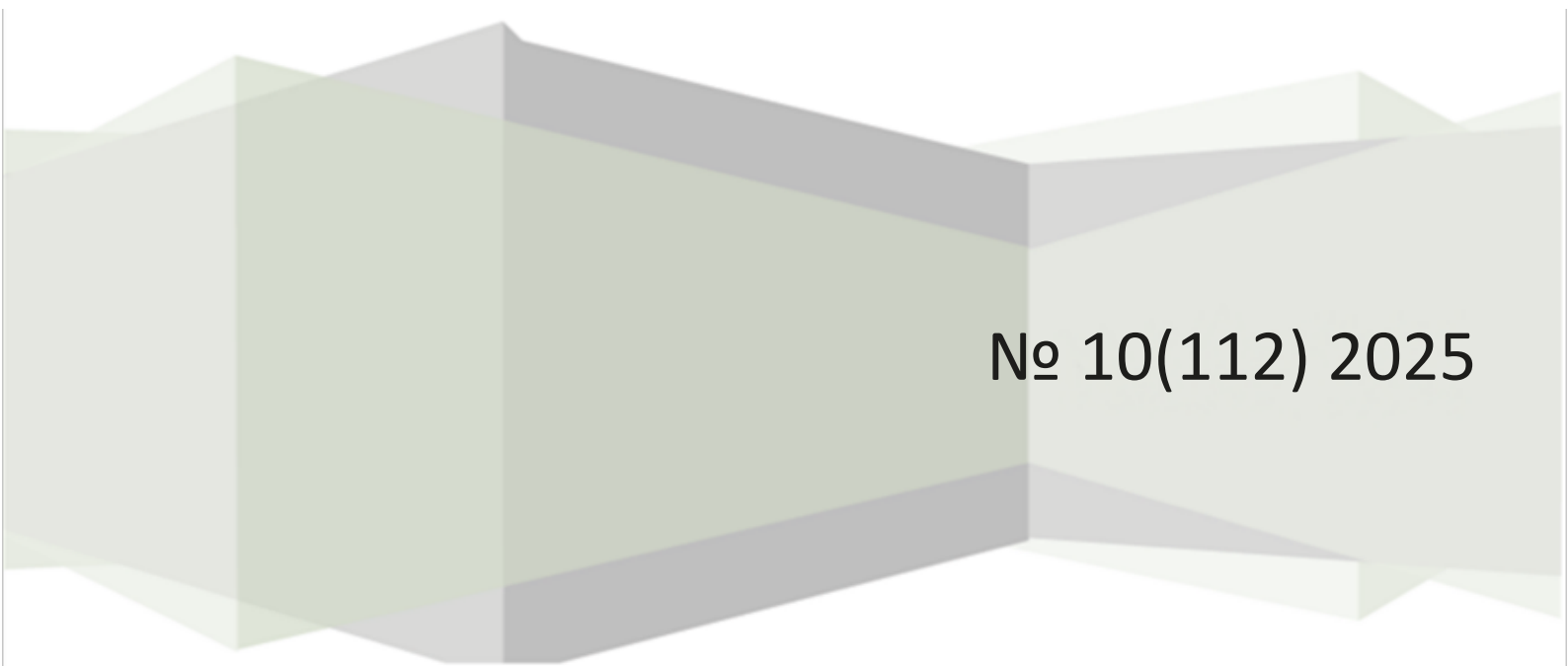


ISSN 1997-9347

Components of Scientific and Technological Progress

SCIENTIFIC AND PRACTICAL JOURNAL



№ 10(112) 2025

Paphos, Cyprus, 2025

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

The journal is registered with
the Federal Service for Supervision
of Communications, Information
Technology and Mass Media and
Cultural Heritage Protection.
Certificate of Mass Media Registration
ПМ № ТУ78-01919.

Founder

Development Fund for Science
and Culture

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

Olga Voronkova

Page planner:

Marina Karina

Copy editor:

Natalia Gunina

Editorial address:

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

Voronkova Olga Vasilyevna – Doctor of Economics, Professor, Academy of
the Academy of Natural Sciences, tel.: +7(981)9720993,
E-mail: voronkova@tambov-konfcentr.ru, St. Petersburg (Russia)

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.: +7(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.: +7(3462)762812, E-mail: sbed@mail.ru,
Surgut (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.: +7(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.: +7(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.: +7(495)6074186, +7(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.: +7(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.: +7(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.: 36303206350, 361482742; 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.: +7(921)6334832, E-mail: snbolshakov@mail.ru, Syktyvkar (Russia)

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)

Pukharensky Yuri 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)

Содержание

Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение

Аксенов А.К., Самоделова М.С. Описание процессов в энтальпийных мембранных теплообменниках систем вентиляции на основе законов тепломассопереноса..... 8

Строительные материалы и изделия

Пухаренко Ю.В., Аубакирова И.У., Ткаченко В.И. Влияние наноцеллюлозы на структурообразование цементного камня 15

Технология и организация строительства

Говоруха П.А., Диарассуба А., Серифу М.А. Моделирование технологических и организационных процессов для прогнозирования качества монолитного железобетона в Республике Кот-д'Ивуар 25

Сапронов Д.А., Лучкина В.В. Современные подходы к управлению строительством жилых зданий 36

Харламов С.К., Лучкина В.В. Реализация принципов управления проектом при возведении жилого комплекса..... 42

Ярошевич М.П., Хубаев А.О., Голицын В.С. Использование автоматизированной системы термомониторинга при зимнем бетонировании..... 49

Градостроительство, планировка сельских населенных пунктов

Лучкина В.В., Лобуз В.В., Панюшин И.В., Павлов А.В. Инженерная защита при строительстве зданий и сооружений на подтопляемых территориях с целью развития городской инфраструктуры 58

Управление жизненным циклом объектов строительства

Гулякин Д.В., Кошелева С.А., Бердник А.А., Чайка М.И. Социально-экономическая сфера деятельности нейронных сетей в высотном строительстве 64

Математические, статистические и инструментальные методы экономики

Зайцева И.В., Казначеева О.Х., Долгополова А.Ф., Скворцова О.И. Исследование модели многоагентного взаимодействия между поставщиками и потребителями.... 68

Менеджмент

Шиков Ю.А., Богданов А.И., Никитина Л.Н., Шиков П.А. Производственный менеджмент при оптимизации плана выпуска швейной продукции по критерию максимума прибыли 74

**МАТЕРИАЛЫ XVIII МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
«РОЛЬ НАУКИ В РАЗВИТИИ ОБЩЕСТВА
(ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, НАУКИ О ЖИЗНИ)»**

Финансы

Агапов-Иванов А.А., Воронкова О.В. Современные технологии бесконтактной оплаты в общественном транспорте Санкт-Петербурга: анализ и перспективы развития..... 83

Мировая экономика

Сафина С.С., Аникиевич С.И., Амосов М.И. Сахалинская область и Япония: проблемы и перспективы сотрудничества в топливно-энергетическом секторе 88

Менеджмент

Филатов С.Г., Хоменко Е.Б. Анализ проблем и ограничений реализации государственной молодежной политики России 94

Contents

Heating, Ventilation, Air Conditioning, Gas Supply and Lighting

Aksenov A.K., Samodelova M.S. Description of Processes in Enthalpy Membrane Heat Exchangers for Ventilation Systems Based on Heat and Mass Transfer Laws.....	8
--	---

Building materials and products

Pukhareno Yu.V., Aubakirova I.U., Tkachenko V.I. The Effect of Nanocellulose on the Formation of Cement Stone	15
--	----

Construction technology and management

Govorukha P.A., Diarassuba A., Serifu M.A. Modeling Technological and Organizational Processes for Predicting the Quality of Monolithic Reinforced Concrete in Cote d'Ivoire.....	25
Sapronov D.A., Luchkina V.V. Modern Approaches to the Management of Residential Building Construction	36
Kharlamov S.K., Luchkina V.V. Implementation of Project Management Principles in the Construction of a Residential Complex	42
Yaroshevich M.P., Khubaev A.O., Golitsyn V.S. Application of an Automated Thermal Monitoring System for Winter Concrete Placing	49

Urban Planning, Planning of Rural Settlements

Luchkina V.V., Lobuz V.V., Panyushin I.V., Pavlov A.V. Engineering Protection During the Construction of Buildings and Structures in Flood-Prone Areas for the Purpose of Developing Urban Infrastructure.....	58
---	----

Life Cycle Management of Construction Objects

Gulyakin D.V., Kosheleva S.A., Berdnik A.A., Chaika M.I. Socio-Economic Context of Neural Networks in High-Rise Construction	64
---	----

Mathematical, Statistical and Instrumental Methods of Economics

- Zaitseva I.V., Kaznacheeva O.Kh., Dolgopolova A.F., Skvortsova O.I.** Research on a Multi-Agent Interaction Model Between Suppliers and Consumers..... 68

Management

- Shikov Yu.A., Bogdanov A.I., Nikitina L.N., Shikov P.A.** Production Management When Optimizing the Production Plan for Clothing Products Based on the Maximum Profit Criterion..... 74

***PROCEEDINGS OF THE 18TH INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL
CONFERENCE “THE ROLE OF SCIENCE IN THE DEVELOPMENT OF SOCIETY
(ADVANCED TECHNOLOGIES, LIFE SCIENCES)”***

Finance

- Agapov-Ivanov A.A., Voronkova O.V.** Modern Contactless Payment Technologies in St. Petersburg Public Transport: Analysis and Development Prospects 83

World Economy

- Safina S.S., Anikievich S.I., Amosov M.I.** Sakhalin Region and Japan: Problems and Prospects of Cooperation in the Fuel and Energy Sector 88

Management

- Filatov S.G., Khomenko E.B.** Analysis of Problems and Constraints in the Implementation of State Youth Policy in Russia 94

УДК 697.92

Описание процессов в энтальпийных мембранных теплообменниках систем вентиляции на основе законов тепломассопереноса

А.К. Аксенов, М.С. Самоделова

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

Ключевые слова и фразы: влагоперенос; воздухоподготовка; закон Фика; закон Фурье; математическое моделирование; мембранный теплоутилизатор; сопряженный тепло- и массоперенос; экспериментальная верификация; энергоэффективность; энтальпийный рекуператор.

Аннотация. В работе исследуются физические процессы в энтальпийных мембранных теплообменниках (ЭМТ) систем приточно-вытяжной вентиляции с учетом сопряженного тепло- и массопереноса. Целью исследования является теоретическое и экспериментальное обоснование рабочих процессов в пластинчатом перекрестноточном энтальпийном рекуператоре на основе фундаментальных законов тепломассообмена. Для достижения цели поставлены следующие задачи: на основе законов Фика и Фурье описать математическую модель тепломассопереноса; проанализировать влияние ключевых параметров (свойств мембраны, режимных переменных) на эффективность рекуперации.

Предполагаем, что энергоэффективность ЭМТ определяется в первую очередь коэффициентом влагонепроницаемости мембраны и существенно зависит от взаимосвязи между переносом явного и скрытого тепла.

В ходе анализа определена основа математической модели сопряженного тепломассопереноса на основе законов Фурье (теплопроводность) и Фика (диффузия влаги) с учетом сорбционных свойств гигроскопичной полимерной мембраны. Выявлены ключевые факторы, влияющие на эффективность рекуперации полной энтальпии: коэффициент диффузии, температурно-влажностные режимы наружного и внутреннего воздуха, а также конструктивные особенности аппарата.

В качестве методов использованы: теоретическое мо-

делирование процессов переноса, анализ литературных данных по свойствам мембранных материалов, а также сбор и подготовка экспериментальной установки на базе энтальпийного утилизатора Naveka RP-M-160 с возможностью работы в режимах с байпасом для предотвращения обмерзания.

В результате выяснили, что перенос влаги через мембрану, описываемый законом Фика, сопровождается значительным переносом скрытого тепла, что обеспечивает рекуперацию полной энтальпии. Установлено, что коэффициент влагопроницаемости мембраны является доминирующим фактором, определяющим общую энергетическую эффективность аппарата. Подтверждена целесообразность применения ЭМТ в условиях российского климата для одновременного снижения энергозатрат и поддержания комфортного влажностного режима в помещениях.

