–	30.0	8.7
5	90	10	–	36.5	7.3
6	87	13	–	40.0	6.7
7	84	16	–	46.0	6.0
8	80	20	–	51.0	5.1
9	97	–	3	20.6	12.3
10	95	–	5	27.0	10.0
11	93	–	7	32.0	8.4
12	90	–	10	38.0	7.0
13	87	–	13	43.0	6.2
14	84	–	16	48.7	5.8
15	80	–	20	49.0	5.3

**Table 2.** The effect of the combustion mode of the ceramic mass on its properties

Burning temperature, °C	Shrinking when burning, %	Absorption, %	Medium density, q/sm <sup>3</sup>
950	3.3	15.5	1.63
1000	3.7	10.8	1.70
1050	4.2	9.7	1.80
1100	4.9	8.6	1.85
1150	5.2	8.0	1.90
1200	5.5	6.5	1.95
1250	5.8	5.	2.0
1300	6.9	5.0	2.2

## Discussion

As can be seen from Table 1, fireclay and fly ash additives used in the study had a positive effect on the physical and mechanical properties of the clinker brick mass. Thus, the addition of 20 % chamotte increased the strength of the material on the basis of Ashagi Guzdek clay by 2.8 times. Also, the addition of fly ash increased the strength of clay-based materials by 2.6 times.

As can be seen from the results of the experiments, there is almost a slight difference in the use of chamotte, which is a material with a relatively high energy capacity, and fly ash, which

is an industrial waste. The study of the composition of acid-containing fly ash showed that they also contain aluminosilicate. Also, since the density of fly ash is very high, their surface activity is also high, and although they are of lower quality than fireclay, their high density makes them significantly more active.

As it can be seen from Table 2, with the increase in temperature, the absorption of the samples decreases. Since the decrease in water absorption causes other properties of stone materials to change (for example, increase in strength and frost resistance, decrease in friction, increase in density), based on this property, it can be considered that 1,250 °C is the optimal temperature for making clinker bricks. For clinker bricks, the moisture content of the material (according to the standard) should be below 6 %.

### Conclusions

1. The characteristics of the clinker brick production technology were analyzed and it was determined that it is possible to obtain a facing product with high technical properties by modifying local polymineral clays with aluminosilicate-containing ultradisperse additives.

2. The composition of clays and aluminosilicate-containing ultradisperse additives used in the production of clinker bricks was studied through modern physico-chemical research methods and it was determined that the composition of fireclay and fly ash consists of amorphous mass ( $\text{SiO}_2$ ), which ensures their high activity in the thermal process.

3. The optimal combustion temperature of the ceramic mass used in the purchase of clinker bricks has been determined. The optimal combustion temperature of the ceramic mass made on the basis of Ashagy Guzdak clay was 1250 °C.

4. Based on Ashagyy Guzdak clay and aluminosilicate ultradisperse additives used in the research work, the effect of the amount of additive on the properties of ceramic material was studied. It was determined that when 15–20 % ultradisperse additive is added to the ceramic slag prepared on the basis of the clays of the Agashi Guzdak deposit, the physical and mechanical indicators of the obtained material meet the norms given by the standard for clinker bricks.

### References

1. Павлов А.Ф. Физико-химические основы процесса обжига изделий строительной керамики / А.Ф. Павлов. – М., 1977. – 237 с.

2. Rambaldi, E. Effects of Nano-Oxides on the Surface Properties of Ceramic Tiles / E. Rambaldi, A. Tucci, L. Esposito, D. Naldi, G. Timellini. – Centro Ceramico Bologna, Italy. – P. 1–10 [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.qualicer.org/recopilatorio/ponencias/pdfs/2010143.pdf>.

3. Salman Ghasemi-Kahrizsangi. MgO–CaO–Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Composition as a Novel Refractory Brick: Use of Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Nanoparticles / Salman Ghasemi-Kahrizsangi, Gheisari Dehsheikh, Mehdi Boroujerdnia // Boletin De La Sociedad Espanola De Ceramica y Vidrio, 2016. – P. 83–89.

4. Koleda, V.V. Technological particularities of clinker brick production / V.V. Koleda, E.S. Mikhailyuta, E.V. Alekseev, E.S. Tsybulko // Glass and Ceramics. – 2009. – No. 4. – P. 17–20.

5. Baghirov, B. Study of Structural-Sorption Properties of Materials Made on the Basis of Clay-Ultradisperse Additional Mixture / B. Baghirov, I. Shirinzade, O. Mykhailovska // Proceedings of the 3rd International Conference on Building Innovations, 2021. – P. 375–381 [Electronic resource]. – Access mode : <https://doi.org/10.1007/978-3-030-85043-2-35>.

## References

1. Pavlov A.F. Fiziko-himicheskie osnovy protsessa obzhiga izdelij stroitelnoj keramiki / A.F. Pavlov. – M., 1977. – 237 s.

---

### Разработка состава керамической массы для клинкерного кирпича путем модификации азербайджанской глины ультрадисперсными добавками

Б.И. Багиров, И.Г. Мамедова, И.Н. Ширинзаде

*Азербайджанский архитектурно-строительный университет,  
г. Баку (Азербайджан)*

**Ключевые слова и фразы:** керамический материал; клинкерный кирпич; легкоплавкие глины; ультрадисперсные добавки.

**Аннотация.** Целью исследовательской работы является разработка состава керамической массы на основе полиминеральных глин, широко распространенных в Азербайджане, и ультрадисперсных добавок, а также изучение ее свойств. Впервые определены технологические принципы получения клинкерного кирпича с высокими техническими свойствами и закономерностью формирования структуры керамического материала на основе местных легкоплавких глин и ультрадисперсных добавок, содержащих алюмосиликат. Изучен минералогический и гранулометрический состав ультрадисперсных добавок и установлено, что более 90 % содержания добавок составляют частицы размером менее 1 мкм. Экспериментально установлено влияние количества ультрадисперсных добавок на свойства керамической массы для клинкерного кирпича. Установлено, что как добавка шамота, так и добавка золы-уноса вызывают увеличение прочности керамического материала на сжатие в 2–2,8 раза. Определена оптимальная температура обжига керамической массы, изготовленной на основе Ашахы Гуздакской глины. При обжиге данной керамической массы, изготовленной на основе глины и шамота, при температуре 1250 °С полученный керамический материал имеет высокие строительно-технические показатели.

---

© B.I. Baghirov, I.H. Mammadova, I.N. Shirinzade, 2023

УДК 624.012.4-183.2

## **Анализ применения высокопрочных бетонов в сжатых и изгибаемых железобетонных элементах**

Д.С. Ванус, О.В. Халиулина, А.В. Юсупова,  
Е.Д. Калашников

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский  
Московский государственный строительный университет»,  
г. Москва (Россия)*

**Ключевые слова и фразы:** высокопрочный бетон; железобетон; изгибаемые элементы; строительство высотных зданий.

**Аннотация.** Целью статьи является рассмотрение эффективного применения высокопрочных бетонов в сжатых и изгибаемых элементах высотных зданий. Предполагается, что применение высокопрочных бетонов улучшит технико-экономические показатели высотных зданий. В качестве метода исследования выбран анализ различных теоретических и экспериментальных данных по работе конструкций с высокопрочным бетоном разных классов с применением высокопрочной арматуры, стальной фиброй и жесткой арматурой. Дана оценка эффективности применения высокопрочного бетона в изгибаемых конструкциях, сделаны соответствующие выводы. Несмотря на некоторые ограничения, все положительные качества высокопрочного бетона делают его перспективным для будущего строительства высотных зданий материалом.

В строительной отрасли всегда ведутся поиски новых уникальных материалов и технологий, способных создавать более прочные и устойчивые сооружения. Большое количество исследований посвящены одному из основных стройматериалов – бетону. Практически неисчерпаемые запасы сырья, используемого для приготовления компонентов бетонной смеси, способность подстраиваться под постоянно растущие требования промышленного и гражданского строительства, возможность регулирования параметров бетонной смеси при помощи различных добавок и модификаторов, относительная простота технологии изготовления конструкций [1] – все это делает бетон незаменимым материалом для строительства.

На сегодняшний день использование высокопрочного бетона для создания конструкций является наиболее актуальной темой в развитии строительного производства [2; 3].

Успешные примеры высотных зданий являются очевидным свидетельством того, что использование высокопрочного бетона сегодня является реальностью в строительстве во

всем мире. Такое применение высокопрочных бетонов различных свойств становится неизбежным выбором для оптимального решения конструктивных проблем, связанных со строительством высотных и уникальных сооружений [4].

Прошло более трех десятилетий с тех пор, как на строительном рынке появился сверхвысокоэффективный фибробетон, до сих пор он используется в достаточно ограниченном количестве конструкций. Это связано со множеством вопросов, связанных с его конструктивным поведением в конструкциях под нагрузкой и с его высокой начальной стоимостью.

Недостаток знаний о структурном поведении объясняется отсутствием соответствующих методов испытаний для этого особого типа бетона, который ведет себя иначе, чем обычный бетон. Кроме того, нынешнее производство сборных железобетонных изделий в значительной степени способствует повышению их первоначальной стоимости.

Высокопрочный бетон является относительно новым сырьем [2], которое обладает более высокой прочностью и долговечностью по сравнению с обычным бетоном. Материал имеет повышенное содержание цемента и минеральных добавок, производят его с применением специальных технологий. Все ранее перечисленное позволяет достичь более высоких значений прочности и устойчивости к внешним воздействиям.

Однако высокопрочный бетон также все еще является материалом, характеристики и возможные области применения которого разобраны не до конца [2], поэтому его исследование и поиск наиболее эффективных способов применения в строительной отрасли [3] будет актуальным еще долгие годы.

Применение высокопрочных бетонов класса В80 и более на строительном рынке открыло перспективу их использования в разных конструкциях и в сочетании с другими материалами, но эффективность их применения все еще мало изучена [3].

Внедрение высокопрочных бетонов позволяет повысить несущую способность ригелей и колонн и уменьшить размеры их поперечных сечений [4]. Благодаря этому возможно создание более тонких и легких элементов без ущерба для безопасности и надежности здания.

Использование высокопрочного бетона позволяет увеличить пространство внутри здания за счет изменения геометрических параметров несущих элементов. Это особенно важно для высотных зданий, где оптимизация пространства является ключевой задачей. Таким образом, высокопрочный бетон способствует максимальному использованию площади и повышению функциональности здания.

Высокопрочный бетон обладает высокой устойчивостью к различным внешним воздействиям, таким как сейсмические и ветровые нагрузки. Это особенно актуально для высотных зданий, которые подвержены более сильным воздействиям, чем низкие сооружения. Использование высокопрочного бетона повышает стойкость здания к таким нагрузкам и обеспечивает безопасность его обитателей.

На основании испытаний [5], проведенных на железобетонных и сталежелезобетонных балках с различными процентами армирования, запроектированных с применением высокопрочных бетонов, сформировали некоторые данные. Получено: относительные деформации моделей, вертикальные перемещения, значения нагрузок, при которых разрушались образцы балок. Результаты испытаний приведены в табл. 1.

Выявлено, что необходимо провести дополнительные исследования несущей способности конструкций с применением высокопрочных бетонов с учетом влияния бетона растянутой зоны на прочность и деформативность сечения.

Использование высокопрочного бетона упрощает изготовление некоторых конструкций. Например, в многопустотных плитах при существующей агрегатно-поточной техно-

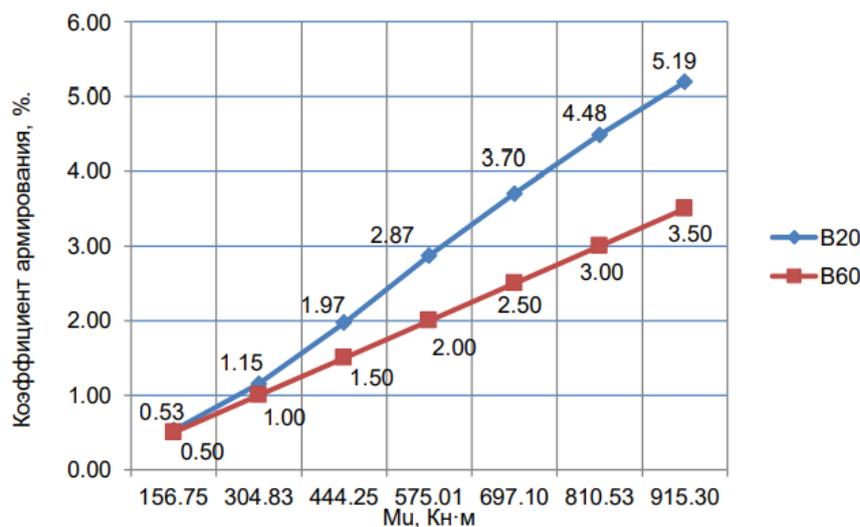
Таблица 1. Характеристика моделей балок и результаты испытаний

№ п/п	Обозначение модели	$\mu$ , % армирования	Материал сердечника	Бетон	Дополнительная анкеровка сердечника	Кубковая прочность бетона на момент испытания, МПа	$M_{\text{теор. пред.}}$ , кНм	$M_{\text{эксперим. разр.}}$ , кНм
1	Б1.1	1,86	–	В90	–	112,8	49,11	54,11
2	Б1.2	1,86	–	В90	–	112,8	49,11	54,11
3	Б1.3	1,86	–	В90	–	112,8	49,11	52,49
4	Б2.1	1,86	–	ФБ, В130	–	158,6	72,48	58,11
5	Б2.2	1,86	–	ФБ, В130	–	158,6	72,48	65,48
6	Б2.3	1,86	–	ФБ, В130	–	158,6	72,48	66,21
7	Б3.1	–	–	ФБ, В130	–	157,4	25,70	20,53
8	Б3.2	–	–	ФБ, В130	–	157,4	25,70	19,39
9	Б3.3	–	–	ФБ, В130	–	157,4	25,70	17,67
10	Б4.1	9,13	С255	В90	Продольная арматура	115,7	91,89	90,47
11	Б4.2	9,13	С255	В90		115,7	91,89	94,17
12	Б4.3	9,13	С255	В90		115,7	91,89	88,19
13	Б5.1	9,13	С255	В75	Продольная арматура	96,4	86,62	85,14
14	Б5.2	9,13	С255	В75		96,4	86,62	94,17
15	Б5.3	9,13	С255	В75		96,4	86,62	86,66
16	Б6.1	7,79	С255	В90	–	117,5	71,01	71,46
17	Б6.2	7,79	С255	В90	–	117,5	71,01	77,54
18	Б6.3	7,79	С255	В90	–	117,5	71,01	82,10
19	Б7.1	1,86	–	ФБ с самоупр., В100	–	114,0	71,22	53,30
20	Б7.2	1,86	–	ФБ с самоупр., В100	–	114,0	71,22	50,07
21	Б7.3	1,86	–	ФБ с самоупр., В100	–	114,0	71,22	55,16

логии изготовления без изменения геометрии сечения при повышении прочности бетона можно отказаться от поперечных каркасов и верхней сетки, что сокращает расход металла на 22–29 % и снижает трудоемкость изготовления [6].

Но, несмотря на все преимущества, использование высокопрочного бетона также имеет свои ограничения. Например, он требует более высоких затрат на производство и доставку, что может повлиять на стоимость строительства.

Однако исследование Э.Н. Кодыша и Н.Н. Трекина [6; 8] демонстрирует, что высокопрочный бетон является вполне экономически эффективным материалом. Так, анализируя разнообразные конструкции, авторы статьи пришли к выводам, что, например, приме-



**Рис. 1.** График зависимости коэффициента армирования  $\mu$  от предельного момента  $M_u$  при классах бетона В20 и В60 [9]

нение бетона прочностью до 70 МПа при изготовлении плит покрытия типа «Т» позволяет увеличить величину предварительного напряжения в арматуре до 1200 МПа, что приводит к повышению жесткости и трещиностойкости и, следовательно, внешней расчетной нагрузки на 23 %, а при сохранении несущей способности уменьшить армирование на 17,5 % [6; 8].

В работе [7] наглядно показано, как высокопрочный бетон за счет своих свойств позволяет увеличить пространство. По итогам исследования удалось выяснить, что использование бетона класса В80 позволило уменьшить толщину стен и плит перекрытия до минимально допустимых значений, сократив при этом расход бетона на 20 % и 5 % соответственно; уменьшить количество роствержков, из-за чего объем бетона снизился на 23 %, стали – на 22 %.

Использование высокопрочного бетона в изгибаемых элементах высотных зданий имеет ряд преимуществ.

Исследование также показывает, что при изготовлении изгибаемых конструкций, высокопрочный бетон в экономическом плане не проигрывает обычному бетону класса В20. Один из выводов исследования [9; 10] звучит так: при значениях предельного изгибающего момента  $M_u \geq 477$  кН·м и значениях коэффициента армирования  $\mu \geq 2,3$  % для балок из бетона В20 экономически обосновано повышение класса бетона до В60. При этом следует иметь в виду, что для бетона В20 при тех же размерах сечения необходима двойная арматура, в то время как для В60 достаточно одиночной [10].

График достаточно наглядно демонстрирует зависимость стоимости материалов для балки от увеличения предельного момента  $M_u$ . Только при  $M_u = 447$  кН·м и ниже не будет большой разницы между коэффициентом армирования.

На основе исследуемых материалов можно сказать, что использование высокопрочного бетона имеет ряд преимуществ:

- повышение несущей способности ригелей и колонн при одновременном уменьшении размеров их сечений;
- создание более легких и тонких изгибаемых элементов без ущерба для безопасно-

сти и надежности здания;

– за счет уменьшения поперечного сечения элементов высокопрочный бетон позволяет создавать функциональные конструкции, улучшающие технико-экономические показатели высотных зданий;

– использование такого экологически чистого, структурно безопасного и очень прочного материала позволит реализовать идеи и концепции вертикальных городов и вертикальной жизни.

### Литература

1. Федоров, А.В. К вопросу о применении высокопрочного бетона в сжатых элементах высотных зданий / А.В. Федоров, В.Н. Аксенов // Инженерный вестник Дона. – 2018. – № 3(50). – С. 102.

2. Окольников, Г.Э. Перспективы развития железобетонных конструкций из высокопрочных бетонов / Г.Э. Окольников, Р.А. Хамракулов, Ю.В. Суслов // Системные технологии. – 2016. – № 1(18). – С. 7–17.

3. Никулин, И.В. Применение высокопрочного бетона в жилищном строительстве / И.В. Никулин, Д.С. Ванус // Components of Scientific and Technological Progress. – 2023. – № 2(80). – С. 16–21.

4. Kovacevic, I. High-Strength Concrete (HSC)-Material for High-Rise Buildings / I. Kovacevic, S. Dzidic // 12th Scientific Research Symposium with International Participation Metallic and Nonmetallic Materials: production-properties-application (MNM 2018). – Vlačić, Bosnia and Herzegovina. – 2018. – No. 12. – P. 214–223.

5. Травуш, В.И. Экспериментальные исследования сталежелезобетонных конструкций, работающих на изгиб / В.И. Травуш, С.С. Каприелов, Д.В. Конин, А.С. Крылов, И.А. Чилин // Строительство и реконструкция. – 2017. – № 4.

6. Кодыш, Э.Н. Проектирование многоэтажных зданий с железобетонным каркасом : монография / Э.Н. Кодыш, Н.Н. Трекин, И.К. Никитин. – М. : АСВ, 2009. – С. 346.

7. Мирсаяпов, И.Т. Применение высокопрочного бетона класса В80 для несущей системы 18-этажного жилого дома в комплексе «Салават Купере» / И.Т. Мирсаяпов, Г.П. Никитин, В.Д. Симаков // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2018. – № 3(45). – С. 145–152.

8. Кодыш, Э.Н. Перспективы применения высокопрочных бетонов в конструкциях зданий и сооружений / Э.Н. Кодыш, Н.Н. Трекин // Вестник МГСУ. – 2011. – № 2–1. – С. 39–43.

9. Страхов, Д.А. Изгибаемые элементы из высокопрочного бетона / Д.А. Страхов, Л.Н. Синяков, А.Д. Василенко // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2018. – № 11(74). – С. 7–16. – DOI: 10.18720/CUBS.

10. Страхов, Д.А. Применение высокопрочного бетона в балках прямоугольного сечения / Д.А. Страхов, Д.З. Гизатуллина // Современное строительство и архитектура. – 2022. – № 3(27). – С. 44–52.

### References

1. Fedorov, A.V. K voprosu o primenenii vysokoprochnogo betona v szhatyh elementah vysotnyh zdaniy / A.V. Fedorov, V.N. Aksenov // Inzhenernij vestnik Dona. – 2018. – № 3(50). – S. 102.

2. Okolnikova, G.E. Perspektivy razvitiya zhelezobetonnih konstruktsij iz vysokoprochnyh

betonov / G.E. Okolnikova, R.A. Hamrakulov, YU.V. Suslov // Sistemnye tekhnologii. – 2016. – № 1(18). – S. 7–17.

3. Nikulin, I.V. Primenenie vysokoprochnogo betona v zhilishchnom stroitelstve / I.V. Nikulin, D.S. Vanus // Components of Scientific and Technological Progress. – 2023. – № 2(80). – S. 16–21.

5. Travush, V.I. Eksperimentalnye issledovaniya stalezhelezobetonnykh konstruktsij, rabotayushchih na izgib / V.I. Travush, S.S. Kapriyelov, D.V. Konin, A.S. Krylov, I.A. CHilin // Stroitelstvo i rekonstruktsiya. – 2017. – № 4.

6. Kodysh, E.N. Proektirovanie mnogoetazhnykh zdaniy s zhelezobetonnyim karkasom : monografiya / E.N. Kodysh, N.N. Trekin, I.K. Nikitin. – M. : ASV, 2009. – S. 346.

7. Mirsayapov, I.T. Primenenie vysokoprochnogo betona klassa V80 dlya nesushchej sistemy 18-etazhnogo zhilogo doma v komplekse «Salavat Kupere» / I.T. Mirsayapov, G.P. Nikitin, V.D. Simakov // Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. – 2018. – № 3(45). – S. 145–152.

8. Kodysh, E.N. Perspektivy primeneniya vysokoprochnykh betonov v konstruktsiyah zdaniy i sooruzhenij / E.N. Kodysh, N.N. Trekin // Vestnik MGSU. – 2011. – № 2–1. – S. 39–43.

9. Strahov, D.A. Izgibaemye elementy iz vysokoprochnogo betona / D.A. Strahov, L.N. Sinyakov, A.D. Vasilenko // Stroitelstvo unikalnykh zdaniy i sooruzhenij. – 2018. – № 11(74). – S. 7–16. – DOI: 10.18720/CUBS.

10. Strahov, D.A. Primenenie vysokoprochnogo betona v balkah pryamougol'nogo secheniya / D.A. Strahov, D.Z. Gizatullina // Sovremennoe stroitelstvo i arhitektura. – 2022. – № 3(27). – S. 44–52.

---

### Analysis of the Application of High Strength Concrete in Bending Reinforced Concrete Elements

D.S. Vanus, O.V. Khaliulina, A.V. Yusupova, E.D. Kalashnikov

*National Research Moscow State University of Civil Engineering,  
Moscow (Russia)*

**Key words and phrases:** flexible elements; high-rise construction; high-strength concrete; reinforced concrete.

**Abstract.** The purpose of the article is to consider the effective application of high-strength concrete in compressed and flexural elements of high-rise buildings. It is assumed that the use of high-strength concrete will improve the technical and economic performance of high-rise buildings. The research method chosen is the analysis of various theoretical and experimental data on the performance of structures with high-strength concrete of different classes using high-strength reinforcement, steel fiber and rigid reinforcement. The effectiveness of high-strength concrete in flexural structures is evaluated and conclusions are drawn. Despite some limitations, all the positive qualities of high-strength concrete make it a promising material for future construction of high-rise buildings.

---

© Д.С. Ванус, О.В. Халиулина, А.В. Юсупова, Е.Д. Калашников, 2023

УДК 691.535

## Применение суспензии нанофибриллированной целлюлозы для модификации цементных композитов

В.И. Ткаченко, И.У. Аубакирова, В.А. Головина

*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет»,  
г. Санкт-Петербург (Россия)*

**Ключевые слова и фразы:** наномодификатор; наноцеллюлоза; сохраняемость; удобоукладываемость; цементный композит.

**Аннотация.** В статье рассматривается применение натурального, природного, экологичного наномодификатора – наноцеллюлозы в цементных композитах с целью улучшения одного из важнейших свойств цементных смесей – способности сохранения заданной марки по подвижности в течение заданного времени.

В соответствии с поставленной целью решены следующие задачи: обоснована целесообразность применения наноцеллюлозы в качестве наномодификатора в цементных композитах; исследованы технологические свойства цементного теста, модифицированного раствором наноцеллюлозы различной концентрации; представлены таблицы и графики влияния различных концентраций нановолокон на реологические характеристики цементного теста.

Научная гипотеза: впервые получены экспериментальные данные о влиянии наноцеллюлозы на сохраняемость подвижности цементного теста.

Результаты свидетельствуют об эффективности применения нанофибриллярной целлюлозы для улучшения технологических свойств цементных композитов.

В настоящее время на производство цемента приходится около 8 % мировых выбросов CO<sub>2</sub>. Из-за растущего спроса этот показатель может удвоиться в течение следующих 30 лет. Поэтому сокращение доли цемента в бетоне является важной целью в деле защиты климата. Благодаря применению нанофибриллированных целлюлозных волокон возможно улучшение механических свойств и микроструктуры цементного композита, следовательно, сокращение расхода вяжущего. Первоначальные исследования [1] показали, что нановолокна увеличивают долю гидрата силиката кальция, что имеет решающее значение для характеристик бетона, и в то же время они образуют более плотную структуру, которая предотвращает образование трещин в бетоне, делает его более долговечным.

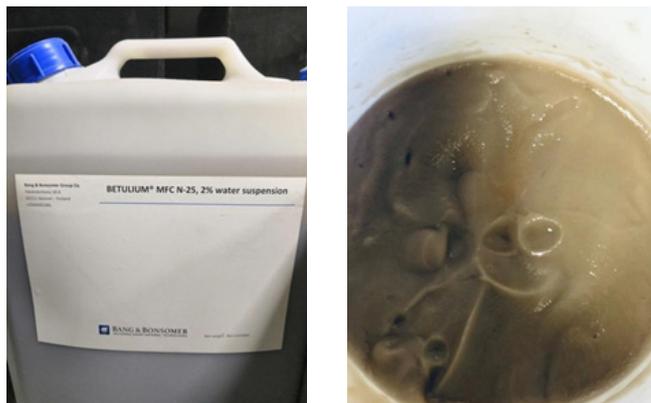


Рис. 1. Суспензия нанофибриллированной целлюлозы Bang and Bonsomer

Целлюлоза является одним из самых легкодоступных, экологичных и универсальных материалов. Вследствие расщепления исходная структура целлюлозы разрушается и волокна превращаются в нанофибриллы или пучки микрофибрилл с диаметром в диапазоне 1–100 нм в зависимости от мощности распада.

В сравнении с другими наноматериалами, в частности углеродными нанотрубками, наноцеллюлоза имеет ряд преимуществ:

- обладает высоким сцеплением между поверхностью волокон и матрицей, что приводит к повышению прочностных характеристик композита;
- улучшает процесс гидратации цементного теста в начальный период, способствуя образованию гомогенной структуры цементной матрицы, улучшая механические показатели готового изделия;
- приводит к сокращению количества пор в бетоне, делая структуру композита более плотной и однородной;
- по сравнению с добавкой на основе углеродного сырья является более дешевой в закупке и обработке, что делает ее перспективной и выгодной для массового производства.

Результаты исследований зарубежных ученых за последние пять лет подтверждают, что применение микро- и наноцеллюлозы позволяет значительно улучшить эксплуатационные характеристики цементных композитов [2–4].

Равномерное распределение наноцеллюлозы по всему объему цементного теста достигается за счет применения нановолокон в форме водной дисперсии (суспензии), которая подвергается дополнительному механическому перемешиванию перед каждым применением [5–7]. В настоящем исследовании использовалась суспензия нанофибриллированной целлюлозы BETULIUM MFC N-25 производства компании Bang and Bonsomer (рис. 1), которая характеризуется следующими свойствами: сухой остаток, определенный с использованием влагомера Элвиз-2 при температуре 105 °С составил 1,69 %; истинная плотность наноцеллюлозы, определенная методом Ле-Шателье-Кандло – 1,56 г/см<sup>3</sup>.

Ю.В. Пухаренко в работе [1] выполнил расчет содержания нановолокон, исходя из механических и деформационных характеристик цементного камня и наноцеллюлозы, и получил, что их минимальное количество должно быть в пределах  $10^{-5} \dots 10^{-4}$  объемных единиц.

В данной статье оцениваются реологические свойства цементного теста, модифицированного наноцеллюлозой: подвижность и сохраняемость подвижности во времени. Для

Таблица 1. Влияние наноцеллюлозы на подвижность цементного теста

Концентрация наноцеллюлозы по объему, %	Диаметр расплыва, см		Погружение конуса, см	
	ЦЕМ-III/ А-Ш 42,5Н	СЕМ I 42,5 N	ЦЕМ-III/ А-Ш 42,5Н	СЕМ I 42,5 N
0	28,0	26,4	13,3	11,9
$4,5 \cdot 10^{-5}$	28,0	26,3	13,3	11,8
$4,5 \cdot 10^{-4}$	27,9	26,4	13,2	11,8
$4,5 \cdot 10^{-3}$	22,1	20,5	10,8	9,6

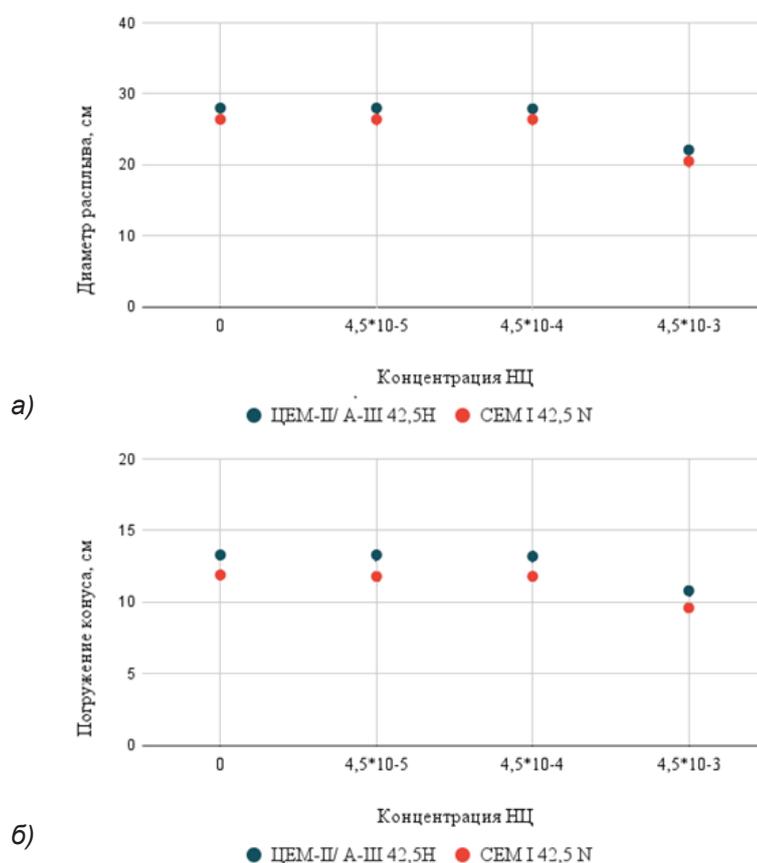


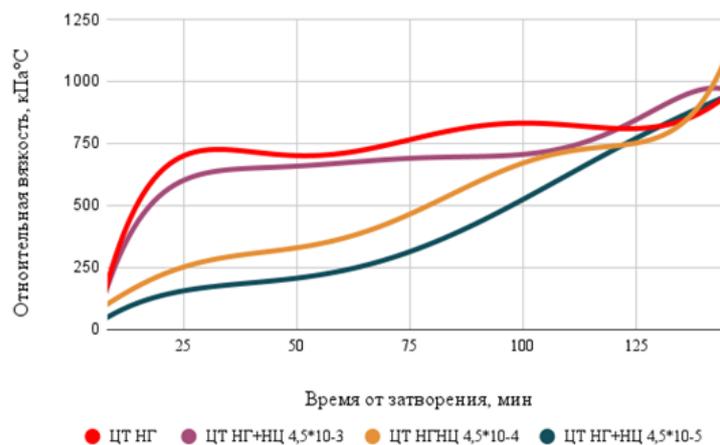
Рис. 2. Влияние количества волокон наноцеллюлозы на подвижность цементного теста:

а) расплыв цементного теста на встряхивающем столике;

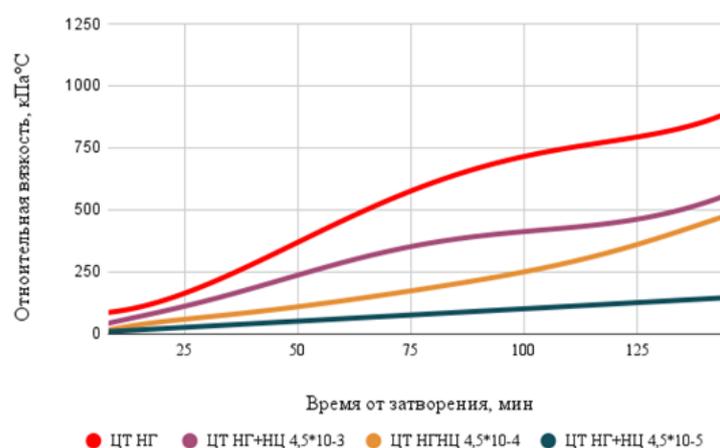
б) глубина погружения конуса в цементное тесто

этого готовилось цементное тесто нормальной густоты без наноцеллюлозы и цементное тесто нормальной густоты с добавлением раствора наноцеллюлозы различной концентрации:  $4,5 \times 10^{-5}$ ;  $4,5 \times 10^{-4}$ ;  $4,5 \times 10^{-3}$  по объему. Подвижность оценивалась по расплыву конуса на встряхивающем столике по ГОСТ 310.4 и по погружению конуса СтройЦНИЛ по ГОСТ 5802; сохраняемость подвижности во времени определялась на осцилляционно-ротационном реометре Anton Paar MR 102.

В ходе экспериментальной части использовалось два вида цемента: цемент со шлаком ЦЕМ-III/ А-Ш 42,5Н ДП производства ОАО Сланцевский цементный завод «ЦЕСЛА» и



**Рис. 3.** Влияние наноцеллюлозы на кинетику схватывания цементного теста на цементе СЕМ I 42,5 N



**Рис. 4.** Влияние наноцеллюлозы на кинетику схватывания цементного теста на цементе ЦЕМ-II/ А-Ш 42,5Н

портландцемент марки СЕМ I 42,5 N производства Исламской Республики Иран.

Результаты определения подвижности цементного теста нормальной густоты на цементе ЦЕМ-II/ А-Ш 42,5Н и цементе СЕМ I 42,5 N, модифицированных раствором наноцеллюлозы различной концентрации, представлены в табл. 1 и на рис. 2.

При введении наноцеллюлозы подвижность цементного теста снижается. Данный эффект начинает проявляться при объемном содержании наноцеллюлозы в количестве от  $4,5 \times 10^{-3}$  по объему.

Так, диаметр расплыва, определяемый на встряхивающем столике, у контрольных составов без наноцеллюлозы составил 28,0 см на цементе ЦЕМ-II/ А-Ш 42,5Н и 26,4 см на СЕМ I 42,5 N.

У составов, модифицированных наноцеллюлозой в концентрации  $4,5 \times 10^{-3}$ , диаметр расплыва меньше на 20,7–22,4 % относительно немодифицированного цементного теста.

Результаты оценки подвижности по погружению конуса СТРОЙНИЛ: показатели модифицированного цементного теста наноцеллюлозой в концентрации  $4,5 \times 10^{-3}$  ниже относительно контрольного состава на 19–19,3 %.

По полученным данным можно сделать вывод, что наноцеллюлоза в концентрации  $4,5 \times 10^{-3}$  снижает подвижность цементного теста в среднем на 20 %.

Результаты определения сохраняемости подвижности цементного теста, модифицированного раствором наноцеллюлозы различной концентрации, в течение заданного времени представлены на рис. 3, 4.

На цементе СЕМ I 42,5 N цементное тесто обладает низкой сохраняемостью подвижности в течение времени.

На графике видно, что потеря консистенции цементного теста нормальной густоты без наноцеллюлозы (ЦТ НГ) начинается резко примерно с 10 минуты при относительной вязкости 255 КПа<sup>°С</sup>; на 25 минуте показатель относительной вязкости составляет уже 635 КПа<sup>°С</sup>.