Сегодня энергосбережение является приоритетным направлением развития мировой экономики [1]. Ранее проведенные нами расчеты систем вентиляции с рекуперацией тепла и без рекуперации тепла показали значительную разницу в энергопотреблении [2]. В условиях российского климата с выраженной сезонностью особую значимость приобретает задача утилизации энергетического потенциала вытяжного воздуха. А для холодного периода года важно поддерживать влажность в помещениях различного назначения. Решение данных проблем будет проанализировано на базе энтальпийного утилизатора.

Традиционные конструкции рекуперативных теплообменников демонстрируют высокую эффективность восстановления явной теплоты, однако не обеспечивают возврат скрытой составляющей энтальпии, связанной с фазовыми превращениями влаги. Энтальпийные мембранные теплообменники (ЭМТ) представляют собой перспективное техническое решение, позволяющее осуществлять одновременный тепло- и массообмен между разнонаправленными потоками приточного и удаляемого воздуха [3]. Несмотря на растущий интерес к данной технологии, отсутствие детальных физико-математических моделей, адекватно описывающих сопряженные процессы тепломассопереноса, затрудняет их оптимизацию и широкое внедрение.

Рабочим элементом таких аппаратов служит полимерная мембрана с селективной проницаемостью, обеспечивающая транспорт молекул воды и тепла при блокировании других газовых компонентов (рис. 1).

Рассматривается противоточный теплообменный аппарат пластинчатого типа, в котором воздушные потоки разделены гигроскопичной мембраной. Перенос вещества и энергии происходит в направлении, нормальном к поверхности разделения, при этом течение в каналах считается стационарным и одномерным.

Процесс массообмена

Диффузионный поток влаги сквозь мембранный материал формализуется на основе Закона Фика. Однако, в отличие от пористых сред, в гигроскопичных полимерах влага находится в сорбированном состоянии, и ее концентрация C_m (кг/м³) связана с парциальным

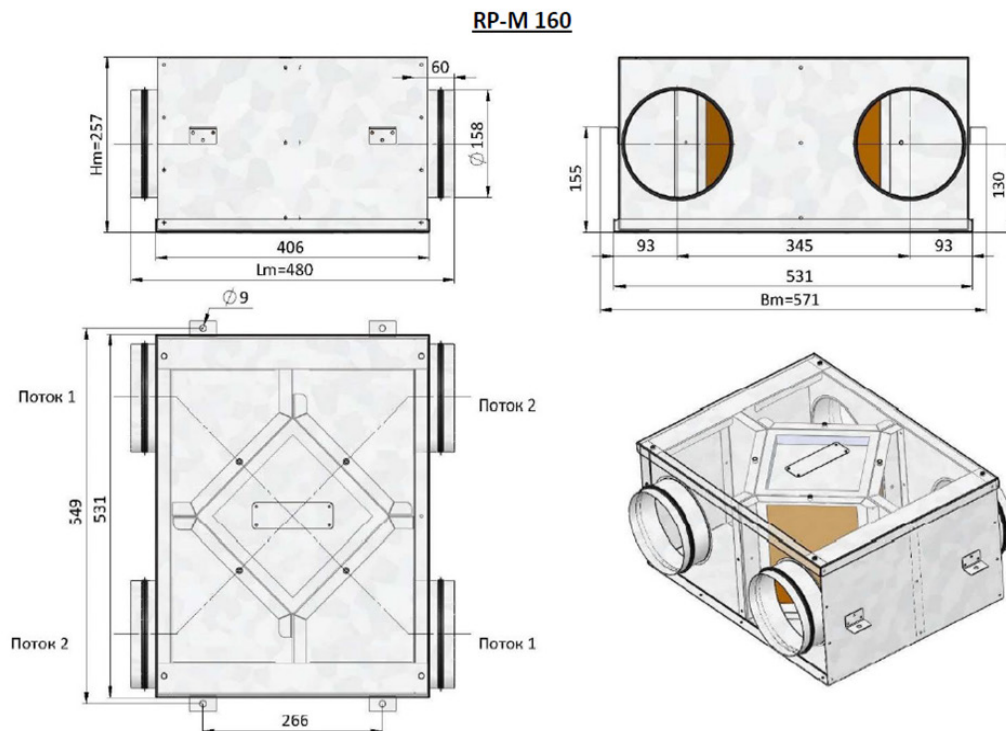


Рис. 1. Энтальпийный утилизатор

давлением пара в прилегающем воздухе p (Па) изотермой сорбции. Для многих полимеров эта зависимость хорошо аппроксимируется уравнением типа Фрейндлиха или имеет линейный участок. Мембрана утилизатора разделяет два потока воздуха [4]:

- со стороны вытяжного воздуха высокая концентрация водяного пара (высокая абсолютная влажность);
- со стороны приточного воздуха низкая концентрация водяного пара (низкая абсолютная влажность).

Применение первого закона Фика [5; 6]

Плотность потока водяного пара $J_{\text{но}}$ через мембрану описывается уравнением:

$$J_{\text{но}} = -D_{\text{эфф.}} \cdot \partial C_{\text{но}} / \partial X, \quad (1)$$

Здесь $J_{\text{но}}$ – количество водяного пара, переносимое через единицу площади мембраны в единицу времени [$\text{кг}/\text{м}^2 \cdot \text{с}$]. $D_{\text{эфф.}}$ – эффективный коэффициент диффузии водяного пара в материале мембраны. Это критически важный параметр, который зависит от материала мембраны (часто это гигроскопичные полимеры вроде целлюлозных производных). Чем он выше, тем эффективнее рекуператор переносит влагу. $\partial C_{\text{но}} / \partial X$ – градиент концентрации (или, на практике, градиент парциального давления) водяного пара поперек мембраны. Это «движущая сила» процесса. Знак минус означает, что пар движется из области с высокой концентрацией (вытяжной воздух) в область с низкой концентрацией (приточный воздух).

Для описания кинетики сорбции/десорбции на границах мембраны могут использо-

ваться граничные условия третьего рода [7; 8], связывающие плотность потока с разностью парциальных давлений в воздухе и на поверхности мембраны [9].

Что происходит на практике:

1) молекулы воды из влажного вытяжного воздуха адсорбируются на поверхности мембраны;

2) благодаря градиенту концентрации (парциального давления) внутри мембраны молекулы воды диффундируют через ее толщину (это и есть процесс, строго описываемый законом Фика);

3) на другой стороне мембраны молекулы десорбируются в более сухой приточный воздух.

В результате:

– зимой влага из теплого вытяжного воздуха передается холодному приточному, предотвращая чрезмерное осушение воздуха в помещении;

– летом влага из влажного приточного воздуха передается в сухой вытяжной, снижая нагрузку на систему кондиционирования.

Процесс теплообмена

Перенос тепла через мембрану происходит в двух формах.

1. Явное тепло. Передача тепловой энергии за счет разницы температур между потоками. Описывается законом Фурье [5; 6] (тепловым аналогом закона Фика):

$$q = -\lambda \partial T / \partial x, \quad (2)$$

где q – плотность теплового потока; λ – теплопроводность мембраны; $\partial T / (\partial x)$ – градиент температуры.

2. Скрытое тепло. Это основное преимущество энтальпийного рекуператора. Когда водяной пар переносится через мембрану (по закону Фика), он переносит с собой и свою энтальпию испарения. Это огромное количество энергии:

– при переносе пара из вытяжного воздуха в приточный скрытое тепло выделяется в приточном воздухе (процесс, аналогичный конденсации);

– при переносе пара из приточного воздуха в вытяжной скрытое тепло поглощается из приточного воздуха (процесс, аналогичный испарению).

Сопряженность процессов

Тепло- и массообмен неразрывно связаны.

– Температура влияет на массообмен: коэффициент диффузии $D_{эфф}$ сильно зависит от температуры [10]. Чем теплее мембрана, тем интенсивнее происходит диффузия пара. Кроме того, температура определяет равновесное парциальное давление пара.

– Массообмен влияет на теплообмен: перенос влаги (скрытого тепла) напрямую изменяет теплосодержание (энтальпию) воздушных потоков. Именно за счет этого и происходит рекуперация полной энтальпии, а не только явного тепла.

Для проведения исследования и изучения процесса на практике собрана экспериментальная установка (рис. 2), состоящая из:

– энтальпийного утилизатора (пластины из полимеризированной целлюлозы) *Naveka RP-M-160* с расходом воздуха до 300 м³/ч;

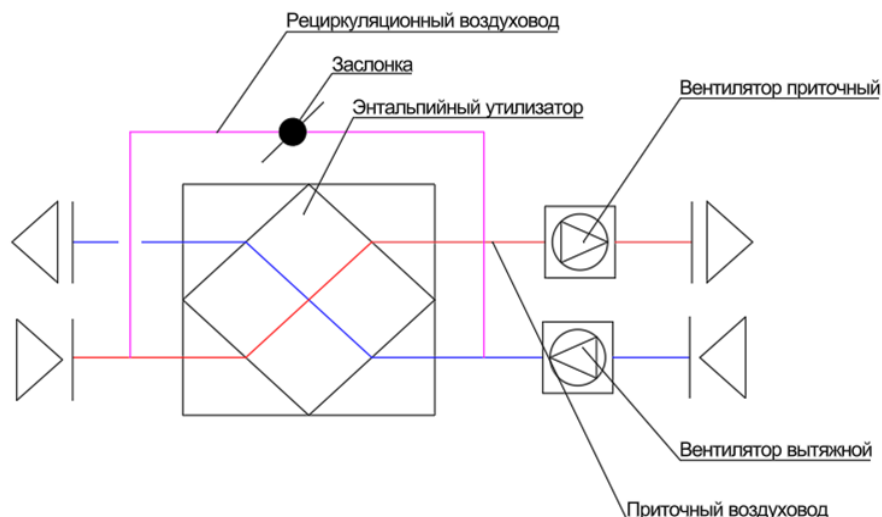


Рис. 2. Экспериментальная установка с энтальпийным утилизатором

- двух вентиляторов (приточного и вытяжного) с расходом воздуха до $310 \text{ м}^3/\text{ч}$;
- воздуховодов, заслонок, заглушек диаметром 125 и 160;
- метеостанции термометр-гигрометр.

На начальном этапе предусматривается экспериментальная установка с байпасной линией во избежание обмерзания мембраны при низких температурах, что позволит сохранить работоспособность системы в суровых климатических условиях без существенного снижения общей эффективности и увеличения коэффициента диффузии $D_{\text{эфф}}$.

Проведенное исследование демонстрирует значительный потенциал энтальпийных мембранных рекуператоров для повышения энергоэффективности систем вентиляции. Изучение его обосновано на территории РФ.

Литература

1. Попова, М.Е. Утилизация теплоты вытяжного воздуха как перспективный способ энергосбережения / М.Е. Попова, Е.Н. Грэдинарь // Молодежь и системная модернизация страны : сборник научных статей 7-й Международной научной конференции студентов и молодых ученых. В 5-ти томах, Курск, 19–20 мая 2022 года / Отв. редактор М.С. Разумов. Т. 5. – Курск : Юго-Западный государственный университет, 2022. – С. 214–216. – EDN YKIZBN.
2. Аншакова, М.С. Расчет параметров воздуха после перекрестноточного воздухоподогревателя-утилизатора / М.С. Аншакова // Дни студенческой науки : сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов Института инженерно-экологического строительства и механизации НИУ МГСУ, Москва, 01–05 марта 2021 года. – М. : Изд-во МИСИ-МГСУ, 2021. – С. 319–324. – EDN FJGHAN.
3. Самарин, О.Д. Обоснование применения энтальпийных утилизаторов в системах вентиляции и кондиционирования воздуха / О.Д. Самарин, М.С. Аншакова // Сантехника, Отопление, Кондиционирование. – 2019. – № 4(208). – С. 54–57. – EDN RHGPGK.
4. Альмяшева, О.В. Поверхностные явления : учеб. пособие / О.В. Альмяшева, В.В. Гусаров, О.А. Лебедев. – СПб. : Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2004. – 28 с.
5. Исаченко, В.П. Теплопередача : учебник для вузов; 4-е изд., перераб. и доп. /

В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сукомел. – М. : Энергоиздат, 1981. – 416 с.

6. Мирам, А.О. Техническая термодинамика. Тепломассообмен : учебное издание / А.О. Мирам, В.А. Павленко. – М. : АСВ, 2011. – 352 с.

7. Зубарев, К.П. Совершенствование расчета влажностного режима ограждающих конструкций зданий с повышенным уровнем энергосбережения : дис. ... канд. техн. наук / К.П. Зубарев. – М., 2019.

8. Зубарев, К.П. Тепло-влажноперенос в различных задачах строительства / К.П. Зубарев, А.Ю. Лоптев, В.Л. Добшиц, Ю.С. Зобнина // Перспектива науки. – Тамбов : НТФ РИМ. – 2024. – № 8(179). – С. 67–70.

9. Тимофеев, Д.П. Кинетика адсорбции / Д.П. Тимофеев. – М., 1962.

10. Рогачев, Н.М. Определение коэффициента взаимной диффузии воздуха и водяного пара : метод. указания к лабораторной работе / Сост. Н.М. Рогачев, С.И. Гусева. – Самара : Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2012. – 16 с.

References

1. Popova, M.E. Utilizatsiia teploty vytiazhnogo vozdukha kak perspektivnyi sposob energosberezheniia / M.E. Popova, E.N. Gredinar // Molodezh i sistemnaia modernizatsiia strany : sbornik nauchnykh statei 7-i Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii studentov i molodykh uchenykh. V 5-ti tomakh, Kursk, 19–20 maia 2022 goda / Otv. redaktor M.S. Razumov. T. 5. – Kursk : Iugo-Zapadnyi gosudarstvennyi universitet, 2022. – S. 214–216. – EDN YKIZBN.

2. Anshakova, M.S. Raschet parametrov vozdukha posle perekrestnotochnogo vozdukhonagrevatelia-utilizatora / M.S. Anshakova // Dni studencheskoi nauki : sbornik dokladov nauchno-tekhnicheskoi konferentsii po itogam nauchno-issledovatel'skikh rabot studentov Instituta inzhenerno-ekologicheskogo stroitel'stva i mekhanizatsii NIU MGSU, Moskva, 01–05 marta 2021 goda. – M. : Izd-vo MISI-MGSU, 2021. – S. 319–324. – EDN FJGHAH.

3. Samarin, O.D. Obosnovanie primeneniia entalpiinykh utilizatorov v sistemakh ventilatsii i konditsionirovaniia vozdukha / O.D. Samarin, M.S. Anshakova // Santehnika, Otoplenie, Konditsionirovanie. – 2019. – № 4(208). – S. 54–57. – EDN RHGPGK.

4. Almiashева, O.V. Poverkhnostnye iavleniia : ucheb. posobie / O.V. Almiashева, V.V. Gusarov, O.A. Lebedev. – SPb. : Izd-vo SPbGETU «LETI», 2004. – 28 s.

5. Isachenko, V.P. Teploperedacha : uchebnik dlia vuzov; 4-e izd., pererab. i dop. / V.P. Isachenko, V.A. Osipova, A.S. Sukomel. – M. : Energoizdat, 1981. – 416 s.

6. Miram, A.O. Tekhnicheskaiia termodinamika. Teplomassoobmen : uchebnoe izdanie / A.O. Miram, V.A. Pavlenko. – M. : ASV, 2011. – 352 s.

7. Zubarev, K.P. Sovershenstvovanie rascheta vlazhnostnogo rezhima ograzhdaiushchikh konstrukttsii zdaniia s povyshennym urovnem energosberezheniia : dis. ... kand. tekhn. nauk / K.P. Zubarev. – M., 2019.

8. Zubarev, K.P. Teplo-vlagoperenos v razlichnykh zadachakh stroitel'stva / K.P. Zubarev, A.Iu. Loptev, V.L. Dobshits, Iu.S. Zobnina // Perspektiva nauki. – Tambov : NTF RIM. – 2024. – № 8(179). – S. 67–70.

9. Timofeev, D.P. Kinetika adsorbtsii / D.P. Timofeev. – M., 1962.

10. Rogachev, N.M. Opredelenie koeffitsienta vzaimnoi diffuzii vozdukha i vodianogo para : metod. ukazaniia k laboratornoi rabote / Sost. N.M. Rogachev, S.I. Guseva. – Samara : Izd-vo Samar. gos. aerokosm. un-ta, 2012. – 16 s.

Description of Processes in Enthalpy Membrane Heat Exchangers for Ventilation Systems Based on Heat and Mass Transfer Laws

A.K. Aksenov, M.S. Samodelova

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

Key words and phrases: natural gas; complex treatment; condensate; complex gas treatment plant; hydrodynamics; modeling; vapor-liquid equilibrium; processes; calculation; separation; improvement of design solutions; chemical technology; efficiency.

Abstract. A preliminary investigation of the geometric characteristics of an enthalpy membrane heat exchanger used in supply and exhaust ventilation systems has been carried out. The fundamental physical laws governing the mathematical model for heat and moisture transfer have been identified. An experimental setup has been assembled to verify the model, enabling further studies under varying indoor and outdoor temperature and humidity conditions, using both parallel-flow and partial-recirculation configurations. It has been demonstrated that the membrane's water vapor permeability coefficient is the dominant factor determining the overall energy efficiency of the unit. The experimental enthalpy recovery unit, which will be used for subsequent research, is presented.

© A.K. Аксенов, М.С. Самоделова, 2025

УДК 691.535

Влияние наноцеллюлозы на структурообразование цементного камня

Ю.В. Пухаренко^{1, 2}, И.У. Аубакирова¹, В.И. Ткаченко^{1, 2}

¹ ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет»,
г. Санкт-Петербург (Россия);

² ФГБОУ «Научно-исследовательский институт
строительной физики Российской академии архитектуры и
строительных наук»,
г. Москва (Россия)

Ключевые слова и фразы: концентрация; наномодифицирование; нанофибриллярная целлюлоза; цементный камень.

Аннотация. Целью данной работы являются теоретические и экспериментальные исследования механизма влияния нанофибриллярной целлюлозы (НФЦ) на структурообразование цементного камня. В соответствии с поставленной целью решены следующие задачи:

- изучен характер и степень взаимодействия целлюлозных нановолокон с цементным камнем в процессе структурообразования;
- установлены пределы насыщения, при которых потенциальные возможности наноматериала проявляются с наибольшей эффективностью.

Научная гипотеза: улучшение технологических и эксплуатационных свойств бетонов и растворов достигается путем модификации цементных смесей добавкой нанофибриллярной целлюлозы, способной к физико-химическому взаимодействию с минералами и новообразованиями цементного вяжущего, способствующему улучшению структуры, повышению прочности и долговечности строительных композитов.

Основными методами проведенных исследований являются методы изучения микроструктуры и фазового состава с помощью рентгеновских и оптических приборов, а также анализ полученных результатов.

Результаты проведенных исследований позволяют рассматривать НФЦ как эффективный наномодификатор цементных систем, способствующий получению строительных материалов с улучшенными свойствами.

Главными строительными материалами на основе цемента традиционно остаются бетоны и растворы, способы регулирования свойств которых как основы получения качественной экономически оправданной строительной продукции непрерывно развиваются на протяжении многих лет. В последнее время весьма востребованными и перспективными, но в то же время довольно сложными и потому недостаточно изученными среди них, являются методы управления структурой на наноуровне. Путем введения в состав смесей различных наноразмерных материалов становится возможным существенное улучшение важнейших показателей качества цементных композитов, таких как прочность, морозостойкость, водонепроницаемость, усадка и многих других.

Одновременно и не менее остро стоит проблема комплексного использования техногенного сырья и отходов промышленности, которые не находят достаточного повторного применения, но при этом путем специальной обработки могут быть диспергированы до наноразмеров и, соответственно, использованы в качестве модификаторов структуры различных материалов. К их числу относится нанофибриллярная целлюлоза, представляющая собой натуральные волокна мельчайшего размера с особыми физико-механическими характеристиками [1–4].

Проведенный анализ показывает, что наиболее перспективной для использования в цементных композитах является нанофибриллярная целлюлоза диаметром до 100 нм и длиной до 2000 нм, полученная комбинированным (механохимическим) методом, включающим щелочную обработку, щадящий гидролиз и гомогенизацию под высоким давлением.

Природа и структурные особенности нанофибриллярной целлюлозы обуславливают ее технологические свойства и функциональность при создании цементных композитов. Целлюлозные нановолокна расположены близко друг к другу и имеют высокое отношение длины к диаметру, что делает их эффективными в качестве нанодисперсной арматуры для предотвращения и стабилизации микротрещин. Кроме того, данный эффект усиливается наличием поверхностных гидроксильных групп и других ионов, которые облегчают связь между частицами в процессе твердения. Все это позволяет рассматривать нанофибриллярную целлюлозу в качестве упрочнителя и модификатора структуры цементного камня на наноуровне. Вместе с тем, несмотря на возросший интерес и проведенные в связи с ним исследования [5–22], вопросы применения наноцеллюлозы в бетонах изучены недостаточно, а описанные в научно-технической литературе результаты имеют множество противоречий, не позволяющих составить четкого представления о целесообразности ее использования. Очевидно, требуется продолжение исследований, в ходе которых особое внимание следует уделить характеру и степени взаимодействия целлюлозных нановолокон с цементным камнем в процессе структурообразования, а также установить пределы насыщения, при которых потенциальные возможности данного наноматериала проявляются с наибольшей эффективностью.

Исследования проводились на цементном камне, который следует рассматривать как подсистему (матрицу) бетона – композиционного материала более высокого порядка, – оказывающую решающее влияние на его структуру и свойства. Для подтверждения выдвинутой гипотезы были изготовлены образцы из цементного теста с водоцементным отношением В/Ц = 0,35. Образцы имели стандартные размеры 40×40×160 мм, формовались в металлических формах и твердели в камере при температуре 20 ± 2 °С и относительной влажности воздуха 95 ± 5 % в течение 28 суток с проведением промежуточных испытаний по завершении определенного периода, что позволило оценить влияние концентрации наноцеллюлозы на развитие прочности цементного камня и подтвердить правильность исходных предположений.

Таблица 1. Свойства нанофибриллярной целлюлозы

Наименование показателя	Оценка
Средняя плотность, г/см ³	1,6
Прочность, ГПа	ок. 10
Модуль упругости, ГПа	ок. 150
Размер волокон:	
– диаметр, нм	(2–5) ... 100
– длина, нм	10 ... 5000

В рамках данного исследования в качестве наномодификатора цементного камня была использована нанофибриллярная целлюлоза, характеристики которой приведены в табл. 1.

Для изготовления образцов в качестве вяжущего вещества применялся портландцемент ЦЕМ 1 42,5Н. Для регулирования подвижности смесей использовался наномодифицированный суперпластификатор на основе эфиров поликарбоксилатов «СИНТЕФЛОУ» Мега 50» по ТУ № 2216-008-78722668-2015. В качестве наномодификатора в составе добавки использовались углеродные фуллероидные частицы в количестве 0,01 % по массе.

Наноцеллюлоза вводилась в смесь в форме водной суспензии с водой затворения, ее количество по сухому веществу изменялось в широких пределах: от 10^{-4} до 10^{-2} по объему.

Поставленные задачи решались путем реализации системного подхода с использованием стандартных методов испытаний, закрепленных в действующей нормативно-технической документации (метод рентгеноспектрального анализа с применением оборудования для исследования субмикросистем *Maivern Zetasizer Nano ZSP*, гранулометрический анализ прибором *Zetasizer Nano*, анализ микроструктуры с помощью сканирующего микроскопа *Tescan VEGA 3 SBH*, качественно-количественная оценка фазового состава цементов и продуктов гидратации с помощью порошкового дифрактометра *Bruker D2 PHASER* и др.), а также нестандартные методы, использование которых обусловлено спецификой работы.

Предыдущими исследованиями [23] установлено незначительное влияние низких концентраций наноцеллюлозы на подвижность свежеприготовленного цементного теста и мощную структуризацию при высоких дозировках, вызванную влиянием волокнистого строения НФЦ и проявлением армирующего эффекта (рис. 1).

Подобные явления прослеживаются и при измерении вязкости цементного теста с использованием реометра *Physica MCR 102, Anton Paar* (рис. 2).

Однако уже в течение последующих часов и первых суток твердения наноцеллюлоза в низких концентрациях приводит к ускорению структурообразования [24], о чем свидетельствуют графики тепловыделения, представленные на рис. 3.