Наноцеллюлоза сглаживает процессы структурообразования цементного теста на цементе СЕМ I 42,5 N. Наиболее эффективной является концентрация  $4,5 \times 10^{-5}$  по объему: процесс потери консистенции начинается с 60 мин, что на 50 мин позднее относительно контрольного состава при показателе относительной вязкости 208 КПа<sup>°С</sup>.

На 70 минуте относительная вязкость модифицированного цементного теста концентрации  $4,5 \times 10^{-5}$  равна 247 КПа<sup>°С</sup>; в 90 мин – 342 КПа<sup>°С</sup>; в 110 мин – 638 КПа<sup>°С</sup>; в 140 мин – 1103 КПа<sup>°С</sup>. Таким образом, введение наноцеллюлозы в концентрации  $4,5 \times 10^{-5}$  по объему в цементное тесто на цементе с низкой сохраняемостью или с преждевременным схватыванием позволяет значительно повысить сохраняемость цементного теста и нейтрализовать эффект ложного схватывания.

Цемент ЦЕМ-II/A-Ш 42,5Н, в отличие от цемента СЕМ I 42,5 N, наоборот, обладает высокой сохраняемостью: потеря консистенции цементного теста нормальной густоты начинается примерно в 30 мин при относительной вязкости 218 КПа<sup>°С</sup>, плавно достигая своего максимума в пределах рассматриваемого диапазона в 140 мин, равного 938 КПа<sup>°С</sup>.

При модифицировании наноцеллюлозой вязкость цементного теста ниже вязкости контрольного состава в 2–10 раз в течение всего времени эксперимента.

Относительная вязкость в 30 мин цементного теста, модифицированного наноцеллюлозой, равна 26–105 КПа<sup>°С</sup>. Относительная вязкость в 90 мин цементного теста, не модифицированного наноцеллюлозой, составляет 712 КПа<sup>°С</sup>; модифицированного наноцеллюлозой – 98–437 КПа<sup>°С</sup>.

Введение наноцеллюлозы в низких концентрациях во всех случаях снижает кинетику потери подвижности во времени.

В нашей статье были приведены результаты экспериментальных исследований влияния наномодифицированной целлюлозы на реологические свойства цементного теста.

Замедление схватывания цементного теста поможет обеспечить доставку бетонной смеси с бетонного завода без потерь качества смеси, плавный набор прочности массивных бетонных конструкций без устройства «холодных» швов бетонирования, а также для получения архитектурной отделки бетонных элементов.

На основании полученных данных сделан вывод об эффективности применения наноцеллюлозы в цементных композитах с целью повышения удобоукладываемости и сохраняемости бетонных смесей без снижения эксплуатационных характеристик бетона [8]. Таким образом, открываются новые возможности управления качеством строительных материалов на наноуровне [9].

### Литература

1. Пухаренко, Ю.В. Целлюлоза в бетоне – новое направление строительной нанотехнологии / Ю.В. Пухаренко, И.У. Аубакирова, В.И. Ткаченко (Хирхасова) // Строительные материалы. – 2020. – № 7. – С. 39–45.
2. Hospodarova, V. Possibilities of Using Cellulose Fibres in Building Materials / V. Hospodarova, N. Stevulova, A. Sicakova // 2nd International Conference on Innovative Materials, Structures and Technologies: Materials Science and Engineering-96, 2015. – P. 1–7.
3. Claramunt, J. On the Path to a New Generation of Cement-Based Composites through the Use of Lignocellulosic Micro/Nanofibres / J. Claramunt, R. Reixach, M.A. Chamorro, J. Llorens, M. Merce Pareta, Q. Tarres, M. Delgado-Aguilar // Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). – 2019. – Vol. 12. – P. 1–14.
4. Mohammad Amir Akhlagi. Application of bacterial nanocellulose fibers as reinforcement in cement composites / Mohammad Amir Akhlagi, Raheb Bagherpour, Hamid Kalhori // Construction and Building Materials-241, 2020. – P. 1–9.
5. Пухаренко, Ю.В. Наноструктурирование воды затворения как способ повышения эффективности пластификаторов бетонных смесей / Ю.В. Пухаренко, В.А. Никитин, Д.Г. Летенко // Строительные материалы. – 2006. – № 9. – С. 86–88.
6. Пухаренко, Ю.В. Эффективность затворения воды углеродными наночастицами / Ю.В. Пухаренко, И.У. Аубакирова, В.Д. Староверов // Инженерно-строительный журнал. – 2009. – № 1. – С. 40–45.
7. Ткаченко, В.И. Техническая эффективность применения целлюлозных нановолокон в цементных композитах / В.И. Ткаченко // Alitinform. – 2023. – № 2(71). – С. 2–9.
8. Пухаренко, Ю.В. Влияние наноцеллюлозы на свойства бетонов / Ю.В. Пухаренко, И.У. Аубакирова, В.И. Хирхасова // Строительное материаловедение: настоящее и будущее : сборник материалов I Всероссийской научной конференции, посвященной 90-летию выдающегося ученого-материаловеда, академика РААСН Юрия Михайловича Баженова (г. Москва, 1–2 октября 2020 г.). – М. : Изд-во МИСИ – МГСУ, 2020. – С. 76–82.
9. Аубакирова, И.У. Фибропенобетон для тепловой изоляции трубопроводов бесканальной прокладки / Аубакирова И.У., Пухаренко Ю.В. // Components of Science and Culture Scientific and Technological Progress – 2023 – № 8 (86). – С. 26–37.

### References

1. Puharenko, YU.V. TSELLyuloza v betone – novoe napravlenie stroitelnoj nanotekhnologii / YU.V. Puharenko, I.U. Aubakirova, V.I. Tkachenko (Hirhasova) // Stroitelnye materialy. – 2020. – № 7. – S. 39–45.
5. Puharenko, YU.V. Nanostrukturirovanie vody zatvoreniya kak sposob povysheniya effektivnosti plastifikatorov betonnyh smesey / YU.V. Puharenko, V.A. Nikitin, D.G. Letenko // Stroitelnye materialy. – 2006. – № 9. – S. 86–88.
6. Puharenko, YU.V. Effektivnost zatvoreniya vody uglerodnymi nanochastitsami / YU.V. Puharenko, I.U. Aubakirova, V.D. Staroverov // Inzhenerno-stroitelnij zhurnal. – 2009. – № 1. – S. 40–45.
7. Tkachenko, V.I. Tekhnicheskaya effektivnost primeneniya tsellyuloznyh nanovolokon v tsementnyh kompozitah / V.I. Tkachenko // Alitinform. – 2023. – № 2(71). – S. 2–9.
8. Puharenko, YU.V. Vliyanie nanotsellyulozy na svojstva betonov / YU.V. Puharenko, I.U. Aubakirova, V.I. Hirhasova // Stroitelnoe materialovedenie: nastoyashchee i budushchee :

sbornik materialov I Vserossijskoj nauchnoj konferentsii, posvyashchenoj 90-letiyu vydayushchegosya uchenogo-materialoveda, akademika RAASN YUriya Mihajlovicha Bazhenova (g. Moskva, 1–2 oktyabrya 2020 g.). – M. : Izd-vo MISI – MGSU, 2020. – S. 76–82.

9. Aubakirova, I.U. Fibropenobeton dlya teplovoj izolyatsii truboprovodov beskanalnoj prokladki / Aubakirova I.U., Puharenko YU.V. // Components of Science and Culture Scientific and Technological Progress – 2023 – № 8 (86). – S. 26–37.

---

### Application of Nanofibrillated Cellulose Suspension for Modification of Cement Composites

V.I. Tkachenko, I.U. Aubakirova, V.A. Golovina

*St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering,  
St. Petersburg (Russia)*

**Key words and phrases:** nanomodifier; nanocellulose; workability; preservation; cement composite.

**Abstract.** The article discusses the use of a natural, eco-friendly nanomodifier – nanocellulose in cement composites in order to improve one of the most important properties of cement mixtures – the ability to maintain a given brand of mobility for a given time.

In accordance with this goal, the following tasks were solved: the expediency of using nanocellulose as a nanomodifier in cement composites was substantiated; the technological properties of cement dough modified with a solution of nanocellulose of various concentrations were investigated; tables and graphs of the effect of various concentrations of nanofibers on the rheological characteristics of cement dough were presented.

Scientific hypothesis: for the first time, experimental data on the effect of nanocellulose on the preservation of the mobility of cement dough have been obtained.

The results indicate the effectiveness of the use of nanofibrillar cellulose to improve the technological properties of cement composites.

---

© В.И. Ткаченко, И.У. Аубакирова, В.А. Головина, 2023

УДК 69

## Формирование организационных структур строительных предприятий при выполнении строительно-восстановительных работ

А.И. Абрамова

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», г. Москва (Россия)*

**Ключевые слова и фразы:** комплекс мероприятий инженерной подготовки; организационные структуры; строительно-восстановительные работы; строительные предприятия; чрезвычайные ситуации.

**Аннотация.** Чрезвычайные ситуации (**ЧС**) – это события, которые нарушают нормальную жизнедеятельность людей, приводят к гибели людей, материальному ущербу и другим негативным последствиям.

В зависимости от источника возникновения ЧС делятся на природные и техногенные. Для борьбы с природными ЧС необходимо иметь соответствующую подготовку и оборудование, а также проводить мероприятия по предупреждению и защите населения.

Целью работы является формирование организационных структур строительных предприятий при выполнении строительно-восстановительных работ (**СВР**).

Для достижения цели предстоит решить следующие задачи: выполнить анализ принципов и решений при застройке в зонах, пострадавших от чрезвычайных ситуаций, рассмотреть виды и характеристики чрезвычайных ситуаций природного характера; проанализировать опыт формирования строительства территорий, пострадавших от ЧС, особые условия строительства.

Методы, рассматриваемые в статье: методология экстремального управления строительными проектами и методология квалифицированного проектного персонала.

Дальнейшие перспективы исследования включают следующие задачи: представить комплекс мероприятий инженерной подготовки территории населенных мест в зонах ЧС.

Для определения комплекса мероприятий инженерной подготовки территории населенных мест в зонах чрезвычайных ситуаций (**ЧС**) важно ознакомиться с соответствующими

щей статистикой ЧС природного характера. Эта статистика обычно включает следующую информацию [2]:

- количество и типы ЧС: в различных регионах могут наблюдаться различные виды ЧС, такие как наводнения, землетрясения, пожары, ледники, оползни и др.;
- количество пострадавших и погибших: статистика ЧС также включает данные о людях, пострадавших или погибших в результате природных бедствий;
- масштабы ущерба: статистика ЧС подробно описывает материальный ущерб, нанесенный соответствующими бедствиями, включая уничтоженные или поврежденные здания, инфраструктуру и ресурсы;
- предупреждение и реагирование: информация о мерах предупреждения и спасательных операциях, проведенных во время ЧС, таких как эвакуация населения, поиск пропавших и предоставление временного жилья и помощи;
- восстановление и реабилитация: статистика ЧС также может включать данные о процессе восстановления строительных работ, возвращении населения в эвакуированные районы и реабилитации пострадавших.

Анализ этой статистики ЧС природного характера поможет определить необходимый комплекс мероприятий инженерной подготовки территории населенных мест в зонах ЧС. Это может включать строительство или модернизацию инженерных систем (например, системы водоотведения, дренажные каналы), укрепление или пересмотр строительных норм и правил, повышение осведомленности о национальной безопасности и предупреждении природных бедствий, разработку планов эвакуации и другие меры, направленные на уменьшение риска возникновения ЧС и улучшение готовности к ним.

Формирование организационных структур строительных предприятий при выполнении строительно-восстановительных работ в зоне чрезвычайной ситуации может включать следующие элементы [1].

1. Руководитель и команда проекта: организационная структура предприятия должна включать команду из различных специалистов, таких как инженеры, архитекторы, строители, электрики, снабженцы, специалисты по безопасности и т.д. Эта команда будет ответственной за планирование и выполнение строительно-восстановительных работ.

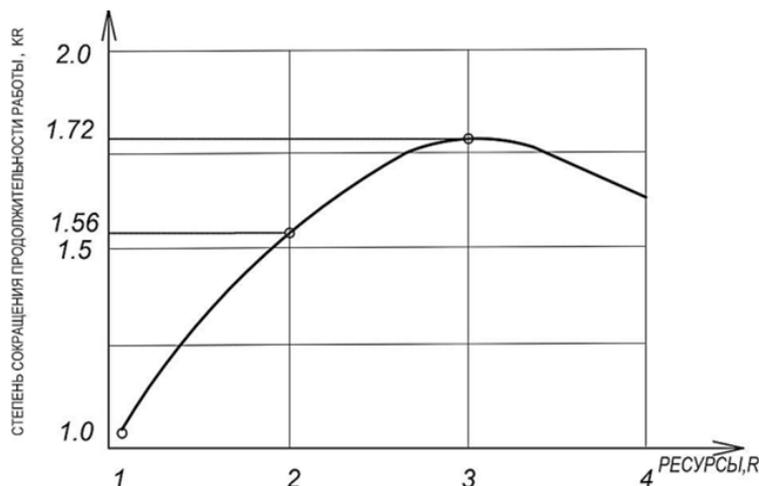
2. Отдел управления проектом: этот отдел будет руководить всеми аспектами проекта, включая планирование ресурсов, контроль бюджета, координацию работников и контакт с заказчиком.

3. Отдел планирования и графиков: этот отдел будет разрабатывать планы и графики выполнения работ, определять необходимость ресурсов и распределять задачи между работниками.

4. Отделы безопасности и снабжения: в ЧС особое внимание должно быть уделено безопасности. Ответственные отделы будут заниматься разработкой мер безопасности на строительной площадке, обучением работников по правилам безопасности и контролем их соблюдения, а также закупкой необходимых материалов, контролем их наличия и доставкой на строительную площадку.

Важно отметить, что организационные структуры строительных предприятий при выполнении строительно-восстановительных работ в зоне ЧС могут быть дополнены или изменены в зависимости от особенностей каждого конкретного проекта.

«По аналогии с классическими корпоративными системами управления проектами (КСУП), предлагаемая ГСУП – Государственная система Управления Проектами (ГСУ-ЭСР) включает в себя три главных составляющих: уникальную методологию экстремального управления строительными проектами, разработанную и внедренную под эту методо-



**Рис. 1.** Зависимость продолжительности выполнения процессов от насыщения фронта ресурсами

логию универсальную информационную систему управления проектами (ИСУП), и, наконец, подготовленный для работы с ИСУП и методологией квалифицированный проектный персонал» [3].

Подготовка и реализация предлагаемой ГСУП обеспечиваются согласованными действиями нескольких федеральных органов исполнительной власти, органов государственной власти субъектов РФ, государственных корпораций, научных и образовательных организаций, общественных организаций, субъектов предпринимательского сообщества на основе Плана мероприятий по реализации в рамках установленных полномочий.

Опыт восстановления зданий и сооружений показывает, что часто работы по ликвидации последствий ЧС приходится выполнять в труднодоступных и удаленных районах от крупных населенных пунктов и материально-технических баз [5]. В связи с этим целесообразно будет использовать вахтовый режим труда и отдыха рабочих.

«Предлагаются четыре варианта сочетания стационарных и передвижных объектов социальной сферы.

Вариант А. Объекты социальной сферы в полном объеме мобилизуются и перемещаются с головной селитебно-производственной базы в места концентрации.

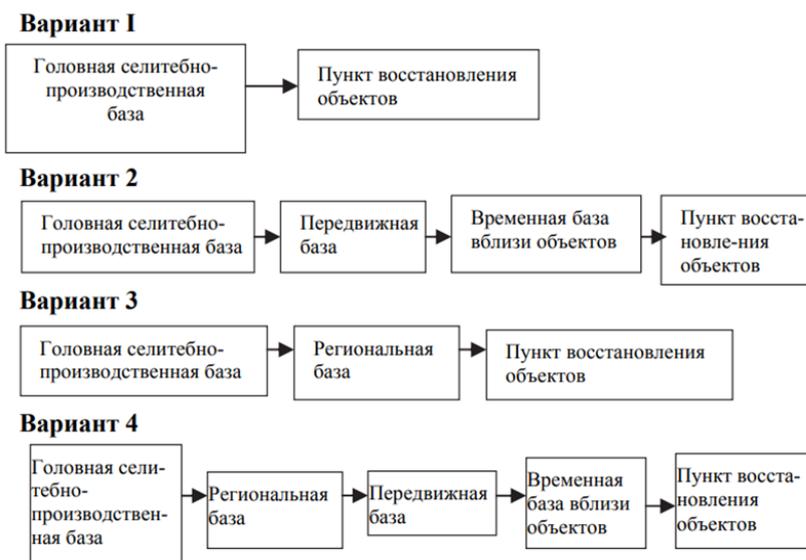
Вариант В. Объекты социальной сферы в полном объеме мобилизуются и перемещаются со вспомогательной селитебно-производственной базы на другое место их концентрации.

Вариант С. Объекты социальной сферы в определенном соотношении мобилизуются и перемещаются с головной и вспомогательной селитебно-производственной баз на место их концентрации.

Вариант D. Объекты строительной инфраструктуры, имеющие временное применение, перемещаются в определенных соотношениях с различных баз на место их концентрации.

При выборе возможных вариантов А-D должны учитываться стоимость обустройства и содержания людей в местах их концентрации, тяжелые условия труда, быта, текучесть кадров».

Характер влияния насыщенности фронта работ на продолжительность в стесненных условиях представлен на рис.1.



**Рис. 2.** Варианты обеспечения трудовыми ресурсами

На основании данного графика можно сделать выводы:

- 1) двукратное увеличение количества рабочих приводит к сокращению продолжительности выполнения процессов в 1,5 раза;
- 2) трехкратное увеличение количества рабочих приводит к сокращению продолжительности в 1,7 раз;
- 3) более чем трехкратное увеличение количества рабочих приводит к снижению степени сокращения продолжительности.

В связи с этим можно выделить четыре варианта обеспечения трудовыми ресурсами (рис. 2).

При застройке территорий, пострадавших от чрезвычайных ситуаций, можно провести работы по укреплению объектов и систем инфраструктуры, чтобы предотвратить повторение подобных кризисных ситуаций [4].

Восстановление и развитие застроенных территорий после чрезвычайных ситуаций способствует восстановлению экономической активности на данной территории. Строительство новых зданий, предприятий и инфраструктуры создает новые рабочие места и способствует увеличению экономического потенциала региона.

## Литература

1. Акулич, В.В. Совершенствование организации восстановительных работ в особых условиях строительства / В.В. Акулич, Б.Ф. Ширшиков // Вестник ДонНАСА : сборник научных трудов XI Международной конференции молодых ученых, аспирантов, студентов «Здания и конструкции с применением современных материалов и технологий», 2012.
2. Асаул, А.Н. Теория и практика использования быстровозводимых зданий в обычных условиях и чрезвычайных ситуациях в России и за рубежом / А.Н. Асаул, Ю.Н. Казаков, В.Л. Быков, И.П. Князь, П.Ю. Ерофеев. – СПб. : Гуманистика, 2014. – 464 с.
3. Малахов, В.И. Контрактные стратегии реализации инвестиционно-строительных проектов / В.И. Малахов. – ДПК-пресс, 2016. – 208 с.

4. Сычев, С.А. Инновационная технология быстрого возведения экономических жилых домов из оптимизированных сэндвич-панелей в России / С.А. Сычев, Ю.Н. Казаков, М.С. Никольский // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 9–4. – С. 577–586.

5. Фалеев, М.И. Управление рисками техногенных катастроф и стихийных бедствий (пособие для руководителей организаций) : монография / Под общ. ред. М.И. Фалеева; РНОАР. – М. : ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2016.

### References

1. Akulich, V.V. Sovershenstvovanie organizatsii vosstanovitelnyh rabot v osobyh usloviyah stroitelstva / V.V. Akulich, B.F. SHirshikov // Vestnik DonNASA : sbornik nauchnyh trudov XI Mezhdunarodnoj konferentsii molodyh uchenykh, aspirantov, studentov «Zdaniya i konstruksii s primeneniem sovremennykh materialov i tekhnologij», 2012.

2. Asaul, A.N. Teoriya i praktika ispolzovaniya bystrovozvodimykh zdaniy v obychnykh usloviyah i chrezvychajnykh situatsiyah v Rossii i za rubezhom / A.N. Asaul, YU.N. Kazakov, V.L. Bykov, I.P. Knyaz, P.YU. Erofeev. – SPb. : Gumanistika, 2014. – 464 s.

3. Malahov, V.I. Kontraktnye strategii realizatsii investitsionno-stroitelnykh proektov / V.I. Malahov. – DPK-press, 2016. – 208 s.

4. Sychev, S.A. Innovatsionnaya tekhnologiya bystrogo vozvedeniya ekonomichnykh zhilykh domov iz optimizirovannykh sendvich-panelej v Rossii / S.A. Sychev, YU.N. Kazakov, M.S. Nikolskij // Mezhdunarodnij zhurnal prikladnykh i fundamentalnykh issledovaniy. – 2015. – № 9–4. – С. 577–586.

5. Faleev, M.I. Upravlenie riskami tekhnogennykh katastrof i stihijnykh bedstvii (posobie dlya rukovoditelej organizatsij) : monografiya / Pod obshch. red. M.I. Faleeva; RNOAR. – М. : VNII GOCHS (FTS), 2016.

---

### Formation of Organizational Structures of Construction Enterprises when Performing Construction and Restoration Work

A.I. Abramova

*National Research Moscow State University of Civil Engineering,  
Moscow (Russia)*

**Key words and phrases:** organizational structures; construction enterprises; construction and restoration work; emergency situations; a set of engineering training measures.

**Abstract.** Emergency situations (**ES**) are events that disrupt the normal functioning of people, leading to death, material damage and other negative consequences.

Depending on the source of occurrence, emergencies are divided into natural and man-made. To combat natural emergencies, it is necessary to have appropriate training and equipment, as well as carry out measures to prevent and protect the population.

The purpose of the work is to form organizational structures of construction enterprises when performing construction and restoration work (**CWR**).

To achieve the goal, the following tasks must be solved: carry out an analysis of the principles and decisions for development in areas affected by emergency situations, consider

the types and characteristics of natural emergency situations (**ES**); analyze the experience of forming the construction of territories affected by emergencies, special construction conditions.

Methods discussed in the article: the methodology of extreme management of construction projects and the methodology of qualified project personnel.

The object of the study is construction projects erected in emergency zones.

Further prospects for the research include the following tasks: present a set of measures for engineering preparation of the territory of populated areas in emergency zones.

---

© А.И. Абрамова, 2023

УДК 624.05

## Исследование и выбор методов при управлении обращения с отходами строительства и сноса

А.В. Голованов, А.К. Левицкая

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский  
Московский государственный строительный университет»,  
г. Москва (Россия)*

**Ключевые слова и фразы:** загрязнение окружающей среды; методы; организация; отходы строительства и сноса; управление; экология.

**Аннотация.** Проблема управления обращением с отходами остается актуальной в современном мире из-за ряда факторов. Во-первых, рост населения и увеличение потребления приводят к увеличению объемов отходов, что создает необходимость в эффективной системе их управления. Во-вторых, недостаточная раздельная сборка и переработка отходов приводит к загрязнению окружающей среды и угрозе здоровью людей. Также важным аспектом является нехватка мест для захоронения отходов, что вынуждает искать новые методы и технологии их утилизации. Все эти факторы делают проблему управления обращением с отходами актуальной и требующей постоянного внимания, также необходима разработка новых подходов. Целью данного исследования являются анализ, систематизация и выбор наиболее эффективного метода при управлении обращении с отходами строительства и сноса. Гипотезой исследования является разработка комплексного плана управления отходами строительства и сноса зданий, который поможет достичь важнейшей цели сокращения и предотвращения образования отходов строительства и сноса зданий как на местном, так и на глобальном уровне. В статье рассмотрены методы выбора решений управления обращением с отходами строительства, демонтажа и сноса. Результатом исследования является разработка эффективного плана управления обращением с отходами строительства и сноса.

Устойчивая стратегия управления строительными отходами включает в себя ряд комплексных стратегий, таких как сокращение, повторное использование и вторичная переработка.

Системная динамика может быть полезным инструментом для моделирования и анализа воздействия изменений в управлении отходами на систему в целом, что помогает предотвратить негативные последствия для окружающей среды и общества. Эффективный план управления отходами при строительстве и сносе зданий требует разделения источников всех отходов, образующихся во время строительства. Строительные подрядчики могут сформировать специальную команду для решения всех аспектов обращения с отходами, начиная от разделения источников до ведения домашнего хозяйства, сбора отходов и вторичной переработки [15]. Следует вести инвентаризацию отходов или журнал регистрации, чтобы вести учет накладных на продажу отходов от поставщиков или подрядчиков по утилизации отходов.

С одной стороны, из-за общей тенденции к росту цен на городскую землю стоимость захоронения отходов возросла. С другой стороны, рост темпов урбанизации привел к нехватке городских земель, сокращению общего предложения инфраструктурных земель и ограничению свалок. Сжигание стало еще одним вариантом утилизации отходов строительства и сноса зданий [7]. Однако при сжигании отходов образуются не только органические загрязнители и токсичные газы, такие как диоксины, карбиды, нитриды и сульфиды, но и твердые остатки, такие как летучая зола и шлак.

Вторичная переработка – лучший способ реагирования на растущие запасы отходов и быстрый рост спроса на сырье [6].

Недавно правительство начало вводить нормативные акты по охране окружающей среды и призвало людей превращать отходы строительства и сноса зданий в заполнители нового типа с помощью машин для вторичной переработки, таких как мобильные или переносные камнедробилки [8; 14].

Природные ресурсы ограничены, а из отходов строительства и сноса зданий можно получить бесконечное количество сырья [5]. Вот почему вторичная переработка – лучший выбор для переработки отходов строительства и сноса.

Для эффективного управления строительными отходами важно разделить их на две широкие категории, такие как опасные и неопасные строительные отходы [10]. Опять же, все неопасные отходы можно разделить на три типа: перерабатываемые, многоразовые и непригодные для использования или не подлежащие вторичной переработке отходы [4].

Опасные строительные отходы – это те, которые обладают характеристиками, делающими их токсичными, коррозионными, легковоспламеняющимися и реагирующими [3]. К ним относятся асбест, выброшенные и старые химикаты, масла и смазочные материалы, контейнеры для химикатов, неиспользованные и выброшенные краски, клеи, герметики, пропитанные краской кисти, промасленные тряпки и т.д. с содержанием опасных веществ. Эти отходы не подлежат вторичной переработке из-за связанных с ними факторов риска.

Законный и рациональный способ обращения с ними заключается в хранении их в герметичных контейнерах с другой цветовой маркировкой, а затем передача их уполномоченному подрядчику для хранения, обработки и утилизации.

Асфальты образуются в больших количествах при сносе или демонтаже существующих дорожных покрытий. Их можно утилизировать, отправив подрядчику для дальнейшей переработки или для использования в производственных процессах [13].

Краски, покрытия и клеи – оставшиеся материалы можно использовать в небольших проектах, а пустые контейнеры утилизировать у утвержденного подрядчика.

Что касается неопасных отходов многоразового использования и вторичной переработки, наилучший способ обращения с ними – хранить отдельно от опасных строительных отходов, а также неопасных строительных отходов, не подлежащих вторичной переработ-

ке, а затем повторно использовать или перерабатывать на месте в зависимости от их потенциального использования [2; 11].

Материалы, которые могут быть использованы для таких целей, включают металлолом, излишки бетона, керамические изделия, бетонные блоки, брусчатку, древесину и изделия из нее, картонные коробки, гипсокартон, стекло и т.д., которые могут быть использованы повторно или переработаны вторично в зависимости от состояния и требований к использованию.

Металлические листы с места сноса можно использовать для изготовления ограждений [12]. Металлы, извлеченные с мест сноса, можно использовать в качестве металлических каркасов в здании. Отбракованный металлолом во время строительства следует хранить отдельно, а затем сдавать в специализированные пункты приема.

Излишки бетона, образующиеся при бетонных работах, обрезке свай, следует собирать и измельчать до требуемых размеров, чтобы повторно использовать для проведения восстановительных работ с разрешения соответствующих регулирующих органов.

Остатки бетона из бетономешалки можно использовать для изготовления бетонных блоков, дорожных столбов для знаков, дорожных ограждений или других конструкций, которые могут использоваться для временных работ во время строительства.

Вместо того чтобы выбрасывать строительные материалы на ближайшую свалку, более экологичным подходом является поиск объектов для дробления.

Оставшиеся кирпичи можно использовать для временного строительства или для озеленения территории, а также продать.

Дверные коробки или старые двери с места сноса могут быть отремонтированы и повторно использованы или переработаны на месте, отправлены для использования в другом проекте, могут быть проданы поставщику для производства других изделий из дерева. Другие изделия из древесины, такие как многослойная древесина, композитная древесина, изделия из агроволокна, следует собирать и хранить отдельно в специально отведенном месте, которые впоследствии можно будет повторно использовать на месте в зависимости от их назначения или продать переработчику древесины.

Картонные коробки могут быть проданы поставщику для повторного использования или вторичной переработки.

В зависимости от варианта повторного использования и вторичной переработки пластиковые отходы могут быть проданы или переданы в переработку. Остатки плитки и керамики можно использовать в ландшафтном дизайне или собрать отдельно для использования в рекультивационных работах.

Извлеченные материалы, такие как почва, песок, гравий, могут быть повторно использованы на стройплощадке или отправлены на другую площадку для повторного использования или рекультивационных работ. Эти материалы можно продать местным поставщикам или передать в дар другой организации или людям, которые в них нуждаются.

Неопасные отходы, не подлежащие вторичной переработке, к ним относятся мусор и органические отходы, такие как деревья и растения [1; 15]. Зеленые материалы можно компостировать и использовать в качестве удобрения или кондиционера почвы. Ненужные материалы можно отправлять на свалку для утилизации.

Разработка эффективного плана управления обращением с отходами строительства и сноса включает в себя несколько ключевых этапов:

- идентификация типов отходов;
- разработка плана сортировки и разделения;
- создание системы маркировки и идентификации;

- выбор подходящих методов обработки и утилизации;
- обучение персонала;
- мониторинг и отчетность;
- взаимодействие с местными органами и организациями;
- оценка и улучшение.

Правильное применение и повторное использование ресурсов и строительных материалов могут сделать строительную отрасль намного экономичнее и экологичнее.

Повторное использование и переработка отходов являются жизненно важными стратегиями устойчивого управления отходами. Снос существующих зданий и вывоз мусора – это вовсе не ресурсосберегающий способ, но все же ценные строительные и демонтажные отходы для более широкого использования – это эффективный способ отблагодарить за экономию природных ресурсов.

Разработка комплексного плана управления отходами строительства и сноса зданий поможет достичь важнейшей цели сокращения и предотвращения образования отходов строительства и сноса зданий как на местном, так и на глобальном уровне. Это также поможет стимулировать повторное использование и переработку образующихся отходов, кроме того, это обеспечит необходимую обработку отходов, подлежащих утилизации, в попытке улучшить рекуперацию ресурсов, содержащихся в отходах строительства и сноса зданий, и внесет вклад в экологически устойчивый рост строительной отрасли.

### Литература

1. Боденко, Е.М. Оценка возможности применения некоторых строительных отходов при рекультивации нарушенных территорий / Е.М. Боденко, М.В. Шершнева // БСТ: Бюллетень строительной техники. – 2021. – № 9(1045). – С. 50–51.
2. Боденко, Е.М. Геохимический барьер и его характеристики / Е.М. Боденко, М.В. Шершнева // Геоэкохимия защиты литосферы : Материалы VII Международной научно-практической интернет-конференции, 2021. – С. 39–42.
3. Боденко, Е.М. Построение расчетной схемы вывоза строительного мусора с объектов реновации / Е.М. Боденко, А.И. Дергачев, А.М. Перепеченов, А.В. Абросимов // Интеллектуальные технологии на транспорте. – СПб. : ПГУПС. – 2021. – № 4(28). – С. 16–20.
4. Боденко, Е.М. Применение продуктов сноса зданий для рекультивации гранитных карьеров / Е.М. Боденко, М.Ю. Слесарев, М.В. Шершнева // Естественные и технические науки. – 2021. – № 6(157). – С. 53–56.
5. Боденко, Е.М. Анализ химической природы боя бетона и гранитного камня / Е.М. Боденко, М.В. Шершнева // Геоэкохимия защиты литосферы : Материалы VIII Международной научно-практической интернет-конференции. – М., 2022. – С. 55–58.
6. Селяев, В.П. Влияние климатических условий на эксплуатационные характеристики вакуумной теплоизоляции / В.П. Селяев, Л.И. Куприяшкина, М.А. Муханов, О.В. Ляскин // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2022. – № 1(757). – С. 112–120.
7. Гусев, Б.В. Объемная матрица химических элементов / Б.В. Гусев, А.А. Сперанский // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2019. – № 4(382). – С. 43–48.
8. Долбин, Н.С. Реализация потенциала ресурсосбережения ЖКХ в мире / Н.С. Долбин, В.Л. Курбатов // Университетская наука. – 2020. – № 2(10). – С. 52–54.
9. Селяев, В.П. Влияние климатических условий на эксплуатационные характеристики вакуумной теплоизоляции / В.П. Селяев, Л.И. Куприяшкина, М.А. Муханов, О.В. Ляскин //

Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2022. – № 1(757). – С. 112–120.

10. Курбатов, В.Л. Концептуальные вопросы способа очистки жилых и производственных помещений зданий из бетона от аммиака / В.Л. Курбатов // Университетская наука. – 2020. – № 1(9). – С. 8–11.

11. Кузина, Е.С. Оценка технического состояния сооружений московского метрополитена, попадающих в зону влияния строительства / Е.С. Кузина // Университетская наука. – 2016. – № 1(1). – С. 78–82.

12. Римшин, В.И. К вопросу остаточного ресурса железобетонных конструкций при поперечном изгибе по прочности нормальных сечений / В.И. Римшин, В.Л. Курбатов, Е.А. Король [и др.] // Системотехника строительства. Киберфизические строительные системы-2019 : Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции (г. Москва, 25 ноября 2019 г.). – М. : Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2019. – С. 440–444.

13. Римшин, В.И. Технологический регламент процесса обращения с отходами строительства и сноса / В.И. Римшин, Е.С. Кецко, И.С. Кузина // Эксперт: теория и практика. – 2023. – № 1(20). – С. 121–124.

14. Римшин, В.И. Обследование незавершенного строительства здания бытового обслуживания / В.И. Римшин, М.Н. Семенова, Р.И. Сафина; под ред. Н.Н. Ласькова // Эффективные строительные конструкции: теория и практика : сборник статей XXII Международной научно-технической конференции (г. Пенза, 24–25 марта 2022 г.). – Пенза : Приволжский Дом знаний, 2022. – С. 127–131.

15. Римшин, В.И. Анализ технического состояния несущих конструкций сооружений водоподготовки и водоотведения для последующего их усиления / В.И. Римшин, Е.С. Кузина, Р.Д. Хамракулов // Безопасность строительного фонда России проблемы и решения : материалы Международных академических чтений (г. Курск, 15 ноября 2019 г.). – Курск : Курский государственный университет, 2019. – С. 294–302.

## References

1. Bodenko, E.M. Otsenka vozmozhnosti primeneniya nekotoryh stroitelnyh othodov pri rekultivatsii narushennyh territorij / E.M. Bodenko, M.V. SHershneva // BST: Byulleten stroitelnoj tekhniki. – 2021. – № 9(1045). – S. 50–51.

2. Bodenko, E.M. Geohimicheskij barer i ego harakteristiki / E.M. Bodenko, M.V. SHershneva // Geokohimiya zashchity litosfery : Materialy VII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy internet-konferentsii, 2021. – S. 39–42.

3. Bodenko, E.M. Postroenie raschetnoj skhemy vyvoza stroitel'nogo musora s obektov renovatsii / E.M. Bodenko, A.I. Dergachev, A.M. Perepechenov, A.V. Abrosimov // Intellektualnye tekhnologii na transporte. – SPb. : PGUPS. – 2021. – № 4(28). – S. 16–20.

4. Bodenko, E.M. Primenenie produktov snosa zdaniy dlya rekultivatsii granitnyh karerov / E.M. Bodenko, M.YU. Slesarev, M.V. SHershneva // Estestvennye i tekhnicheskie nauki. – 2021. – № 6(157). – S. 53–56.

5. Bodenko, E.M. Analiz himicheskoy prirody boya betona i granitnogo kamnya / E.M. Bodenko, M.V. SHershneva // Geokohimiya zashchity litosfery : Materialy VIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy internet-konferentsii. – M., 2022. – S. 55–58.

6. Selyaev, V.P. Vliyanie klimaticheskikh uslovij na ekspluatatsionnye harakteristiki vakuumnoj teploizolyatsii / V.P. Selyaev, L.I. Kupriyashkina, M.A. Muhanov, O.V. Liyaskin // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Stroitelstvo. – 2022. – № 1(757). – S. 112–120.