Это объясняется неоднозначным влиянием гемицеллюлозы в составе НФЦ, при гидролизе которой в щелочной среде выделяются простейшие сахара: в одном случае, при низких концентрациях, они способствуют ускорению гидратации за счет адсорбционной пептизации – измельчения и дезагрегации зерен цемента, а в другом, при высоких концентрациях, – замедляют ее, создавая на поверхности зерен слой воды, уменьшающий трение между частицами, выполняя роль своеобразной смазки и оказывая тем самым пластифицирующее действие.

На рис. 4 показано влияние концентрации наноцеллюлозы на изменение прочности

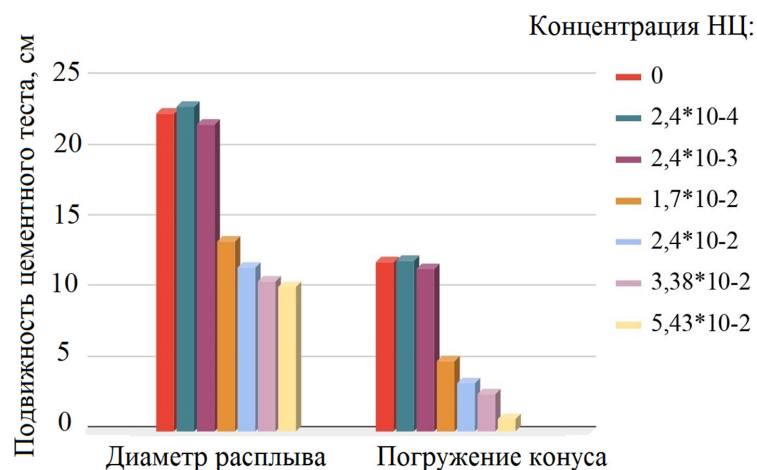


Рис. 1. Влияние наноцеллюлозы на подвижность цементного теста

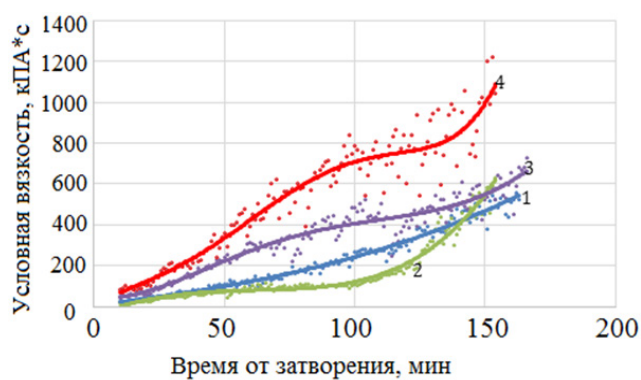


Рис. 2. Диаграммы кинетики схватывания цементного теста: концентрация НЦ: 1 – без НЦ; 2 – $2,4 \cdot 10^{-4}$; 3 – $2,4 \cdot 10^{-3}$; 4 – $2,4 \cdot 10^{-2}$

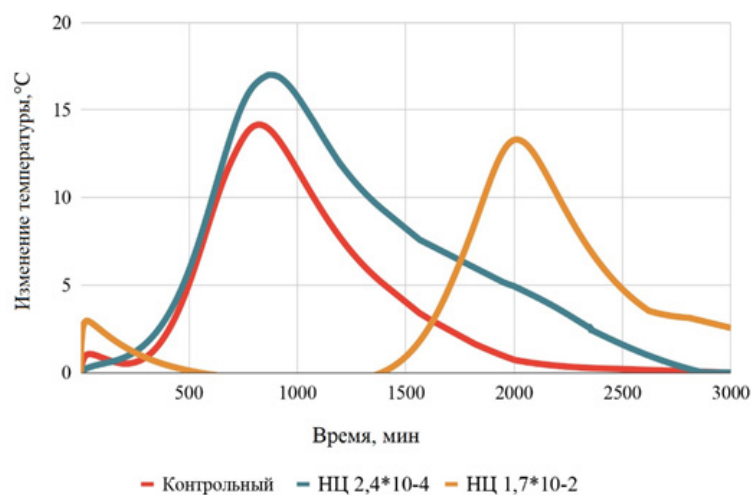


Рис. 3. Влияние наноцеллюлозы на процессы гидратации цементного композита в ранние сроки твердения

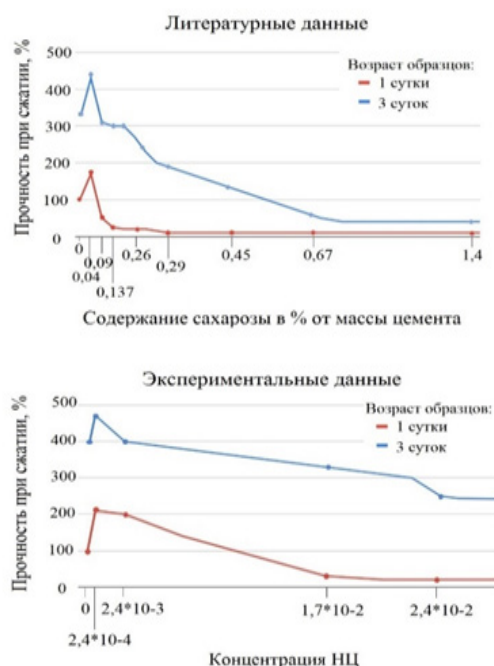


Рис. 4. Влияние гемицеллюлозы на прочность цементного камня

цементного камня в ранние сроки твердения, характер которого аналогичен отмеченному Б.Н. Кауфманом [25] и другими учеными, которые первыми обратили внимание на то, что сахара в низких концентрациях повышают прочность цементного композита, а увеличение концентрации наоборот приводит к снижению его механических свойств. Особенно склонны к пептизационному разрушению алюминатные минералы.

Помимо этого, при введении НФЦ появляются и другие возможности ускорения и углубления процесса гидратации. Так, в соответствии с современными представлениями на начальной стадии взаимодействия цемента с водой на активных участках поверхности происходит гидролитическая диссоциация с выходом в жидкую фазу ионов Ca^{2+} , способных вступать в реакцию с гидроксильными группами, расположенными на поверхности целлюлозных нановолокон, с образованием кристаллических продуктов гидратации. Таким образом, совокупность нановолокон выполняет роль даже не центров, а поверхности кристаллизации. Связывание ионов Ca^{2+} вызывает повышение скорости гидратации C_2S и C_3S и ускорение твердения цементного камня.

Подтверждением данного механизма является рентгенограмма на рис. 5, на которой видно, что при введении НФЦ в малых дозах гидратация системы идет опережающим темпом, о чем свидетельствуют пониженные пики трехкальциевого силиката и повышенные пики портландита и этtringита, чего не наблюдается в цементном камне при высокой концентрации наномодификатора.

Следует отметить, что со временем негативное влияние гемицеллюлозы преодолевается, гидратация выравнивается, и в контрольные сроки прочность модифицированного цементного камня с высокой концентрацией НФЦ не отстает и даже превосходит прочность контрольных образцов [1; 26]. Тем не менее, значительный положительный эффект проявляется только при низких концентрациях наномодифицированной целлюлозы. Прочность композита растет, начиная с первых суток от затворения, и в возрасте 28 суток превосходит немодифицированный камень в 1,6 раза.

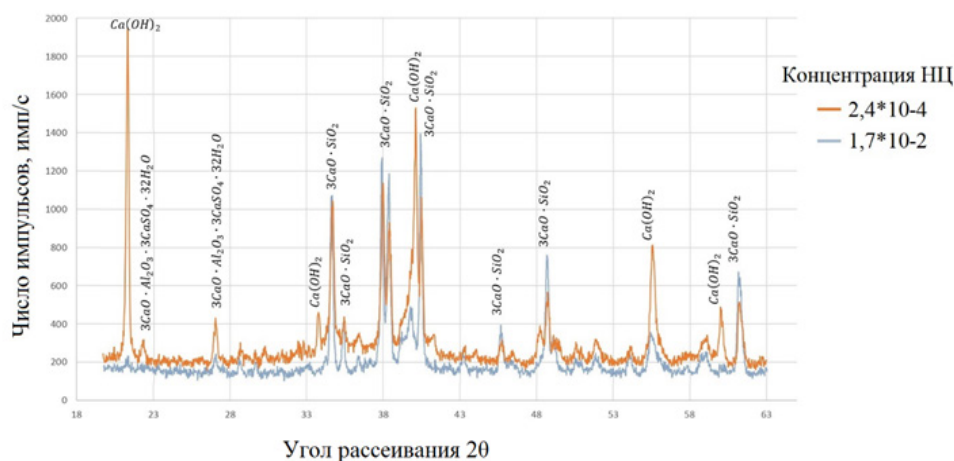


Рис. 5. Влияние nanoцеллюлозы на фазовый состав цементного композита

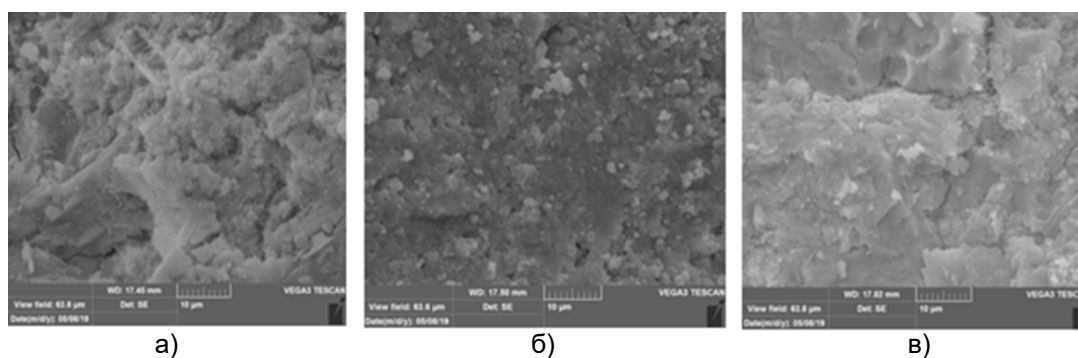


Рис. 6. Электронные фотографии микроструктуры цементного камня:
а) без добавок; б) модифицированного НФЦ в концентрации $2,4 \cdot 10^{-4}$;
в) модифицированного НФЦ в концентрации $5,43 \cdot 10^{-2}$

Это связано с модифицирующим действием НФЦ на структуру камня, изменения которой в присутствии нановолокон можно наблюдать на рис. 6.

По представленным электронным фотографиям можно отчетливо наблюдать существенные различия в микроструктуре цементного камня без добавок и модифицированного nanoцеллюлозой. При низких концентрациях присутствие НФЦ способствует получению цементного композита с более плотной и однородной даже по сравнению с исходным цементным камнем структурой, которая отличается высокой дисперсностью с характерным размером зерен 0,5 мкм. При увеличении доли наномодификатора до нескольких процентов в цементном камне возникает рыхлая структура, наблюдаются отдельные участки с размерами порядка 20–40 мкм и видимыми микротрещинами.

Результаты проведенных исследований позволяют рассматривать НФЦ как эффективный наномодификатор цементных систем, способствующий получению строительных материалов с улучшенными свойствами.

Установлен механизм положительного влияния нанофибриллярной целлюлозы на структурообразование цементных систем, который заключается во взаимодействии нановолокон с высокой концентрацией на поверхности гидроксильных групп с клинкерными минералами и новообразованиями цементного вяжущего, проявляется в повышении сце-

пления на гетерофазных границах раздела, в том числе за счет адсорбционной пептизации цементных зерен в присутствии гемицеллюлозы, и выражается в значительном изменении кинетики схватывания и твердения. Установлено, что введение НФЦ в концентрации $2,4 \cdot 10^{-4}$ по объему ускоряет процессы гидратации цемента в ранние сроки твердения, при этом в образцах с высокой концентрацией нановолокон (порядка $1,7 \cdot 10^{-2}$) наблюдается обратное действие – замедление гидратации и набора прочности.

Исследования выполнены в соответствии с Планом фундаментальных научных исследований РААСН и Минстроя РФ на 2021–2030 гг.