7. Gusev, B.V. Obemnaya matritsa himicheskikh elementov / B.V. Gusev, A.A. Speranskij // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Tekhnologiya tekstilnoj promyshlennosti. – 2019. – № 4(382). – S. 43–48.

8. Dolbin, N.S. Realizatsiya potentsiala resursosberezheniya ZHKKH v mire / N.S. Dolbin, V.L. Kurbatov // Universitetskaya nauka. – 2020. – № 2(10). – S. 52–54.

9. Selyaev, V.P. Vliyanie klimaticheskikh uslovij na ekspluatatsionnye harakteristiki vakuumnoj teploizolyatsii / V.P. Selyaev, L.I. Kupriyashkina, M.A. Muhanov, O.V. Liyaskin // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Stroitelstvo. – 2022. – № 1(757). – S. 112–120.

10. Kurbatov, V.L. Kontseptualnye voprosy sposoba ochistki zhilyh i proizvodstvennyh pomeshchenij zdaniy iz betona ot ammiaka / V.L. Kurbatov // Universitetskaya nauka. – 2020. – № 1(9). – S. 8–11.

11. Kuzina, E.S. Otsenka tekhnicheskogo sostoyaniya sooruzhenij moskovskogo metropolitena, popadayushchih v zonu vliyaniya stroitelstva / E.S. Kuzina // Universitetskaya nauka. – 2016. – № 1(1). – S. 78–82.

12. Rimshin, V.I. K voprosu ostatochnogo resursa zhelezobetonnyh konstruksij pri poperechnom izgibe po prochnosti normalnyh sechenij / V.I. Rimshin, V.L. Kurbatov, E.A. Korol [i dr.] // Sistemotekhnika stroitelstva. Kiberfizicheskie stroitelnye sistemy- 2019 : Sbornik materialov Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferentsii (g. Moskva, 25 noyabrya 2019 g.). – M. : Natsionalnij issledovatel'skij Moskovskij gosudarstvennij stroitel'nyj universitet, 2019. – S. 440–444.

13. Rimshin, V.I. Tekhnologicheskij reglament protsessa obrashcheniya s othodami stroitelstva i snosa / V.I. Rimshin, E.S. Ketsko, I.S. Kuzina // Ekspert: teoriya i praktika. – 2023. – № 1(20). – S. 121–124.

14. Rimshin, V.I. Obsledovanie nezavershennogo stroitelstva zdaniya bytovogo obsluzhivaniya / V.I. Rimshin, M.N. Semenova, R.I. Safina; pod red. N.N. Laskova // Effektivnye stroitelnye konstruksii: teoriya i praktika : sbornik statej XXII Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferentsii (g. Penza, 24–25 marta 2022 g.). – Penza : Privolzhskij Dom znaniy, 2022. – S. 127–131.

15. Rimshin, V.I. Analiz tekhnicheskogo sostoyaniya nesushchih konstruksij sooruzhenij vodopodgotovki i vodootvedeniya dlya posleduyushchego ih usileniya / V.I. Rimshin, E.S. Kuzina, R.D. Hamrakulov // Bezopasnost stroitel'nogo fonda Rossii problemy i resheniya : materialy Mezhdunarodnyh akademicheskikh chtenij (g. Kursk, 15 noyabrya 2019 g.). – Kursk : Kurskij gosudarstvennij universitet, 2019. – S. 294–302.

---

## Research and Selection of Methods in the Management of Construction and Demolition Waste Management

A.V. Golovanov, A.K. Livitskaya

*National Research Moscow State University of Civil Engineering,  
Moscow (Russia)*

**Key words and phrases:** construction and demolition waste; management; methods; organization; ecology; environmental pollution.

**Abstract.** The problem of waste management remains relevant in the modern world due to a number of factors. Firstly, population growth and increased consumption lead to an increase

in the volume of waste, which creates the need for an effective system of its management. Secondly, insufficient separate collection and recycling of waste leads to environmental pollution and threat to human health. Also an important aspect is the lack of waste disposal sites, which forces to search for new methods and technologies of waste utilisation. All these factors make the problem of waste management topical and requiring constant attention and development of new approaches. The purpose of this study is to analyse, systematise and select the most effective method in construction and demolition waste management. The hypothesis of the study is to develop a comprehensive construction and demolition waste management plan that will help to achieve the critical goal of reducing and preventing construction and demolition waste both locally and globally. The paper discusses the methods for selecting solutions for construction, demolition and demolition waste management. The result of the study is the development of an effective construction and demolition waste management plan.

---

© А.В. Голованов, А.К. Левицкая, 2023

УДК 69.057

## Оценка технологической живучести сборно-монолитных систем гражданских зданий

Ю.Д. Колмакова, Н.И. Фомин

*ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,  
г. Екатеринбург (Россия)*

**Ключевые слова и фразы:** каркасная система; конструктивные параметры; надежность строительных систем; организационно-технологическая надежность; сборно-монолитное домостроение; технологическая живучесть; технологические параметры.

**Аннотация.** Из накопленного исследовательского опыта следует, что надежность строительной системы формируется различными составляющими, обусловленными особенностями этапов жизненного цикла здания: конструктивная надежность на этапе проектирования, организационно-технологическая – на этапе строительства и др. В статье продемонстрирована методическая возможность одновременного учета этих составляющих на этапе выбора варианта реализации несущего остова гражданского здания в виде показателя технологической живучести строительной системы. На примере сборно-монолитных каркасных (СМКС) гражданских зданий предложена обобщенная методика вычисления величины предложенного показателя. Для сборно-монолитных гражданских зданий знание параметров технологической живучести позволяет на стадии принятия предварительных решений спрогнозировать основные параметры несущего остова здания, обеспечивающие высокие показатели надежности системы. Величина технологической живучести позволяет выполнить обоснованный выбор системы на ранних этапах проектирования.

Для возможности сравнения СМКС определения величины показателя технологической живучести предложена авторская методика, основанная на результатах комплексного анализа конструктивных и технологических параметров 15 сборно-монолитных каркасных систем гражданских зданий, реализованных в зарубежной практике строительства, начиная с 50-х гг. прошлого века.

В результате сравнения 15 зарубежных СМКС граж-

данских зданий количественно определена степень влияния конструктивных и технологических параметров на величину технологической живучести системы, что позволило получить инженерную методику ее расчета для произвольной СМКС.

Найденная по авторской методике величина технологической живучести СМКС позволяет принять обоснованное решение по выбору варианта каркаса здания, обеспечивающего наибольшую степень надежности строительной системы, на ранних сроках инвестиционно-строительного проекта.

Одна из важных характеристик строительной системы, которая должна быть обеспечена для его нормальной и безопасной эксплуатации, – надежность. На различных этапах жизненного цикла здания учитываются разные аспекты надежности, рассматриваемые отдельно друг от друга. Так, на этапе проектирования и изготовления сборных конструкций (для сборно-монолитных зданий) производится анализ параметров конструктивной надежности и живучести объекта строительства [1–4]. На этапе возведения здания обеспечение надежности строительной системы сводится в основном к повышению организационно-технологической надежности (ОТН) [5–9].

Анализируя составляющие конструктивной и организационно-технологической надежности сборно-монолитного каркасного здания (СМКС) можно заметить связь геометрических характеристик элементов несущего остова, являющихся основным изменяемым параметром конструктивной надежности зданий, возводимых с применением сборно-монолитной технологии, и технологических параметров основных построечных процессов, включающих трудоемкость и машиноёмкость (рис. 1).

По мнению авторов, в показатель надежности строительной системы требуется ввести промежуточную составляющую, которая позволит охарактеризовать и оценить взаимосвязь конструктивной и организационно-технологической надежностей на начальных этапах инвестиционно-строительного проекта с целью повышения вероятности принятия обоснованного решения относительно выбора наиболее эффективного с точки зрения конструктивных особенностей и технологичности варианта СМКС на ранних сроках инвестиционно-строительного проекта.

В связи с этим ранее было предложено использовать для сравнительного анализа систем комплексный показатель – «технологическая живучесть каркасной системы», – позволяющий оценить величину технологической эффективности системы при определении ее конструктивных и технологических параметров на стадии, предшествующей проектированию и возведению здания, а также определяющий взаимосвязь технологических параметров СМКС с показателем ОТН строительного объекта [10]. Кроме того, знание предложенного показателя позволит выявлять слабые стороны каркасной системы здания для дальнейшего ее совершенствования с применением различных методов изобретательства [11].

В статье предложена инженерная методика, позволяющая выполнить расчет величины показателя технологической живучести каркасной системы здания в численном виде с учетом показателей конструктивной надежности и технологичности строительной системы, соотношение которых было определено на основе сравнительного анализа конструктивных и технологических параметров зарубежных СМКС [12–14].

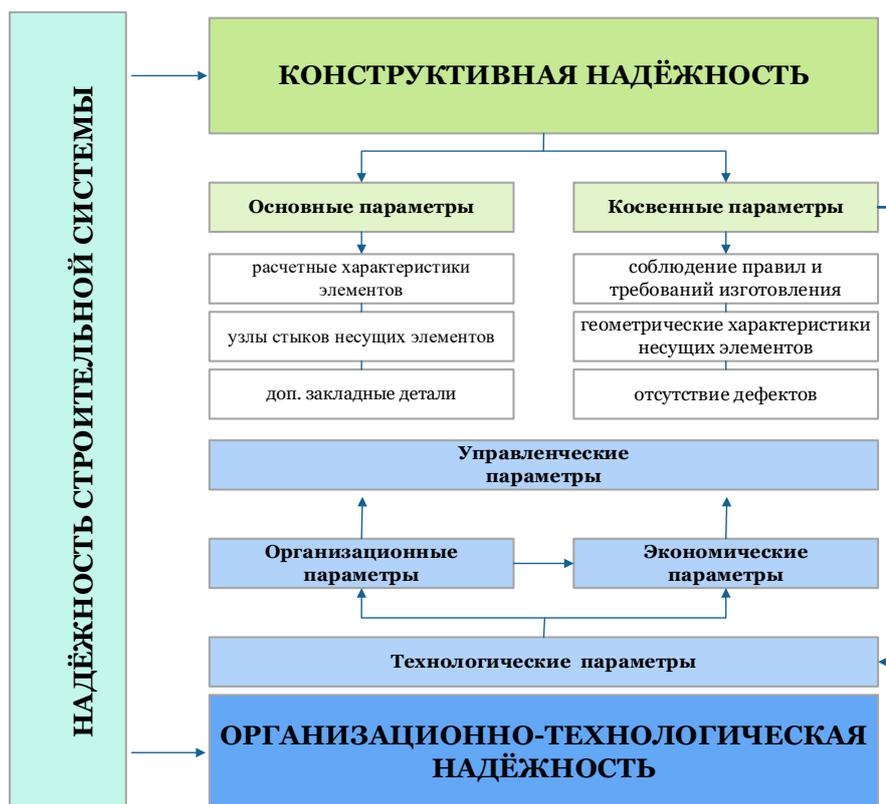


Рис. 1. Иерархия надежности строительной системы с комплексными взаимосвязями параметров

Величину технологической живучести сборно-монолитной системы ( $R$ ) предлагается рассчитывать по следующей формуле:

$$R = k_i I + k_j J = k_i \sum I_{ni} + k_j \sum J_{nj}, \quad (1)$$

где  $I$  – показатель конструктивной эффективности сборно-монолитной системы (**СМС**);  $J$  – показатель технологичности СМС;  $\sum I_{ni}$  – сумма расчетных значений по конструктивным параметрам СМС;  $\sum J_{nj}$  – сумма расчетных значений по технологическим параметрам СМС;  $k_i, k_j$  – коэффициенты влияния значений по соответствующим группам параметров СМС.

Сумма расчетных значений конструктивных/технологических параметров будет определяться по следующей формуле:

$$\sum I(J)_{1(2,3)j} = k_{1(2,3)1} \cdot I(J)_{1(2,3)1\max} + k_{1(2,3)2} \cdot I(J)_{1(2,3)2\max} + k_{1(2,3)3} \cdot I(J)_{1(2,3)3\max} + k_{1(2,3)z} \cdot I(J)_{1(2,3)z\max}, \quad (2)$$

где  $I(J)_{1(2,3)1\max} \dots I(J)_{1(2,3)z\max}$  – максимальные расчетные значения по категориям конструктивных/технологических параметров;  $k_{1(2,3)1} \dots k_{1(2,3)z}$  – весовой коэффициент расчетного значения для категорий конструктивных/технологических параметров в зависимости от их типов, определяемый как:

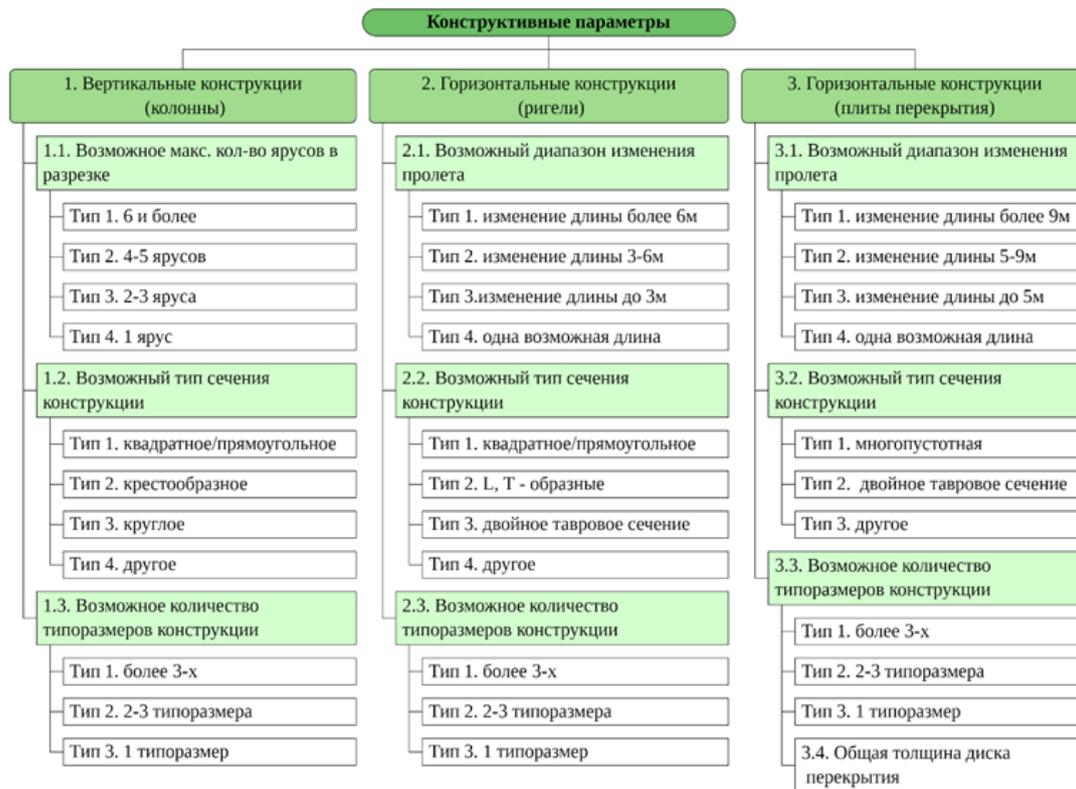


Рис. 2. Конструктивные параметры, категории и типы для СМКС

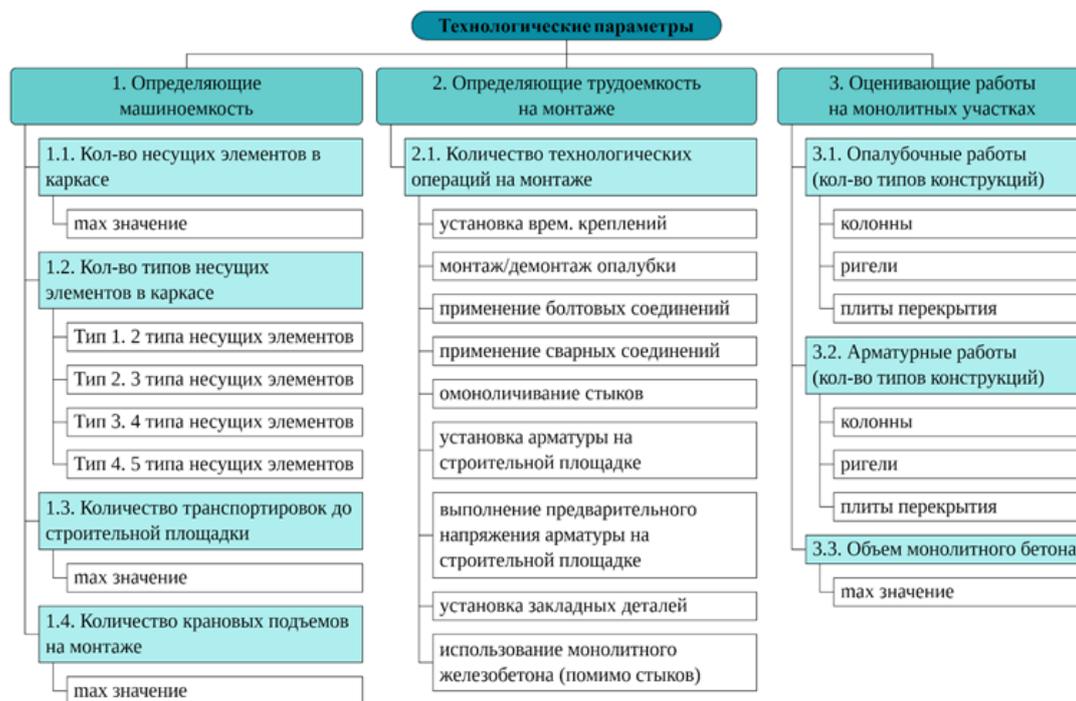


Рис. 3. Технологические параметры, категории и типы для СМКС

**Таблица 1.** Расчетные значения конструктивных и технологических параметров и их категорий для СМКС

№	Наименование параметра	Максимальное значение	Наименование категории		Максимальное значение удельного веса
Конструктивные параметры ( <i>I</i> )					
1	Вертикальные несущие конструкции – колонны ( <i>I</i> <sub>1</sub> )	$I_1 = \sum I_{(1i)\max} = 1$	<i>I</i> <sub>11</sub>	Количество ярусов в разрезе	$I_{(11)\max} = 0,33$
2			<i>I</i> <sub>12</sub>	Тип сечения	$I_{(12)\max} = 0,33$
3			<i>I</i> <sub>13</sub>	Количество типоразмеров	$I_{(13)\max} = 0,33$
4	Горизонтальные несущие конструкции – ригели ( <i>I</i> <sub>2</sub> )	$I_2 = \sum I_{(2i)\max} = 1$	<i>I</i> <sub>21</sub>	Диапазон величины пролета	$I_{(21)\max} = 0,33$
5			<i>I</i> <sub>22</sub>	Тип сечения	$I_{(22)\max} = 0,33$
6			<i>I</i> <sub>23</sub>	Количество типоразмеров	$I_{(23)\max} = 0,33$
7	Горизонтальные несущие конструкции – плиты перекрытия ( <i>I</i> <sub>3</sub> )	$I_3 = \sum I_{(3i)\max} = 1$	<i>I</i> <sub>31</sub>	Диапазон величины пролета	$I_{(31)\max} = 0,25$
8			<i>I</i> <sub>32</sub>	Тип сечения	$I_{(32)\max} = 0,25$
9			<i>I</i> <sub>33</sub>	Количество типоразмеров	$I_{(33)\max} = 0,25$
10			<i>I</i> <sub>34</sub>	Общая толщина диска перекрытия	$I_{(34)\max} = 0,25$
Технологические параметры ( <i>J</i> )					
11	Параметры машиноемкости на строительной площадке ( <i>J</i> <sub>1</sub> )	$J_1 = \sum J_{(1i)\max} = 1$	<i>J</i> <sub>11</sub>	Количество несущих элементов в каркасе	$J_{(11)\max} = 0,25$
12			<i>J</i> <sub>12</sub>	Количество типов несущих элементов в каркасе	$J_{(12)\max} = 0,25$
13			<i>J</i> <sub>13</sub>	Количество транспортировок до строительной площадки	$J_{(13)\max} = 0,25$
14			<i>J</i> <sub>14</sub>	Количество крановых подъемов на монтаже	$J_{(14)\max} = 0,25$
15	Параметры трудоемкости на монтаже ( <i>J</i> <sub>2</sub> )	$J_2 = \sum J_{(2j)\max} = 1$	<i>J</i> <sub>21</sub>	Количество технологических операций на монтаже	$J_{(21)\max} = 1,0$
16	Параметры работ на монолитных участках ( <i>J</i> <sub>3</sub> )	$J_3 = \sum J_{(3j)\max} = 1$	<i>J</i> <sub>31</sub>	Опалубочные работы	$J_{(31)\max} = 0,33$
17			<i>J</i> <sub>32</sub>	Арматурные работы	$J_{(32)\max} = 0,33$
18			<i>J</i> <sub>33</sub>	Объем монолитного бетона	$J_{(33)\max} = 0,33$

$$k_{ni} = \frac{1}{n}, \quad (3)$$

где *n* – уровень типа категории конструктивного/технологического параметра; либо в зависимости от максимального значения, определяемого для категории параметра:

$$k_{ni} = \frac{m}{m_{\max}}, \quad (4)$$

где *m* – численное значение категории параметра; *m*<sub>max</sub> – максимальное численное значение категории параметра.

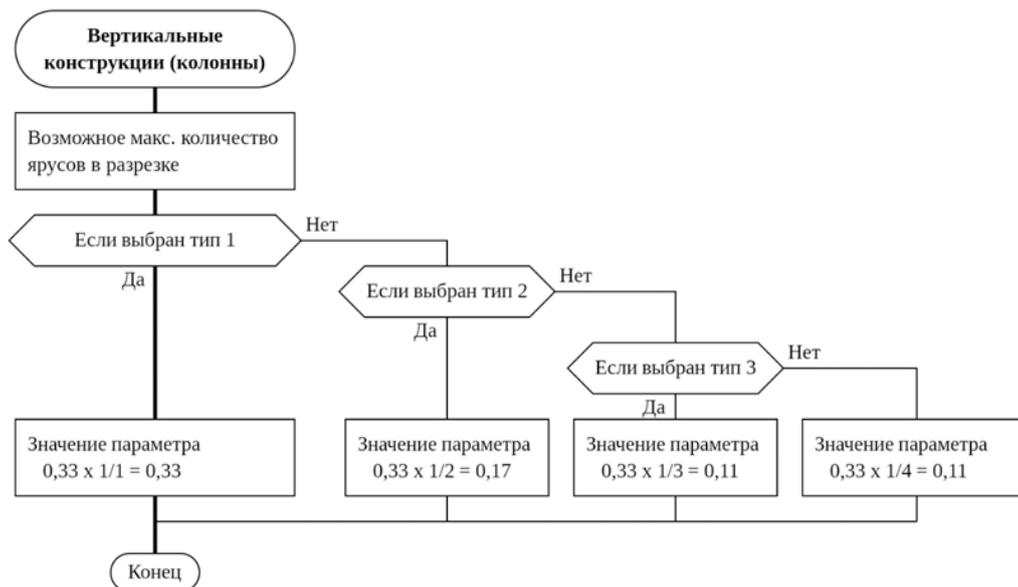


Рис. 4. Пример расчета численного значения по категориям параметров

Набор конструктивных и технологических параметров, категорий параметров и их типов был определен исходя из ранее проведенных исследований наиболее широко известных в зарубежной практике сборно-монолитных каркасных систем [15; 16] и представлен на рис. 2 и 3. При этом следует отметить, что чем ниже тип категории параметра, тем менее эффективны принятые решения.

Для расчета величины показателя технологической живучести по предложенному набору параметров и категорий, характеризующих конструктивную надежность и технологичность СМКС, предложены их возможные числовые значения, сведенные в табл. 1.

Последовательность расчета величины конструктивного (технологического) параметра из табл. 1 представлена на примере величины максимального количества ярусов в разрезе при анализе эффективности параметров вертикальных несущих конструкций в виде алгоритма, написанного при помощи графоэлементов языка Дракон на рис. 4.

Для оценки степени влияния показателей конструктивной надежности и технологичности на потенциал применения типа каркасной системы на практике и, соответственно, на значение величины технологической живучести был выполнен анализ 15 зарубежных СМКС, конструктивные и технологические параметры которых были определены авторами ранее [17; 18]. Полученные расчетные значения ( $I$  и  $J$ ) представлены в табл. 2.

При выполнении ранжирования систем по общему показателю технологической живучести при коэффициентах  $k_i$ ,  $k_j$ , равных 1, получим следующие данные (табл. 3).

Согласно показателям табл. 3, максимальное суммарное значение параметров – величина показателя технологической живучести в первом приближении ( $R_1$ ) – значительно выше практически у всех систем, существующих и применяемых до настоящего времени: U.S. Conventional system ( $R_1 = 3,98$ ), Contiframe ( $R_1 = 3,71$ ), PD2 Frame ( $R_1 = 3,55$ ).

Также следует обратить внимание на показатели процентного соотношения конструктивных и технологических параметров относительно суммарного значения показателя технологической живучести и динамику их изменения для всех 15 рассматриваемых систем.

1. Для систем, реализуемых на практике до настоящего времени и обладающих наибольшим показателем технологической живучести в первом приближении (позиции 1–4),

**Таблица 2.** Расчетные значения конструктивных и технологических параметров и их категорий СМКС

№	Наименование системы	Индексы параметров СМКС							
		$I_1$	$I_2$	$I_3$	$I$	$J_1$	$J_2$	$J_3$	$J$
1	U.S. Conventional system	0,78	0,61	0,41	<b>1,81</b>	0,58	0,67	0,92	<b>2,17</b>
2	Duotek	0,67	0,44	0,41	<b>1,53</b>	0,58	0,33	0,87	<b>1,78</b>
3	Dycore	0,61	0,78	0,59	<b>1,97</b>	0,41	0,17	0,57	<b>1,15</b>
4	Dyna-Frame	0,75	0,78	0,54	<b>2,07</b>	0,37	0,33	0,44	<b>1,15</b>
5	Prestressed Joist	0,53	0,61	0,55	<b>1,68</b>	0,43	0,17	0,63	<b>1,23</b>
6	Thomas	0,53	0,56	0,54	<b>1,63</b>	0,45	0,50	0,61	<b>1,56</b>
7	Tri/posite	0,56	0,61	0,46	<b>1,63</b>	0,62	0,00	0,20	<b>0,82</b>
8	University of Nebraska	0,56	0,39	0,50	<b>1,44</b>	0,62	0,67	1,00	<b>2,29</b>
9	Contiframe	0,53	0,39	0,54	<b>1,46</b>	0,58	0,67	1,00	<b>2,25</b>
10	PD2 Frame	0,61	0,44	0,54	<b>1,60</b>	0,62	0,33	1,00	<b>1,95</b>
11	Spanlight	0,53	0,44	0,50	<b>1,47</b>	0,43	0,17	0,45	<b>1,04</b>
12	Quickfloor	0,53	0,61	0,69	<b>1,72</b>	0,39	0,17	0,33	<b>0,89</b>
13	Structurapid	0,53	0,67	0,88	<b>2,07</b>	0,58	0,50	0,20	<b>1,27</b>
14	Swedish	0,53	0,58	0,50	<b>1,61</b>	0,39	0,33	0,61	<b>1,32</b>
15	IMS	0,61	0,83	0,83	<b>2,28</b>	0,41	0,50	0,33	<b>1,24</b>

процентное соотношение конструктивных и технологических параметров ( $I/J$ ) составило примерно 40 % на 60 % соответственно.

2. Аналогичное процентное соотношение конструктивных и технологических параметров определено для системы University of Nebraska, также обладающей высоким показателем технологической живучести в первом приближении. При этом, несмотря на отсутствие данных о практическом применении системы, она обладает достаточно весомой базой исследовательских данных [19–22].

3. Далее наблюдается изменение величины процентного соотношения конструктивных параметров к технологическим, то есть отношение ( $I/J$ ) для нереализуемых в настоящее время систем составляет в среднем 65 % на 35 % соответственно.

Информация о применимости анализируемых каркасных систем до настоящего времени приведена в работе [23].

Полученные результаты позволяют утверждать, что влияние набора конструктивных параметров ( $I$ ) и технологических параметров ( $J$ ) на показатель технологической живучести ( $R$ ) каркасной системы не может быть приравнено. Показатели транспортировки и монтажа конструкций на строительной площадке имеют большее значение, нежели данные их изготовления и конструирования. Следовательно, формула (1) определения технологической живучести каркасной системы может быть скорректирована следующим образом:

$$R = 0,4 \cdot I + 0,6 \cdot J = 0,4 \cdot \sum I_{ni} + 0,6 \cdot \sum J_{nj} \quad (5)$$

**Таблица 3.** Расчетные значения конструктивных и технологических параметров анализируемых зарубежных СМКС и их процентное соотношение

№	Наименование системы	Индексы параметров СМКС			Процентное соотношение	
		$I$	$J$	$R_1$	% ( $I$ )	% ( $J$ )
1	U.S. Conventional system	1,81	2,17	3,98	45	55
2	University of Nebraska	1,44	2,29	3,73	39	61
3	Contiframe	1,46	2,25	3,71	39	61
4	PD2 Frame	1,60	1,95	3,55	45	55
5	IMS	2,28	1,24	3,52	65	35
6	Structurapid	2,07	1,27	3,34	62	38
7	Duotek	1,53	1,78	3,31	46	54
8	Dyna-Frame	2,07	1,15	3,22	64	36
9	Thomas	1,63	1,56	3,19	51	49
10	Dycore	1,97	1,15	3,12	63	37
11	Swedish	1,61	1,32	2,93	55	45
12	Prestressed Joist	1,68	1,23	2,91	58	42
13	Quickfloor	1,72	0,89	2,61	66	34
14	Spanlight	1,47	1,04	2,51	59	41
15	Tri/posite	1,63	0,82	2,45	66	34

Примечание:  $R_1$  – значение технологической живучести с учетом коэффициентов  $k_i$  и  $k_j$ , равных 1.

Оценка технологической живучести каркасной системы, возведенной с применением сборно-монолитной технологии домостроения, позволяет спрогнозировать степень надежности системы на стадии, предшествующей проектированию и возведению объекта строительства. За счет этого у участников строительства появляется возможность принять решение о выборе параметров конструктивной системы здания на более ранних сроках инвестиционно-строительного проекта, тем самым делая данный процесс более управляемым.

Сравнительный анализ 15 зарубежных сборно-монолитных систем показал, что масштабность и долгосрочность применения каркасной системы в большей мере обусловлены ее технологическими параметрами, нежели конструктивными, следовательно, показатели проектирования и изготовления несущих конструкций не могут оцениваться равносильно параметрам машиноёмкости и трудоёмкости работ на строительной площадке. В дальнейшем необходимо провести ряд дополнительных исследований для подтверждения данного суждения.

### Литература

1. Чемодуров, В.Т. Оптимизация и надежность строительных систем / В.Т. Чемодуров, Э.В. Литвинова // Экономика строительства и природопользования. – 2021. – № 2(79). –

С. 110–116. – DOI: 10.37279/2519-4453-2021-2-110-117.

2. Даулетбаев, Р.Б. Надежность строительных конструкций зданий и сооружений в процессе их эксплуатации / Р.Б. Даулетбаев, Б.В. Вовк // Инновации и инвестиции. Серия: Строительство. Архитектура. – 2019. – № 5. – С. 173–177.

3. Меркулов, С.И. Живучесть железобетонных конструкций и конструктивных систем / С.И. Меркулов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2015. – № 3. – С. 58–61.

4. Назаров, Ю.П. К проблеме обеспечения живучести строительных конструкций при аварийных воздействиях / Ю.П. Назаров, А.С. Городецкий, В.Н. Симбиркин // Строительная механика и расчет сооружений. – 2009. – № 4. – С. 5–9.

5. Волков, А.А. Организационно-технологическая надежность управляющих систем строительства / А.А. Волков, В.М. Лебедев // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2018. – № 4. – С. 68–70.

6. Гинзбург, А.В. Влияние мероприятий по повышению организационно-технологической надежности на функционирование строительной организации и планирование строительства / А.В. Гинзбург, П.Б. Жавнеров // Научно-технический вестник Поволжья. – 2014. – № 3. – С. 94–96.

7. Жавнеров, П.Б. Повышение организационно-технологической надежности строительства за счет структурных мероприятий / П.Б. Жавнеров, А.В. Гинзбург // Научно-технический журнал Вестник МГСУ. – 2013. – № 3. – С. 196–200. – DOI: 10.22227/1997-0935.2013.3.

8. Гинзбург, А.В. Организационно-технологическая надежность строительных систем / А.В. Гинзбург // Вестник МГСУ. – 2010. – Т. 5. – № 4(1). – С. 251–255.

9. Гусаков, А.А. Организационно-технологическая надежность строительства / А.А. Гусаков, С.А. Веремеенко, А.В. Гинзбург и др. – М. : SvR-Аргус, 1994. – 472 с.

10. Колмакова, Ю.Д. Новые конструктивно-технологические решения для повышения технологической живучести сборно-монолитных систем гражданских зданий / Ю.Д. Колмакова, Н.И. Фомин // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2023. – № 2(57). – С. 88–93. – DOI: 10.25628/UNIIP.2023.57.2.015.

11. Фомин, Н.И. Развитие технологий комплексного инжиниринга в строительстве / Н.И. Фомин // Перспективы науки. – Тамбов : ТМБпринт. – 2023. – № 7(166). – С. 111–114.

12. Nasser, G.D. The legacy and future of an American icon: The precast, prestressed concrete double tee / G.D. Nasser, M. Tadros, A. Sevenker, D. Nasser // PCI JOURNAL. – 2015. – Vol. 60. – No. 4. – P. 49–68. – DOI: <https://doi.org/10.15554/pcij.07012015.49.68>.

13. Ghayed, H.H. Reformance of dowel beam-to-column connections for precast concrete systems under seismic loads: A review / H.H. Ghayed, H.A. Razak, N.R. Ramli Sulong // Construction and Building Materials. – 2020. – No. 237. – P. 2–23.

14. Pessiki, S. Review of Existing Precast Concrete Gravity Load Floor Framing Systems / S. Pessiki, R. Prior, R. Sause, S. Slaughter // PCI JOURNAL. – 1995. – Vol. 40. – No. 2. – P. 52–68. – DOI: 10.15554/pcij.03011995.52.68.

15. Prior, R.C. Identification and Preliminary Assessment of Existing Precast Concrete Floor Framing Systems : Theses and Dissertations / R.C. Prior, 2003. – 213 p.

16. Shawkat, S. Application of Structural System in Building Design / S. Shawkat, R. Schlesinger. – Brno, Czech Republic, 2020. – 499 p.

17. Лысова, Ю.Д. Сравнительный анализ конструктивно-технологических параметров зарубежных сборно-монолитных систем гражданских зданий. Часть I / Ю.Д. Лысова, Н.И. Фомин, А.Х. Байбурун // Вестник ЮУрГУ. Серия: Строительство и Архитектура. – 2022. – Т. 22. – № 2. – С. 61–67. – DOI: 10.14529/build220208.

18. Лысова, Ю.Д. Сравнительный анализ конструктивно-технологических параметров зарубежных сборно-монолитных систем гражданских зданий. Часть II / Ю.Д. Лысова, Н.И. Фомин, А.Х. Байбурун // Вестник ЮУрГУ. Серия: Строительство и Архитектура. – 2022. – Т. 22. – № 3. – С. 53–60. – DOI: 10.14529/build220306.
19. Henin, E. Shallow Flat Soffit Precast Concrete Floor System / E. Henin, M. Tardros // Practice Periodical on Structural Design and Construction. – 2013. – Vol. 18. – No. 2. – P. 101–110. – DOI: 10.1061/(ASCE)SC.1943-5576.0000135.
20. Morcou, G. Shallow precast concrete floor without beam ledges or column corbels / G. Morcou, E. Henin, M.K. Tadros // PCI JOURNAL. – 2019. – Vol. 64. – No. 4. – P. 41–54. – DOI: 10.15554/pci64.4-02.
21. Morcou, G. A new shallow precast/prestressed concrete floor system for multi-story buildings in low seismic zones / G. Morcou, E. Henin, F. Fawzy, M.K. Tadros // Engineering Structures. – 2014. – Vol. 60. – P. 287–299. – DOI: 10.1016/j.engstruct.2013.12.016.
22. Henin, E. Efficient Precast/Prestressed Floor System for Building Construction : Theses and Dissertations / E. Henin, 2012. – 326 p.
23. Лысова, Ю.Д. Анализ применения сборно-монолитных каркасных систем на основе зарубежного опыта / Ю.Д. Лысова, Н.И. Фомин // Сборник избранных научных трудов по материалам VI Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 85-летию создания строительного комплекса Якутии, 2022. – С. 8–14.