Литература

1. Пухаренко, Ю.В. Целлюлоза в бетоне: новое направление развития строительной нанотехнологии / Ю.В. Пухаренко, И.У. Аубакирова, В.И. Хирхасова // Строительные материалы. – 2020. – № 7. – С. 39–44.
2. Матвеева, Л.Ю. Исследование методом оптической микроскопии высокого разрешения структуры и морфологии наноцеллюлозы – микродобавки строительных композитов / Л.Ю. Матвеева, М.В. Мокрова, В.И. Хирхасова (Ткаченко), И.В. Баранец // Вестник гражданских инженеров. – 2021. – № 1(84). – С. 109–116.
3. Хирхасова (Ткаченко), В.И. Методы получения микро- и наноцеллюлозы и направления ее использования / В.И. Хирхасова (Ткаченко) // Актуальные проблемы современного строительства : сборник материалов 73-й научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – СПб. : СПбГАСУ, 2020. – С. 219–227.
4. Аубакирова, И.У. Применение суспензии нанофибриллированной целлюлозы для модификации цементных композитов / И.У. Аубакирова, В.А. Головина, В.И. Ткаченко // Components of Scientific and Technological Progress. – 2023. – № 12(90). – С. 49–55.
5. Cao, Y. Effect of Cellulose Nanofibrils on the Mechanical Properties of Cement Composites / Y. Cao, H. Zuo, L. Wang // Composites Part B: Engineering. – 2021. – Vol. 207. – P. 108564.
6. Cao, Y. The Relationship between Dispersion of Cellulose Nanocrystals and Mechanical Properties / Y. Cao, P. Zavattieri, J. Youngblood, R. Moon, J. Weiss // Construction and Building Materials. – 2016. – Vol. 119. – P. 71–79.
7. Cao, Y. The Effect of Cellulose Nanocrystals on the Properties of Cement Paste / Y. Cao, P. Zavatterri, J. Youngblood, R. Moon, J. Weiss // Cement and Concrete Composites. – 2015. – Vol. 56. – P. 73–83.
8. Chen, W. Hydration and Microstructure of Cement Pastes Modified with Cellulose Nanocrystals / W. Chen, X. Li, S. Zhang // Cement and Concrete Composites. – 2020. – Vol. 114. – P. 103778.
9. Claramunt, J. Improvement of Cement Mortars with Cellulose Nanofibers / J. Claramunt, M. Ardanuy, R. Tolêdo Filho // Cement and Concrete Research. – 2021. – Vol. 143. – P. 106391.
10. Claramunt, J. On the Path to a New Generation of Cement-Based Composites through the Use of Lignocellulosic Micro/Nanofibres / R. Reixach, J. Claramunt, M.A. Chamorro, J. Llorens, M. Merce Pareta, Q. Tarres, M. Delgado-Aguilar // Materials. – 2019. – Vol. 12. – P. 1–14. – MDPI.
11. Chinga-Carrasco, G. Pretreatment-Dependent Surface Chemistry of Wood Nanocellulose for pH-Sensitive Hydrogels / G. Chinga-Carrasco // Cellulose. – 2014. – Vol. 21. – Iss. 3. – P. 1593–1605.

12. Gao, K. Dispersion and Performance of Nanocellulose in Cement-Based Composites / K. Gao, Z. Xu, Q. Li // *Cement and Concrete Composites*. – 2021. – Vol. 120. – P. 104046.
13. Hisseine, O.A. Nanocellulose for Improved Concrete Performance: A Macro-to-Micro Investigation for Disclosing the Effects of Cellulose Filaments on Strength of Cement Systems / O.A. Hisseine, W. Wilson, L. Sorelli, B. Tolnai, A. Tagnit-Hamou // *Construction and Building Materials*. – 2019. – Vol. 206. – P. 84–96.
14. Jaradat, Y. Effects of Micro Silica on the Compressive Strength and Absorption Characteristics of Olive Biomass Ash-Based Geopolymer / Y. Jaradat, F. Matalkah // *Case Studies in Construction Materials*. – 2023. – Vol. 18(9–10). – P. e01870.
15. Jiang, F. Nanocellulose for Sustainable Cement Composites / F. Jiang, Y. Hsieh // *Journal of Cleaner Production*. – 2020. – Vol. 264. – P. 121718.
16. Kim, J.Y. Influence of Cellulose Nanocrystals on the Properties of Cement Mortar / J.Y. Kim, H.J. Park // *Cement and Concrete Composites*. – 2022. – Vol. 126. – P. 104319.
17. Kono, H. Nanocellulose Application in Cement Composites / H. Kono, T. Erata // *Construction and Building Materials*. – 2020. – Vol. 256. – P. 119450.
18. Li, Q. Nanocellulose-Modified Cement Pastes: Microstructure and Properties / Q. Li, L. Huang, J. Yu // *Cement and Concrete Research*. – 2021. – Vol. 147. – P. 106513.
19. Liu, K. Dispersion of Nanocellulose in Cementitious Composites / K. Liu, J. Zhang, W. Li // *Construction and Building Materials*. – 2022. – Vol. 327. – P. 126904.
20. Xu, K. Influences of Additives on the Rheological Properties of Cement-Based Materials: A Review (with nanomaterials incl. nanocellulose) / K. Xu, J. Liu, J. Wang // *Materials*. – 2025. – Vol. 18. – No. 4. – P. 283.
21. Xu, Q. Cellulose Nanocrystals Lime Mortar Based on Biomimetic Mineralization: Properties and Mechanism / Q. Xu, Y. Li, Y. Zhang // *Construction and Building Materials*. – 2023. – Vol. 363. – P. 129873.
22. Ткаченко, В.И. Техническая эффективность применения целлюлозных нановолокон в цементных композитах / В.И. Ткаченко // *Alitinform*. – 2023. – № 2 (71). – С. 2–9.
23. Пухаренко, Ю.В. Влияние нанофибриллярной целлюлозы на кинетику схватывания цементного теста / Ю.В. Пухаренко, Г.М. Хренов, В.И. Ткаченко // *Nanotechnologies in construction*. – 2024. – № 16(1). – С. 1–6.
24. Хирхасова (Ткаченко), В.И. Влияние наноцеллюлозы на процесс гидратации портландцемента и свойства бетона / В.И. Хирхасова (Ткаченко) // *Вестник гражданских инженеров*. – 2020. – № 58(82). – С. 155–160.
25. Кауфман, Б.К. Цементный фибролит / Б.К. Кауфман, Л.М. Шмидт. – М. : Стройиздат, 1961. – 165 с.
26. Пухаренко, Ю.В. Влияние наноцеллюлозы на свойства бетонов / Ю.В. Пухаренко, И.У. Аубакирова, В.И. Хирхасова (Ткаченко) // *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.)*, 2020. – С. 76–82.

References

1. Pukharenko, Iu.V. Tcelliuloza v betone: novoe napravlenie razvitiia stroitelnoi nanotekhnologii / Iu.V. Pukharenko, I.U. Aubakirova, V.I. Khirkhasova // *Stroitelnye materialy*. – 2020. – № 7. – С. 39–44.
2. Matveeva, L.Iu. Issledovanie metodom opticheskoi mikroskopii vysokogo razresheniia

struktury i morfologii nanotcellulozy – mikrodobavki stroitelnykh kompozitov / L.Iu. Matveeva, M.V. Mokrova, V.I. Khirkhasova (Tkachenko), I.V. Baranets // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. – 2021. – № 1(84). – S. 109–116.

3. Khirkhasova (Tkachenko), V.I. Metody polucheniia mikro- i nanotcellulozy i napravleniia ee ispolzovaniia / V.I. Khirkhasova (Tkachenko) // Aktualnye problemy sovremennogo stroitelstva : sbornik materialov 73-i nauchno-prakticheskoi konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh. – SPb. : SPbGASU, 2020. – S. 219–227.

4. Aubakirova, I.U. Primenenie suspenzii nanofibrillirovannoi tcellulozy dlia modifikatsii tcementnykh kompozitov / I.U. Aubakirova, V.A. Golovina, V.I. Tkachenko // Somponents of Scientific and Technological Progress. – 2023. – № 12(90). – S. 49–55.

22. Tkachenko, V.I. Tekhnicheskaiia effektivnost primeneniia tcelluloznykh nanovolokon v tcementnykh kompozitakh / V.I. Tkachenko // Alitinform. – 2023. – № 2 (71). – S. 2–9.

23. Pukharenko, Iu.V. Vliianie nanofibrilliarnoi tcellulozy na kinetiku skhvatyvaniia tcementnogo testa / Iu.V. Pukharenko, G.M. Khrenov, V.I. Tkachenko // Nanotechnologies in construction. – 2024. – № 16(1). – S. 1–6.

24. Khirkhasova (Tkachenko), V.I. Vliianie nanotcellulozy na protsess gidratatsii portlandtcementa i svoistva betona / V.I. Khirkhasova (Tkachenko) // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. – 2020. – № 58(82). – S. 155–160.

25. Kaufman, B.K. Tcementnyi fibrolit / B.K. Kaufman, L.M. Shmidt. – M. : Stroiizdat, 1961. – 165 s.

26. Pukharenko, Iu.V. Vliianie nanotcellulozy na svoistva betonov / Iu.V. Pukharenko, I.U. Aubakirova, V.I. Khirkhasova (Tkachenko) // Stroitelnoe materialovedenie: nastoiashchee i budushchee : sbornik materialov I Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii, posviashchennoi 90-letiiu vydaiushchegosia uchenogo-materialoveda, akademika RAASN Iuriiia Mikhailovicha Bazhenova (g. Moskva, 1–2 oktiabria 2020 g.), 2020. – S. 76–82.

The Effect of Nanocellulose on the Formation of Cement Stone

A.K. Aksenov, M.S. Samodelova

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

Key words and phrases: concentration; nanomodification; nanofibrillar cellulose; cement stone.

Abstract. The purpose of this work is to conduct theoretical and experimental studies of the mechanism of the influence of nanofibrillar cellulose (**NFC**) on the structure formation of cement stone. In accordance with the set goal, the following tasks were completed:

- the nature and degree of interaction of cellulose nanofibers with cement stone in the process of structure formation were studied;
- the limits of saturation, at which the potential capabilities of the nanomaterial are manifested with the greatest efficiency were established.

The research hypothesis suggests that the improvement of technological and operational properties of concretes and mortars is achieved by modifying cement mixtures with an additive of nanofibrillar cellulose, capable of physical and chemical interaction with minerals and new formations of cement binder, contributing to the improvement of structure, increasing the

strength and durability of building composites. The main methods of the conducted research are the methods of studying the microstructure and phase composition using X-ray and optical devices, as well as analysis of the obtained results.

The results of the conducted studies allow us to consider NFC as an effective nanomodifier of cement systems, facilitating the production of building materials with improved properties.

© Ю.В. Пухаренко, И.У. Аубакирова, В.И. Ткаченко, 2025

УДК 658.51

Моделирование технологических и организационных процессов для прогнозирования качества монолитного железобетона в Республике Кот-д'Ивуар

П.А. Говоруха¹, А. Диарассуба¹, М.А. Серифу²

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

² Университет Феликса Уфуэ-Буаьи,
г. Абиджан (Кот-д'Ивуар)

Ключевые слова и фразы: качество монолитного железобетона; моделирование технологических процессов; организационные процессы в строительстве; Республика Кот-д'Ивуар.

Аннотация. В данной статье разработана модель технологических и организационных процессов, направленная на прогнозирование качества монолитного железобетона в условиях Кот-д'Ивуара.

Основной целью работы является создание количественного прогностического инструмента, адаптированного к местным особенностям. Для достижения поставленной цели решены следующие задачи: выявление и количественная оценка критически значимых локальных параметров, влияющих на качество бетона; разработка математической прогностической модели методом наименьших квадратов; верификация точности и надежности предложенной модели.

Исследовательская гипотеза предполагает, что вариативность качества бетона может быть статистически объяснена измеряемыми локальными факторами: квалификацией персонала, климатическими условиями в период производства работ и применяемыми технологическими практиками на строительной площадке.

В основе методологии лежит регрессионный анализ по методу наименьших квадратов, позволяющий установить количественную зависимость между независимыми переменными (локальными факторами) и зависимой переменной (качеством бетона).

Разработанная модель демонстрирует высокую прогностическую эффективность ($R^2 = 0,9997$; $RMSE = 0,12$),

что подтверждает ее способность к точной оценке качества бетона в исследуемых условиях.