### References

1. CHemodurov, V.T. Optimizatsiya i nadezhnost stroitelnyh sistem / V.T. CHemodurov, E.V. Litvinova // Ekonomika stroitelstva i prirodopolzovaniya. – 2021. – № 2(79). – S. 110–116. – DOI: 10.37279/2519-4453-2021-2-110-117.
2. Dauletbaev, R.B. Nadezhnost stroitelnyh konstruksij zdaniy i sooruzhenij v protsesse ih ekspluatatsii / R.B. Dauletbaev, B.V. Vovk // Innovatsii i investitsii. Seriya: Stroitelstvo. Arhitektura. – 2019. – № 5. – S. 173–177.
3. Merkulov, S.I. Zhivuchest zhelezobetonnyh konstruksij i konstruktivnyh sistem / S.I. Merkulov // Vestnik BGTU im. V.G. SHuhova. – 2015. – № 3. – S. 58–61.
4. Nazarov, YU.P. K probleme obespecheniya zhivuchesti stroitelnyh konstruksij pri avariynnyh vozdeystviyah / YU.P. Nazarov, A.S. Gorodetskij, V.N. Simbirkin // Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzhenij. – 2009. – № 4. – S. 5–9.
5. Volkov, A.A. Organizatsionno-tekhnologicheskaya nadezhnost upravlyayushchih sistem stroitelstva / A.A. Volkov, V.M. Lebedev // Vestnik BGTU im. V.G. SHuhova. – 2018. – № 4. – S. 68–70.
6. Ginzburg, A.V. Vliyanie meropriyatij po povysheniyu organizatsionno-tekhnologicheskoy nadezhnosti na funktsionirovanie stroitel'noj organizatsii i planirovanie stroitelstva / A.V. Ginzburg, P.B. ZHavnerov // Nauchno-tekhnikeskij vestnik Povolzhya. – 2014. – № 3. – S. 94–96.
7. ZHavnerov, P.B. Povysenie organizatsionno-tekhnologicheskoy nadezhnosti stroitelstva za schet strukturnykh meropriyatij / P.B. ZHavnerov, A.V. Ginzburg // Nauchno-tekhnikeskij zhurnal Vestnik MGSU. – 2013. – № 3. – S. 196–200. – DOI: 10.22227/1997-0935.2013.3.
8. Ginzburg, A.V. Organizatsionno-tekhnologicheskaya nadezhnost stroitelnyh sistem / A.V. Ginzburg // Vestnik MGSU. – 2010. – Т. 5. – № 4(1). – S. 251–255.
9. Gusakov, A.A. Organizatsionno-tekhnologicheskaya nadezhnost stroitelstva / A.A. Gusakov, S.A. Veremeenko, A.V. Ginzburg i dr. – М. : SvR-Argus, 1994. – 472 s.
10. Kolmakova, YU.D. Novye konstruktivno-tekhnologicheskie resheniya dlya povysheniya

tehnologicheskoy zhivuchesti sborno-monolitnyh sistem grazhdanskih zdaniy / YU.D. Kolmakova, N.I. Fomin // Akademicheskij vestnik UralNIIProekt RAASN. – 2023. – № 2(57). – S. 88–93. – DOI: 10.25628/UNIIP.2023.57.2.015.

11. Fomin, N.I. Razvitie tekhnologij kompleksnogo inzhiniringa v stroitelstve / N.I. Fomin // Perspektivy nauki. – Tambov : TMBprint. – 2023. – № 7(166). – S. 111–114.

17. Lysova, YU.D. Sravnitelnij analiz konstruktivno-tehnologicheskikh parametrov zarubezhnyh sborno-monolitnyh sistem grazhdanskih zdaniy. CHast I / YU.D. Lysova, N.I. Fomin, A.H. Bajburin // Vestnik YUUrGU. Seriya: Stroitelstvo i Arhitektura. – 2022. – T. 22. – № 2. – S. 61–67. – DOI: 10.14529/build220208.

18. Lysova, YU.D. Sravnitelnij analiz konstruktivno-tehnologicheskikh parametrov zarubezhnyh sborno-monolitnyh sistem grazhdanskih zdaniy. CHast II / YU.D. Lysova, N.I. Fomin, A.H. Bajburin // Vestnik YUUrGU. Seriya: Stroitelstvo i Arhitektura. – 2022. – T. 22. – № 3. – S. 53–60. – DOI: 10.14529/build220306.

23. Lysova, YU.D. Analiz primeneniya sborno-monolitnyh karkasnyh sistem na osnove zarubezhnogo opyta / YU.D. Lysova, N.I. Fomin // Sbornik izbrannyh nauchnyh trudov po materialam VI Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoj 85-letiyu sozdaniya stroitelnogo kompleksa YAkutii, 2022. – S. 8–14.

---

### Technological Survivability Assessment of Precast-Monolithic Systems of Civil Buildings

Yu.D. Kolmakova, N.I. Fomin

*Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin,  
Yekaterinburg (Russia)*

**Key words and phrases:** frame system; structural parameters; construction system reliability; organizational and technological reliability; prefabricated-monolithic construction; technological survivability; technological parameters.

**Abstract.** According to accumulated research experience it follows that the building system reliability is formed by various components determined by the characteristics of the construction stages: structural reliability life cycle at the design stage, organizational and technological reliability at the construction stage, etc. The article demonstrates the methodological possibility of simultaneously taking into account these components at the stage of choosing an implementation option civil building load-bearing frame as the building system technological survivability indicator. Using the example of prefabricated monolithic frame (**PMF**) civil buildings, a generalized method for calculating the indicator value is proposed. For prefabricated monolithic civil buildings, the parameters knowledge of technological survivability allows at the stage of making preliminary decisions to predict the main parameters of the building load-bearing frame, ensuring high system reliability. The of technological survivability value allows to make an informed choice of system at the early stages of design.

To compare the PMF, the author's methodology for measuring the technological survivability indicator is proposed, based on the comprehensive analysis of the 15 prefabricated monolithic frame systems (**PMFS**) design and technological parameters, implemented in foreign construction practice, starting from the 50s of the last century.

As a result of comparing 15 foreign civil buildings PMFS, the degree of design and

technological parameters influence on the technological survivability value of the system was quantitatively determined, which made it possible to obtain an engineering methodology of its calculation for an arbitrary PMFS.

The technological survivability value of the SMCS, found using the author's method, allows to make an informed decision on the building frame option choice that provides the greatest degree of the building system reliability on the early investment and construction project stage.

---

© Ю.Д. Колмакова, Н.И. Фомин, 2023

УДК 681.322.06

## Один из методов выбора производства строительно-монтажных работ

С.А. Синенко, Б.В. Жадановский, В.Е. Базанов

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский  
Московский государственный строительный университет»,  
г. Москва (Россия)*

**Ключевые слова и фразы:** выбор способа производства строительных работ; технологическая карта; рациональная технология; механизация работ; контроль качества; технико-экономические показатели.

**Аннотация.** Целью публикации является изучение вопросов создания автоматизированной системы выбора рациональных организационно-технологических решений на базе современных технологий проектирования. Гипотеза исследования состоит в возможности выбора на основе модифицированных генетических алгоритмов наиболее рациональной технологической карты (ТК) для какого-либо вида работ из информационной базы (банка данных) типовых технологических карт.

Задача исследования – изучение факторов, влияющих на выбор организационно-технологических решений, способов привязки карт к реальным условиям строительного производства, а также требований к базам данных типовых ТК применительно к технологии информационного моделирования (BIM-моделям).

Материалы и методы: аналитический обзор нормативных документов и научных исследований в области организационно-технологического проектирования; применение методики модифицированных генетических алгоритмов для выбора оптимальных решений из набора типовых технологических карт с учетом весовых коэффициентов различных параметров и критериев.

Результатом исследования является выделение факторов, влияющих на выбор организационно-технологических решений при производстве работ и параметров целевой функции для наиболее рационального варианта ТК. Проанализированы и сформулированы требования к информационным базам данных и программному обеспечению, используемым для организационно-технологического проектирования на этапе подготовки строительного производства и моделирования возведения объектов.

При возведении объектов планируемые организационно-технологические решения (ОТР) являются одним из главных факторов, влияющих на конечные результаты строительства и эффективность строительного производства. В рамках подготовки строительного производства проводится разработка значительного объема технологической и организационной документации, охватывающей общестроительные и специальные работы на всех циклах возведения зданий.

Организационно-технологическое проектирование (ОТП) характеризуется необходимостью решения большого числа задач, связанных прежде всего со сложностью и масштабностью объектов, разнообразием внешних условий строительства (геологических, природно-климатических, транспортных и т.д.), с разнообразием строительных технологий и строительной техники и их доступностью или освоенностью. В целях определения наиболее рациональных организационно-технологических схем производства работ необходимо адаптировать методы решения вопросов ОТП с учетом развития возможностей цифровых технологий и компьютерной техники.

Одним из основных организационно-технологических документов являются технологические карты (ТК). Они включают совокупность правил, норм, инструкций и схем для выполнения заданного проекта или его части. Использование ТК позволяет исключить различные вариации и трактовки того или иного способа действия в конкретной ситуации, а также наиболее эффективно и быстро выполнить заданный вид работ применительно к выбранной области применения документа. Кроме того, ТК используются в качестве исходных данных при оперативном планировании – составлении месячных оперативных планов, недельно-суточных графиков, нарядов на производство работ.

В настоящее время разработано большое число технологических карт, в том числе типовых, практически на все строительные процессы, относящиеся к общестроительным и специализированным работам. Следует отметить, что для одного строительного процесса имеется, как правило, несколько ТК с отличающимися условиями производства работ, различной используемой строительной техникой или отличиями в технологии [11–13].

Развитие и совершенствование строительных технологий, появление новых материалов, потребность в увязке различных технологий и режимов работ в комплексных строительномонтажных процессах обуславливает и рост числа новых ТК.

Использование информационных технологий позволяет упростить и значительно ускорить разработку технологических карт [14].

При наличии некоторого набора технологических карт для производства определенного вида строительных работ возможна разработка методик оптимизации с использованием генетических алгоритмов по выбору эффективных организационно-технологических решений [15; 16]. Совместное использование указанной методики с технологиями информационного моделирования (BIM-моделями) позволит автоматизировать отбор и применение технологических карт на этапе производства строительных работ, особенно при применении роботизированных комплексов и оборудования для выполнения отдельных строительных процессов.

Продолжаются исследования, направленные на совершенствование нормативной базы ОТП. Развитие методов моделирования строительных процессов способствует использованию рациональных организационных и технологических решений, оптимальному выбору параметров строительного производства при рассмотрении различных возможных вариантов [1; 4–10].

Методы и приемы организации строительного производства подразумевают использование технологий информационного моделирования (ТИМ, BIM), с применением которых

создается трехмерная информационная модель объекта и все процессы проектирования, строительства и эксплуатации привязываются к единой среде общих данных для планирования и управления процессами (с хранением полной информации об объекте) на всех этапах жизненного цикла.

В режиме реального времени визуализации и локализации требуется контекстно-зависимая информация (например, пространство, место, время) для нормального функционирования системы. Таким образом, модель BIM может обеспечить пространственные отношения, в то время как сенсорная технология может обеспечить информацию о конкретном местоположении и времени. Современные методы локализации (в помещении) используют вероятностные алгоритмы для оценки ориентирования, которые часто требуют большой вычислительной мощности. Так как модель содержит точное расположение компонентов, то при использовании BIM-модели обеспечивается следующее преимущество: нет необходимости оценивать истинное положение ориентиров, при этом резко уменьшается сложность процесса и машинное время работы алгоритма.

Технология информационного моделирования представляет собой следующий уровень развития строительного производства по сравнению с системами автоматизированного проектирования (САПР). Основное отличие BIM-моделирования от САПР – не только 3D-графика, но и наличие атрибутов для каждого элемента модели – параметров и информации о характеристиках отдельных элементов или объекта в целом (архитектурных, технических, технологических, стоимостных и пр.). По требованию застройщика атрибуты могут включать эксплуатационную, юридическую или любую другую информацию. Для целей настоящего исследования нас интересуют технологические карты на строительные процессы [1; 7–10].

В результате проведенного исследования сформулированы требования к информационным базам данных и программному обеспечению, используемым для ОТП на этапе подготовки строительного производства; рассмотрены вопросы создания информационных баз (библиотек) типовых технологических карт; выделены факторы, влияющие на выбор организационно-технологических решений при производстве работ.

С целью оптимального выбора ТК из информационной базы по исследованным критериям применена методика, использующая модифицированные генетические алгоритмы (ГА, GA).

Целевая функция имеет вид:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} C_{ij} K_{ij} + ID + P \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} C_{ij} K_{ij} \rightarrow \min \quad (1)$$

при ограничении  $D \leq T$ , где  $T$  – требуемое время выполнения процесса;  $D$  – расчетное время выполнения процесса. Переменные имеют следующий смысл:  $n$  – число процессов;  $m_i$  – число типовых технологических карт для  $i$ -го процесса;  $C_{ij}$  – прямые затраты на  $i$ -й процесс при выборе  $j$ -й альтернативы;  $K_{ij}$  – двоичная переменная процесса  $i$  (1 при  $i = j$ , 0 при  $i \neq j$ );  $I$  – косвенные затраты в единицу времени;  $P$  – косвенный процент издержек.

Использование программных средств при ОТП актуально как средство ускорения подготовки строительного производства, повышения его эффективности и качества. В настоящее время необходимость такого подхода обусловлена и широким внедрением технологий информационного моделирования, позволяющих уже на этапе проектирования зданий и сооружений предусмотреть рациональные организационно-технологические схемы и решения, избежать появления возможных накладок и ошибок при возведении объектов [2; 15; 16].

Распоряжением Правительства Российской Федерации № 1632-р от 28.07.2017 была принята Программа «Цифровая экономика Российской Федерации», предполагающая внедрение и использование современных технологий на основе новых стандартов. Кроме того, необходимо учесть возможность применения подходящих национальных и международных стандартов при разработке российской нормативной базы. С 2022 г. применение технологий информационного моделирования (BIM-моделирования) стало обязательным для всех объектов, которые финансируются за счет средств бюджетов субъектов Российской Федерации (Постановление Правительства РФ № 331 от 05.03.2021).

Пространственные параметры технологических процессов и сами процессы, выполняемые в процессе возведения объектов, характеризуются значительной изменчивостью и разнообразием. Поэтому обнаружение коллизий с рабочими пространствами разных видов работ (необходимости освобождения фронта работ для последующих технологических процессов) целесообразно осуществлять при помощи 4D-моделирования: трехмерная информационная модель возведения объекта, привязанная к календарному плану, уже на этапе организационно-технологического проектирования способствует устранению значительного числа возможных несоответствий и пересечений [8–10].

При разработке организационно-технологических решений строительства необходимы исходные данные, содержащие большой объем самой разнообразной законодательной, нормативно-технической, технологической и другой информации, например: требования по охране труда и пожарной безопасности; технические характеристики и потребность в машинах и механизмах, других материальных ресурсах; технологические регламенты и требования по контролю качества материалов и технологических процессов и пр.

Содержание всех решений, принятых в технологических картах, должно полностью соответствовать требованиям принятых технических регламентов и норм, предусмотренных договорами и контрактами.

Программные средства, применяемые при разработке ТК, должны иметь в своем составе модули для реализации расчетного и графического функционала. Такие комплексы могут разрабатываться в виде надстроек над специализированным графическим и расчетным программным обеспечением или системами управления баз данных [14].

Информационная база, используемая такими программными средствами, должна содержать актуальную справочную, нормативно-техническую и методическую документацию в виде текстовых и графических материалов и позволять решать все задачи, связанные с организационно-технологическим проектированием при возведении объектов, например: выбор рациональных технологических схем; подбор оптимальных комплектов машин и оборудования; автоматизированный выбор и привязка грузоподъемного оборудования в зависимости от параметров сооружений и массо-габаритных характеристик конструктивных элементов; комплектация оснасткой и инструментом; определение потребности в ресурсах (электроэнергия, вода, пар и т.д.), временных зданиях, складских площадях и пр.

Результат работы программ оформляется в соответствии с действующими нормами на организационно-технологическую документацию (в электронном виде или на бумажном носителе) и используется всеми заинтересованными участниками строительства.

Автоматизированная разработка технологических карт требует использования унифицированных решений. Так, у производителей опалубочных систем уже существует целый ряд программных решений, позволяющих в автоматическом режиме составить план расстановки опалубки. С другой стороны, для многих задач технологического проектирования удобные программные средства их решения пока не разработаны: например, составление графиков производства работ и движения машин в стесненных условиях для наиболее

эффективного их использования. Ряд задач при разработке технологических карт уже находит свое решение с помощью программных средств, использующих информационные базы данных с техническими характеристиками машин, оборудования и инструмента. Исходными данными являются проектные данные по объекту, на основе которых рассчитываются ведомости объемов, графики производства работ, графики движения трудовых и материальных ресурсов и др. [11; 13].

Достаточно просто реализуется подбор грузоподъемных механизмов при наличии базы данных с грузоподъемными характеристиками кранов и характеристиками грузозахватных приспособлений, проектных параметров объекта строительства и нормативных параметров по безопасности. Программы осуществляют расчет рабочих и опасных зон кранов с вычерчиванием их на стройгенплане.

В настоящее время формируются базы данных для различных видов строительной техники: землеройных и землеройно-транспортных машин, грузоподъемной техники (кранов, подъемников), буровых машин и оборудования; машин и оборудования для бетонных работ и т.д. Указанные базы данных формируются в виде BIM-каталогов, включающих в себя кроме технических данных еще и графические изображения (3D-модели) каждого элемента, что позволяет использовать их непосредственно в BIM-модели на стадии проектирования и строительства [12].

Как указывалось выше, с использованием целевой функции (1) типовые технологические карты сравниваются и выбираются по сумме весовых значений критериев, что обеспечивает ранжирование ТК и отбор для использования в процессе строительного производства при возведении объектов. Поиск оптимальных решений может производиться при наличии граничных условий (например, область применения технологической карты, заданная продолжительность выполнения работ) по различным критериям (параметрам), таким как минимизация общей стоимости работ, трудоемкости, механовооруженности и др.

В связи со сложившейся в настоящее время ситуацией переход участников строительства на технологии информационного моделирования замедлился, необходимость использования 3D-моделей временно отложена (предусмотрена опционально). В целях замещения зарубежных программных средств и перехода на отечественные разработки в РФ создаются индустриальные центры компетенций (ИЦК), утверждена дорожная карта «Новое индустриальное программное обеспечение», предусматривающая разработку программных решений по BIM-моделированию.

В настоящее время выделяют различные уровни проработки (LOD) модели, количество которых с течением времени имеет тенденцию к увеличению. К уровням низкой детализации относятся первые два уровня – LOD 100 и LOD 200, к уровням высокой – LOD 300, LOD 350, LOD 400. Уровень LOD 500 представляет собой цифровую модель построенного здания или сооружения с учетом фактических данных всей исполнительной документации. Модель любого уровня содержит две составляющие – геометрическую и атрибутивную. Различные элементы разрабатываемых BIM-моделей (секции, конструкции, инженерные сети, оборудование и пр.) могут отличаться уровнем детализации. То же касается и моделей, относящихся к различным этапам жизненного цикла объекта строительства. В частности, модель на этапе подготовки к строительству и собственно проведения строительно-монтажных работ (строительная информационная модель) отличаются от проектной информационной модели. Зачастую ОТР, предусмотренные проектом организации строительства, изменяются подрядными организациями при планировании производства работ.

На этапе строительства перспективы моделирования процесса производства про-

являются в «визуализации» документов, содержащих основные организационно-технологические решения – проектов организации строительства (ПОС) и проектов производства работ (ППР); пространственно-временной координации участников строительства; планировании, управлении и контроле (план-факт); оптимизации стройплощадки и логистики; совершенствовании проведения работ геодезического обеспечения строительства; рационализации исполнительной документации и ее полном отражении в информационной модели объекта с учетом всех допущенных отклонений. Все это должно привести в итоге к сокращению сроков возведения зданий и сооружений, снижению себестоимости создания объекта; обеспечить доступ к достоверной информации о ходе строительства; сократить отходы; снизить травматизм на стройплощадке и повысить надежность и качество объекта строительства в целом.

Совместное использование технологий информационного моделирования и методик выбора наиболее рациональных типовых ТК позволяет выполнить расчет для конкретных объектов требуемых производственных параметров строительных процессов. Опытное применение описанного выше метода показало свою эффективность при разработке проектов многоэтажного жилого здания в г. Москве.

### Литература

1. Синенко, С.А. Автоматизация организационно-технологического проектирования в строительстве / С.А. Синенко, В.М. Гинзбург, В.Н. Сапожников, П.Б. Каган, А.В. Гинзбург. – Саратов : Вузовское образование, 2019. – 240 с.
2. Синенко, С.А. О возможном описании и отображении универсальной модели системы проектирования / С.А. Синенко, Н.Ф. Кашапов, И.О. Кудрявцев // Международный центр научного сотрудничества «Наука и просвещение». Современная наука: актуальные вопросы, достижения и инновации : Сборник статей VII Международной научно-практической конференции. Часть 2 (г. Пенза, 5 июня 2019 г.). – Пенза : Наука и просвещение, 2019. – С. 184–190.
3. Sinenko, S. Construction Machines Requirement for the Building Site / S. Sinenko, V. Zhadanovsky, V. Obodnikov // Web of Conferences. – 2019. – Vol. 110. – DOI: 10.1051/e3sconf/201911001036.
4. Sinenko, S.A. Efficiency Perfection of Organizational-Technological Decisions on the Basis of Information Flows in the Construction of Multi-Storey Residential Buildings / S.A. Sinenko, A.O. Feldman // International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern technologies IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 463 (2018) 042010. IOP Publishing doi:10.1088/1757-899X/463/4/042010.
5. Скворцов, А.В. Модели данных BIM для инфраструктуры / А.В. Скворцов // САПР и ГИС автомобильных дорог. – 2015. – № 1(4). – С. 16–23.
6. Румянцева, Е.В. BIM-технологии: подход к проектированию строительного объекта как единого целого / Е.В. Румянцева, Л.А. Манухина // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. – 2015. – № 5(18). – С. 33–36.
7. Лушников, А.С. Проблемы и преимущества внедрения BIM-технологий в строительных компаниях / А.С. Лушников // Вестник гражданских инженеров. – 2015. – № 6(53). – С. 252–256.
8. Лapidус, А.А. Развитие методов технологии и организации строительного производства для решения проблем энергоэффективности / А.А. Лapidус, В.И. Теличенко, Д.К. Туманов, М.Н. Ершов, П.П. Олейник, О.А. Фельдман, А.В. Ишин // Технология и орга-

низация строительного производства. – 2014. – № n2. – С. 10–16.

9. Losev, K.Yu. Modeling and Assessment of a Building Intellectual Grade in the Community of Full Participant in Construction Activities / K.Yu. Losev, V.O. Chulkov, R.R. Kazaryan // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2018. – Vol. 463. – P. 032085.

10. Kazaryan, R.R. System-targeted approach to the integrated use of transport in the interests of life safety / R.R. Kazaryan // MATEC Web of Conferences. – 2018. – Vol. 239.

11. Олейник, П.П. Организация планирование и управление в строительстве / П.П. Олейник. – М. : АСВ, 2017.

12. Базанов, В.Е. Особенности составления организационно-технологической документации для строительных работ по заделке кабельных проходов / В.Е. Базанов // Перспективы науки. – Тамбов : ТМБпринт. – 2020. – № 2(125). – С. 30–34.

13. Олейник, П.П. Состав разделов организационно-технологической документации и требования к их содержанию / П.П. Олейник, Б.Ф. Ширшиков. – М. : Изд-во МГСУ, 2013. – 63 с.

14. Синенко, С.А. К вопросу совершенствования форм отображения норм и нормативов по организации и технологии строительства / С.А. Синенко, Е.Д. Данилова // БСТ: Бюллетень строительной техники. – 2018. – № 5(1005). – С. 54–55.

15. Пименов, С.И. Строительная информационная модель / С.И. Пименов // Construction and Geotechnics. – 2022. – Т. 13. – № 3. – С. 72–84. – DOI: 10.15593/2224–9826/2022.3.07

16. Олейник, П.П. Исследование влияния параметров строительных конструкций на производство работ / П.П. Олейник, А.А. Белоус // Научно-образовательный журнал StudNet. – 2020. – Т. 3. – № 7. – С. 466.

## References

1. Sinenko, S.A. Avtomatizatsiya organizatsionno-tekhnologicheskogo proektirovaniya v stroitelstve / S.A. Sinenko, V.M. Ginzburg, V.N. Sapozhnikov, P.B. Kagan, A.V. Ginzburg. – Saratov : Vuzovskoe obrazovanie, 2019. – 240 s.

2. Sinenko, S.A. O vozmozhnom opisani i otobrazhenii universalnoj modeli sistemy proektirovaniya / S.A. Sinenko, N.F. Kashapov, I.O. Kudryavtsev // Mezhdunarodnij tsentr nauchnogo sotrudnichestva «Nauka i prosveshchenie». Sovremennaya nauka: aktualnye voprosy, dostizheniya i innovatsii : Sbornik statej VII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii. CHast 2 (g. Penza, 5 iyunya 2019 g.). – Penza : Nauka i prosveshchenie, 2019. – S. 184–190.

5. Skvortsov, A.V. Modeli dannyh BIM dlya infrastruktury / A.V. Skvortsov // SAPR i GIS avtomobilnyh dorog. – 2015. – № 1(4). – S. 16–23.

6. Rumyantseva, E.V. BIM-tekhnologii: podhod k proektirovaniyu stroitel'nogo obekta kak edinogo tselogo / E.V. Rumyantseva, L.A. Manuhina // Sovremennaya nauka: aktualnye problemy i puti ih resheniya. – 2015. – № 5(18). – S. 33–36.

7. Lushnikov, A.S. Problemy i preimushchestva vnedreniya BIM-tekhnologij v stroitelnyh kompaniyah / A.S. Lushnikov // Vestnik grazhdanskih inzhenerov. – 2015. – № 6(53). – S. 252–256.

8. Lapidus, A.A. Razvitie metodov tekhnologii i organizatsii stroitel'nogo proizvodstva dlya resheniya problem energoeffektivnosti / A.A. Lapidus, V.I. Telichenko, D.K. Tumanov, M.N. Ershov, P.P. Olejnik, O.A. Feldman, A.V. Ishin // Tekhnologiya i organizatsiya stroitel'nogo proizvodstva. – 2014. – № n2. – S. 10–16.

11. Olejnik, P.P. Organizatsiya planirovanie i upravlenie v stroitelstve / P.P. Olejnik. – M. : ASV, 2017.
12. Bazanov, V.E. Osobennosti sostavleniya organizatsionno-tekhnologicheskoy dokumentatsii dlya stroitelnyh rabot po zadelke kabelnyh prohodok / V.E. Bazanov // Perspektivy nauki. – Tambov : TMBprint. – 2020. – № 2(125). – S. 30–34.
13. Olejnik, P.P. Sostav razdelov organizatsionno-tekhnologicheskoy dokumentatsii i trebovaniya k ih soderzhaniyu / P.P. Olejnik, B.F. SHirshikov. – M. : Izd-vo MGSU, 2013. – 63 s.
14. Sinenko, S.A. K voprosu sovershenstvovaniya form otobrazheniya norm i normativov po organizatsii i tekhnologii stroitelstva / S.A. Sinenko, E.D. Danilova // BST: Byulleten stroitelnoj tekhniki. – 2018. – № 5(1005). – S. 54–55.
15. Pimenov, S.I. Stroitel'naya informatsionnaya model / S.I. Pimenov // Construction and Geotechnics. – 2022. – T. 13. – № 3. – S. 72–84. – DOI: 10.15593/2224–9826/2022.3.07
16. Olejnik, P.P. Issledovanie vliyaniya parametrov stroitelnyh konstruksij na proizvodstvo rabot / P.P. Olejnik, A.A. Belous // Nauchno-obrazovatel'nyj zhurnal StudNet. – 2020. – T. 3. – № 7. – S. 466.

---

### One of the Techniques of Selecting the Method of Construction and Erection Works

S.A. Sinenko, B.V. Zhadanovsky, V.E. Bazanov

*National Research Moscow State University of Civil Engineering,  
Moscow (Russia)*

**Key words and phrases:** selection of the method of construction works; method statement; rational technology; mechanization of works; quality control; technical and economic indices.

**Abstract.** The purpose of the paper is to study the matters of creating an automated system for the selection of rational organizational and technological solutions based on state-of-the-art design engineering technologies. The hypothesis of the study consists in the possibility of making a selection based on modified genetic algorithms of the most rational method statement (**MS**) for any type of works out of the information base of standardized method statements. The objective of the research is to study the factors influencing the choice of organizational and technological solutions, techniques for MS adaptation to the real conditions of construction operations, and requirements to databases of standardized MS as applied to the information modeling technology (BIM-models). The result of the study is the identification of factors influencing the choice of organizational and technological solutions in construction operations and objective function attributes for the most rational option of MS. The requirements to information databases and software used for organizational and technological design engineering at the stage of preparation of construction operations and erection modeling have been analyzed.

---

© С.А. Синенко, Б.В. Жадановский, В.Е. Базанов, 2023

УДК 628.463.4

## Повышение эффективности сортировки мусорных отходов использованием современных технологий

А.О. Хубаев<sup>1</sup>, В.С. Голицын<sup>1</sup>, М.С. Бужынский<sup>1</sup>,  
Н.В. Макаев<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский  
Московский государственный строительный университет»,  
г. Москва (Россия);

<sup>2</sup> ООО «Комбинат Инновационных Технологий – МонАрх»,  
г. Москва (Россия)

**Ключевые слова и фразы:** автоматизированная сортировка отходов; датчик заполненности мусорного контейнера; сортировка твердых коммунальных отходов; технология подземного сбора мусора; мусорные экоконтейнеры.

**Аннотация.** В настоящее время в связи с проблематикой отсутствия в Российской Федерации налаженной системы сортировки мусорных отходов с целью их дальнейшей переработки возникает потребность в оценке эффективности принимаемых решений в отношении сбора и утилизации отходов. Гипотеза исследования: улучшение экологической обстановки, а также повышение экономической эффективности переработки твердых коммунальных отходов (ТКО) на основе применения различных IT-технологий в сфере переработки ТКО в РФ. Целью исследования является выявление причин плохого функционирования системы сортировки и вывоза ТКО в РФ, рассмотрение вероятных решений данной проблемы путем применения современных способов сортировки мусорных отходов в условиях Российской Федерации на примере уже существующих и эксплуатируемых на данный момент систем сбора мусора и систем оптимизации мусоросборного процесса. Задачами исследования являются: анализ и описание основных тенденций по внедрению систем переработки твердых коммунальных отходов в Российской Федерации, включая описание ключевых аспектов их возможного пути внедрения в индустрию. По результатам исследования было сделано заключение о необходимости совместного применения различных IT-технологий в сфере переработки ТКО. В перспективе созданная система утилизации мусора будет экономиче-

ски выгодна, а также поможет улучшить экологическую ситуацию в стране. В работе использованы общенаучные методы исследования.

### Введение

В настоящее время в Российской Федерации актуальна проблема утилизации мусорных отходов. По данным статистики Росстат, в 2019 г. доля перерабатываемых коммунальных отходов составляла 3 %. В 2022 г. Российский экологический оператор заявил о том, что по итогам этого года процент перерабатываемого мусора вырос до 11,9 %. Остальная часть мусора вывозится на свалки отходов, расположенные в пригородах. Вред от свалок наносится не только окружающей природной среде, но и жителям местных поселков, вынужденных жить в экологически неблагоприятных условиях. Национальный проект «Экология» задает тенденцию в плановом увеличении доли перерабатываемых твердых коммунальных отходов (ТКО) в РФ на 3 % в год.

Цели исследования:

- исследование существующей системы сортировки ТКО в Российской Федерации и других государствах мира;
- определение направлений применения IT-технологий в области сортировки мусора и их потенциальное внедрение в систему Российской Федерации.

Задачи, которые необходимо решить для достижения поставленных целей:

- анализ существующих подходов к процессу переработки твердых коммунальных отходов в Российской Федерации;
- анализ современных подходов в области переработки ТКО в мире;
- описание ключевых аспектов применяемых технологий по переработке мусора и пути их возможного внедрения, которые позволят оптимизировать процессы сортировки и вывоза мусора в Российской Федерации.

### Переработка ТКО в Российской Федерации

Согласно опросу ТПП 2022 г., для Российской Федерации характерно, что область утилизации и вывоза ТКО уже многие годы одна из самых коррумпированных областей предпринимательской деятельности. Контроль в данной области очень сложен, поэтому появляются несанкционированные свалки, вывоз на которые более дешев и прост, чем на официальные.

Следует учитывать, что на данный момент в Российской Федерации культура сортировки мусора не выработана. Обыватель, как правило, не следит за тем, как происходит утилизация ТКО в районе его проживания. Существует вероятность, что при обширном внедрении раздельного сбора мусора, многие граждане будут выкидывать мусор по старым правилам, не отсортировав его предварительно под каждый контейнер.

Таким образом, на данном этапе необходимо:

- разработать и внедрить стандарт на сортировку мусора, адаптируя мировой опыт для условий Российской Федерации;
- разработать и внедрить системы оптимизации в целях экономии мусоросборного процесса;
- подготовить ознакомительные программы с целью повышения осведомленности населения о важности сортировки мусора;

- разработать законы, предусматривающие административную ответственность за несоблюдение правил сортировки мусора;
- вести выявление несанкционированных свалок и обеспечивать их утилизацию;
- бороться с коррупцией в области утилизации и вывоза ТКО.

### Современная концепция переработки ТКО

Существует три известных способа утилизации отходов [1]: захоронение, сжигание мусора и переработка. Единственным способом, причиняющим наименьший вред окружающей среде, является вторичная переработка.

Решение проблемы свалок и мусорных полигонов – внедрение отдельного сбора вторсырья. Сортировка отходов должна проходить не на свалках, где мусор перемешивается и где он становится непригодным для дальнейшего использования, а как можно ближе к источнику его образования, ближе к жилым домам.

Для этого следует повысить эффективность управления ТКО при помощи следующих действий [2]:

- создание единой комплексной цифровой системы управления отходами с целью оптимизации развертывания в регионе рациональной и эффективной технической, организационной и тарифной политики ТКО;
- переход к разделению потока ТКО на стадиях образования, сбора и вывоза с целью уменьшения объемов ТКО и получения дополнительной прибыли за счет реализации компонентов отходов;
- создание единой информационной базы данных по источникам отходов, маршрутам вывоза и т.д. с целью оптимизации логистики транспортных потоков;
- поиск новых площадок позитарного складирования ТКО;
- создание высокотехнологичных мусоросжигательных заводов;
- ликвидация полигонов ТКО в зонах высокой плотности населения;
- организация современных производств ТКО и производства продуктов вторсырья;
- организация совместных предприятий по обезвреживанию и переработке отходов потребления.

Таким образом, необходимо создание комплексной цифровой системы управления переработки ТКО, что должно обеспечить рациональное использование земельных ресурсов, снижение экологической нагрузки на близлежащие земли, минимизацию затрат на пререработку мусорных отходов, извлечение вторичного сырья и включение его в товарный оборот [3]. Устранение остатков ТКО после сортировки позволит сберечь экологический потенциал страны, а также получение новых источников энергетических ресурсов.

### Технологии в сортировке ТКО

*Контейнеры с подземным заглублением.* Данная технология уже много лет известна в странах Европы, в то же время множество российских компаний занимается созданием подобных мусорных площадок в городах Российской Федерации.

На поверхности земли стоят отдельные по видам отходов урны, куда горожане выкидывают пакеты с мусором. ТКО попадают в контейнеры, расположенные в железобетонной шахте. Платформа с контейнерами имеет в своем основании подъемный механизм, при выгрузке мусора подъемник перемещает контейнер на поверхность, затем он опорожняется мусоровозом. Устройство мусорной площадки показано на рис. 1.



Рис. 1. Устройство мусорной площадки в трехмерном представлении

В настоящее время обширно применяются в таких городах, как Санкт-Петербург, Казань, Белгород. Разработкой этой серии занималась российская компания Panda Lift. На данный момент организовано 6 площадок на территории города. Согласно опросам, которые можно найти в сети интернет, отзывы горожан о таких мусорных площадках очень положительные.

Контейнеры применяются стандартных размеров ( $1,1 \text{ м}^3$ ), что позволяет при выгрузке содержимого контейнера использовать стандартные мусоровозы.

Система адаптирована для условий эксплуатации в климате Российской Федерации.

Лифты оборудованы автономной системой пожаротушения. Над контейнерами находятся порошковые капсулы. При достижении температуры в  $72^\circ$  капсулы взрываются и распыляют порошок, гасящий очаг возгорания [4].

Система обладает противовандальным исполнением. На поверхности земли отсутствуют какие-либо механизмы. Поскольку мусорные контейнеры находятся под землей, урны станут непривлекательными для бездомных и животных.