Результатом исследования стала надежная прогностическая модель, адаптированная к условиям Кот-д'Ивуара, имеющая практическую значимость для оптимизации составов бетона, совершенствования протоколов контроля качества и поддержки принятия решений на строительных площадках.

Несмотря на динамичное развитие строительной отрасли Кот-д'Ивуара, сектор сталкивается с серьезными проблемами, компрометирующими качество и безопасность сооружений из монолитного железобетона [1]. Неоднородность качества бетона, вариативность технологий выполнения работ, тропические климатические воздействия и дефицит технических компетенций составляют комплекс факторов, приведших к недавним обрушениям конструкций [2].

При всем признании значимости локальных факторов (материалы, климат, практики работ) до сих пор отсутствует специфически калиброванная для ивуарийских условий количественная модель, позволяющая достоверно прогнозировать качество бетона на стройплощадках по данным критическим параметрам.

Настоящее исследование направлено на восполнение данного пробела путем разработки предиктивной модели оценки качества монолитного железобетона с использованием метода регрессионного анализа по методу наименьших квадратов (**МНК**). Модель обеспечит количественную оценку влияния ранее идентифицированных локальных параметров с целью создания инструмента поддержки принятия решений для оптимизации технологических процессов производства [3; 4].

В рамках данного исследования проверяется гипотеза о том, что вариабельность качества бетона (зависимая переменная) может быть статистически значимо объяснена и предсказана с помощью определенного подмножества измеримых локальных факторов (независимые переменные), включая:

- человеческий фактор (квалификация персонала);
- климатические условия в момент выполнения работ;
- применяемые на строительных площадках технико-технологические практики.

Сбор данных

Методологический подход: проведение анкетирования среди профессионалов строительной отрасли Кот-д'Ивуара.

Эмпирическая база исследования сформирована на основе глубинного опроса ведущих операторов строительного сектора Кот-д'Ивуара, включая инженеров-строителей, технических специалистов, подрядчиков, академических исследователей и экспертов по обеспечению качества [5].

Результатом серии экспертных интервью и системного анализа строительных практик стало выявление 17 значимых факторов, детерминирующих качество производства монолитных конструкций в Кот-д'Ивуаре.

Для сбора данных применялся стандартизированный онлайн-опрос (*Google Forms*), сформированный на основе целевой выборки (вероятностный метод). Критерии отбора респондентов включали: непосредственную профессиональную вовлеченность в пробле-

Таблица 1. Шкала качественной оценки параметров производства монолитного бетона

Балл	Интерпретация	Критерий качества
–1	Неудовлетворительно	Параметр с критическими отклонениями
0	Удовлетворительно	Параметр, соответствующий минимальным требованиям
1	Отлично	Параметр, полностью соответствующий спецификациям

матику исследования и наличие соответствующего опыта. Сбор данных проходил в период с 05.12.2024 по 31.07.2025 (8 месяцев). Инструмент оценки предусматривал три варианта ответа по каждому фактору: соответствие, приемлемость, несоответствие. Данные обрабатывались статистическими методами.

Методология обеспечила комплексную оценку ключевых факторов при простоте сбора и высокой валидности данных. В ходе 8-месячного исследования сформирована репрезентативная база из 2000 наблюдений. Полные данные по 17 факторам доступны в источнике [18].

- 17 потенциальных факторов, воздействующих на качество производства бетона;
- из них было выявлено 7 ключевых параметров, демонстрирующих статистически значимое влияние ($p < 0,05$) на качество изготовления монолитного бетона;
- технологический процесс производства железобетона (продолжительность перемешивания, способ транспортировки, условия твердения).

Семь факторов, отобранных для включения в математическую модель:

- X_1 – уровень инженеров;
- X_2 – уровень техников;
- X_3 – опыт инженеров;
- X_4 – опыт техников;
- X_5 – используемые технологии;
- X_6 – климатическое воздействие;
- X_7 – опыт компании.

Данные по 7 факторам, включенным в модель, представлены в открытом доступе [19].

Собранные эмпирические данные подверглись строгой обработке в соответствии со стандартизированной оценочной шкалой.

Приведенная выше таблица (табл. 1) представляет количественную оценочную шкалу, позволяющую проанализировать соответствие исследуемых параметров по трем уровням эффективности:

- *оценка –1*: указывает на критическое несоответствие, требующее немедленного устранения для предотвращения негативных последствий;
- *оценка 0*: отражает частичное соответствие, допустимое в качестве временной меры, но требующее дальнейшей оптимизации;
- *оценка 1*: свидетельствует о полном соответствии эталонным критериям, что подтверждает оптимальность реализации.

Данная система классификации позволяет проводить объективный и воспроизводимый анализ, упрощая принятие корректирующих и упреждающих мер.

Следующей задачей исследования является создание комплексной модели, объединяющей выявленные факторы с другими организационными, технологическими и проектными переменными. Такая модель даст возможность прогнозировать эксплуатационные

качества сооружения на этапе технического проектирования с возможностью последующего динамического отслеживания изменений [6].

Применение множественной линейной регрессии

Линейная регрессия широко применяется, когда необходимо исследовать влияние одной количественной переменной (часто называемой независимой) на другую количественную переменную (зависимую). Задача заключается в определении возможной связи между этими двумя переменными таким образом, чтобы, зная значение одной, можно было максимально точно предсказать значение другой [7–10]. Данный метод был использован в работе Ю.В. Гущиной в 2019 г. в Волгограде для оптимизации затрат в проектах городского строительства [11]:

$$Y = b + a_1X_1 + a_2X_2 + \dots + a_nX_n + \varepsilon,$$

где Y – объясняемая переменная (зависимая); $X_1, X_2, \dots, X_n$ – объясняющие переменные (независимые); $a_1, a_2, \dots, a_n$ – коэффициенты регрессии (влияние каждой переменной X_i на Y); b – свободный член (постоянная составляющая); ε – ошибка модели (вариация, не объясненная моделью).

Метод наименьших квадратов

Применение метода наименьших квадратов (**МНК**) к нашей модели позволяет получить несмещенные оценки коэффициентов, учитывая специфику данных по строительному сектору Кот-д'Ивуара, для которых характерны ограниченный объем наблюдений ($n = 2000$), неоднородность практик и особенности местных нормативов. Опираясь на базовую модель Ю.В. Гущиной (2019), наша адаптированная к реалиям Кот-д'Ивуара оценочная модель выглядит следующим образом:

$$Y = \beta_0 + \beta_1X_1 + \beta_2X_2 + \beta_3X_3 + \beta_4X_4 + \beta_5X_5 + \beta_6X_6 + \beta_7X_7 + \varepsilon;$$

Индекс качества = $\beta_0 + \beta_1^*(\text{Уровень инженеров}) + \beta_2^*(\text{Уровень техников}) + \beta_3^*(\text{Опыт инженеров}) + \beta_4^*(\text{Опыт техников}) + \beta_5^*(\text{Используемые технологии}) + \beta_6^*(\text{Климатическое воздействие}) + \beta_7^*(\text{Опыт компании}) + \varepsilon$.

Предварительные тесты МНК

1. Тест на нелинейность (квадраты).

С целью проверки корректности спецификации исследуемой зависимости в линейной форме был проведен тест на нелинейность (посредством теста *RESET* Рэмзи). Данный тест оценивает, приводит ли добавление нелинейных членов (квадратов прогнозных значений) к статистически значимому улучшению качества аппроксимации модели.

Проверяемая гипотеза:

- нулевая гипотеза (H_0): зависимость между переменными является линейной;
- альтернативная гипотеза (H_1): в модели присутствует опущенная нелинейность.

Результаты теста:

- статистика теста: множитель Лагранжа (LM) = 11,9224;
- степени свободы: 7 (соответствует количеству тестируемых ограничений);

Таблица 2. Сводка тестов на линейность и гетероскедастичность

Тесты	Гипотеза (H_0)	Решение	Вывод
Нелинейность	Линейность зависимости	H_0 не отвергается	Линейная модель является допустимой
Бройша – Пагана	Дисперсии ошибок	H_0 отвергается	Обнаружена гетероскедастичность

– p -значение: 0,1031.

Интерпретация: поскольку p -значение (0,103) превышает общепринятый порог значимости в 5 % ($\alpha = 0,05$), у нас нет оснований отвергать нулевую гипотезу. Это означает, что данные не предоставляют достаточных статистических свидетельств в пользу нелинейности зависимости.

Заключение: на уровне значимости 5 % зависимость может считаться линейной. Мы можем сохранить линейную модель без немедленной трансформации.

2. Тест Бройша – Пагана на гетероскедастичность.

Тест Бройша – Пагана был применен для выявления гетероскедастичности непостоянства дисперсии ошибок модели, что лишает оценки метода наименьших квадратов (МНК) свойства эффективности.

Проверяемая гипотеза:

- H_0 : гомоскедастичность (дисперсия ошибок постоянна);
- H_1 : гетероскедастичность (дисперсия ошибок непостоянна или зависит от объясняющих переменных).

Результаты теста:

- статистика теста: множитель Лагранжа (LM) = 629,794;
- степени свободы: 7 (соответствует количеству проверяемых регрессоров);
- p -значение: $9,32 \times 10^{-132}$ ($\approx 0,000$).

Интерпретация: чрезвычайно низкое p -значение, существенно меньше уровня значимости 0,05, приводит к категорическому отклонению нулевой гипотезы. Таким образом:

- в модели присутствует высоко значимая гетероскедастичность;
- оценки МНК, оставаясь несмещенными, перестают быть эффективными (дисперсия недооценивается, статистические тесты становятся смещенными);
- нулевая гипотеза однозначно отвергается.

Заключение: в модели присутствует выраженная гетероскедастичность, дисперсия ошибок не является постоянной.

В целом проведенные тесты показывают, что текущая модель, хотя и допустима в своей линейной форме, демонстрирует проблемную гетероскедастичность, которая ставит под угрозу надежность статистических выводов. Таким образом, необходима повторная оценка модели с использованием робастных методов (таких как стандартные ошибки в форме Уайта или преобразование данных).

Оценка модели и интерпретация результатов

Модель 1: Результаты МНК.

Приведенная таблица (табл. 3) представляет регрессионный анализ, измеряющий влияние различных факторов на производительность. Все переменные, за исключением

Таблица 3. Результаты множественной линейной регрессии (МНК)

Параметр	Коэффициент	Стд. ошибка	t-статистика	p-значение
const	0,499894	7,18E-05	6959	<0,0001
Уровень инженеров	9,67E-05	6,71E-05	1,442	0,1495
Уровень техников	0,0707138	5,96E-05	1187	<0,0001
Опыт инженеров	0,0706963	6,21E-05	1138	<0,0001
Опыт техников	0,0706849	6,14E-05	1151	<0,0001
Используемые технологии	0,0708665	7,04E-05	1006	<0,0001
Климатическое воздействие	0,0706597	6,21E-05	1137	<0,0001
Опыт компании	0,0706255	5,84E-05	1209	<0,0001

Таблица 4. Показатели эффективности и качества аппроксимации регрессионной модели

Среднее зав. перем.	0,550035	Ст. откл. зав. перем.	0,125251
Сумма кв. остатков	0,008343	Ст. ошибка регрессии	0,002046
R^2	0,999734	Скоррект. R^2	0,999733
$F(7, 1992)$	1069432	p-значение (F)	0
Лог. правдоподобие	9549,415	Критерий Акаике	-19082,83
Критерий Шварца	-19038,02	Ханнана – Куинна	-19066,38

уровня инженеров ($p = 0,1495$), демонстрируют высоко значимые эффекты ($p < 0,0001$) с коэффициентами эластичности близкими к 0,07 для переменных опыта и технологий.

Единичная незначимость переменной «уровень инженеров», требующая пересмотра после коррекции на гетероскедастичность, не умаляет общей надежности результатов. Согласованность оценок эластичности указывает на однородное и положительное влияние операционных факторов.

Табл. 4 представляет ключевые диагностики модели, выявляющие ее исключительное качество аппроксимации ($R^2 = 0,9997$) и бесспорную общую статистическую значимость ($F = 1069432$, $p < 0,001$). Чрезвычайно низкое стандартное отклонение остатков (0,002) подтверждает высокую точность прогнозов, в то время как информационные критерии ($AIC = -19\,082,83$) свидетельствуют об оптимальной спецификации модели.