*Датчик заполненности мусорного бака.* Относительно новая технология, работающая при помощи ультразвукового датчика. Разработкой данной технологии в Российской Федерации занимается множество компаний, но самая известная организация, занимающаяся внедрением IT-технологий в области переработки мусора при поддержке Фонда содействия инновациям, – компания DigiCity. Кроме того, в Москве, Санкт-Петербурге, Калуге и Перми уже используются подобные системы – разработка компании Wasteout.

По данным компании Vinology, эта технология на практике применения позволяет снизить расходы на вывоз отходов до 70 %. Это происходит за счет снижения частоты вывоза ТКО до 60 %, а также за счет снижения на 65 % частоты обслуживания мусорных баков [5]. Также по данным этой компании известно, что при применении GPS при каждодневном выстраивании маршрута перевозки отходов происходит снижение затрат на топливо до 70 %.

Датчик представляет собой небольшое устройство, крепящееся к внутренней плоскости крышки мусорного бака. Основным назначением этого прибора является возможность оценить загруженность мусорного контейнера с целью сократить затраты на перевозку мусора, а также оптимизировать график и маршрут движения мусоровозов.

Для оптимизации маршрута и графика движения мусоровозов используются GPS технологии. Данные о заполненности контейнера с определенной частотой поступают на спе-



**Рис. 2.** Общий вид датчика заполненности мусорного бака, установленного в мусорном контейнере

циальное программное обеспечение [6]. Статистически проанализировав загруженность контейнеров и загруженность дорог, выбирается оптимальный маршрут для каждого мусоровоза. Выбирается свалка или завод переработки ТКО, к нему и последует мусоровоз. Чтобы была возможность отслеживать перевозку мусора на протяжении всего пути движения мусоровоза, следует его также оснастить GPS-датчиками с целью контроля выгрузки на несанкционированные свалки [7].

Общий вид крепления датчика заполненности мусорного контейнера можно увидеть на рис. 2.

Эффективное использование данной технологии возможно в совокупности с предыдущей системой хранения мусорных баков под землей. Компания Panda Lift учитывает возможность использования подобных технологий, она является одной из дополнительных опций при организации мусорной площадки [7]. Мусоровоз будет отдельно собирать отходы одного вида на протяжении всего его пути перемещения.

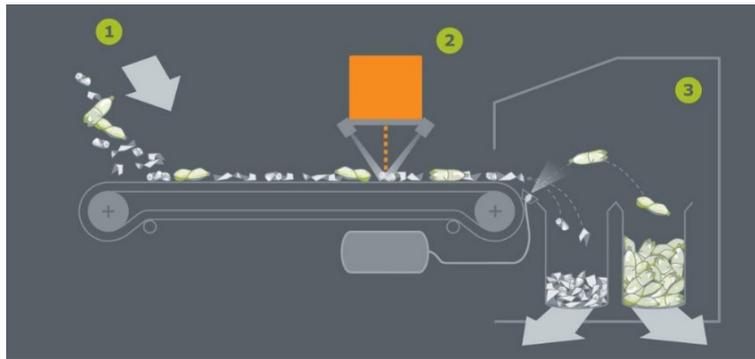
*Умная сортировка мусора.* Применение нейросетей в области сортировки мусора на данный момент весьма актуально в Российской Федерации.

Компания TrashBack представила мусорный контейнер, в крышку которого встроена камера, подключенная к нейросети. На данный момент подобные мусорные баки используются в тестовом режиме в г. Реутов. Пользоваться такими роботами-сортировщиками могут только граждане, зарегистрированные в приложении, выпускаемом компанией. Попадая в отделение, робот-сортировщик определяет класс ТКО предмета [8], и если класс мусорного контейнера не соответствует выкидываемому предмету, на почту человека, выкидывающего мусор, приходит предупреждение.

Принцип работы таких баков заключается в следующем. Человек, выбрасывающий мусор, подходит к такому баку, и помещает его в отсек [9]. Далее система функционирует автоматически. В специальном отсеке находится датчик, который получает информацию об объекте и передает ее на вычислительное устройство. Это устройство определяет тип мусора и отправляет управляющий сигнал сортировочной платформе, которая перенаправляет объект в мусорный контейнер.

Принципиально аналогичной разработкой занимается компания Newlabs, являющаяся лидером на рынке производства конвейерных роботов-сортировщиков ТКО в Российской Федерации.

Организацией были разработаны промышленные установки по сортировке мусора под названием «Гурман» и «Эстет». Принцип работы одинаков: мусорные отходы поступают на конвейер, на котором стоят камеры, отправляющие данные на сервер нейросети. Что-



**Рис. 3.** Общий вид оптического сортировщика мусора «Эстет»: 1 – сортировочный поток; 2 – модуль распознавания; 3 – сортировочная кабина

бы нейросеть распознавала классы отходов, ее обучали на фотографиях сортируемого мусора при разной степени освещенности [10]. Фотографии делались в условиях, близких к работе системы сортировки мусора в реальности. Нейронная сеть распознает отходы и передает данные главному ПО [11], который сортирует поток ТКО. Отличие этих установок только в способе физической сортировки мусора: робот «Гурман» сортирует мусор при помощи конечности-манипулятора, оправляя виды отходов в специальные мешки, робот «Эстет» сортирует поток мусора путем отстреливания неподходящих классов ТКО сжатым воздухом (представлен на рис. 3).

Применение данной технологии весьма актуально, когда вывоз мусора происходит на площадки, не адаптированные для сортировки, то есть для смешанных отходов. Мусоровоз, собрав отходы, отвозит их в центры сортировки, на которых ТКО сортируется, проходя по конвейеру через роботов-сортировщиков.

### Заключение

Подводя итоги, можно утверждать, что применение современных технологий в сфере сортировки мусора поможет повысить долю перерабатываемых ТКО в Российской Федерации. Со временем сформируется культура сортировки мусора у обычного потребителя и внедрение данных технологий перестанет быть острой необходимостью, однако на данном этапе сфера переработки мусора требует больших денежных вложений.

Представленные выше технологии уже имеют положительный опыт применения в России, поэтому остается только необходимость обширного внедрения данных технологий по всем городам.

В ходе проведенного исследования стало очевидно, данные технологии необходимо внедрять совместно, постоянно их развивая и улучшая. Необходимо использовать программный подход в области сбора, утилизации и переработки ТКО и взаимоувязать все различные технологические процессы сбора мусора за счет использования различного рода приложений, в которые поступает информация о статусе логистики в данный момент, таким образом, будет создана единая система переработки и утилизации мусора.

### Литература

1. Григорьев, В.Н., Оптимизация технологической схемы сортировки твердых быто-

вых отходов / В.Н. Григорьев, С.В. Паршакова // Экология и научно-технический прогресс. Урбанистика. – 2013. – № 1. С. 39-45.

2. Папаскири, Т.В. Существующие и перспективные стратегии, направленные на переработку и перемещение твердых коммунальных отходов в безопасные зоны / Т.В. Папаскири, И.В. Волков, И.А. Шунин // Московский экономический журнал. – 2019. – № 1. – С. 10–11.

3. Шеин, В.А., Применение баков с автоматической сортировкой мусора в городской среде / В.А. Шеин, И.В. Редин // Молодой ученый. – 2020. – № 24(314). – С. 5–8.

4. Хубаев, А.О. Мировая практика в области модульного строительства / А.О. Хубаев, С.С. Саакян, Н.В. Макаев // Строительство и геотехника. – 2020. – Т. 11. – № 2. – С. 99.

5. Khubaev, A. Modern Russian High-Tech Construction Materials and Their Application in Domestic Construction Industry (On Example of Metal-Ceramic Panels Hardwall) / A. Khubaev, T. Bidov, A. Bzhienikov, V. Nesterova // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: 21, Construction – The Formation of Living Environment. – 2018. – Vol. 365. – No. 3.

6. Хубаев А.О. Практика применения объемно-блочного домостроения в России / А.О. Хубаев, С.С. Саакян // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2020. – № 3(39). – С. 112–119.

7. Lapidus, A. Development Software for the Non-Destructive Control of Monolithic Structures in Housing Construction / A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov // E3S Web of Conferences. – Chelyabinsk, 2021.

8. Khubaev, A. Analysis of physical and mechanical properties of vacuum treated claydite-concrete / A. Khubaev, T. Bidov, A. Rybakova // MATEC Web of Conferences. – Rostov-on-Don. – 2018. – Vol. 196.

9. Хубаев, А.О. Организационно-технологические решения, влияющие на конечный потенциал производства бетонных работ в зимний период / А.О. Хубаев // Перспективы науки. – Тамбов : ТМБпринт. – 2018. – № 4.

## References

1. Grigorev, V.N., Optimizatsiya tekhnologicheskoy skhemy sortirovki tverdyh bytovykh othodov / V.N. Grigorev, S.V. Parshakova // Ekologiya i nauchno-tekhnicheskij progress. Urbanistika. – 2013. – № 1. S. 39-45.

2. Papaskiri, T.V. Sushchestvuyushchie i perspektivnyye strategii, napravlennyye na pererabotku i peremeshchenie tverdykh kommunalnykh othodov v bezopasnyye zony / T.V. Papaskiri, I.V. Volkov, I.A. SHunin // Moskovskij ekonomicheskij zhurnal. – 2019. – № 1. – S. 10–11.

3. SHein, V.A., Primenenie bakov s avtomaticheskoy sortirovkoj musora v gorodskoj srede / V.A. SHein, I.V. Redin // Molodoy uchenij. – 2020. – № 24(314). – S. 5–8.

4. Hubaev, A.O. Mirovaya praktika v oblasti modulnogo stroitelstva / A.O. Hubaev, S.S. Saakyan, N.V. Makaev // Stroitelstvo i geotekhnika. – 2020. – Т. 11. – № 2. – S. 99.

6. Hubaev A.O. Praktika primeneniya obemno-blochnogo domostroeniya v Rossii / A.O. Hubaev, S.S. Saakyan // Vestnik Permskogo natsionalnogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Prikladnaya ekologiya. Urbanistika. – 2020. – № 3(39). – S. 112–119.

9. Hubaev, A.O. Organizatsionno-tekhnologicheskie resheniya, vliyayushchie na konechnij

potensial proizvodstva betonnyh rabot v zimnij period / A.O. Hubaev // Perspektivy nauki. – Tambov : TMBprint. – 2018. – № 4.

---

### Improving the Efficiency of Waste Sorting with Modern Technologies

A.O. Khubaev<sup>1</sup>, V.S. Golitsyn<sup>1</sup>, M.S. Buzhynsky<sup>1</sup>, N.V. Makaev<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *National Research Moscow State University of Civil Engineering,  
Moscow (Russia);*

<sup>2</sup> *Combine of Innovative Technologies – MonArch LLC,  
Moscow (Russia)*

**Key words and phrases:** automated waste sorting; eco waste containers; underground waste collection; trash container full sensor; waste sorting.

**Abstract.** Currently, due to the problem of the emergence in the Russian Federation of an established system for sorting waste waste for the purpose of its further processing, there is a need for the efficiency of decisions made regarding the collection and disposal of waste. This article discusses the causes of the problems of waste sorting and disposal, possible solutions to the use of waste sorting systems in the conditions of the Russian Federation on existing and currently mobile waste collection systems, as well as systems for optimizing the waste collection process. The article will describe the basic rules for recycling household waste in the Russian Federation, including robotization and the use of information technology in industry. Based on the study, a conclusion will be drawn about the need to ensure the use of IT technologies in this area.

---

© А.О. Хубаев, В.С. Голицын, М.С. Бужынский, Н.В. Макаев, 2023

УДК 72

## Исследование планировочной структуры города Хабаровска с помощью инструментов пространственного синтаксиса

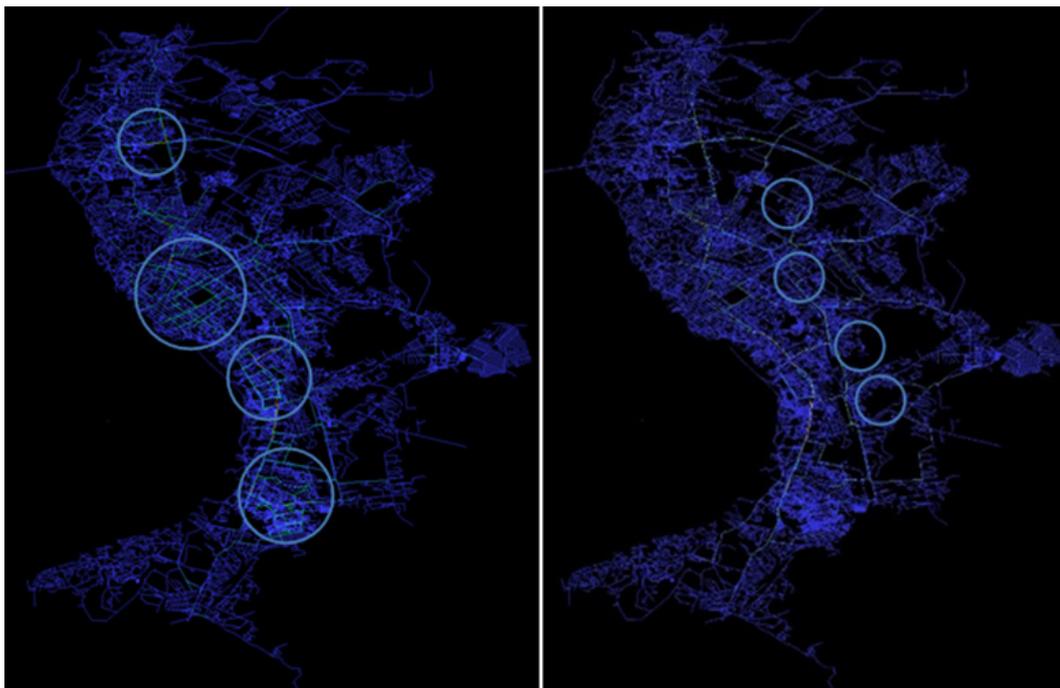
Д.С. Целуйко

ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный университет»,  
г. Хабаровск (Россия)

**Ключевые слова и фразы:** архитектура; архитектурный анализ; выбор; градостроительство; интеграция; исторический центр; история архитектуры; математический анализ; планировочная структура; пространственный синтаксис.

**Аннотация.** Цель работы – анализ актуальной планировочной структуры города Хабаровска с помощью инструментов теории пространственного синтаксиса. Задачи: разработать методологию анализа с использованием программ Qgis, Archicad и DepthmapX, анализ планировочной структуры и получение пространственных величин, выявление «узловых центров» и градостроительного направления развития города. Гипотеза исследования представляет собой возможность анализировать и прогнозировать развитие городской структуры с помощью инструментов теории пространственного синтаксиса. Основным методом исследования является компьютерное моделирование и цифровой анализ, также было применено натурное обследование, анализ научной литературы, классификация и ранжирование полученных данных. По результатам исследования выявили основной планировочный центр г. Хабаровска и 6 «узловых центров», территория которых преимущественно застроена частным сектором. В рамках исследования выявлено отставание в развитии участков, расположенных за железной дорогой, преимущественное направление градостроительного развития – южное.

В настоящее время в эпоху усиления глобализации и размывания границ национальной идентичности в архитектурной науке наблюдается некоторая асимметрия в сторону изучения культурных центров и магистральных направлений развития архитектуры, в результате чего регионы остаются вне зоны интересов широкого круга ученых. В то же время архитектура отдельных регионов является неотъемлемой частью мирового зодчества и ее изучение необходимо для понимания общих процессов развития архитектуры и градо-



**Рис. 1.** Показатель выбора, радиус 1,5 км

**Рис. 2.** Показатель выбора, радиус 7 км

строительства, а также выявления специфики развития зодчества разных стран и их отдельных областей и городов.

Данная работа является первой в серии статей, направленных на изучение планировочной структуры городов и отдельных районов Дальнего Востока, в связи с чем дается обширный блок научного обоснования темы исследования.

Конкретная задача в рамках проблемы, на решение которой направлено исследование, – изучение планировочной структуры города Хабаровска для выявления основного вектора развития города, «узловых центров» и участков с неиспользуемым градостроительным потенциалом для решения социальных проблем города.

### **Основные этапы исследования**

Чертежи планировочной структуры города и отдельных районов созданы в программе QGIS. В рамках исследования была рассмотрена вся территория г. Хабаровска. Чертеж был доработан в программе Archicad и конвертирован в программу DepthmapX. Эта программа является основным ПО для проведения вычислительных анализов в архитектуре. Полученные данные будут выражены в четырех пространственных величинах: интеграция, глубина, выбор и энтропия. Данный набор величин является самым показательным для выбранного типа исследований. Помимо числового выражения, программа создает графическое изображение с отображением каждой из величин на планировочной структуре.

### **Анализ полученных данных**

На основании числовых величин и графических изображений возможно сделать вывод



Рис. 3. Показатель выбора, радиус 14 км

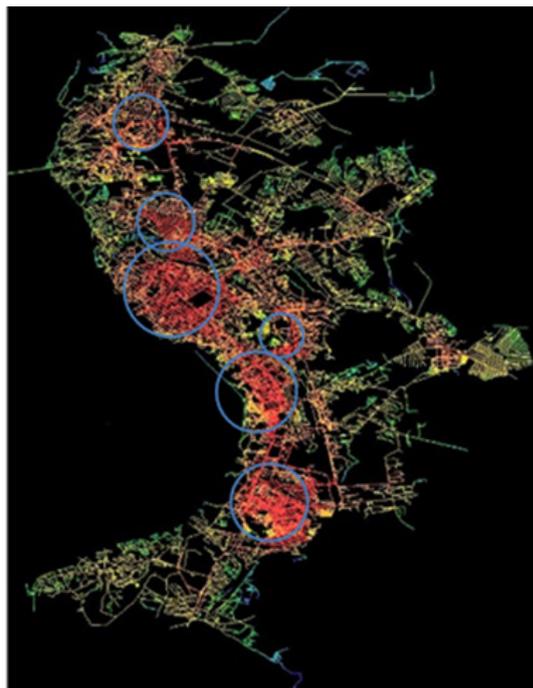


Рис. 4. Показатель интеграции, радиус 1,5 км

об особенностях планировочной структуры города и определить «узловые точки» города.

В рамках исследования была проанализирована планировочная схема г. Хабаровска, используя разные границы участка. Результаты анализа имеют различный диапазон значений в зависимости от диаметра. Изменяя область исследования, возможно увидеть особенности планировочной структуры в различных участках. Центром или «корнем» планировочной схемы является исторический центр города. Его возможно изучить только при использовании малого радиуса, так как при крупном диапазоне он будет считаться программой как более однородная структура.

### Анализ выбора

Параметр демонстрирует вероятность выбора осевой линии или сегмента улицы, которую необходимо пройти по всем кратчайшим маршрутам из всех пространств во все другие пространства всей системе или в пределах заданного расстояния (радиуса) от каждого сегмента [1; 2]. Выбор является мерой для оценки того, в какой степени данная улица относится к кратчайшему пути между любыми парами двух или более улиц. Для расчета интеграции используется формула, выведенная Джоном Фрименом (1977) [2].

В данном случае результаты анализа показывают различные значения. В рамках внутри исследования с радиусом 1,5 км (рис. 1) городская структура представляет собой множество вариаций пути, однако большая из них расположена в центральной и южной части города, между ул. Краснореченская и ул. П.Л. Морозова. В северной части города наиболее загруженным является перекресток ул. Воронежская и ул. Трехгорная, что говорит о неразвитой транспортной инфраструктуре в данном районе города. При этом стоит отметить слабую загруженность ул. Проспект 60-летия Октября, однако ее активно используют для более дальних поездок (рис. 2, 3). Результаты анализа на большие радиусы – 7 и

14 км – показывают практически идентичные результаты, за исключением участков дорог, отмеченных на рис. 2.

### Анализ интеграции

Интеграция – это переменная, выражающая связь пространства с другими участками, окружающими его. Это ключевой параметр, ведущий к пониманию отношений, существующих между пользователями и городскими пространствами. Она может быть использована для прогнозирования потенциала встреч в пространстве, потому что напрямую связана с присутствием людей в данном месте. Чем больше интеграция пространства, тем больше людей появится в нем. По этой причине интеграция иногда называется доступностью. Во всех исследованиях результаты подтверждают, что существует взаимосвязь между интеграцией пространства и присутствием в нем людей. Наиболее важным наблюдением является тот факт, что осевая система приведет пользователей к более интегрированным пространствам. Аналогичным образом меньшая интеграция означает меньшее присутствие человека и неконтролируемое пространство, это увеличивает шансы на преступное и антисоциальное поведение в таких структурах. В различных исследованиях расчеты интеграции могут различаться в зависимости от типа анализа. Но несмотря на различные методики вычисления, конечные результаты зачастую схожи. Для расчета интеграции используется формула, выведенная Гертом Сабидусси (1966) [1–3].

Результаты анализа интеграции с радиусом 1,5 км выявляют локальные центры планировочной структуры, основываясь на топологии транспортной сети. В данном случае было выявлено 6 интеграционных ядер – «узловых центров» (рис. 4). Наиболее крупным является исторический центр. Большим показателем интеграции обладает район вдоль улицы 65-летия Победы, который активно застраивается. Большой градостроительный потенциал имеют районы пересечения ул. Трехгорной и ул. Воронежской, ул. Проспект 60-летия Октября и ул. 65-летия Победы, ул. Большой и ул. Воронежской. Все эти зоны застроены преимущественно частной одноэтажной жилой застройкой из деревянных зданий.

Рис. 5 демонстрирует интеграцию в радиусе 7,5 км, он укрупненно показывает аналогичные «узловые центры», однако также были выявлены два наименее интегрированных участка в центре города – это бывшая промышленная зона завода и территория, относящаяся к военному ведомству. Результаты анализа интеграции с радиусом 14 километров (рис. 6) представляют топологический центр города – участок наиболее централизованный и удобный. Он затрагивает лишь юго-восточную половину исторического центра, смещаясь в южную часть города. Особенностью в данном случае является высокая интеграция территории ул. Проспект 60-летия Октября, так как он отделен от центральной части города железной дорогой и имеет мало связующих путей.

### Заключение

Данная работа является научной основой для последующих исследований. Научное обоснование, занимающее обширную часть статьи, позволит в дальнейших работах более развернуто описывать результаты синтаксического анализа. Созданную сетку города с результатами пространственного анализа можно будет сравнивать с различными городскими параметрами: распределение функциональных зон, цена недвижимости, коммерческий потенциал территории, уровень преступности и т.д.

Анализ показателя «выбор» демонстрирует развитую транспортную инфраструктуру

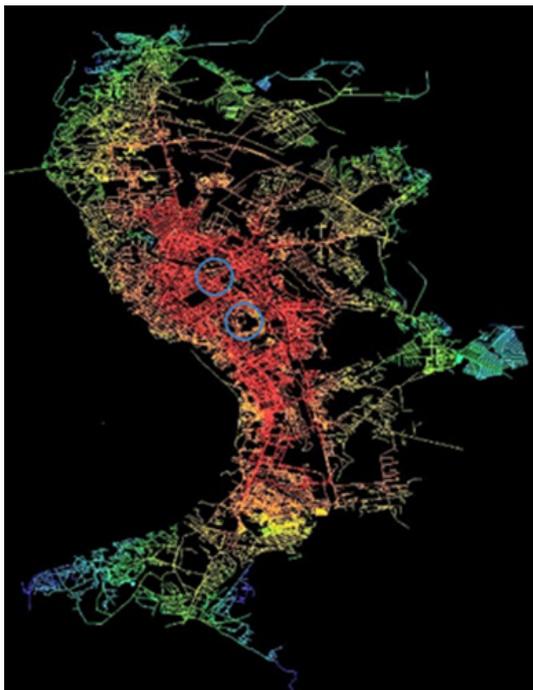


Рис. 5. Показатель интеграции, радиус 7 км

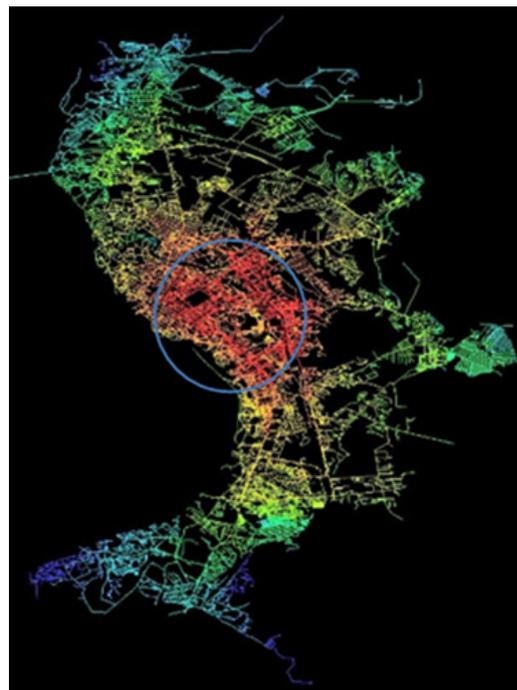


Рис. 6. Показатель интеграции, радиус 14 км

в центральной и южной части города. Выявлено большое количество улиц с высоким показателем выбора внутри застройки, основные транспортные магистрали также демонстрируют большой потенциал. В северных и восточных районах из-за особенностей ландшафта существует небольшое количество внутриквартальных связей, поэтому весь транспортный поток использует магистральные улицы, с чем связаны практически постоянные заторы на ключевых перекрестках. Отсутствие транспортных развязок только усугубляет ситуацию. Наиболее загруженные пути представлены на рис. 2 и 3, они выделены светлым цветом.

Анализ интеграции выявил «узловые центры» наиболее интегрированных участков города, а также продемонстрировал зоны потенциального развития. Еще одним важным результатом исследования стала явно выраженная неразвитость территорий города, расположенных за железной дорогой от центра. Можно сделать вывод, что разделение города ж/д полотном способствует его развитию на юг – самое эффективное направление. Несмотря на наличие большого количества жилых комплексов вдоль ул. Карла Маркса в направлении Аэропорта, районы этой зоны являются непрестижными и недоступными. Также рассматривая геометрическую удаленность от центра, более далекие районы на юге города сильнее развиты, чем ближайшие районы на востоке. Популярность «южного направления» подкрепляется и низким интересом инвесторов и застройщиков к северной части города. Несмотря на большое количество узловых центров и свободных площадей для застройки, активное развитие началось только в последние 2–3 года. Также стоит отметить и заметно более низкую стоимость жилья в северном микрорайоне, которая зачастую ниже более удаленных от центра районов юга.

Полученные результаты имеют практическое и теоретическое значение. Они могут быть полезны для архитекторов-практиков своими прямыми результатами – как рекомендации к проектированию, а также демонстрация возможностей синтаксического анализа и

его пользы в сфере функционального зонирования района, пространства или здания.

Полученные пространственные данные позволят в дальнейшем сформировать более полную картину пространственного устройства городов. Дальнейшие исследования планируются в сравнении с историческими городами Хабаровского края (Николаевск-на-Амуре и Вяземск), а позже и с крупными городами Дальнего Востока: Владивосток, Благовещенск, Якутск и др. Данная работа является первым этапом, включающим блок научного основания и первую стадию исследования планировочной структуры города.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства образования и науки Хабаровского края (Исследование и реновация планировочной структуры города Хабаровска).*

### Литература/References

1. Hillier, B. The Social Logic of Space / B. Hillier, J. Hanson. – Cambridge : Cambridge University Press, 1984. – P. 295.
2. Ostwald, M.J. The Mathematics of Spatial Configuration: Revisiting, Revising and Critiquing Justified Plan Graph Theory / M.J. Ostwald // Nexus Network Journal. – 2011. – № 13(2). – P. 445–470.
3. Bafna, S. Geometric intuitions of genotypes / S. Bafna // University of Michigan, College of Architecture and Urban Planning: Proceedings of the third international symposium on space syntax, 2001.

---

### Research of the Planning Structure of the City of Khabarovsk Using Space Syntax Tools

D.S. Tseluiko

*Pacific State University, Khabarovsk (Russia)*

**Key words and phrases:** architecture; urban planning; spatial syntax; architectural analysis; planning structure; integration; choice; history of architecture; historical center; mathematical analysis.

**Abstract.** The purpose of the work is to analyze the current planning structure of the city of Khabarovsk using the tools of the theory of spatial syntax. Objectives: to develop an analysis methodology using Qgis, Archicad and DepthmapX programs, analyze the planning structure and obtain spatial values, identify “nodal centers” and urban development directions of the city. The research hypothesis represents the ability to analyze and predict the development of urban structure using the tools of space syntax theory. The main research method is computer modeling and digital analysis; a field survey, analysis of scientific literature, classification and ranking of the data obtained were also used. The result of the study revealed the main planning center of Khabarovsk and 6 “nodal centers”, the territory of which is mainly built up by the private sector. The study revealed a lag in the development of areas located behind the railway; the predominant direction of urban development is southern.

---

© Д.С. Целуйко, 2023

УДК 72.01

## Истоки теории пространственного синтаксиса

Д.С. Целуйко

ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный университет»,  
г. Хабаровск (Россия)

**Ключевые слова и фразы:** архитектура; архитектурный анализ; градостроительство; граф; графоаналитический анализ; история; математический анализ; планировочная структура; пространственный анализ; пространственный синтаксис.

**Аннотация.** Целью исследования является изучение теорий восприятия пространства в начале, середине и конце XX в. В рамках цели поставлены следующие задачи: изучить первые научные труды, посвященные восприятию архитектурного пространства; выявить предпосылки для формирования теории пространственного синтаксиса; раскрыть значение теории пространственного синтаксиса; проанализировать схожие по методике подходы к анализу архитектурного пространства. Гипотеза исследования заключается в предположении, что теория пространственного синтаксиса впитала опыт вековых исследований и обладает уникальным набором инструментов и теоретического обоснования для анализа и формирования архитектурной среды. Методология исследования основывается на изучении печатных и цифровых источников, оригиналов научных работ, а также отзывов и рецензий. Анализ, сопоставление, ранжирование и распределение в хронологическом порядке позволяет сделать следующие выводы. Теория пространственного синтаксиса – это попытка представить модель пространства на основе его постоянной геометрии в форме графа. За многие десятилетия развития науки в области восприятия архитектурного пространства теория пространственного синтаксиса пока остается самым востребованным и коммерчески успешным инструментом.

Исследование и использование различных пространственных инструментов все чаще находят свое применение в российской архитектурной науке. Одним из наиболее популярных направлений является пространственный синтаксис (Space Syntax). С работами по данной тематике существует большое количество трудов как в рамках научной литературы, так и в открытых источниках. Часть работ являются прикладными, направленными

на исследование городской ткани или решение различных градостроительных проблем. Другой блок исследований описывает основополагающие понятия теории: осевой, ячеичный и визуальный типы анализов, определения различных пространственных величин (интеграция, выбор, энтропия и глубина) и прочие аспекты и инструменты исследования пространства. В то же время наблюдается практически полное отсутствие исторического контекста данной теории, предпосылок ее создания, и сравнение ее со схожими теориями организаций архитектурного пространства первой половины XX в. Данная работа призвана заполнить научный пробел, изучив историю восприятия пространства, предпосылки и процесс формирования теории пространственного синтаксиса. А также показать его основные постулаты и методику математических расчетов, основанную на теории графов.

### Истоки восприятия пространства

В течение прошлого столетия связь между архитектурой и поведением человека изучалась по различным направлениям. Сходство между этими исследованиями было в стремлении выявить закономерности корреляции между архитектурными особенностями, восприятием и реакцией человека на них. Один из самых ранних подходов пришел из гештальтпсихологии, сосредоточившись на восприятии и эстетике форм и их отсутствии (пустотах). Гештальтпсихология рассматривает ряд визуальных/физических свойств архитектурного объекта, которые влияют на понимание целого [7; 8].

С конца 1950-х гг. и далее в фокусе оказалась другая область психологии – когнитивистика. Разница между основанным на восприятии гештальтом и когнитивизмом заключалась в том, что последний акцентирует больше внимания на памяти и способности к обучению [9]. Когнитивные теории также обсуждают важность компонентов и их взаимосвязи в понимании целого – как взаимодействуют между собой пространство, упорядоченность и последовательность. В теории, описанной Кевинем Линчем, утверждалось, что пространство воспринимается путем создания в уме когнитивной карты, состоящей из ряда компонентов (путей, районов, краев, узлов, ориентиров) и их соединений. Другими словами, ум создает графическое представление пространства, чтобы «познать» его. У каждого из членов социума это представление может отличаться. Важной особенностью подхода Линча (и аналогичных подходов на основе графов) была тенденция объяснять непрерывное и конкретное пространство дискретными элементами (графами) [10; 11].

Десятилетия 1960-х и 1970-х гг. способствовали пониманию пространства с использованием объективных и эмпирически обоснованных концепций. Ряд теорий и моделей восприятия пространства возникли из изучения территориального поведения животных и человека. В этом исследовании пространство было определено как смесь рисков и возможностей, реализуемых расстоянием, подвижностью, контролем и надзором. Ирвин Альтман считал, что поведение людей меняется в зависимости от зон, основанных на расстоянии (а именно, общественных, социальных, частных и интимных) [12]. Джей Эпплтон в своей теории «Перспектива и убежище» продемонстрировал, что наличие беспрепятственного обзора (перспективы) при возможности скрывать или защищать свое жилище (убежище) создает комфортную для проживания среду [13]. В середине 1970-х гг. Оскар Ньюма предложил идею защиты пространства, основанную на свойствах визуального восприятия, открытости и доступности каждого элемента планировочной структуры [14]. В аналогичном исследовании Александер, Исикава и Сильверстейн предоставили ряд моделей, которые отражают структурные параметры планировок в разных культурах, что частично демонстрирует принципы упомянутых теорий [15]. В рассмотренных примерах простран-

ство было частично или полностью представлено математическими или геометрическими отношениями его элементов или обитателей. Разница между этими исследованиями и когнитивными моделями, такими как модели Линча, заключалась в том, что математические модели были в большей степени основаны на устойчивых поведенческих моделях человека.

### Социальная логика пространства

Синтаксис пространства можно рассматривать как комбинацию вышеупомянутых двух методов изучения пространства: математическое представление сложного пространства и объективно вычисляемые параметры, где дискретные элементы взаимосвязаны как единое целое в синтаксисе (аналогично лингвистическим единицам).

Синтаксис пространства представляет собой теорию и набор методов, которые выросли из работы Б. Хиллер и Д. Хансон о социальной структуре пространства – «Социальная логика пространства» [16]. Впоследствии теория превратилась в обширную исследовательскую программу по изучению характера пространства и функционированию зданий и городов с помощью различных компьютерных программ, связывающую аналитические инструменты с графическим представлением и выводом данных для исследователей и проектировщиков [17].

Подобно модели Кевина Линча, теория пространственного синтаксиса абстрагирует пространство в граф, но использует визуально-мобильное сенсорное наблюдение для разработки компонентов графа, а не только семантическое восприятие пространственных элементов. При таком подходе социальный смысл зданий является «внутренним аспектом их физической формы» [16]. Физическая форма исходит от основных частей архитектурного объема (геометрии), а не от ее поверхностных свойств, таких как цвет или материал [18]. Следовательно, основной смысл пространственного синтаксиса касательно восприятия пространства можно обобщить так, что люди перемещаются в пространстве в зависимости от того, где они могут видеть (свойство видимости) и куда они могут идти (свойство доступа), эти два свойства исходят из геометрии зданий и сооружений. Единственная пространственная характеристика, которая влияет на выбор маршрута – это устойчивые границы в пространстве. Они могут препятствовать движению и видимости [16].

Опираясь на эту логику, модели пространственного синтаксиса создают графы, которые демонстрируют доступ и видимость в разных масштабах и разных определениях пространства. Упрощение сложного пространства в базовый безразмерный (топологический) граф позволило легко сформулировать модели синтаксиса пространства.

Таким образом, теория пространственного синтаксиса – это попытка представить синтаксическую и дискретную вычислительную модель пространства на основе его постоянной геометрии в форме графа, который демонстрирует возможности для конкретных взаимодействий между жителями, что приводит к различным поведенческим моделям [18].