Практически безупречные метрики качества аппроксимации ($R^2 \approx 1$, крайне низкий AIC) свидетельствуют о том, что модель объясняет практически всю дисперсию процесса. Следующей ключевой задачей является корректировка стандартных ошибок для обеспечения достоверности статистических выводов, без сомнений в качестве точечных оценок коэффициентов.

Модель 2: Коррекция последствий гетероскедастичности.

С коррекцией на гетероскедастичность, с использованием наблюдений 1–2000. Зависимая переменная: индекс качества процесса производства монолитного железобетона.

После коррекции гетероскедастичности наблюдается, что оценка свободного члена (0,4999) остается чрезвычайно точной с минимальной стандартной ошибкой (6,24E-05) по сравнению с первой моделью (0,499894) и сохраняет высокую статистическую значимость

Таблица 5. Результаты робастной регрессии после коррекции гетероскедастичности (МНК)

Параметр	Коэффициент	Стд. Ошибка	t-статистика	p-значение
const	0,499945	6,24E-05	8009	<0,0001
Уровень инженеров	1,88E-05	5,74E-05	0,3274	0,7434
Уровень техников	0,0705669	5,43E-05	1299	<0,0001
Опыт инженеров	0,0705967	5,31E-05	1329	<0,0001
Опыт техников	0,0705133	5,49E-05	1285	<0,0001
Используемые технологии	0,0706467	7,12E-05	992	<0,0001
Климатическое воздействие	0,0704867	5,51E-05	1280	<0,0001
Опыт компании	0,0705057	5,08E-05	1388	<0,0001

Таблица 6. Показатели эффективности и качество подгонки регрессионной модели

Сумма кв. остатков	13462,58	Ст. ошибка регрессии	2,599677
R^2	0,99979	Скоррект. R^2	0,999789
$F(7, 1992)$	1352622	p-значение (F)	0
Лог. правдоподобие	-4744,644	Критерий Акаике	9505,287
Критерий Шварца	9550,094	Ханнана – Куинна	9521,739

($t = 8009$, $p < 0,0001$). Коррекция не повлияла на его значимость.

При этом подтверждается отсутствие статистически значимого влияния уровня инженеров ($p = 0,7434$). Напротив, все остальные переменные оказывают положительное воздействие на модель ($p < 0,0001$).

Технические коэффициенты ($\approx 0,0705$) демонстрируют высокую стабильность после коррекции, а стандартные ошибки для некоторых переменных незначительно снизились (например, опыт компании уменьшился с $5,84E-05$ до $5,08E-05$). Коррекция не повлияла на их значимость.

t-статистики и p-значения остаются исключительно высокими (>1000 для большинства переменных), и их можно интерпретировать с полной уверенностью. Представленные стандартные ошибки теперь являются робастными к гетероскедастичности. Модель сохраняет свою объясняющую способность (как показывают ранее приведенные показатели качества аппроксимации).

Хотя коррекция изменила масштаб остатков ($\sum e^2$ возросла с 8343 до 13462), она сохранила высокое качество аппроксимации ($R^2 > 0,9997$) и общую статистическую значимость ($F = 1,35$ млн, $p \approx 0$). Робастные оценки теперь позволяют строить надежные доверительные интервалы для анализа модели.

Коррекция гетероскедастичности позволила получить надежные оценки, не меняя принципиально выводы. Модель четко идентифицирует:

- существенное влияние профессионального опыта;
- важность используемых технологий;
- значимое воздействие климатического фактора (переменная среды);
- отсутствие влияния уровня инженеров в данной модели.

Данный робастный анализ может служить надежной основой для принятия решений в процессе производства монолитного бетона на строительных площадках Кот-д'Ивуара и в субрегионе.

Данное исследование представляет модель регрессии методом наименьших квадратов, демонстрирующую исключительную прогнозную эффективность ($R^2 = 0,9997$; $RMSE = 0,12$) для оценки качества монолитного железобетона. Данный результат существенно превосходит традиционные модели, описанные в литературе, которые обычно характеризуются значениями R^2 в диапазоне от 0,85 до 0,95 для прогнозирования качества бетона [12; 13].

В литературе основное внимание, как правило, уделяется либо свойствам материалов [12], либо параметрам состава смеси [13], либо универсальным моделям, разработанным в стандартизированных лабораторных условиях [14], либо факторам окружающей среды [15]. Наш подход, который одновременно интегрирует всю совокупность этих факторов в единую модель, позволяет учесть синергетический эффект и нелинейные взаимодействия между переменными, что приводит к повышению точности. Данный вывод согласуется с заключениями недавних исследований, обосновывающих необходимость применения многофакторного подхода к оценке качества бетона [16].

Данная интеграция факторов позволяет учесть синергию и нелинейные взаимодействия между переменными, подтверждая актуальность современных системных подходов в материаловедении.

Примечательным результатом является статистическая незначимость переменной «уровень подготовки инженеров» в окончательной модели. Это наблюдение потенциально объясняется эффектом опосредования через другие операционные переменные (процедуры контроля, качество материалов), которые уже учитывают косвенное влияние технической экспертизы. Альтернативно это может отражать ограниченность традиционных академических метрик для количественной оценки практической компетенции в полевых условиях.

Данное исследование выходит за рамки статистического моделирования, демонстрируя, как применение методов анализа данных к практическим задачам может способствовать значительному повышению качества и безопасности строительства в условиях Кот-д'Ивуара. Надежность модели открывает путь для ее внедрения в практику с целью поддержки трансформации отраслевых стандартов.

Данное исследование позволило разработать прогностическую модель качества монолитного железобетона, специально адаптированную к условиям Кот-д'Ивуара. Результаты демонстрируют исключительную эффективность с коэффициентом детерминации ($R^2 = 0,9997$) и среднеквадратической ошибкой ($RMSE = 0,12$), что подтверждает надежность подхода для изученных экспериментальных условий.

Однако в контексте непрерывного совершенствования и адаптации к специфике Кот-д'Ивуара, такой как сезонные колебания влажности, доступность местных материалов или особенности традиционных строительных практик, включение дополнительных факторов (например, гранулометрический состав местных заполнителей, традиционные методы твердения) могло бы дополнительно повысить точность прогнозных моделей.

Результаты данной работы имеют существенную практическую значимость для строительного сектора Кот-д'Ивуара:

- потенциальное внедрение системы поддержки принятия решений для строительных площадок;
- оптимизация составов бетона с учетом местных материалов;

- совершенствование протоколов контроля качества;
- научная основа для актуализации национальных нормативов.

Следует, однако, учитывать ряд ограничений:

– использование самоотчетных данных может приводить к определенным смещениям;

- специфика ивуарийского контекста требует валидации для других регионов;
- точечный характер измерений требует организации долгосрочного мониторинга.

Перспективы дальнейших исследований включают:

– определение качества производства бетона на основе динамической математической модели;

– внедрение порога риска с учетом критических факторов для поддержки принятия решений;

– интеграцию дополнительных параметров (гранулометрия местных заполнителей, традиционные методы твердения);

- расширение исследования для учета сезонных колебаний;
- разработку мобильного приложения для использования на стройплощадках;
- адаптацию модели для других местных строительных материалов.

Данное исследование открывает путь к значительному улучшению строительных практик в Кот-д'Ивуаре, одновременно предлагая методологию, применимую в других регионах со схожими проблемами.

Литература

1. Revue du Secteur du Bâtiment en Côte d'Ivoire: Focus sur le Secteur de la Construction de Logements dans le Grand Abidjan (French). – Washington, D.C. : World Bank Group.
2. Haeringer, P. Vingt-cinq ans de politique urbaine à Abidjan ou la tentation de l'urbanisme intégral / P. Haeringer // Politique africaine. – 1985. – Vol. 17. – No 1. – P. 20–40.
3. Bakayoko, I. Études des performances des bétons courants utilisés dans les bâtiments à Abidjan / I. Bakayoko, C.H. Kouakou, M.A. Serifou // Revue Ivoirienne des Sciences et Technologie. – 2019 – No. 34. – P. 216–229.
4. Говоруха, П.А. Обзор строительной отрасли в республике Кот-д'Ивуар / П.А. Говоруха, А. Диарассуба // Наука и бизнес: пути развития. – М. : НТФ РИМ. – 2024. – № 4(154). – С. 121–128.
5. Говоруха, П.А. Анализ и выявление критических факторов устойчивости строительства в Республике Кот-д'Ивуар / П.А. Говоруха, А. Диарассуба // Components of Scientific and Technological Progress. – 2024. – № 11(101). – С. 44–54.
6. Лapidус, А.А. Потенциал эффективности организационно-технологических решений строительства / А.А. Лapidус, А.Ю. Мищенко // Перспективы науки. – Тамбов : ТМБпринт. – 2018. – № 12(111). – С. 10–14.
7. Hamisultane, H. ECONOMETRIE. Licence / H. Hamisultane. – France, 2002. cel-01261163.
8. Foucart, T. Colinéarité et régression linéaire / T. Foucart // Mathématiques et sciences humaines. Mathematics and social sciences. – 2006. – No. 173.
9. Шашков, В.Б. Прикладной регрессионный анализ. Многофакторная регрессия : учеб. пособие / В.Б. Шашков. – Оренбург : ОГУ, 2003. – 363 с.
10. Guyader, A. Régression linéaire / A. Guyader // Université de Rennes. – 2011. – Vol. 2. – P. 60–61.

11. Гущина, Ю.В. Инновационный подход в управлении эффективностью инвестиционно-строительных проектов / Ю.В. Гущина. – Волгоградский государственный технический университет. – Волгоград, 2019.
12. Kumar, A. Predicting compressive strength of concrete using machine learning / A. Kumar, et al. // Journal of Materials in Civil Engineering. – 2022.
13. Yeh, I.-C. Modeling of strength of high-performance concrete using artificial neural networks / I.-C. Yeh // Cement and Concrete Research. – 1998.
14. ASTM International. Standard Specification for Concrete Aggregates.
15. Al-Amoudi, O.S.B. Effect of hot weather on concrete strength / O.S.B. Al-Amoudi // ACI Materials Journal. – 1994
16. Al-Shamiri, A.K. Multifactorial models for sustainable concrete in aggressive environments / A.K. Al-Shamiri, et al. // Construction and Building Materials. – 2023.
17. Говоруха, П.А. Теоретические основы повышения качества строительного процесса через улучшение сопряжения разнородных процессов / П.А. Говоруха, Д.В. Равочкин, И.А. Снегирев // Components of Scientific and Technological Progress. – 2025. – № 5(107). – С. 55–60.
18. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://bit.ly/46STTH3>.
19. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://bit.ly/3J4TxmJ>.

References

4. Govorukha, P.A. Obzor stroitelnoi otrasli v respublike Kot-d'Ivuar / P.A. Govorukha, A. Diarassuba // Nauka i biznes: puti razvitiia. – M. : NTF RIM. – 2024. – № 4(154). – S. 121–128.
5. Govorukha, P.A. Analiz i vyivlenie kriticheskikh faktorov ustoichivosti stroitelstva v Respublike Kot-d'Ivuar / P.A. Govorukha, A. Diarassuba // Components of Scientific and Technological Progress. – 2024. – № 11(101). – S. 44–54.
6. Lapidus, A.A. Potencial effektivnosti organizatsionno-tekhnologicheskikh reshenii stroitelstva / A.A. Lapidus, A.Iu. Mishchenko // Perspektivy nauki. – Tambov : TMBprint. – 2018. – № 12(111). – S. 10–14.
9. Shashkov, V.B. Prikladnoi regressionnyi analiz. Mnogofaktornaia regressiia : ucheb. posobie / V.B. Shashkov. – Orenburg : OGU, 2003. – 363 s.
11. Gushchina, Iu.V. Innovatsionnyi podkhod v upravlenii effektivnostiu investitsionno-stroitelnykh projektov / Iu.V. Gushchina. – Volgogradskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet. – Volgograd, 2019.
17. Govorukha, P.A. Teoreticheskie osnovy povysheniia kachestva stroitel'nogo protsessa cherez uluchshenie sopriazheniia raznorodnykh protsessov / P.A. Govorukha, D.V. Ravochkin, I.A. Snegirev // Components of Scientific and Technological Progress. – 2025. – № 5(107). – S. 55–60.
18. [Electronic resource]. – Access mode : <https://bit.ly/46STTH3>.
19. [Electronic resource]. – Access mode : <https://bit.ly/3J4TxmJ>.