Синтаксис как часть архитектурной семиотики соединил в себе совокупность знаний о пространственных качествах архитектуры, то есть о структуре сочетания крупных архитектурных первоэлементов (зданий, ансамблей, ландшафтных объектов, их составляющих и других архитектурно-градостроительных комплексов) и правилах их образования и преобразования, кроме того, их возможных социальных последствий, а также методологии их анализа. За многие десятилетия развития науки в области восприятия архитектурного пространства теория пространственного синтаксиса пока остается самым востребованным и коммерчески успешным инструментом.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный университет» (№ 8.23-ТОГУ).*

### Литература

1. Соколова, Н.С. Теоретические основы и методы исследования в пространственном синтаксисе / Н.С. Соколова // Сборник научных трудов магистрантов, аспирантов и научных сотрудников Института архитектуры и дизайна СГАСУ. – Самара, 2010.
2. Синицына, И.А. Адаптация инструментов пространственного синтаксиса для анализа освоения территорий / И.А. Синицына // Архитектура и современные информационные технологии. – 2022. – № 2(59). – С. 129–141.
3. Давыдова, Л.О. Новые подходы в проектировании городской застройки / Л.О. Давыдова // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. – 2012. – Вып. 4. – С. 16–21.
4. Степанов, А.И. Применение методов пространственного синтаксиса в преобразовании урбанистической ткани города / А.И. Степанов, Т.В. Филанова // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Архитектура и дизайн. – Самара : Самарский государственный архитектурно-строительный университет, 2015. – С. 251–256.
5. Наумов, А.Е. Совершенствование методологии пространственного синтаксиса в объемно-планировочных решениях коммерческой недвижимости / А.Е. Наумов, М.И. Оберемок // Недвижимость: экономика, управление. – 2019. – № 4. – С. 58–62.
6. Шелков, Е.О. Возможности теории пространственного синтаксиса / Е.О. Шелков, А.С. Крюковский // Ландшафтная архитектура, строительство и обработка древесины. – 2018. – С. 49–51.
7. Марцинковская, Т.Д. История психологии : учеб. пособие для студентов высших учебных заведений; 4-е изд., стереотип. / Т.Д. Марцинковская; под. ред. Е.В. Сатаровой. – М. : Академия, 2004. – С. 544.
8. Арнхейм, Р. Новые очерки по психологии искусства / Р. Арнхейм. – М. : Прометей, 1994.
9. Sternberg, R.J. Investing in Creativity / R.J. Sternberg, T.I. Lubart // American Psychologist. – 1996. – No. 51. – P. 677–688.
10. Лангаккер, Р.У. Когнитивная грамматика / Р.У. Лангаккер. – М. : ИНИОН РАН, 1992. – С. 56.
11. Lynch, K. The Image of the City / K. Lynch. – MIT Press, 1960.
12. Altman, I. Environment and Social Behavior: Privacy, Personal Space, Territory, and Crowding / I. Altman. – Monterey : Brooks/Cole, 1975.
13. Appleton, J. The Experience of Landscape / J. Appleton. – London : John Wiley and Sons, 1975.
14. Newman, O. Creating Defensible Space / O. Newman. – DIANE Publishing, 1966.
15. Alexander, C. A Pattern Language: Towns, Buildings, Construction / C. Alexander, S. Ishikawa, M.A. Silverstein. – New York : Oxford University Press, 1977.
16. Hillier, B. The Social Logic of Space / B. Hillier, J. Hanson. – Cambridge : Cambridge University Press, 1984. – 295 p.
17. Network Effects and Psychological Effects: A Theory of Urban Movement [Electronic resource]. – Access mode : <http://spacesyntax.tudelft.nl/media/Long%20papers%20l/hillieriida.pdf>.
18. Bafna, S. The Imaginative Function of Architecture: A Clarification of Some Conceptual Issues / S. Bafna // Proceedings of the Eighth International Space Syntax Symposium. –

Santiago de Chile : PUC, 2012. – P. 1–19.

### References

1. Sokolova, N.S. Teoreticheskie osnovy i metody issledovaniya v prostranstvennom sintaksise / N.S. Sokolova // Sbornik nauchnyh trudov magistrantov, aspirantov i nauchnyh sotrudnikov Instituta arhitektury i dizajna SGASU. – Samara, 2010.
2. Sinitsyna, I.A. Adaptatsiya instrumentov prostranstvennogo sintaksisa dlya analiza osvoeniya territorij / I.A. Sinitsyna // Arhitektura i sovremennye informatsionnye tekhnologii. – 2022. – № 2(59). – S. 129–141.
3. Davydova, L.O. Novye podhody v proektirovanii gorodskoj zastroyki / L.O. Davydova // Vestnik SGASU. Gradostroitelstvo i arhitektura. – 2012. – Vyp. 4. – S. 16–21.
4. Stepanov, A.I. Primenenie metodov prostranstvennogo sintaksisa v preobrazovanii urbanisticheskoy tkani goroda / A.I. Stepanov, T.V. Filanova // Traditsii i innovatsii v stroitelstve i arhitekture. Arhitektura i dizajn. – Samara : Samarskij gosudarstvennij arhitekturno-stroitelnij universitet, 2015. – S. 251–256.
5. Naumov, A.E. Sovershenstvovanie metodologii prostranstvennogo sintaksisa v obemno-planirovochnykh resheniyah kommercheskoj nedvizhimosti / A.E. Naumov, M.I. Oberemok // Nedvizhimost: ekonomika, upravlenie. – 2019. – № 4. – S. 58–62.
6. SHelkov, E.O. Vozmozhnosti teorii prostranstvennogo sintaksisa / E.O. SHelkov, A.S. Kryukovskij // Landshaftnaya arhitektura, stroitelstvo i obrabotka drevesiny. – 2018. – S. 49–51.
7. Martsinkovskaya, T.D. Istoriya psihologii : ucheb. posobie dlya studentov vysshih uchebnyh zavedenij; 4-e izd., stereotip. / T.D. Martsinkovskaya; pod. red. E.V. Satarovoj. – M. : Akademiya, 2004. – S. 544.
8. Arnhejm, R. Novye ocherki po psihologii iskusstva / R. Arnhejm. – M. : Prometej, 1994.
10. Langakker, R.U. Kognitivnaya grammatika / R.U. Langakker. – M. : INION RAN, 1992. – S. 56.

---

### Origins of the Theory of Space Syntax

D.S. Tseluiko

*Pacific State University, Khabarovsk (Russia)*

**Key words and phrases:** architecture; urban planning; spatial syntax; history; architectural analysis; planning structure; mathematical analysis; graph; graphic-analytical analysis; spatial analysis.

**Abstract.** The purpose of the study is to study theories of space perception at the beginning, middle and end of the twentieth century. As part of the goal, the following tasks are set: to study the first scientific works devoted to the perception of architectural space, to identify the prerequisites for the formation of the theory of space syntax, to reveal the meaning of the theory of space syntax, to analyze approaches to the analysis of architectural space that are similar in methodology. The research hypothesis is that the theory of space syntax has absorbed the experience of centuries of research and has a unique set of tools and theoretical justification for the analysis and formation of the architectural environment. The research methodology is based on the study of printed and digital sources, original scientific works, as well as reviews

and reviews. Analysis of comparison, ranking and distribution in chronological order allows us to draw the following conclusions. Space syntax theory is an attempt to represent a model of space based on its constant geometry in the form of a graph. Over many decades of development of science in the field of perception of architectural space, the theory of spatial syntax still remains the most popular and commercially successful tool.

---

© Д.С. Целуйко, 2023

УДК 621.43.016.4:004.032.26

## **Прогнозирование тепловых потерь на стадии эксплуатации при управлении жизненным циклом объекта капитального строительства с использованием искусственных нейронных сетей**

Л.А. Сулейманова, Обайди Адхам Абдулсаттар Хамид

*ФГБОУ ВО «Белгородский государственный  
технологический университет имени В.Г. Шухова»,  
г. Белгород (Россия)*

**Ключевые слова и фразы:** анализ данных; искусственные нейронные сети; оптимизация энергопотребления; прогнозирование; тепловые потери; управление жизненным циклом; эксплуатационный период; энергоэффективность.

**Аннотация.** В данной статье авторами проведено исследование тепловых потерь зданий на стадии эксплуатации и их прогнозирование на этапе эксплуатации объекта капитального строительства с использованием искусственных нейронных сетей. Методика основана на анализе данных о теплопотерях и их связи с различными параметрами здания. Прогнозирование осуществлялось с использованием искусственных нейронных сетей в программном комплексе Statistica. Предлагаемый подход позволяет эффективно управлять энергопотреблением здания, оптимизируя его энергетическую эффективность и улучшая управление жизненным циклом объекта капитального строительства. Результаты демонстрируют высокую точность и сходимость модели с фактическими значениями, а также ее способность к предсказанию эффективности.

В современном строительстве управление жизненным циклом зданий становится ключевым аспектом, особенно в контексте энергоэффективности. Прогнозирование тепловых потерь на этапе эксплуатации зданий играет важную роль в оптимизации этого управления, что требует не только точного прогнозирования эффективности, но и использования передовых технологий, включая искусственные нейронные сети.

Кладка стен из ячеистобетонных блоков представляет собой эффективный метод строительства наружных стен зданий в современной практике архитектуры и строительства. Отличительные черты данного материала, такие как высокие теплофизические характеристики и механическая прочность, открывают перед нами широкие перспективы

применения [1–4].

Использование блоков из ячеистого бетона способствует повышению энергоэффективности зданий. Благодаря своей структуре они обеспечивают высокий уровень теплоизоляции, что позволяет уменьшить теплопотери через стены и снизить энергозатраты на отопление и кондиционирование помещений. Это одно из ключевых преимуществ, которое делает газобетон востребованным материалом для создания энергоэффективных зданий [5; 6].

Кроме того, блоки из ячеистого бетона отличаются долговечностью и надежностью. Их устойчивость к воздействию различных факторов, таких как влажность, температурные колебания и механические нагрузки, гарантирует длительный срок службы здания, обеспечивая его стабильность и сохранность конструкции на протяжении многих лет эксплуатации [7].

Современные исследования в области строительства активно используют передовые методы анализа для прогнозирования тепловых потерь через стены из газобетона. Искусственные нейронные сети становятся важным инструментом в этом процессе, позволяя улучшить точность прогнозов за счет уникальных характеристик и теплоизоляционных свойств этого строительного материала. Такие современные подходы в анализе данных способствуют оптимизации энергетической эффективности зданий, построенных из газобетона.

В вариационном ряде выделяют две основные категории признаков: средние значения и меры вариации (или рассеяния) [8–10]. Среднее арифметическое представляет собой количественную характеристику однородной группы данных, определяя обобщенные размеры количественных признаков. Основными показателями средних значений являются среднее арифметическое, мода и медиана.

Среднее арифметическое ( $\bar{x}$ ) вычисляется по формуле:

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n x_i / n,$$

где  $x_i$  – значения признака с порядковым номером  $i$  ( $i = 1, n$ );  $n$  – объем данных.

Мода ( $Mo$ ) – это значение, которое наиболее часто встречается в наборе данных.

Медиана ( $Me$ ) представляет собой значение, расположенное посередине вариационного ряда. Для нечетного числа вариантов ( $n = 2m + 1$ ) это значение будет  $x_{m+1}$ , для четного ( $n = 2m$ ) – среднее между  $x_m$  и  $x_{m+1}$ .

Медиана широко применяется при анализе неравномерных распределений данных и менее чувствительна к выбросам по сравнению со средним арифметическим. Это делает ее более достоверной мерой центральной тенденции в данных, особенно в случае асимметричных распределений.

Хотя средние значения дают общую картину о статистической группе, они не отражают, насколько точно они описывают это собрание данных.

Для измерения вариации значений признака используются другие показатели: размах вариации, дисперсия и среднее квадратическое отклонение.

Размах вариации ( $R$ ) определяется по формуле:

$$R = x_{\max} - x_{\min}.$$

Размах вариации ( $R$ ) рассчитывается просто, но является наиболее грубым показателем, поскольку учитывает только самые крайние значения признака, игнорируя все остальные [8].

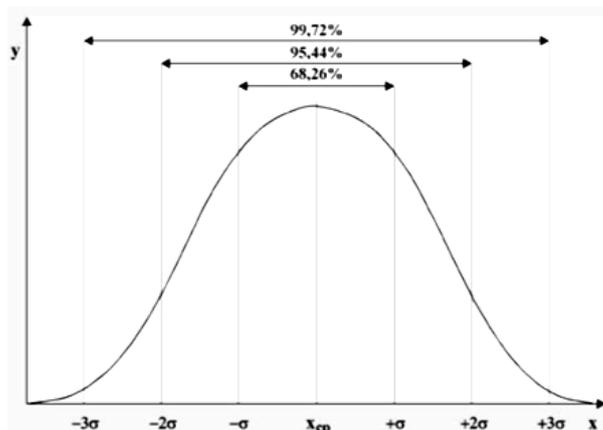


Рис. 1. Вид кривой нормального распределения

Другие показатели, такие как дисперсия и среднее квадратическое отклонение, вычисляются на основе отклонений всех значений признака от его среднего значения. Эти характеристики нашли широкое применение во многих областях математической статистики. Дисперсия ( $\sigma^2$ ) представляет абсолютную меру разброса значений признака относительно его среднего значения, выражая средний квадрат отклонений всех значений признака от его среднего значения. Для выражения меры вариации в тех же единицах, что и сам признак, применяется среднее квадратическое отклонение ( $\sigma$ ), представляющее собой корень из дисперсии:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}},$$

где  $x_i$  – варианта с порядковым номером  $i$ ;  $\bar{x}$  – средняя арифметическая;  $n$  – объем совокупности.

Рассмотренные ранее меры рассеяния представляют собой абсолютные величины. Однако часто необходимо сравнить вариацию одного и того же признака между разными группами объектов, выявить степень отличий одного и того же признака внутри одной группы объектов в разные периоды, или сопоставить вариацию различных признаков внутри одних и тех же групп объектов. Для таких задач требуется использование относительных показателей, например, коэффициента вариации.

Коэффициент вариации ( $V$ ) представляет собой отношение среднего квадратического отклонения к средней арифметической, выраженное в процентах:

$$V = \sigma/\bar{x} \times 100 \text{ \%}.$$

Распределение данных в нормальной форме зависит от двух параметров: среднего значения  $x$  и стандартного отклонения  $\sigma$ . Его кривая описывается уравнением:

$$y = \frac{e^{-\frac{t^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}},$$

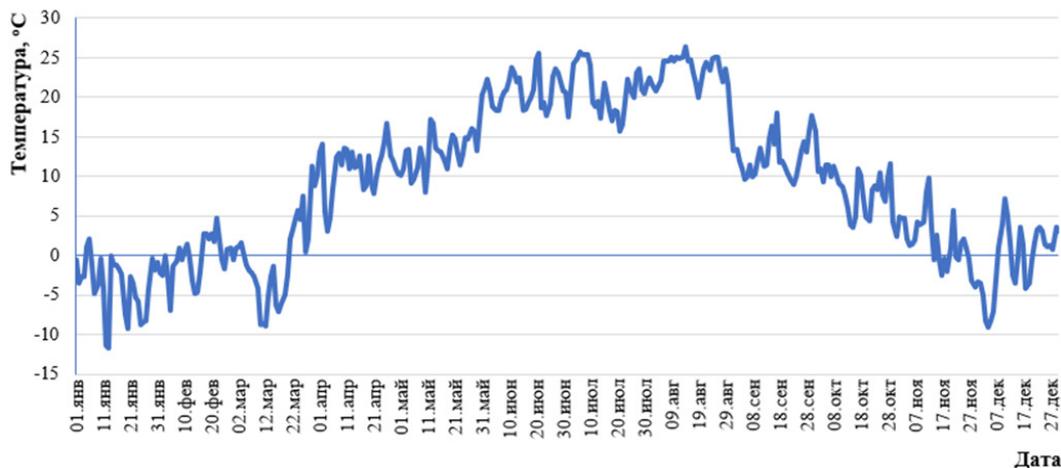


Рис. 2. Температура наружного воздуха в г. Белгород (2022 г.)

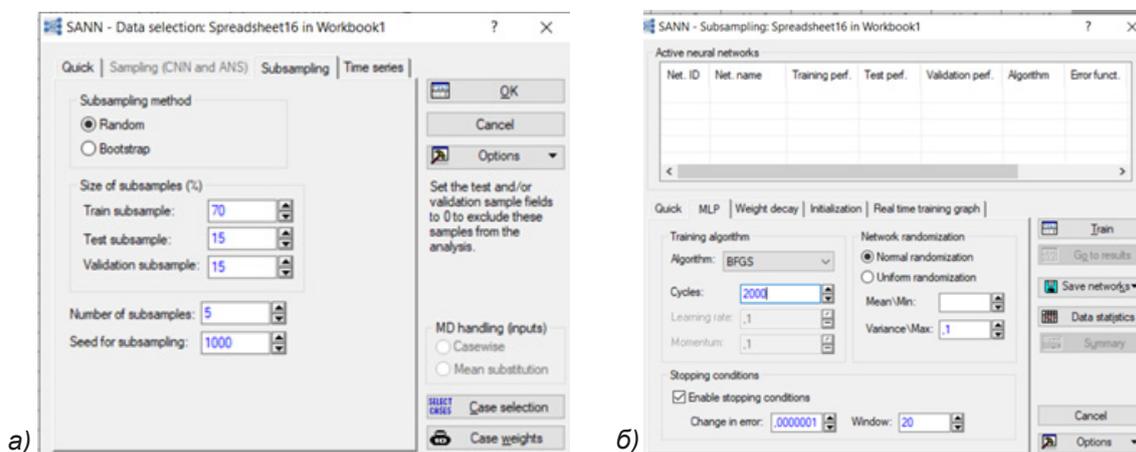


Рис. 3. Создание подвыборки: а) задание количества нейронных сетей при построении; б) задание количества циклов построения

где  $t$  – нормализованное отклонение данных от среднего значения.

Главное свойство кривой нормального распределения заключается в том, что расстояние на горизонтальной оси распределения, измеренное в единицах стандартного отклонения от среднего значения, всегда остается постоянным. Это позволяет оценить долю данных в генеральной совокупности с соответствующими параметрами (рис. 1) [8].

В рамках исследования проведено прогнозирование тепловых потерь здания с наружными стенами из газобетонных блоков площадью  $18 \text{ м}^2$  с использованием искусственных нейронных сетей для г. Белгород (Россия). Прогнозирование осуществлялось с использованием искусственных нейронных сетей в программном комплексе Statistica. В качестве исходных данных были приняты следующие показатели: теплопроводность конструкции –  $0,141 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$ ; приведенное сопротивление теплопередаче конструкции –  $1,897 \text{ (м}\cdot^\circ\text{C)}/\text{Вт}$ ; толщина стены –  $300 \text{ мм}$ ; ориентация конструкции – северная. Тепловые потери через ограждающие конструкции определяются исходя из температуры наружного воздуха (рис. 2) по формуле:

Summary of active networks (Spreadsheet16 in Workbook1)				
Index	Net_name	Training perf.	Test perf.	Validation perf.
1	MLP 168-20-1	0,954770	0,938841	0,919451
2	MLP 168-20-1	0,977932	0,904333	0,907534
3	MLP 168-20-1	0,988593	0,896304	0,883655
4	MLP 168-20-1	0,981821	0,906755	0,903165
5	MLP 168-20-1	0,979376	0,930609	0,879652
6	MLP 168-15-1	0,960189	0,935911	0,921713
7	MLP 168-15-1	0,976658	0,906108	0,913985
8	MLP 168-15-1	0,990239	0,897884	0,879350
9	MLP 168-15-1	0,969767	0,911645	0,916526
10	MLP 168-15-1	0,979235	0,925683	0,894693
11	MLP 168-10-1	0,950672	0,940617	0,914498
12	MLP 168-10-1	0,936904	0,902839	0,908218
13	MLP 168-10-1	0,988885	0,898756	0,875421
14	MLP 168-10-1	0,980602	0,906507	0,923584
15	MLP 168-10-1	0,978299	0,915976	0,860043
16	MLP 168-25-1	0,975309	0,939692	0,916330
17	MLP 168-25-1	0,974771	0,909163	0,917442
18	MLP 168-25-1	0,992309	0,896421	0,849101
19	MLP 168-25-1	0,967524	0,910456	0,920615
20	MLP 168-25-1	0,976584	0,919458	0,870481

Рис. 4. Результаты обучения нейронных сетей

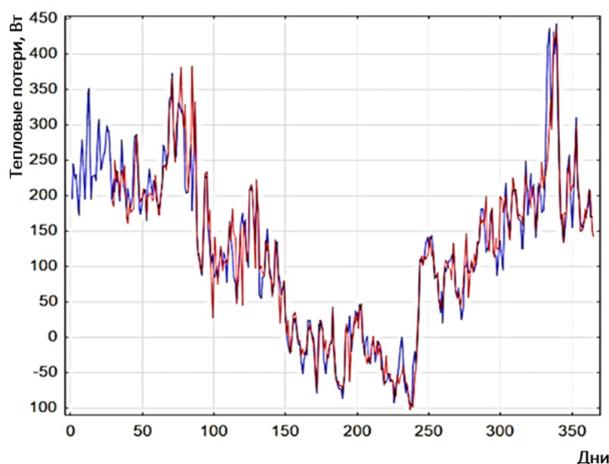


Рис. 5. График прогнозов временных рядов для сети с выборкой тренировки, теста и валидации

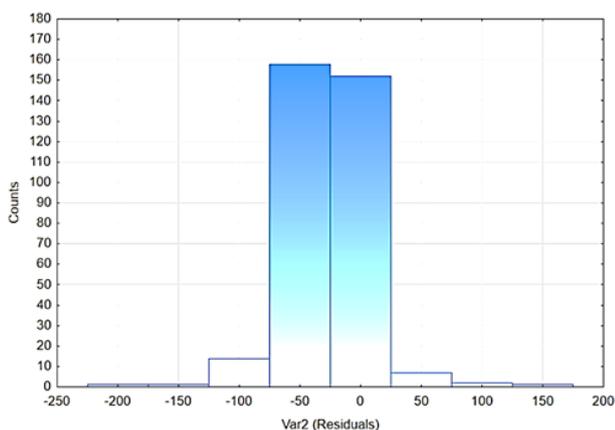


Рис. 6. Гистограмма остатков временного ряда с выборкой тренировки, теста и валидации

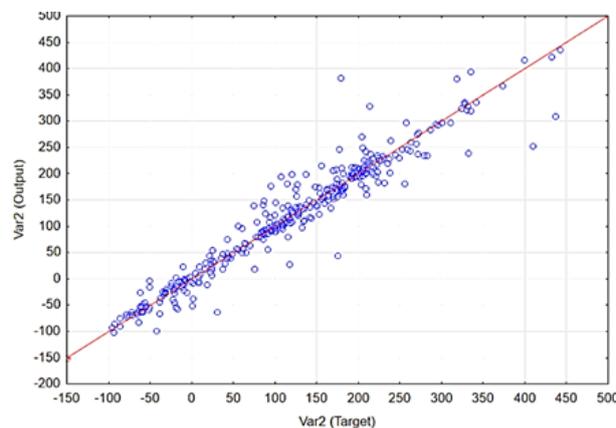


Рис. 7. Диаграмма рассеяния для сети с выборкой тренировки, теста и валидации

$$Q = kA(T_{\text{вн}} - T_{\text{нар.}})/d,$$

где  $Q$  – количество тепла, проходящего через стену за определенное время, Вт;  $k$  – коэффициент теплопроводности материала стены, Вт/(м<sup>2</sup>·°C);  $A$  – площадь стены, м<sup>2</sup>;  $T_{\text{вн}}$  – температура внутренней поверхности стены, °C;  $T_{\text{нар.}}$  – температура внутренней поверхности стены, °C;  $d$  – толщина стены.

При обучении нейронных сетей использовался метод многократных подвыборок с 5 нейронными сетями при построении (рис. 3а). Число нейронов на внутреннем слое сети было принято от 10 до 25 (рис. 4), циклов построения – 2000 (рис. 3б).

Анализируя ошибки и производительности на выборках для полученного набора сетей (рис. 4), делаем вывод, что из всей выборки на тесте для города Белгорода наиболее оптимальной является сеть 8 с 15 нейронами на внутреннем слое сети с наименьшей ошибкой на тренировке (0,990) и на тесте (0,897).

Правильность выбора данных сетей подтверждается высокой сходимостью с фактическими значениями на графике прогнозов временных рядов для данной сети как с вы-

боркой тренировки, теста, валидации (рис. 5), где синим цветом обозначены фактические значения, красным – данные, прогнозируемые сетью.

Гистограмма остатков (рис. 6) соответствует нормальному закону распределения Гаусса – Лапласа с пиком в центре и относительно симметричными боковыми сторонами (рис. 1).

Фактическая функция соответствует прогнозной, что подтверждается высокой плотностью точек на прямой (рис. 7). Полученная регрессионная модель допускает ошибку около 1,22 %.

Таким образом, исследования показали, что использование нейросетевых моделей способствует улучшению точности прогнозов и оптимизации энергетической эффективности зданий, возведенных из газобетонных материалов. Использование искусственных нейронных сетей позволяет более точно предсказывать тепловые потери через такие стены, что существенно важно для улучшения управления энергопотреблением зданий в различных климатических условиях.

Анализ данных и прогнозирование тепловых потерь, проводимые с использованием искусственных нейронных сетей, представляют собой важные этапы в эффективном управлении жизненным циклом объектов строительства.

### Литература

1. Grinfeld G.I. Performance Characteristics of Autoclaved Aerated Concrete with Density 400 kg/cub.m / G.I. Grinfeld // *Construction of Unique Buildings and Structures*. – 2013. – No. 5(10). – P. 28–57.
2. Сулейманова, Л.А. Энергосберегающие газобетоны на композиционных вяжущих / Л.А. Сулейманова, И.А. Погорелова, К.Р. Кондрашев, К.А. Сулейманов, Ю.С. Пириев // *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова*. – 2016. – № 4. – С. 73–83.
3. Сулейманова, Л.А. Управление процессом формирования пористой структуры ячеистых бетонов / Л.А. Сулейманова // *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова*. – 2016. – № 2. – С. 69–76.
4. Peng, P.F. Performance Study on Masonries of Different Aerated Concrete Blocks / P.F. Peng, X.M. Qin, Y.S. Wu // *Key Engineering Materials*. – 2014. – No. 633. – P. 299–302.
5. Harmati, N. Energy Consumption Modelling via Heat Balance Method for Energy Performance of a Building / N. Harmati, Ž. Jakšić, N. Vatin // *Procedia Engineering*, 2015. – P. 786–794.
6. Stritih, U. Heat Transfer Enhancement in Latent Heat Thermal Storage System for Buildings / U. Stritih // *Energy and Buildings*. – 2003. – No. 35(11). – P. 1097–1104.
7. Girault, M. Identification Methods in Nonlinear Heat Conduction. Part II: Inverse Problem Using a Reduced Model / M. Girault, D. Petit // *Int. Journal of Heat and Mass*. – 2005. – No. 48(1). – P. 119–133.
8. Богданова, Р.А. Первичная оценка статистических данных в программе STATISTICA / Р.А. Богданова, П.И. Казазаева // *Информация и образование: границы коммуникаций*. – 2022. – № 14(22). – С. 157–162.
9. Камашев, В.В. Выбор оптимальных настроек нейронной сети при прогнозировании временного ряда в пакете статистика / В.В. Камашев, Е.А. Кучерова, П.Н. Раскин // *Молодежь. Наука. Современность: IV Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием (г. Воткинск, 10 апреля 2017 г.)*. – Воткинск : Удмуртский университет, 2017. – С. 107–109.

10. Кленина, В.И. Анализ временных рядов и прогнозирование на примере программы / В.И. Кленина, Е.Н. Софинская, А.А. Зироян // Человеческий капитал. – 2015. – № 2(74). – С. 66–74.

### References

2. Sulejmanova, L.A. Energoberegayushchie gazobetonny na kompozitsionnyh vyazhushchih / L.A. Sulejmanova, I.A. Pogorelova, K.R. Kondrashev, K.A. Sulejmanov, YU.S. Piriev // Vestnik BGTU im. V.G. SHuhova. – 2016. – № 4. – С. 73–83.

3. Sulejmanova, L.A. Upravlenie protsessom formirovaniya poristoj struktury yacheistyh betonov / L.A. Sulejmanova // Vestnik BGTU im. V.G. SHuhova. – 2016. – № 2. – С. 69–76.

8. Bogdanova, R.A. Pervichnaya otsenka statisticheskikh dannyh v programme STATISTICA / R.A. Bogdanova, P.I. Kazazaeva // Informatsiya i obrazovanie: granitsy kommunikatsij. – 2022. – № 14(22). – С. 157–162.

9. Kamashev, V.V. Vybor optimalnyh nastroek nejronnoj seti pri prognozirovanii vremennogo ryada v pakete statistika / V.V. Kamashev, E.A. Kucherova, P.N. Raskin // Molodezh. Nauka. Sovremennost: IV Vserossiyskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiem (g. Votkinsk, 10 aprelya 2017 g.). – Votkinsk : Udmurtskij universitet, 2017. – С. 107–109.

10. Klenina, V.I. Analiz vremennyh ryadov i prognozirovanie na primere programmy / V.I. Klenina, E.N. Sofinskaya, A.A. Ziroyan // CHelovecheskij kapital. – 2015. – № 2(74). – С. 66–74.

---

### Forecasting Heat Losses at the Operation Stage When Managing the Life Cycle of a Capital Construction Facility Using Artificial Neural Networks

L.A. Suleymanova, Obaidi Adham Abdulsattar Hamid

*Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov,  
Belgorod (Russia)*

**Key words and phrases:** data analysis; artificial neural networks; energy consumption optimization; forecasting; heat losses; life cycle management; operational period; energy efficiency.

**Abstract.** In this article, the authors conducted a study of heat losses of buildings at the operational stage and their prediction at the operational stage of a capital construction project using artificial neural networks. The technique is based on the analysis of data on heat loss and their relationship with various building parameters. Forecasting was carried out using artificial neural networks in the Statistica software package. The proposed approach allows you to effectively manage the energy consumption of a building, optimizing its energy efficiency and improving the life cycle management of a capital construction project. The results demonstrate the high accuracy and convergence of the model with actual values, as well as its ability to predict performance.

---

© Л.А. Сулейманова, Обайди Адхам Абдулсаттар Хамид, 2023

УДК 339.5

## Интеллектуальная таможня. Опыт китайских коллег

А.А. Люзе

*ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства  
и государственной службы  
при Президенте Российской Федерации»,  
г. Москва (Россия)*

**Ключевые слова и фразы:** интеллектуальная таможня; искусственный интеллект; нейросети; опыт китайской таможни; таможенные органы.

**Аннотация.** Согласно третьему разделу Стратегии развития таможенной службы Российской Федерации до 2030 г., основной стратегической целью является переориентация на автоматизацию процессов с применением искусственного интеллекта, который бы стал помощником в результативном контроле для государства и сокращал бы временные затраты для законопослушных участников внешнеэкономической деятельности при прохождении таможенного контроля. Опыт создания «Интеллектуальной таможни» имеется у китайских коллег, которые, в свою очередь, делятся опытом и помогают с модернизацией инструментов таможенного контроля.

Стратегической целью развития Федеральной таможенной службы (ФТС) является формирование к 2030 г. качественно новой, насыщенной «искусственным интеллектом» «умной» таможенной службы, незаметной для законопослушного бизнеса и результативной для государства.

Одной из основных задач по реализации этой цели является разработка перспективной модели «интеллектуального» пункта пропуска. Фундаментом для данного пункта пропуска должна стать максимальная автоматизация процессов совершения таможенных операций с использованием элементов искусственного интеллекта.

«Интеллектуальный пункт пропуска» сам по себе является цифровой платформой, которая связывает всех участников процесса. В первую очередь, это таможенные органы, агентства и ведомства по смежным надзорным функциям, таможенных брокеров, участников внешнеэкономической деятельности и перевозчиков. Создание необходимой технологической инфраструктуры позволит организовать практически безостановочное движение товаров в пунктах пропусках.

Основой функционирования данной модели должна стать единая информационная система, которая будет интегрирована не только с информационными системами государственных контрольных органов, но и с программным обеспечением технических средств объективного контроля.

В идеальной модели при определенных условиях в пунктах пропуска может быть обеспечена реализация всех необходимых процессов без участия должностных лиц государственных контрольных органов.

При разработке модели уделяется внимание и компоновочным решениям. Позиционирование размещения технических элементов «интеллектуального пункта пропуска», использование возможностей их установки в одном блоке позволяют дополнительно ускорить перемещение транспорта через пункт пропуска за счет инженерных решений в том числе.

Например, для обнаружения радиоактивных материалов можно разместить систему с автоматизированным весогабаритным комплексом и порталным инспекционно-досмотровым комплексом в одном помещении тоннельного типа по принципу «три в одном».

При прохождении данного вида контроля на выходе будут получены данные о радиационном фоне, весе транспортного средства с определением всех габаритов. Данная операция занимает до двух минут.

Для прохождения таможенного контроля машина продолжает следовать через систему, где ее и груз сканируют с использованием инспекционно-досмотрового комплекса, который не причинит вреда здоровью водителя.

В этот момент включается искусственный интеллект: нейросеть, обученная на множестве изображений однородных грузов, принимает решение, соответствует ли товар в грузовом отделении тому, что заявлено в документах. Если груз соответствует, а система управления рисками не выявила рисков событий, то производится автоматическое помещение товара под процедуру транзита. При этом если на груз была подана предварительная декларация, то может быть осуществлен и окончательный выпуск товара в соответствии с заявленной процедурой.

Аналогичные проекты перспективных моделей по автомобильному, морскому, железнодорожному и воздушному видам транспорта ФТС России уже разработаны.

Проект «Интеллектуальная таможня, интеллектуальная граница, интеллектуальные коммуникации», реализуемый в таможенных органах Китайской Народной Республики, основан на принципах применения и развития высоких информационных технологий и инноваций при администрировании таможенных процедур и перемещении товаров через границу в целях обеспечения безопасности и развития международной торговли.

Одной из целей реализации Проекта в таможенных органах Китая является повышение уровня интеллектуального управления процессами, оптимизация таможенного и пограничного контроля.

Реализация Проекта осуществляется в Китае по двум направлениям:

– первое – это применение высоких технологий и инновационного оборудования (искусственный интеллект, «интернет вещей», облачные вычисления, технология «блокчейн», передовое инспекционно-досмотровое оборудование, беспилотные транспортные средства и иное интеллектуальное оборудование, программное обеспечение и технологии);

– второе – применение интеллектуальных методов и современных информационных систем (внедрение инновационного мышления и научных методов в имеющиеся системы управления, технологические и бизнес-процессы, новые механизмы взаимодействия в целях оптимизации и повышения эффективности работы).

Основной упор при внедрении «Интеллектуальной таможни» сделан на применение информационных инноваций, оптимизацию и модернизацию имеющейся системы управления таможенных органов путем строительства интеллектуальной инфраструктуры, использующей передовые достижения науки и техники, реализации автоматизации и интел-

лектуализации таможенного контроля в целях повышения его эффективности. Пекинская таможня использовала интеллектуальные технологии для проведения ускоренного таможенного контроля товаров в целях обеспечения нужд зимних Олимпийских игр 2022 г. Так, например, использовалось панорамное портативное оборудование радиационного контроля, газоанализаторы и иное оборудование, обеспечивающее высокоскоростное сканирование, выявление и идентификацию источников ионизирующего излучения.

В целях обеспечения безопасности жизни, здоровья граждан и снижения риска заражения новой коронавирусной инфекцией (COVID-19) в отношении перемещаемого багажа и личных вещей осуществляется профилактическая стерилизация при помощи специализированного оборудования для стерилизации, дезинфекционных камер, боксов биологической безопасности и т.д.

Таможня Шанхая осуществляет интеллектуальный таможенный контроль товаров в условиях функционирования автоматизированного терминала в порту Яншань. Там создана высокоэффективная интеллектуальная площадка таможенного контроля товаров, реализующая проверку перемещаемых товаров специализированным оборудованием и осуществление таможенного контроля без участия человека в автоматическом режиме с минимальными временными затратами. К примеру, беспилотные транспортные средства в соответствии с поручениями таможенного органа о необходимости применения отдельных форм таможенного контроля (например, таможенного досмотра товаров) в автоматическом режиме осуществляют доставку интересующего контейнера к ИДК для производства сканирования. После этого снимки, полученные с помощью ИДК, в режиме реального времени передаются в Единый центр таможни Яншань, где осуществляется автоматический анализ сканированных изображений для проведения интеллектуального распознавания.

Кроме того, в таможне Шанхая создана внутренняя информационная платформа по анализу больших данных трансграничной торговли. Информационная платформа, используя интеллектуальные информационные технологии, способствует более эффективному выявлению рисков при перемещении товаров через границу и осуществлению таможенного контроля. При использовании данной платформы информационная база данных пополняется дополнительной информацией о выявленных рискованных поставках товаров, обучая тем самым искусственный интеллект новым алгоритмам выявления рисков при перемещении схожих товаров в будущем.

Таможня Шэньчжэня использует в своей деятельности портативное интеллектуальное оборудование для оперативного использования в пунктах пропуска через границу. Комплект из планшетного компьютера и интеллектуальных очков, работающий при поддержке сетей 5G и дополненный алгоритмами интеллектуального анализа полученной через камеру очков информации, способствует оперативной идентификации находящихся перед инспектором лиц, транспортных средств или товаров с последующим выводом в режиме реального времени отчета по проведенному анализу больших данных на дисплей планшетного компьютера для оперативного использования в пунктах пропуска через границу и минимизации рисков нарушения таможенного законодательства. Таможенный инспектор, оснащенный данными техническими средствами, в режиме реального времени может координировать свои действия с аналитическим центром и при необходимости осуществлять запись и потоковую передачу видеосигнала осуществляемого им процесса таможенного контроля.

Таможня Гуанчжоу осуществляет интеллектуальный контроль международных почтовых отправок из Гонконга и Макао. В целях осуществления эффективного обмена сведениями между таможнями Гуанчжоу, Гонконга и Макао о перемещаемых международ-

ных почтовых отправлениях, контроля и предотвращения рисков нарушения таможенного законодательства сторонами унифицированы форматы и стандарты передаваемых данных. В отношении международных почтовых отправлений из Гонконга и Макао в таможенную службу Гуанчжоу заблаговременно в форме электронной передачи данных поступают сведения, содержащиеся в таможенной декларации. После этого в отношении данной информации осуществляется анализ (в том числе с использованием технологий по анализу больших данных), в результате которого почтовая корреспонденция классифицируется в соответствии с заданными таможенным органом критериями для проведения последующего досмотра. По сравнению с традиционной моделью обработки международных почтовых отправлений применение интеллектуального анализа, искусственного интеллекта, RFID-оборудования значительно повысило эффективность таможенного контроля и снизило временные затраты на таможенное оформление.

Исходя из обширного опыта китайских коллег, можно сделать вывод, что плодотворное сотрудничество при имплементации инновационных технологий в российскую таможенную службу с китайскими коллегами только поможет ускорить процесс создания «Интеллектуальной таможни».

### Литература

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 23 мая 2020 года № 1388-р «Стратегия развития таможенной службы Российской Федерации до 2030 года». – 2020.
2. Захарова, Л. Как таможенники работают в пандемию / Л. Захарова // Российская газета. – 2020.
3. Люзе, А.А. Подходы использования системы управления рисками через призму Копендиума Всемирной таможенной организации / А.А. Люзе // Наука и бизнес: пути развития. – М. : ТМБпринт. – 2023. – № 11.

### References

1. Rasporyazhenie Pravitelstva Rossijskoj Federatsii ot 23 maya 2020 goda № 1388-r «Strategiya razvitiya tamozhennoj sluzhby Rossijskoj Federatsii do 2030 goda». – 2020.
2. Zaharova, L. Kak tamozhenniki rabotayut v pandemiyu / L. Zaharova // Rossijskaya gazeta. – 2020.
3. Lyuze, A.A. Podhody ispolzovaniya sistemy upravleniya riskami cherez prizmu Komentiuma Vsemirnoj tamozhennoj organizatsii / A.A. Lyuze // Nauka i biznes: puti razvitiya. – M. : TMBprint. – 2023. – № 11.

---

### Intelligent customs. Experience of Chinese colleagues

A.A. Luze

*Russian Academy of National Economy and Public Administration  
under the President of the Russian Federation, Moscow (Russia)*

**Key words and phrases:** Intelligent customs; customs authorities; artificial intelligence; neural networks; Chinese customs experience.

**Abstract.** According to the third section of the Strategy for the Development of the Customs Service of the Russian Federation until 2023, the main strategic goal is to refocus on the automation of processes using artificial intelligence, which would become an assistant in effective control for the state and reduce time costs for law-abiding participants in foreign economic activity during customs control. Chinese colleagues have experience in creating an “Intelligent Customs”, which in turn share their experience and help with the modernization of customs control tools.

---

© А.А. Люзе, 2023

УДК 004.89

## Концепция динамической системы управления и контроля качества рудопотока в минерально-сырьевых комплексах

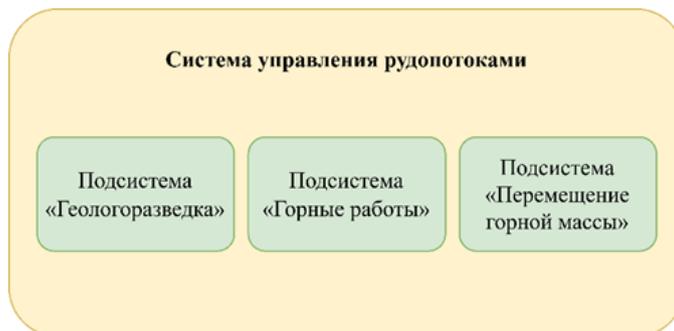
П.Н. Ларичев, В.С. Тынченко

*ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет  
науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева»,  
г. Красноярск (Россия)*

**Ключевые слова и фразы:** динамическая система; минерально-сырьевой комплекс; мониторинг; рудопоток; управление.

**Аннотация.** В статье рассматривается создание концепции динамической системы управления и контроля качества рудопотока в минерально-сырьевых комплексах, для чего проводится анализ мероприятий, необходимых для создания такой системы. Предлагается архитектурное решение, охватывающее ряд процессов, таких как геологоразведка, горные работы, перемещение горной массы. Проводится согласование предложенной архитектуры с информационными системами и программно-техническим обеспечением добывающих предприятий, что позволяет выявить потребности в данных для формирования технических заданий на коррекцию бизнес-процессов. Предложенная концепция системы управления позволяет реализовать имитационное моделирование как в модельном, так и реальном времени не только для оценки пиковых нагрузок в бизнес-процессах предприятий, но и для поддержки принятия решений в среднесрочной и долгосрочной перспективе.

Необходимость минимизации колебаний качества исходного сырья в процессах подготовки руды, особенно с учетом индивидуальных графиков добычи и отгрузки рудников, подчеркивает необходимость создания динамической системы управления и контроля качества рудопотоков в минерально-сырьевом комплексе [1]. Эта система должна эффективно интегрировать все потоки руды из разных рудников, обеспечивая плавный переход к высокому качеству за счет установления обратной связи с планами производства и отгрузки для каждого рудника в течение определенного периода времени. Кроме того, требуется создание единого и надежного источника данных для всех уровней управления по полученной информации о потоках руды [1; 2]. В минерально-сырьевом комплексе в настоящее время ощущается недостаток надежных инструментов оперативного контроля качества минерального сырья по всей производственной цепочке от рудников до перерабатывающих предприятий. Кроме того, отсутствует единый математически и практически



**Рис. 1.** Состав системы управления рудопотоком

обоснованный инструмент прогнозирования результатов переработки рудного сырья. Задача увязки всех этапов технологического процесса – от геологической модели месторождения и горных работ до складов руды, систем транспортировки и обогатительных фабрик – остается сложной и трудоемкой задачей, что препятствует эффективному управлению производством для достижения стандартов качества. Также отсутствуют эффективные инструменты прогнозирования результатов горных работ на предстоящие смены и дни, особенно при закреплении первичной подготовки руды за конкретными шахтами.

Таким образом, разработка единой системы управления рудопотоками для нескольких рудников становится актуальной научной и технической задачей. Такая система призвана повысить эффективность процесса обогащения за счет интеграции информационных технологий и средств управления качеством рудных потоков.

### **Элементы системы управления и контроля качества рудопотока в минерально-сырьевых комплексах**

Разработка системы управления и контроля качества рудопотока требует проведения широкомасштабных научных исследований по взаимосвязанным блокам работ, представленным на рис. 1.

В рамках разработки подсистемы «Геологоразведка» необходимо провести оценку информативности методов и средств формирования информационного обеспечения на этапах технологического процесса опережающей эксплуатационной разведки, включая [3; 4]:

- идентификацию и экспертно-аналитическую оценку источников данных, средств и методов их получения при реализации технологического процесса опережающей эксплуатационной разведки;
- определение и верификацию информационных потоков в информационной системе обеспечения технологического процесса опережающей эксплуатационной разведки;
- определение точек «потери информативности» и рассинхронизации информационных потоков при опережающей эксплуатационной разведке.

На основе полученных результатов требуется сформулировать требования и целевые критерии информативности методов получения и обработки данных при опережающей эксплуатационной разведке, а также провести оценку и анализ существующих и требующих доработки способов повышения информативности опережающей эксплуатационной разведки на основе интеграции программно-аппаратных и технических средств.

В качестве данных, требуемых для проведения вышеуказанных мероприятий, можно выделить:

- ретроспективные данные опережающей эксплуатационной разведки и соответствующих эксплуатационных данных;
- данные по техническим и программно-аппаратным средствам формирования информационного обеспечения опережающей эксплуатационной разведки;
- информация о моделях и методах, используемых для обработки информации опережающей эксплуатационной разведки;
- результаты опроса специалистов, участвующих в формировании информационного обеспечения и способных охарактеризовать проблему снижения информативности опережающей эксплуатационной разведки.

В рамках разработки подсистемы «Горные работы» требуется провести формальное описание количественных и качественных показателей рудопотоков, включая структурную и параметрическую идентификацию моделей их формирования на основе параметров элементарных процессов и объектов горных работ [5], включая:

- определение базовых величин (атрибутов) расчета количественных и качественных показателей рудопотоков;
- идентификацию статистик целевых показателей рудопотоков на основе баз данных технологических процессов, определение параметров распределений и доверительных уровней;
- динамическую идентификацию случайных процессов изменения количественных и качественных показателей рудопотоков.

Кроме того, требуется провести исследование возможностей структурной и параметрической идентификации моделей с использованием технических и программно-аппаратных средств для формирования комплексного описания в форме цифрового паспорта загрузки, а также формирование обобщенной модели прослеживаемости (включая требования с средствам измерения и автоматизации) порций руды в рудопотоках с переходом к описанию, формализации и анализу путей решения задачи оптимального управления потоком порций руды для обеспечения требуемых качественных и количественных показателей рудопотоков.

В рамках разработки подсистемы «Перемещение горной массы» требуется провести идентификацию и описание структуры и параметров динамического формирования объемных и качественных показателей рудопотоков в ходе реализации технологического процесса перемещения горных масс, включая формирование прогнозно-классифицирующих моделей априорного разделения рудопотоков на категории на основе экспресс-анализа [6], расчетных величин и целевых значений показателей.

Кроме того, требуется разработка формального описания процесса управления качеством рудопотока на основе решения задачи многомерной условной оптимизации по критериям извлечения/затрат, включая:

- разработку и обоснование критериев оптимизационной задачи и способов их расчета на основе данных аппаратного контроля свойств и режимов работы технологического оборудования;
- разработку и исследование методов эффективного решения задачи оптимизации качества рудопотока в режиме реального времени с учетом динамического изменения свойств.

Для выполнения вышеуказанных задач потребуются провести мероприятия по сбору ретроспективных данных технологического процесса перемещения горной массы; данных по техническим и программно-аппаратным средствам формирования информационного обеспечения технологического процесса перемещения горной массы; информации о мо-

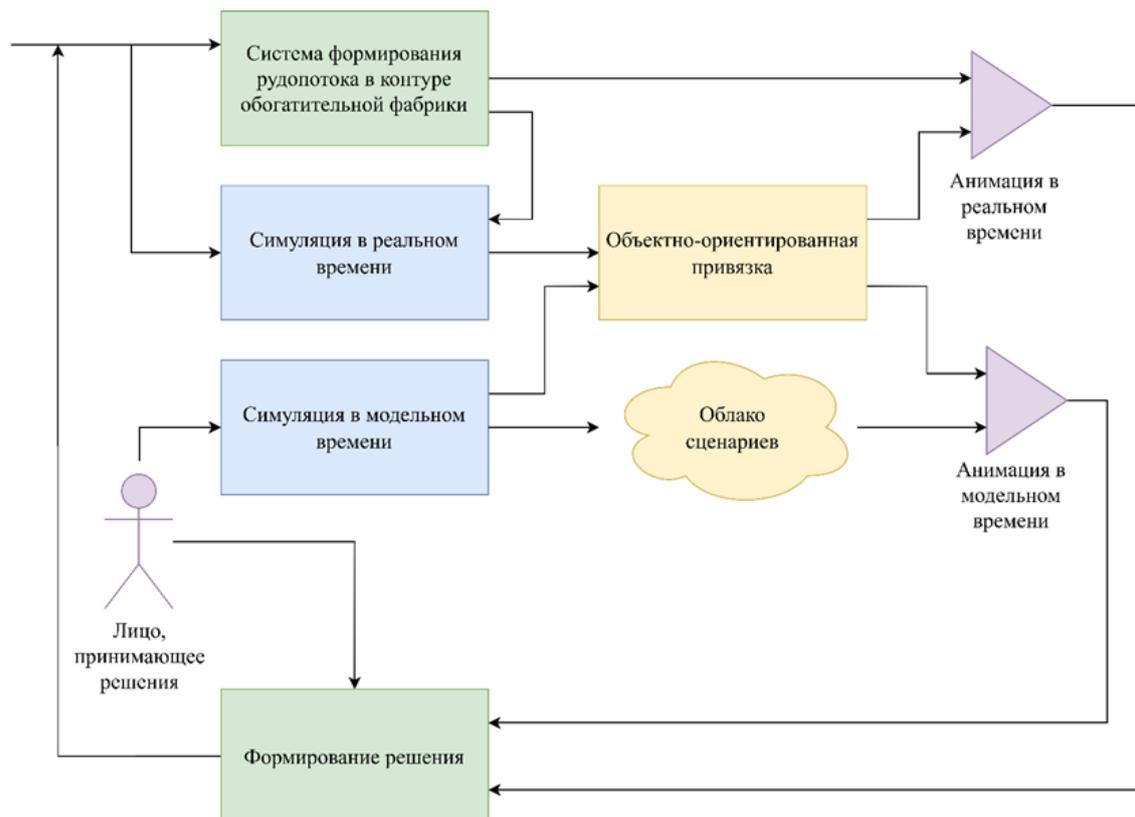


Рис. 2. Концептуальное описание функционирования системы имитационного моделирования и управления рудопотоком

делях и методах, используемых для обработки информации технологического процесса перемещения горной массы.

### Концептуальное описание цели функционирования системы имитационного моделирования и управления рудопотоком

Система формирования и управления рудопотоком в контуре обогатительной фабрики (ОФ) предназначена для стабилизации качества рудопотока за счет поддержки принятия решений (рис. 2) по управлению совокупностью процессов в минерально-сырьевом комплексе на краткосрочном горизонте.

Для реализации предложенных подходов в рамках настоящего исследования предлагается создание концепции системы имитационного моделирования и управления рудопотоком, реализующей:

1) параллельное функционирование системы расчета параметров объектов и целевых показателей качества рудопотока в определенных контрольных точках с прогнозированием результатов работы системы в контрольной точке на ОФ с целью выявления и спецификации ситуаций и объектов (детального подсвечивания, «анимации»), имеющих существенное рассогласование данными, полученными на верифицированной имитационной модели [7; 8]; мониторинговая функция позволит обеспечить прозрачность процесса формирования качества рудопотока и осуществлять раннее выявление и локализацию рассогласований, отклонений, ведущих к увеличению ненормативных колебаний в конту-

ре ОФ – «имитация в реальном времени»;

2) прогнозный модельный расчет возможных сценариев в задачах ситуационного управления, когда заинтересованные лица, принимающие решения на различных участках минерально-сырьевого комплекса, обеспечиваются возможностью получить оценки параметров и состояний объектов с учетом варьирования параметров управляющих воздействий в зоне их ответственности и с учетом совокупности ограничений существующей системы планирования, требований к качеству и количеству руды, а также возможных ситуаций нештатного характера (внезапный отказ единиц техники и т.д.) – «имитация в модельном времени».

Анализ опыта исследований подобных систем [8] показывает, что помимо выполнения целевых составляющих, описанных выше, в условно краткосрочном периоде такая система, оперируя достаточно точными и верифицированными с реальными объектами моделями, также позволяет выполнять расчет и обоснование решений, планируемых в среднесрочном и долгосрочном периоде. Так, например, могут уточняться и выбираться с заданным запасом параметры технологического оборудования, накопительных емкостей с учетом моделирования транспортных потоков – учет требований к транспорту и его количеству. Система позволяет оценить и рассчитать возможные пиковые нагрузки на соответствующие элементы производственной системы за счет получения параметров рудопотока в привязке к временным и пространственно-объектным координатам.

В рамках настоящего исследования проведен анализ мероприятий, необходимых для создания динамической системы управления и контроля качества рудопотока в минерально-сырьевых комплексах. Предложенная архитектура системы управления, состоящая из трех подсистем: «Геологоразведка», «Горные работы» и «Перемещение горной массы», – хорошо согласуется с широко распространенным на добывающих предприятиях информационным и программно-техническим обеспечением, а выявленные потребности в данных позволяют сформировать технические задания на коррекцию бизнес-процессов предприятий. Предложенная концепция системы управления, реализующей имитацию как в модельном, так и реальном времени, позволяет оценивать не только возможные пиковые нагрузки в системе, но и оказывать поддержку принятия решений на среднесрочный и долгосрочный период.

## Литература

1. Каплунов, Д.Р. Обобщение современных подходов к управлению качеством рудопотоков в условиях действующих рудников на всех этапах освоения месторождения / Д.Р. Каплунов, А.Г. Рыльников // Известия Тульского государственного университета. Науки о земле. – 2020. – № 4. – С. 40–53.

2. Кантемиров, В.Д. Совершенствование методов рудоподготовки минерального сырья при освоении сложноструктурных месторождений / В.Д. Кантемиров // Горная промышленность. – 2022. – № S1. – С. 63–70.

3. Вольфсон, И.Ф. Вклад РОСГЕО в обеспечение медико-экологической безопасности геологоразведочных и горно-добывающих предприятий / И.Ф. Вольфсон // МРР. – 2013. – № 1. – С. 75.

4. Беневольский, Б.И. Состояние минерально-сырьевой базы цветных металлов России и основные направления геологоразведочных РА / Б.И. Беневольский, И.Ф. Мигачев // Разведка и охрана недр. – 2013. – № 4. – С. 28–31.

5. Ломоносов, Г. Производственные процессы подземной разработки рудных место-

рождений / Г. Ломоносов. – Litres, 2022.

6. Гончаров, С. Проблемы недропользования и пути их решения на горных предприятиях при добыче и переработке железных руд / С. Гончаров // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2014. – № S1. – С. 82–93.

7. Окольнішников, В.В. Представление времени в имитационном моделировании / В.В. Окольнішников // Вычислительные технологии. – 2005. – Т. 10. – № 5. – С. 57–80.

8. Михеева, Т.В. Обзор существующих программных средств имитационного моделирования при исследовании механизмов функционирования и управления производственными системами / Т.В. Михеева // Известия Алтайского государственного университета. – 2009. – № 1. – С. 87–90.

### References

1. Kaplunov, D.R. Obobshchenie sovremennyh podhodoov k upravleniyu kachestvom rudopotokov v usloviyah dejstvuyushchih rudnikov na vsekh etapah osvoeniya mestorozhdeniya / D.R. Kaplunov, A.G. Rylnikov // Izvestiya Tulsogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o zemle. – 2020. – № 4. – С. 40–53.

2. Kantemirov, V.D. Sovershenstvovanie metodov rudopodgotovki mineralnogo syr'ya pri osvoenii slozhnostrukturnyh mestorozhdenij / V.D. Kantemirov // Gornaya promyshlennost. – 2022. – № S1. – С. 63–70.

3. Volfson, I.F. Vklad ROSGEO v obespechenie mediko-ekologicheskoy bezopasnosti geologorazvedochnyh i gorno-dobyvayushchih predpriyatij / I.F. Volfson // MRR. – 2013. – № 1. – С. 75.

4. Benevolskij, B.I. Sostoyanie mineralno-syrevoj bazy tsvetnyh metallov Rossii i osnovnye napravleniya geologorazvedochnyh RA / B.I. Benevolskij, I.F. Migachev // Razvedka i ohrana neдр. – 2013. – № 4. – С. 28–31.

5. Lomonosov, G. Proizvodstvennye protsessy podzemnoj razrabotki rudnyh mestorozhdenij / G. Lomonosov. – Litres, 2022.

6. Goncharov, S. Problemy nedropolzovaniya i puti ih resheniya na gornyh predpriyatiyah pri dobyche i pererabotke zheleznyh rud / S. Goncharov // Gornij informatsionno-analiticheskij byulleten (nauchno-tehnicheskij zhurnal). – 2014. – № S1. – С. 82–93.

7. Okolnishnikov, V.V. Predstavlenie vremeni v imitatsionnom modelirovanii / V.V. Okolnishnikov // Vychislitelnye tekhnologii. – 2005. – Т. 10. – № 5. – С. 57–80.

8. Miheeva, T.V. Obzor sushchestvuyushchih programmnyh sredstv imitatsionnogo modelirovaniya pri issledovanii mekhanizmov funktsionirovaniya i upravleniya proizvodstvennymi sistemami / T.V. Miheeva // Izvestiya Altajskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2009. – № 1. – С. 87–90.

---

### The Concept of a Dynamic System for Managing and Monitoring the Quality of Ore Flow in Mineral Resource Complexes

P.N. Larichev, V.S. Tynchenko

*Siberian State University of Science and Technology  
named after Academician M.F. Reshetnev, Krasnoyarsk (Russia)*

**Key words and phrases:** management; mineral resource complex; monitoring; ore flow;

dynamic system.

**Abstract.** The article discusses the creation of the concept of a dynamic system for managing and monitoring the quality of ore flow in mineral resource complexes, for which an analysis of the measures necessary to create such a system is carried out. An architectural solution is proposed that covers a number of processes, such as geological exploration, mining, and movement of rock mass. The proposed architecture is being coordinated with information systems and software and hardware of mining enterprises, which makes it possible to identify data needs for the formation of technical specifications for the correction of business processes. The proposed concept of the control system makes it possible to implement simulation modeling in both model and real time, not only to assess peak loads in business processes of enterprises, but also to support decision-making in the medium and long term.

---

© П.Н. Ларичев, В.С. Тынченко, 2023

УДК 94

## Положение китайских рабочих в России на Дальнем Востоке и в Сибири в XX веке

Ван Вэй

*Хэйхэский университет,  
г. Хэйхэ (КНР)*

**Ключевые слова и фразы:** китайские рабочие; трудовые отношения Китая и России; экономическое развитие России.

**Аннотация.** Цель – проанализировать положение китайских рабочих на Дальнем Востоке и в Сибири в России XX века.

**Задачи:** рассмотреть деятельность китайских рабочих на Дальнем Востоке и в Сибири в России; изучить условия жизни китайских рабочих на Дальнем Востоке и в Сибири.

В работе были использованы теоретические методы исследования (анализ, синтез, обобщение, гипотезы), эмпирический (наблюдение), экспериментальные (констатирующий и формирующий эксперимент).

До революции китайский труд играл заметную роль во многих сферах хозяйственной жизни: строительстве, промышленности, торговле, сельском хозяйстве, прибрежном морском транспорте. В наше время китайское присутствие ощутимо, прежде всего, в торговле. Как и до революции, китайские рабочие сейчас отличаются трудолюбием, исполнительностью и скромностью запросов, а коммерсанты из Китая по-прежнему организованы и торгуют лучше российских. Необходимо доброжелательно и вместе с тем правильно направлять китайских трудовых мигрантов в нужное русло, отвечающее целям развития страны. Все это является необходимым условием стабильного развития отношений КНР и России.

Россия и Китай имеют протяженную границу на Дальнем Востоке. В истории китайско-российских региональных отношений проблема зарубежных китайцев на Дальнем Востоке является чрезвычайно важной и значимой темой исследований. В начале XX в. из-за бедности и безработицы многие китайские рабочие и фермеры бежали за границу в поисках средств к существованию. Россия граничит с нашей страной, поэтому в то время многие бедные люди, жившие на севере Китая, предпочли поехать в Россию на заработки. Среди основных мест работы особенно выделяются Дальний Восток и Сибирь. Китайские рабочие выполняли много видов работ на Дальнем Востоке России, но в основном их деятель-

ность была сосредоточена на пастбищах и фермах. Помимо этого, китайцы работали на угольных шахтах, золотых приисках и в девственных лесах, а также в качестве прислуги или разнорабочих. В данной статье цель исследования заключается в том, чтобы рассмотреть и проанализировать деятельность китайских рабочих на Дальнем Востоке и в Сибири в России, изучить условия жизни китайских рабочих на Дальнем Востоке и в Сибири.

### **Деятельность китайских рабочих на Дальнем Востоке и в Сибири в России**

Китайские рабочие трудились в различных отраслях промышленности Дальнего Востока. Большинство из них работали на фермах и пастбищах, некоторые чернорабочими, прислугой или мелкими торговцами, на лесопилках, угольных шахтах и золотых приисках. Перед Первой мировой войной китайские рабочие были рассредоточены по обширной территории, кочевали по крупным городам и поселкам России, оставили свои следы даже на отдаленном острове Сахалин и Командорских островах в северной части Тихого океана, но большая часть из них осталась в Амурской области, особенно вдоль рек Хэйлунцзян и Уссури. Первые китайские рабочие, переехавшие в Россию, прибыли из внутренних провинций и Маньчжурии, в основном из Шаньдуна, включая китайских фермеров, занимающихся сельскохозяйственной деятельностью, и небольшое количество китайских бизнесменов, занимающихся торговой деятельностью. До Октябрьской революции китайские рабочие были задействованы в широком спектре отраслей экономического развития Дальнего Востока, занимаясь преимущественно неквалифицированным ручным трудом (лесорубы, судостроители, камнеломы, дорожники, судходцы, рыбаки, охотники, собиратели и т.д.), также работали на фабриках, рудниках, лесных складах, железных дорогах, в судходстве и др. Большинство этих секторов имели большой спрос на рабочую силу и являлись основными местами размещения китайских рабочих. Китайские рабочие занимались случайными заработками, в том числе на рисовых мельницах, маслобойнях, мукомольных заводах и т.д., а также работали плотниками и столярами, каменщиками, резчиками по камню, малярами и в других отраслях. В некоторых российских городах доля китайских рабочих была очень высока, и во многих отраслях они занимали доминирующее положение. По данным российской статистики, в 1910 г. на государственной службе, на золотых приисках и Уссурийской железной дороге в России было 51 404 иностранца, из них китайские рабочие составляли более 95 %. В Амурской области 33,1 % китайцев занимались сельским хозяйством.

Среди китайских рабочих Сибири и Дальнего Востока очень важное положение занимали золотоискатели и железнодорожники. Золотодобывающая промышленность процветала, особенно вдоль рек Уссури и Хэйлунцзян, где располагалось около 300 месторождений добычи золота, и подавляющее большинство людей, работающих на месторождениях золота, являлись китайскими рабочими. До 1850 г. Западная Сибирь и Урал были основными местами сбора русского золота, здесь было сосредоточено 85,7 % добычи русского золота. Однако после 1860 г., в связи с бесконтрольной добычей золота, объемы его добычи на Дальнем Востоке, особенно по рекам Уссури и Хэйлунцзян, год от года увеличивались. Это вывело ежегодную добычу золота на Дальнем Востоке и в Сибири на первое место в России. Китайские рабочие в России также участвовали в строительстве Транссибирской магистрали, начавшейся в 1891 г. Они внесли большой вклад в строительство российских железных дорог. При строительстве железной дороги основная деятельность китайских рабочих заключалась в возведении мостов и земляных работах,

а также строительстве станционных казарм, касс, гауптвахт. Благодаря китайским рабочим Транссибирская магистраль смогла быстро открыться для движения. Западный участок железной дороги начал строиться в Челябинске в 1892 г. и был открыт до Иркутска в 1897 г.; в том же году был открыт для движения восточный участок от Владивостока до Хабаровска; участок крайне трудного проекта Байкальской кольцевой железной дороги был завершен в 1905 г.

До Октябрьской революции китайцы на Дальнем Востоке России были сосредоточены в основном в добыче и переработке ресурсов, транспорте, связи, строительстве, торговле, сельском хозяйстве и сфере услуг. По официальной российской статистике, в 1910 г. на Дальнем Востоке трудилось 26 443 иностранца, на добыче золота – 20 022, уссурийских железнодорожников – 4 939, всего – 51 404. Свыше 81 % этих иностранных рабочих были китайцами. Видно, что роль китайских рабочих в экономическом развитии Дальнего Востока незаменима: они стали важным трудовым ресурсом царской России в освоении Дальнего Востока, внесли значительный вклад в экономическое развитие Дальнего Востока.

### **Условия жизни китайских рабочих в России на Дальнем Востоке и в Сибири**

Китайские рабочие уже давно находятся на «дне общества» в России на Дальнем Востоке и в Сибири. Условия жизни и труда китайских рабочих в Сибири и на Дальнем Востоке чрезвычайно тяжелые. Большинство китайских рабочих занято на самых опасных, болезненных, утомительных и грязных работах. Они работают по 10–16 часов в день без охраны труда, прав и личной безопасности, а также без медицинского страхования. Условия жизни китайских рабочих в Приамурье также очень плохие и некомфортные. Временное жилье для китайских рабочих очень тесное, условия проживания и питания плохие, питьевая вода загрязнена, еду невозможно помыть. Вклад китайских рабочих крайне непропорционален вознаграждению и обращению, которые они получают. Китайские рабочие всегда выполняют самую опасную и утомительную работу: строят дороги, роют туннели, добывают ресурсы и др. Лопаты, ломы, тачки и молотки – их основные инструменты, рабочие ходят пешком независимо от расстояния до стройплощадки.

Китайские рабочие в Сибири и на Дальнем Востоке не только имеют крайне плохие условия жизни и труда, но и их заработная плата намного ниже, чем у русских рабочих, выполняющих аналогичный тип работы. Обычно оплата труда составляет только 60 % от заработной платы русских рабочих. Данные о заработной плате рабочих, занятых на государственной службе в Приморской губернии в 1910 г., показывают, что дневная заработная плата русских рабочих Владивостокской администрации составляла от 1 руб. до 1 руб. 80 коп., тогда как заработная плата китайских рабочих составляла всего 60 коп.; заработная плата рабочих, строящих порт во Владивостоке, составляла от 2 руб. до 3 руб. 60 коп. для русских каменщиков и плотников и всего от 1 руб. до 2 руб. 25 коп. для китайских рабочих; русские разнорабочие получали от 1 руб. до 1 руб. 50 коп., тогда как китайский труд оценивался всего в 70 коп.; русский труд на угольном разрезе Суцзянь оценивался в 1 руб. 50 коп., китайский труд – в 1 руб.; заработная плата русских рабочих во Владивостокском переселенческом поселении составляла 1 руб. 25 коп., у китайских рабочих – всего 75 коп. Заработная плата китайских рабочих, занятых на частных предприятиях, также была значительно ниже. Российское правительство и капиталисты часто использовали дешевую китайскую рабочую силу, чтобы снизить расходы на заработную плату.

Деятельность китайских рабочих в России широко распространена, и ее следы простираются по всей Сибири и на Дальнем Востоке России. Китайские рабочие трудолюбивы, как муравьи, больше всего потеют и получают меньше всего вознаграждения. Зарубежные китайцы в России являются важным трудовым ресурсом Дальнего Востока, внесшим выдающийся вклад в развитие Дальнего Востока.

Таким образом, оглядываясь назад на историю развития Дальнего Востока, можно сказать, что общественная деятельность китайских рабочих почти всегда затрагивает экономическую сферу, и очень немногие китайцы участвуют в делах местного самоуправления и в политических дискуссиях. Историческое влияние и роль китайского вклада в развитие Дальнего Востока России должны быть справедливо оценены. 1920-е и 1930-е годы были чрезвычайно важным и значимым периодом в истории трудовых китайских мигрантов, российско-китайских национальных и региональных отношений. Сегодня число китайцев на Дальнем Востоке России продолжает увеличиваться, продолжается обширный и многоплановый межкультурный диалог. Однако сегодняшняя деятельность с соседними народами не столь масштабная, многоуровневая и нормализованная, как в 1920–1930-е годы. Именно в процессе такой деятельности зарубежные китайцы понимали и накапливали опыт революции, политических изменений и идеологии, а затем распространяли его в Китае.

*Данный результат является поэтапным итогом ключевого научно-исследовательского проекта по экономическому и социальному развитию провинции Хэйлуньцзян в 2022 г. (базовый спецпроект): «Исследование красных исторических материалов заморских китайцев на Дальнем Востоке (1949–2019 гг.)». Номер проекта: 22306.*

### Литература

1. Петров, А.И. История китайцев в России 1856–1917 годы / А.И. Петров. – СПб. : Береста, 2003. – 958 с.
2. Петров, А.И. Изучение китайцев в России 1858–1884 гг. / А.И. Петров // Россия и АТР. – 2005. – № 3. – С. 102–116.
3. Ла Лин. Обзор истории заморских китайцев в России / Ла Лин // Исследования по истории заморских китайцев. – 2005. – № 6.
4. Бу Цзюньчжэ. Исследование зарубежного китайского общества в Сибири и на Дальнем Востоке в современной России (1860–1931) : магистерская диссертация / Бу Цзюньчжэ. – Джанчунь : Северо-Восточный педагогический университет, 2003.

### References

1. Petrov, A.I. Istoriya kitajtsev v Rossii 1856–1917 gody / A.I. Petrov. – SPb. : Beresta, 2003. – 958 s.
2. Petrov, A.I. Izuchenie kitajtsev v Rossii 1858–1884 gg. / A.I. Petrov // Rossiya i ATR. – 2005. – № 3. – S. 102–116.
3. La Lin. Obzor istorii zamorskih kitajtsev v Rossii / La Lin // Issledovaniya po istorii zamorskih kitajtsev. – 2005. – № 6.
4. Bu TSzyunchzhe. Issledovanie zarubezhnogo kitajskogo obshchestva v Sibiri i na Dalnem Vostoke v sovremennoj Rossii (1860–1931) : magisterskaya dissertatsiya / Bu TSzyunchzhe. – Dzhanchun : Severo-Vostochnij pedagogicheskij universitet, 2003.

## The Situation of Chinese Workers in Russia in the Far East and Siberia in the 20th Century

Wang Wei

*Heihe University, Heihe (PRC)*

**Key words and phrases:** Chinese workers; economic development of Russia; labor relations between China and Russia.

**Abstract.** The goal is to analyze the situation of Chinese workers in the Far East and Siberia of Russia in the twentieth century.

**Objectives:** to consider the activities of Chinese workers in the Far East and Siberia in Russia; to study the living conditions of Chinese workers in the Far East and Siberia.

The work used a theoretical research method (analysis, synthesis, generalization, hypotheses), an empirical one (observation), and an experimental one (ascertaining and formative experiment).

Before the revolution, Chinese labor played a prominent role in many spheres of economic life: construction, industry, trade, agriculture, and coastal maritime transport. Nowadays, the Chinese presence is noticeable primarily in trade. As before the revolution, Chinese workers are now distinguished by their diligence, diligence and modesty of requests, and businessmen from China are still organized and trade better than Russian ones. The Chinese role in Russia will increase and play an increasingly important role in the life of the country. It is necessary to kindly and at the same time correctly guide Chinese labor migrants in the right direction that meets the goals of the country's revival. All this is a necessary condition for the stable development of relations between China and Russia.

---

© Ван Вэй, 2023

УДК 658

## Разработка бизнес-модели организации в контексте дизайн-мышления

Б.Б.Коваленко<sup>1</sup>, Е.Г. Коваленко<sup>2</sup>

<sup>1</sup> АНО ВО «Университет при Межпарламентской  
Ассамблее ЕвразЭС»;

<sup>2</sup> ООО «КСП»,  
г. Санкт-Петербург (Россия)

**Ключевые слова и фразы:** бизнес-модель; дизайн-мышление; организация; разработка.

**Аннотация.** Переход глобальной экономики от индустриального типа к экономике знаний, развитие цифровых технологий и ИИ, снижение жизненного цикла товаров и услуг приводят к высокой степени неопределенности предпринимательской деятельности. Это приводит к тому, что у компаний возникает необходимость постоянно модифицировать существующие бизнес-модели либо коренным образом их трансформировать. В статье представлен подход к разработке инновационных бизнес-моделей организации с использованием инструментов дизайн-мышления. Цель исследования – провести анализ приемлемости инструментов дизайн-мышления к разработке бизнес-модели организации. Для осуществления цели были поставлены задачи, связанные с анализом проблемы разработки бизнес-моделей организации в индустриальной и цифровой экономике, изучением дизайнерского подхода к реализации бизнес-проектов и оценкой применимости данного подхода в практике бизнес-моделирования в компаниях. Гипотеза исследования: использование инструментов дизайн-мышления позволяет руководителям компаний формализовать, структурировать процесс разработки инновационных бизнес-моделей. Исследование было проведено с использованием системного подхода, теории менеджмента, процессного подхода, методов дизайна. Результаты исследования подтверждают, что дизайн-мышление – эффективный инструмент для разработки инновационных бизнес-моделей.

В условиях индустриальной экономики компании имели устоявшиеся бизнес-модели, которые изменялись редко. Обычно эти изменения происходили не по инициативе менеджмента компаний, а по решению регулирующих органов, которые контролировали дея-

**Таблица 1.** Основные этапы дизайн-проекта разработки инновационной бизнес-модели и их содержание

	Наименование этапа	Содержание этапа
1	Предварительный	Выполнение мероприятий для начала реализации дизайн-проекта
2	Аналитический	Исследование рыночных условий, спроса, потребителей (выгоды, проблемы)
3	Проектирование	Разработка нескольких перспективных вариантов – прототипов бизнес-модели
4	Проверка работоспособности	Внедрение новой бизнес-модели в деятельность компании
5	Оценка результатов и корректировка	Определение результатов функционирования бизнес-модели и корректировка в случае необходимости

тельность компаний на соответствующем отраслевом рынке.

Происходящие в XXI в. изменения на глобальных рынках, связанные прежде всего с бурным развитием цифровых технологий, изменили эту ситуацию. В настоящее время у компаний возникает широкий спектр вариантов выбора оптимальной, с их точки зрения, бизнес-модели. При этом на рынке могут существовать компании с разными бизнес-моделями, которые успешно работают. Цифровизация привела к возникновению цифровых бизнес-моделей, таких как модель подписки, модель «по требованию», рекламная модель, бизнес-модели Free-типа, двусторонние и многосторонние платформы и др. [2; 3].

Например, в энергетической отрасли традиционной бизнес-моделью была вертикально-интегрированная, предполагающая централизованную выработку электроэнергии и ее доставку до потребителей. Она имела линейный характер и включала все этапы цепочки создания стоимости энергетической компании [5]. Цифровые технологии позволили внедрять на энергетическом рынке такие бизнес-модели, как «Энергоснабжение как услуга» на основе цифровой платформы. В результате потребителям предоставляется не просто отдельный продукт, а интегрированные решения, которые включают целый комплекс продуктов и услуг [1].

Переход глобальной экономики от индустриального типа к экономике знаний, развитие цифровых технологий и ИИ, снижение жизненного цикла товаров и услуг приводят к высокой степени неопределенности предпринимательской деятельности. Это приводит к тому, что у компаний возникает необходимость постоянно модифицировать существующие бизнес-модели либо коренным образом их трансформировать [7].

Как показывает анализ, изменение и трансформация бизнес-моделей требуют от лидеров нестандартного взгляда на бизнес и сложившиеся условия его функционирования. При этом создание инновационных бизнес-моделей часто связано с большой неопределенностью и отсутствием общепринятых методов их разработки и изменений.

Авторы полагают, что интерес представляет подход к разработке инновационных бизнес-моделей с использованием инструментов дизайн-мышления. Метод дизайн-мышления позволяет решать сложные и нестандартные задачи и предполагает глубокое понимание потребностей потенциальных потребителей и предоставление им кастомизированной ценности [4; 6]. Он позволяет управлять риском, связанным с разработкой инновационных продуктов, за счет создания их прототипов, раннего тестирования данных прототипов с целью улучшения.

Согласно сложившемуся на сегодня подходу, основными этапами дизайн-мышления являются эмпатия, фокусировка, идеация, прототипирование и тестирование [4].

Используя дизайнерский подход применительно к разработке бизнес-модели компании, авторы предлагают следующие основные этапы дизайн-проекта (табл. 1).

Рассмотрим содержание вышеуказанных этапов более подробно.

*1 этап – предварительный* (выполнение мероприятий для начала реализации дизайн-проекта). На данном этапе целесообразно осуществить следующие виды работ:

- формирование целей дизайн-проекта;
- создание команды;
- выбор методологии и стандартов работы команды.

Для успешного начала работ инициаторам проекта целесообразно также учитывать следующие моменты:

- включение в состав команды сотрудников из разных подразделений, а также кого-то из руководителей организации;
- учет и управление интересами заинтересованных лиц.

*2 этап – аналитический* (изучение рыночных условий и существующих вариантов бизнес-моделей). На данном этапе участникам проекта необходимо изучить аналитические материалы по отрасли, нише, в которой функционирует компания, а также результаты исследования потребностей существующих и потенциальных потребителей. Кроме того, важно изучить доминирующие на рынке бизнес-модели, их плюсы и минусы.

Факторы успеха:

- стремление взглянуть на существующую бизнес-модель критическим взглядом, оценить достоинства и недостатки;
- анализ потребительских предпочтений не только на рынке присутствия компании, но и на других рынках, которые могут быть потенциально интересны.

*3 этап – проектирование вариантов бизнес-модели* (создание нескольких перспективных вариантов – прототипов бизнес-модели компании). На данном этапе создается несколько привлекательных вариантов бизнес-моделей (прототипов).

Особенности этапа:

- выход за пределы стандартных подходов к разработке бизнес-модели;
- проведение углубленного анализа всех вариантов бизнес-модели, которые предложили члены команды, с целью выбора наиболее привлекательных вариантов.

*4 этап – проверка работоспособности спроектированной бизнес-модели.* На данном этапе происходит внедрение новой бизнес-модели в деятельность компании.

Эффективность данного этапа определяется следующими факторами:

- как можно большее участие сотрудников компании на предыдущих этапах дизайн-проекта для устранения препятствий, связанных с новой бизнес-моделью;
- разработка четкой организационной структуры для новой бизнес-модели;
- активная информационная и рекламная поддержка.

*5 этап – оценка результатов функционирования бизнес-модели и корректировка.* Данный этап связан с деятельностью по постоянному отслеживанию результатов функционирования бизнес-модели, ее изменению и корректировке (в случае необходимости), обусловленные изменениями во внешней и внутренней среде. Идеальным вариантом является привлечение всех сотрудников организации к данному процессу.

Важным аспектом данного этапа является управление существующей и новой бизнес-моделью, устранение возможных конфликтных ситуаций, связанных с наличием различных заинтересованных сторон.

Источники идей для инновационных бизнес-моделей могут возникнуть в самых разных направлениях деятельности компании, оказывая влияние на всю организацию в целом. Выделим некоторые из них:

- изменение в предпочтениях, проблемах, потребностях потребителей;
- новые возможности в предоставлениях ценностных предложений, позволяющие улучшить обслуживание потребителей (качество, цена, функционал и др.);
- накопленный компанией ресурсный потенциал, который может использоваться для разработки ценностных предложений;
- финансовые инновации (возможности изменения ценовой стратегии, расходов, новых источников доходов и др.).

В процессе реализации дизайн-проекта бизнес-модели можно использовать разные методы дизайна, которые помогают организовать работу команды. Среди них мозговой штурм, методы визуализации (рисунки, шаблоны, стикеры и др.), разработка профиля потребителя и карты эмпатии, разработка сценариев функционирования бизнес-модели и др.

Результаты анализа деятельности организаций показывают, что в настоящее время в условиях усложнения рыночной среды лидеры вынуждены постоянно заниматься вопросами изменения рыночных стратегий, бизнес-процессов, организационных процессов и бизнес-моделей. Такие задачи являются нестандартными и требуют от руководителей учета большого количества факторов, влияющих на деятельность компаний.

Авторы полагают, что инструменты дизайн-мышления позволяют структурировать и систематизировать процессы разработки инновационных бизнес-моделей и более эффективно организовать работу по их изменению и трансформации.

### Литература

1. Ассоциация «Цифровая энергетика». Отчет. Цифровая трансформация электроэнергетики [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.digital-energy.ru/wp-content/uploads/2020/04/strategiya-tsifrovoy-transformatsii-elektroenergetiki.pdf>.
2. Вайл, П. Цифровая трансформация бизнеса. Изменение бизнес-модели для организации нового поколения / П. Вайл, С. Ворнер. – М. : Альпина Паблишер, 2019. – С. 188.
3. Джонсон, Н. Платформа. Практическое применение революционной бизнес-модели / Н. Джонсон, А. Моazed. – М. : Альпина Паблишер, 2019. – С. 474.
4. Кемпкенс, О. Дизайн-мышление. Все инструменты в одной книге. Серия Top Business Awards / О. Кемпкенс. – М. : Эксмо, 2019. – С. 508.
5. Kovalenko, V.V. Digital business models and company growth opportunities in the energy market / V.V. Kovalenko, E.G. Kovalenko, T.V. Yakovleva // E3S Web of Conferences 250, 06006 (2021) TRESP 2021.
6. Леврик, М. Дизайн-мышление. От инсайта к новым продуктам и рынкам / М. Леврик и др. – СПб. : Питер, 2020. – С. 334.
7. Линц, К. Радикальное изменение бизнес-модели: Адаптация и выживание в конкурентной среде / К. Линц и др. – М. : Альпина Паблишер, 2019. – С. 509.

### References

1. Assotsiatsiya «TSifrovaya energetika». Otchet. TSifrovaya transformatsiya elektroenergetiki [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.digital-energy.ru/wp->

content/uploads/2020/04/strategiya-tsifrovoy-transformatsii-elektroenergetiki.pdf.

2. Vajl, P. TSifrovaya transformatsiya biznesa. Izmenenie biznes-modeli dlya organizatsii novogo pokoleniya / P. Vajl, S. Vorner. – M. : Alpina Pabliher, 2019. – S. 188.

3. Dzhonson, N. Platforma. Prakticheskoe primenenie revolyutsionnoj biznes-modeli / N. Dzhonson, A. Moazed. – M. : Alpina Pabliher, 2019. – S. 474.

4. Kempkens, O. Dizajn-myshlenie. Vse instrumenty v odnoj knige. Seriya Top Business Awards / O. Kempkens. – M. : Eksmo, 2019. – S. 508.

6. Levrik, M. Dizajn-myshlenie. Ot insajta k novym produktam i rynkam / M. Levrik i dr. – SPb. : Piter, 2020. – S. 334.

7. Lints, K. Radikalnoe izmenenie biznes-modeli: Adaptatsiya i vyzhivanie v konkurentnoj srede / K. Lints i dr. – M. : Alpina Pabliher, 2019. – S. 509.

---

### Development of an Organization's Business Model in the Context of Design Thinking

B.B. Kovalenko<sup>1</sup>, E.G. Kovalenko<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *University of the Interparliamentary Assembly of the EurAsEC;*

<sup>2</sup> *KSP LLC, St. Petersburg (Russia)*

**Key words and phrases:** organization; business model; development; design thinking.

**Abstract.** The transition of the global economy from an industrial type to a knowledge economy, the development of digital technologies and AI, a decrease in the life cycle of goods and services, lead to a high degree of uncertainty in business activity. This leads to the need for companies to constantly modify existing business models or radically transform them. The article presents an approach to developing innovative business models for organizations using design thinking tools. The purpose of the study is to analyze the suitability of design thinking tools for developing an organization's business model. To achieve the goal, tasks were set related to analyzing the problem of developing business models for organizations in the industrial and digital economy, studying the design approach to the implementation of business projects and assessing the applicability of this approach in the practice of business modeling in companies. Research hypothesis: the use of design thinking tools allows company managers to formalize and structure the process of developing innovative business models. The study was conducted using a systems approach, management theory, process approach, and design methods. The results of the study confirm that design thinking is an effective tool for developing innovative business models.

---

© Б.Б. Коваленко, Е.Г. Коваленко, 2023

УДК 331.101.4

## Управление процессом адаптации виртуального персонала

А.А. Курочкина, О.В. Лукина, Ю.А. Косолапова

*ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»,  
г. Санкт-Петербург (Россия)*

**Ключевые слова и фразы:** виртуальная адаптация персонала; виртуальный персонал; корпоративная культура; удаленная работа.

**Аннотация.** В настоящее время многие компании находятся в поиске более результативных способов управления персоналом. Одним из новых подходов к управлению стала виртуальная адаптация, которая позволяет добиться определенных успехов в компании. Существует необходимость в пересмотре и переоценке традиционных моделей адаптации, которые не отражают требования персонала, находящегося на удаленной работе. Цель исследования – разработка рекомендаций, направленных на повышение эффективности адаптации виртуального персонала. Задачи: всестороннее изучение существующих механизмов адаптации, проблем и возможностей, связанных с виртуальной рабочей средой. Методы исследования: сбор и анализ информации, аналогия и обобщение полученных данных. Результатом исследования являются предложения по внедрению рекомендаций, направленных на повышение эффективности адаптации виртуального персонала в организации.

Эволюция моделей адаптации персонала уходит своими корнями в традиционные иерархические структуры, где организационные структуры и отношения отчетности служили основой для интеграции новых сотрудников. Эти модели часто основывались на таких показателях эффективности, как скорость выполнения задач и качество работы для оценки успешности процессов адаптации. Однако цифровая трансформация рабочего места потребовала переоценки этих вековых парадигм. Появление виртуальных рабочих сред произвело революцию не только в том, где выполняется работа, но и в том, как персонал адаптируется к новым организационным условиям.

Виртуальные команды стали основой удаленной работы, привнося сложности в командную динамику, коммуникацию и лидерство, которые отличаются от условий физической работы [1]. Этим командам требуются уникальные стратегии адаптации, учитывающие такие факторы, как инструменты онлайн-сотрудничества, различия в часовых поясах и этикет цифрового общения. Технологические средства, такие как облачные платформы

и программное обеспечение для управления проектами, эволюционировали, чтобы облегчить эту новую форму адаптации персонала. Новые тенденции подчеркивают необходимость понимания виртуальной адаптации, которое может стать основой как для академического дискурса, так и для практического применения в управлении человеческими ресурсами [2].

В существующей литературе по виртуальной адаптации персонала появилось несколько исследований, которые дают ценную информацию об этой развивающейся области [3–6]. Так, в работе [3] исследуются современные проблемы воспитания чувства сопричастности, особенно среди удаленных сотрудников. В работе подчеркивается важность корпоративной культуры в виртуальных пространствах, учитывая растущую тенденцию к тому, что компании нанимают людей из различных географических и культурных слоев. Авторы предлагают различные стратегии укрепления единства среди удаленных работников. В исследовании делается вывод о том, что, хотя цифровые технологии могут оптимизировать процессы, сохранение человеческого контакта имеет первостепенное значение для удержания персонала и оптимальной производительности.

Авторы статьи [4] исследуют преобразующий потенциал инновационных цифровых инструментов в управлении адаптацией персонала. Исследователи подчеркивают важность внедрения технологических решений, таких как программные приложения, образовательные платформы, облачные хранилища, корпоративные порталы и социальные сети, для оптимизации взаимодействия между менеджерами, специалистами по персоналу и новыми сотрудниками в организации. Подчеркнутые преимущества этих цифровых инструментов включают эффективное использование времени рекрутеров и менеджеров с помощью автоматизированных решений и внедрение стандартизированного подхода к адаптационным мероприятиям, который смягчает потенциальное негативное влияние недобросовестных или немотивированных наставников.

В работе [5] освещаются сложности, связанные с внедрением удаленных систем управления персоналом и электронного документооборота. Подчеркивается последующий рост психологического стресса и увеличение рабочей нагрузки на сотрудников, особенно когда цели этих инноваций остаются неоднозначными. Это часто приводит к усилению сопротивления со стороны персонала, что негативно сказывается как на удовлетворенности работой, так и на прибыльности. Автор подчеркивает важность многогранного подхода к адаптации, делая вывод, что эффективная коммуникация, уважение, поддержка и открытые диалоги остаются центральными для успешной адаптации персонала.

В каждом из этих исследований предлагаются уникальные перспективы, которые обогащают наше понимание виртуальной адаптации, обеспечивая сбалансированный взгляд, включающий как технологические, так и человеческие элементы. Основываясь на выводах авторов из проведенного обзора литературы, представим набор рекомендаций, направленных на оптимизацию стратегий адаптации виртуального персонала в организациях.

1. Виртуальная корпоративная культура, ориентированная на человека. Организациям следует инвестировать в создание виртуальной корпоративной культуры, ориентированной на человека. Это может включать в себя инициирование мероприятий по виртуальному тимбилдингу, таких как командные викторины и виртуальные встречи, а также частые проверки команды для оценки самочувствия сотрудников. Цель состоит в том, чтобы создать среду, в которой ценится сплоченность команды и стресс сведен к минимуму. Кроме того, распространение фирменных товаров и общекорпоративных информационных бюллетеней может использоваться в качестве напоминания об организационных цен-

ностях и миссии.

2. Технологическая стандартизация для адаптации. Организациям следует стремиться к стандартизации использования конкретных платформ или инструментов, способствующих более плавной адаптации. Выбор технологических средств, таких как HR-боты, внутренние мессенджеры и образовательные платформы, должен осуществляться с учетом их удобства для пользователя, эффективности и возможности настройки в соответствии с потребностями организации. Речь идет не просто о внедрении технологий, но и о том, чтобы делать это таким образом, чтобы новые технологические решения соответствовали общей организационной культуре и целям.

3. Системы психологической поддержки. Крайне важно обеспечить надежные системы психологической поддержки для снижения стресса, связанного с виртуальной работой. Программы помощи сотрудникам, предлагающие консультационные услуги или ресурсы по управлению стрессом, могут быть ценными. Более того, программы наставничества, в рамках которых опытные сотрудники проводят новичков через процесс виртуальной адаптации, могут облегчить беспокойство и дать ощущение коллективной поддержки. Основное внимание здесь уделяется созданию благоприятной рабочей среды, в которой поощряются открытый диалог и взаимное уважение.

4. Многогранный подход к виртуальной адаптации. Учитывая сложности, на которые указывают все исследователи, рекомендуется многогранный подход к виртуальной адаптации. Это означает интеграцию технологических решений с подходами, ориентированными на человека. Например, в то время как HR-боты могут обеспечить первоначальную адаптацию и рутинную поддержку, наставники или коучи могут вмешаться для более детальных бесед и решения проблем. Идея состоит в том, чтобы найти баланс между автоматизацией и персонализацией, тем самым гарантируя, что процесс виртуальной адаптации будет одновременно эффективным и учитывающим индивидуальные потребности. Таким образом, предложенные рекомендации обеспечивают комплексный подход к виртуальной адаптации путем объединения технологических инноваций с наставничеством и персонализацией.

Виртуальная адаптация персонала – это сложное мероприятие, требующее хорошо сбалансированного подхода, включающего как технологические инновации, так и стратегии, ориентированные на человека. Объединение этих элементов имеет решающее значение для создания гармоничной виртуальной рабочей среды, способствующей как производительности, так и благополучию сотрудников. Рекомендации предлагают интегрированную структуру для организаций, стремящихся преуспеть в эпоху удаленной работы. Реализация этих стратегий может в значительной степени способствовать эффективной адаптации персонала, тем самым повышая эффективность работы организации и ее жизнестойкость.

### Литература

1. Давтян, С.В. Дистанционная адаптация / С.В. Давтян // Наука и образование сегодня. – 2020. – № 6(53). – С. 94–96.
2. Лукина, О.В. Инструментарий перевода сотрудников предприятия на удаленную работу в контексте повышения эффективности использования человеческих ресурсов / О.В. Лукина, А.А. Курочкина, А.А. Рыжкова // Глобальный научный потенциал. – СПб. : ТМБпринт. – 2021. – № 12(129). – С. 328–334.
3. Каштанова, Е.В. Современные тренды в системе адаптации персонала / Е.В. Каш-

танова, А.С. Лобачева // Управление персоналом и интеллектуальными ресурсами в России. – 2022. – Т. 11. – № 1. – С. 29–35.

4. Субочев, Н.С. Цифровые инструменты управления адаптацией персонала в современных организациях / Н.С. Субочев, Е.Д. Патутина // Социально-гуманитарные знания. – 2019. – № 3. – С. 261–267.

5. Иванова, И.А. Процесс адаптации персонала в системе социально-психологического сопровождения развития цифровой экономики / И.А. Иванова // Управление персоналом и интеллектуальными ресурсами в России. – 2019. – Т. 8. – № 1. – С. 45–49.

6. Курочкина, А.А. Совершенствование системы мотивации для удаленных сотрудников / А.А. Курочкина, О.В. Лукина, Е.Н. Шумихина // Глобальный научный потенциал. – СПб. : ТМБпринт. – 2023. – № 3(144). – С. 232–235.

### References

1. Davtyan, S.V. Dstantsionnaya adaptatsiya / S.V. Davtyan // Nauka i obrazovanie segodnya. – 2020. – № 6(53). – С. 94–96.

2. Lukina, O.V. Instrumentarij perevoda sotrudnikov predpriyatiya na udalennuyu rabotu v kontekste povysheniya effektivnosti ispolzovaniya chelovecheskih resursov / O.V. Lukina, A.A. Kurochkina, A.A. Ryzhkova // Globalnij nauchnij potentsial. – SPb. : TMBprint. – 2021. – № 12(129). – С. 328–334.

3. Kashtanova, E.V. Sovremennye trendy v sisteme adaptatsii personala / E.V. Kashtanova, A.S. Lobacheva // Upravlenie personalom i intellektualnymi resursami v Rossii. – 2022. – Т. 11. – № 1. – С. 29–35.

4. Subochev, N.S. TSifrovye instrumenty upravleniya adaptatsiej personala v sovremennyh organizatsiyah / N.S. Subochev, E.D. Patutina // Sotsialno-gumanitarnye znaniya. – 2019. – № 3. – С. 261–267.

5. Ivanova, I.A. Protsess adaptatsii personala v sisteme sotsialno-psihologicheskogo soprovozhdeniya razvitiya tsifrovoj ekonomiki / I.A. Ivanova // Upravlenie personalom i intellektualnymi resursami v Rossii. – 2019. – Т. 8. – № 1. – С. 45–49.

6. Kurochkina, A.A. Sovershenstvovanie sistemy motivatsii dlya udalennyh sotrudnikov / A.A. Kurochkina, O.V. Lukina, E.N. SHumihina // Globalnij nauchnij potentsial. – SPb. : TMBprint. – 2023. – № 3(144). – С. 232–235.

---

### Managing the Onboarding Process for Virtual Staff

A.A. Kurochkina, O.V. Lukina, Yu.A. Kosolapova

*Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University”,  
St. Petersburg (Russia)*

**Key words and phrases:** virtual adaptation of personnel; remote work; virtual personnel; corporate culture.

**Abstract.** Currently, many companies are looking for more effective ways to manage personnel. One of the new approaches to management has become virtual adaptation, which allows you to achieve certain successes in the company. There is a need to review and re-evaluate traditional onboarding models that do not reflect the demands of remote workforces.

Purpose of the study: development of recommendations aimed at increasing the effectiveness of adaptation of virtual staff. Objectives: a comprehensive study of existing adaptation mechanisms, problems and opportunities associated with the virtual work environment. Research methods: collection and analysis of information, analogy and generalization of the data obtained. The result of the study is proposals for the implementation of recommendations aimed at increasing the efficiency of adaptation of virtual personnel in the organization.

---

© А.А. Курочкина, О.В. Лукина, Ю.А. Косолапова, 2023

## List of Authors

**Galaeva N.L.** – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Architectural and Construction Design and Environmental Physics, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow (Russia), e-mail: Natalia-fdf@rambler.ru

**Галаева Н.Л.** – кандидат технических наук, доцент кафедры архитектурно-строительного проектирования и физики среды Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва (Россия), e-mail: Natalia-fdf@rambler.ru

**Budikin A.E.** – Senior Lecturer, Department of Heat, Gas Supply and Ventilation, North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosova, Yakutsk (Russia), e-mail: skroji@mail.ru

**Будикин А.Е.** – старший преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Северо-Восточного федерального университета имени М.К. Аммосова, г. Якутск (Россия), e-mail: skroji@mail.ru

**Slobodchikov E.G.** – Senior Lecturer, Department of Heat, Gas Supply and Ventilation, North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosova, Yakutsk (Russia), e-mail: ooo.teplokomfort@inbox.ru

**Слободчиков Е.Г.** – старший преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Северо-Восточного федерального университета имени М.К. Аммосова, г. Якутск (Россия), e-mail: ooo.teplokomfort@inbox.ru

**Kolos E.M.** – Student, Far Eastern Federal University, Vladivostok (Russia), e-mail: kolos.edvard@yandex.ru

**Колос Э.М.** – студент Дальневосточного федерального университета, г. Владивосток (Россия), e-mail: kolos.edvard@yandex.ru

**Malyshev I.I.** – Student, Far Eastern Federal University, Vladivostok (Russia), e-mail: malyshev.ii@dvfu.ru

**Мальшев И.И.** – студент Дальневосточного федерального университета, г. Владивосток (Россия), e-mail: malyshev.ii@dvfu.ru

**Oreshenko T.G.** – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Automatic Control Systems, Siberian State University of Science and Technology named after Academician M.F. Reshetneva, Krasnoyarsk (Russia), e-mail: veisver@mail.ru

**Орешенко Т.Г.** – кандидат технических наук, доцент кафедры систем автоматического управления Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск (Россия), e-mail: veisver@mail.ru

**Trifanov N.O.** – Student, Siberian State University of Science and Technology named after Academician M.F. Reshetneva, Krasnoyarsk (Russia), e-mail: veisver@mail.ru

**Трифанов Н.О.** – студент Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск (Россия), e-mail: veisver@mail.ru

**Khramov I.I.** – Student, Siberian State University of Science and Technology named after Academician M.F. Reshetneva, Krasnoyarsk (Russia), e-mail: veisver@mail.ru

**Храмов И.И.** – студент Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск (Россия), e-mail: veisver@mail.ru

**Fedorov M.S.** – Postgraduate Student, Siberian State University of Science and Technology named after Academician M.F. Reshetneva, Krasnoyarsk (Russia), e-mail: veisver@mail.ru

**Федоров М.С.** – аспирант Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск (Россия), e-mail: veisver@mail.ru

**Sarchin R.R.** – Postgraduate Student, Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Kazan (Russia), e-mail: sarchin.2019@mail.ru

**Сарчин Р.Р.** – аспирант Казанского государственного архитектурно-строительного университета, г. Казань (Россия), e-mail: sarchin.2019@mail.ru

**Medvedeva G.A.** – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Heat Power Engineering, Gas Supply and Ventilation, Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Kazan (Russia), e-mail: sarchin.2019@mail.ru

**Медведева Г.А.** – кандидат технических наук, доцент кафедры теплоэнергетики, газоснабжения и вентиляции Казанского государственного архитектурно-строительного университета, г. Казань (Россия), e-mail: sarchin.2019@mail.ru

**Bagirov B.I.** – Senior Lecturer, Department of Transport and Logistics, Azerbaijan University of Architecture and Civil Engineering, Baku (Azerbaijan), e-mail: tmbprint@mail.ru

**Багиров Б.И.** – старший преподаватель кафедры транспорта и логистики Азербайджанского архитектурно-строительного университета, г. Баку (Азербайджан), e-mail: tmbprint@mail.ru

**Mammadova I.G.** – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Materials Science, Azerbaijan University of Architecture and Civil Engineering, Baku (Azerbaijan), e-mail: tmbprint@mail.ru

**Мамедова И.Г.** – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры материаловедения Азербайджанского архитектурно-строительного университета, г. Баку (Азербайджан), e-mail: tmbprint@mail.ru

**Shirinzade I.N.** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Materials Science, Azerbaijan University of Architecture and Civil Engineering, Baku (Azerbaijan), e-mail: tmbprint@mail.ru

**Ширинзаде И.Н.** – доктор технических наук, профессор кафедры материаловедения Азербайджанского архитектурно-строительного университета, г. Баку (Азербайджан), e-mail: tmbprint@mail.ru

**Vanus D.S.** – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Reinforced Concrete and Stone Structures, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow (Russia), e-mail: dahiws@Gmail.com

**Ванус Д.С.** – кандидат технических наук, доцент кафедры железобетонных и каменных

конструкций Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва (Россия), e-mail: dahiws@Gmail.com

**Khaliulina O.V.** – Student, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow (Russia), e-mail: khaliylina.0@gmail.com

**Халиулина О.В.** – студент Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва (Россия), e-mail: khaliylina.0@gmail.com

**Yusupova A.V.** – Student, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow (Russia), e-mail: uav2305@gmail.com

**Юсупова А.В.** – студент Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва (Россия), e-mail: uav2305@gmail.com

**Kalashnikov E.D.** – Student, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow (Russia), e-mail: egorik.kalashnikov@yandex.ru

**Калашников Е.Д.** – студент Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва (Россия), e-mail: egorik.kalashnikov@yandex.ru

**Tkachenko V.I.** – Lecturer, Department of Construction Materials Technology and Metrology, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg (Russia), e-mail: vikatren@gmail.com

**Ткаченко В.И.** – преподаватель кафедры технологии строительных материалов и метрологии Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета, г. Санкт-Петербург (Россия), e-mail: vikatren@gmail.com

**Aubakirova I.U.** – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Construction Materials Technology and Metrology, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg (Russia), e-mail: vikatren@gmail.com

**Аубакирова И.У.** – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии строительных материалов и метрологии Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета, г. Санкт-Петербург (Россия), e-mail: vikatren@gmail.com

**Golovina V.A.** – Student, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg (Russia), e-mail: vikatren@gmail.com

**Головина В.А.** – студент Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета, г. Санкт-Петербург (Россия), e-mail: vikatren@gmail.com

**Abramova A.I.** – Senior Lecturer, Department of Technology and Organization of Construction Production, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow (Russia), e-mail: AbramovaAI@mgsu.ru

**Абрамова А.И.** – старший преподаватель кафедры технологии и организации строительного производства Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва (Россия), e-mail: AbramovaAI@mgsu.ru

**Golovanov A.V.** – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Mechanization, Automation and Robotization of Construction, National Research Moscow

State University of Civil Engineering, Moscow (Russia), e-mail: golovanovav@mgsu.ru

**Голованов А.В.** – кандидат технических наук, доцент кафедры механизации, автоматизации и роботизации строительства Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва (Россия), e-mail: golovanovav@mgsu.ru

**Levitskaya A.K.** – Student, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow (Russia), e-mail: levizkayaas@yandex.ru

**Левицкая А.К.** – студент Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва (Россия), e-mail: levizkayaas@yandex.ru

**Kolmakova Yu.D.** – Postgraduate Student, Assistant, Department of Industrial, Civil Engineering and Real Estate Expertise, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg (Russia), e-mail: lysova\_yulia@mail.ru

**Колмакова Ю.Д.** – аспирант, ассистент кафедры промышленного, гражданского строительства и экспертизы недвижимости Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург (Россия), e-mail: lysova\_yulia@mail.ru

**Fomin N.I.** – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Director of the Institute of Construction and Architecture, Head of the Department of Industrial, Civil Engineering and Real Estate Expertise, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg (Russia), e-mail: ni.fomin@urfu.ru

**Фомин Н.И.** – кандидат технических наук, доцент, директор института строительства и архитектуры, заведующий кафедрой промышленного, гражданского строительства и экспертизы недвижимости Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург (Россия), e-mail: ni.fomin@urfu.ru

**Sinenko S.A.** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Technology and Organization of Construction Production, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow (Russia), e-mail: e-mail: sasin50@gmail.com

**Синенко С.А.** – доктор технических наук, профессор кафедры технологий и организации строительного производства Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва (Россия), e-mail: e-mail: sasin50@gmail.com

**Zhadanovsky B.V.** – Candidate of Science (Engineering), Professor, Department of Technology and Organization of Construction Production, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow (Russia), e-mail: JadanovskiyBV@mgsu.ru

**Жадановский Б.В.** – кандидат технических наук, профессор кафедры технологий и организации строительного производства Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва (Россия), e-mail: JadanovskiyBV@mgsu.ru

**Bazanov V.E.** – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Technology and Organization of Construction Production, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow (Russia), e-mail: bazanov\_kim@mail.ru

- Базанов В.Е.** – кандидат технических наук, доцент кафедры технологий и организации строительного производства Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва (Россия), e-mail: bazanov\_kim@mail.ru
- Khubaev A.O.** – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Technology and Organization of Construction Production, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow (Russia), e-mail: alan\_khubaev@mail.ru
- Хубаев А.О.** – кандидат технических наук, доцент кафедры технологий и организации строительного производства Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва (Россия), e-mail: alan\_khubaev@mail.ru
- Golitsyn V.S.** – Student, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow (Russia), e-mail: polskaintospace@yandex.ru
- Голицын В.С.** – студент Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва (Россия), e-mail: polskaintospace@yandex.ru
- Buzhynsky M.S.** – Student, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow (Russia), e-mail: buzhynskiy2003@gmail.com
- Бужынский М.С.** – студент Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва (Россия), e-mail: buzhynskiy2003@gmail.com
- Макаев N.V.** – Deputy Director for Design Combine of Innovative Technologies – MonArch LLC, Moscow (Russia), e-mail: N\_makay@mail.ru
- Макаев Н.В.** – заместитель директора по проектированию Комбината инновационных технологий – МонАрх, г. Москва (Россия), e-mail: N\_makay@mail.ru
- Tseluiko D.S.** – Candidate of Architecture, Associate Professor, Higher School of Architecture and Urban Planning, Pacific State University, Khabarovsk (Russia), e-mail: Dima123117@gmail.com
- Целуйко Д.С.** – кандидат архитектуры, доцент Высшей школы архитектуры и градостроительства Тихоокеанского государственного университета, г. Хабаровск (Россия), e-mail: Dima123117@gmail.com
- Suleymanova L.A.** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Construction and Urban Economy, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhova, Belgorod (Russia), e-mail: ludmilasuleimanova@yandex.ru
- Сулейманова Л.А.** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой строительства и городского хозяйства Белгородского государственного технологического университета имени В.Г. Шухова, г. Белгород (Россия), e-mail: ludmilasuleimanova@yandex.ru
- Obaidi Adham Abdulsattar Hameed** – Assistant, Department of Construction and Urban Economy, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhova, Belgorod (Russia), e-mail: Adkhem@mail.ru

- Обайди Адхам Абдулсаттар Хамид** – ассистент кафедры строительства и городского хозяйства Белгородского государственного технологического университета имени В.Г. Шухова, г. Белгород (Россия), e-mail: Adkhem@mail.ru
- Luze A.A.** – Postgraduate Student, Russian Academy of National Economy and Public Administration under the President of the Russian Federation, Moscow (Russia), e-mail: alex\_lyuze@mail.ru
- Люзе А.А.** – аспирант Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, г. Москва (Россия), e-mail: alex\_lyuze@mail.ru
- Larichev P.N.** – Postgraduate Student, Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk (Russia), e-mail: me@plarichev.ru
- Ларичев П.Н.** – аспирант Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск (Россия), e-mail: me@plarichev.ru
- Tynchenko V.S.** – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Information and Control Systems, Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk (Russia), e-mail: vadimond@mail.ru
- Тынченко В.С.** – кандидат технических наук, доцент кафедры информационно-управляющих систем Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск (Россия), e-mail: vadimond@mail.ru
- Wang Wei** – Candidate of Sciences, Lecturer at Heihe University, Heihe (PRC), e-mail: 987830612@qq.com
- Ван Вэй** – кандидат наук, преподаватель Хэйхэского университета, г. Хэйхэ (КНР), e-mail: 987830612@qq.com
- Kovalenko B.B.** – Doctor of Economics, Professor, Department of Economics and Finance, University of the Interparliamentary Assembly of the EurAsEC, St. Petersburg (Russia), e-mail: kovalenkob@mail.ru
- Коваленко Б.Б.** – доктор экономических наук, профессор кафедры экономики и финансов университета при Межпарламентской Ассамблее ЕврАзЭС, г. Санкт-Петербург (Россия), e-mail: kovalenkob@mail.ru
- Kovalenko E.G.** – General Director, KSP LLC, St. Petersburg (Russia), e-mail: elena\_kovalenko\_1957@mail.ru
- Коваленко Е.Г.** – генеральный директор ООО «КСП», г. Санкт-Петербург (Россия), e-mail: elena\_kovalenko\_1957@mail.ru
- Kurochkina A.A.** – Doctor of Economics, Professor, Higher School of Service and Trade, Institute of Industrial Management, Economics and Trade, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg (Russia), e-mail: kurochkinaanna@yandex.ru
- Курочкина А.А.** – доктор экономических наук, профессор Высшей школы сервиса и торговли Института промышленного менеджмента, экономики и торговли Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, г. Санкт-Петербург (Россия), e-mail: kurochkinaanna@yandex.ru

**Lukina O.V.** – Candidate of Sciences (Economics), Associate Professor, Higher School of Administrative Management, Institute of Industrial Management, Economics and Trade, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg (Russia), e-mail: yui500@mail.ru

**Лукина О.В.** – кандидат экономических наук, доцент Высшей школы административного управления Института промышленного менеджмента, экономики и торговли Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, г. Санкт-Петербург (Россия), e-mail: yui500@mail.ru

**Kosolapova Yu.A.** – Master’s Student, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg (Russia), e-mail: kurochkinaanna@yandex.ru

**Косолапова Юлия А.** – магистрант Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, г. Санкт-Петербург (Россия), e-mail: kurochkinaanna@yandex.ru

---

**COMPONENTS OF SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL PROGRESS**  
**№ 12(90) 2023**  
SCIENTIFIC AND PRACTICAL JOURNAL

---

Manuscript approved for print 22.12.23  
Format 60.84/8  
Conventional printed sheets 17.67  
Published pages 9.47  
200 printed copies

16+

Printed by Zonari Leisure LTD. Paphos