Modeling Technological and Organizational Processes for Predicting the Quality of Monolithic Reinforced Concrete in Cote d'Ivoire

P.A. Govoruha, A. Diarassuba, M.A. Serifou

*National Research Moscow State University of Civil Engineering,
Moscow (Russia);
Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan (Côte d'Ivoire)*

Key words and phrases: modeling of technological processes; quality of monolithic reinforced concrete; organizational processes in construction; Republic of Côte d'Ivoire.

Abstract. This paper introduces a modeling approach for technological and organizational processes to predict the quality of cast-in-place reinforced concrete in Côte d'Ivoire. The primary objective focuses on developing a quantitative forecasting tool tailored to local specificities.

To accomplish this goal, three principal tasks were undertaken: determination and quantification of critical local parameters influencing concrete quality; formulation of a predictive mathematical model using least squares regression; verification of the model's precision and reliability.

The research premise maintains that qualitative variations in concrete can be statistically accounted for by measurable local elements: personnel qualifications, weather conditions during construction activities, and technological practices at project sites.

The methodological framework employs OLS regression analysis to establish quantitative relationships between predictor variables (local factors) and the outcome variable (concrete quality). The implemented model exhibits outstanding forecasting capability ($R^2 = 0.9997$; RMSE = 0.12), confirming its proficiency in accurately assessing concrete quality under the examined conditions.

This investigation has yielded a dependable predictive framework customized to the Ivorian environment, with immediate practical applications in mixture formulation optimization, quality control protocol enhancement, and construction site decision support.

© П.А. Говоруха, А. Диарассуба, М.А. Серифу, 2025

УДК 69.003.13

Современные подходы к управлению строительством жилых зданий

Д.А. Сапронов, В.В. Лучкина

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

Ключевые слова и фразы: BIM-технологии; жилищное строительство; инвестиционно-строительные проекты; проектный менеджмент; строительная отрасль; управление строительными проектами; цифровизация.

Аннотация. Статья рассматривает управление строительными проектами в жилищном секторе. Цель исследования заключается в обосновании интеграции цифровых технологий и проектных методологий для повышения эффективности строительства. Задачи включают анализ действующих практик планирования и контроля, выявление ключевых барьеров их применения в отечественной отрасли, а также оценку потенциала BIM-моделирования, мониторинга в реальном времени и интеграции систем PPM–ERP. В качестве гипотезы выдвигается предположение, что объединение классических методов управления с цифровыми инструментами позволяет сократить отклонения по срокам и бюджету, повысить прозрачность процессов и инвестиционную привлекательность проектов. Методологическая база основана на аналитическом обзоре научных источников, отраслевой статистики и опубликованных кейсов эффективности внедрения EVM. Результаты исследования показывают, что цифровая интеграция существенно снижает риски и повышает точность прогнозирования, что формирует основу для практических рекомендаций по улучшению качества и устойчивости жилищного строительства.

Управление современными строительными объектами представляет собой многоуровневую систему, включающую этапы планирования, организацию, контроль и согласование действий всех участников проектного цикла. Увеличение объемов строительства, ускорение темпов реализации проектов, рост требований нормативных документов и стремление к оптимизации затрат формируют новые вызовы для управленческих подходов. Это приводит к необходимости использовать не только традиционные методы, но и внедрять современные управленческие инструменты.

В практике строительной отрасли наибольшее распространение получили методы се-

тевого и календарного планирования, механизмы ресурсного и бюджетного управления, а также инструменты анализа и контроля рисков. Расширение возможностей цифровизации, в частности, внедрение *BIM*-технологий, значительно усиливает аналитическую составляющую, позволяя моделировать сценарии выполнения работ и прогнозировать возможные отклонения [1].

Анализ современного состояния показывает, что, несмотря на наличие разработанной нормативной базы и методических материалов, практическое применение инструментов управления сталкивается с рядом проблем. Основными барьерами выступают несогласованность действий участников проекта, недостаток квалифицированных кадров в области управления и ограниченное внедрение цифровых решений. Изучение этих аспектов необходимо для понимания реальных условий функционирования системы управления строительными объектами и поиска путей ее обновления.

Текущие изменения в подходах к управлению строительными проектами все более тесно связаны с цифровыми технологиями и адаптивными методологиями. Значительное место занимает применение *BIM*, обеспечивающего создание детализированных информационных моделей зданий и объединение данных по всем стадиям проекта. Такой подход способствует улучшению взаимодействия участников, делает планирование более прозрачным и позволяет выявлять ошибки и риски на ранних этапах, снижая их последствия.

Одновременно набирают распространение системы мониторинга в реальном времени. Использование технологий Интернета вещей (*IoT*) и сенсорных комплексов дает возможность отслеживать состояние техники, материалов и объектов, что повышает точность планирования, способствует своевременному обслуживанию оборудования и минимизирует простои.

Важным направлением становится гибкий стиль управления проектами, реализуемый с помощью методологий *Agile*. Он оказывается особенно востребованным в условиях изменяющихся требований заказчиков и необходимости частых корректировок проектных решений. Такой подход позволяет оперативно адаптировать проект к внешним условиям и обеспечивает более эффективное распределение ресурсов.

На практике российские строительные организации часто сталкиваются с системными ограничениями. Уже на стадии планирования возникают трудности: многие организационно-технологические схемы, утверждаемые в начале проекта, остаются неизменными на протяжении всего цикла и не учитывают реальную динамику работ, контрольный мониторинг ведется нерегулярно, – все это препятствует синхронизации поставок с производством и снижает эффективность использования трудовых и технических ресурсов [2].

В ряде компаний учет управленческих и материальных показателей остается фрагментарным. Отсутствие единого классификатора материалов и надежного цифрового контура приводит к дублированию информации и снижению точности анализа ресурсов. Первичные документы, включая формы М-29 и КС-2, часто оформляются уже после фактических операций, что исключает их связь с реальным движением материалов и складским учетом.

Серьезной проблемой выступает и слабая система мотивации линейного персонала. Основной акцент делается на соблюдении сроков и качества, тогда как стимулирование снижения затрат и повышения производительности практически отсутствует. Недостаток цифровой обратной связи в процессе ведения проекта формирует у руководства иллюзию стабильности, и реальные убытки выявляются лишь на этапе итоговой отчетности.

Развитие подходов к управлению в инвестиционно-строительной сфере сегодня про-

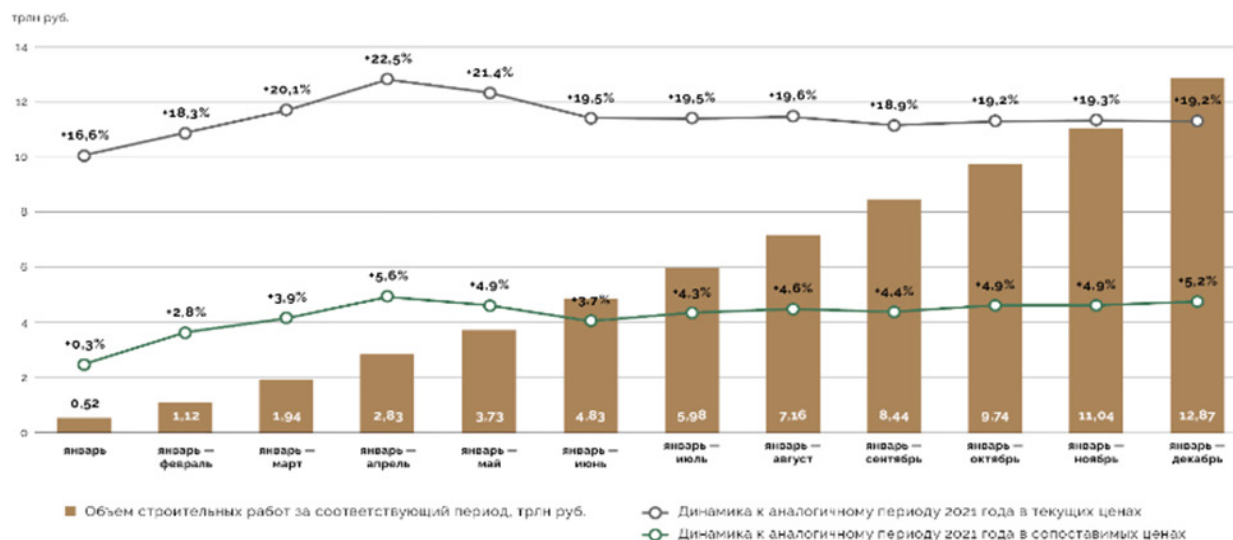


Рис. 1. Динамика объема работ, выполненных в строительной отрасли (2022 г.)

исходит в условиях нестабильности рынков и снижения склонности инвесторов к рискованным вложениям. Несмотря на то, что за период 2019–2022 гг. среднегодовой ввод жилья и объектов нежилого назначения в России составлял 13–14 %, а общий объем выполненных строительных работ вырос на 42 % [3], отрасль нуждается в новых стратегиях удержания инвесторов. Это обуславливает востребованность предынвестиционной подготовки, детальной проработки бизнес-планов, раскрытия структуры рисков и формирования альтернативных сценариев реализации.

Среди ключевых направлений развития выделяются диверсификация источников финансирования и акцент на качественные характеристики проектов. Инвесторы все чаще оценивают не только показатели доходности, но и соответствие объектов социальным задачам, экологичность применяемых технологий и уровень цифровой прозрачности. Использование «зеленых» стандартов и цифровых инструментов повышает доверие к проектам, снижает репутационные риски и обеспечивает доступ к различным специализированным финансовым инструментам, включая также и «зеленые» облигации.

В управлении проектами сформировался устойчивый тренд на интеграцию маркетинговых и имиджевых стратегий. В условиях конкурентной борьбы за капитал застройщики активно используют инструменты продвижения инвестиционных продуктов, долгосрочного взаимодействия с инвесторами и развития обратной связи. Такой подход снижает вероятность преждевременного ухода капитала и обеспечивает устойчивую финансовую основу проекта. Все это указывает на то, что управление строительными проектами выходит за рамки технического планирования и требует стратегического подхода к формированию инвестиционной привлекательности.

Одним из ведущих направлений в российской практике управления строительством является цифровизация всех стадий жизненного цикла проекта. Использование *ERP*-, *CRM*- и *PPM*-систем позволяет автоматизировать управление ресурсами, логистику, финансовые потоки и отчетность в режиме реального времени [4]. Такая интеграция минимизирует разрывы между проектированием, строительством и эксплуатацией, обеспечивая комплексное управление.

Особую значимость приобретают *BIM*- и *BLM*-технологии, которые позволяют форми-

ровать цифровую модель объекта и управлять ею на протяжении всего жизненного цикла. Переход от 3D-проектов к 4D- и 5D-моделям, где учитываются временные и стоимостные параметры, обеспечивает сокращение сроков, оптимизацию расходов и повышение контроля качества. Опыт применения *BIM* в крупных инфраструктурных проектах показывает ускорение строительства, снижение затрат и формирование долгосрочной стратегии эксплуатации зданий и сооружений.

Создание единой системы управления на основе интеграции *PPM*, *ERP* и *BIM* становится залогом конкурентоспособности отечественных строительных компаний. В условиях внедрения концепции «Индустрия 4.0» цифровизация расширяет возможности проектного менеджмента, охватывая стратегический, тактический и операционный уровни. Единый контур управления обеспечивает моделирование, реализацию и контроль проектов в одном информационном пространстве, что соответствует общемировым тенденциям трансформации отрасли и создает предпосылки для устойчивого развития инвестиционно-строительных проектов.

Эффективное управление строительными проектами сегодня рассматривается как ключевой фактор конкурентоспособности предприятий отрасли. При росте сложности объектов и ужесточении требований к срокам, качеству и стоимости возрастает потребность в системных подходах, охватывающих все стадии – от предпроектной подготовки до сдачи объекта. В этой связи особое значение имеет анализ научных исследований в области управления строительством, как отечественных, так и зарубежных.

История развития проектного менеджмента показывает, что система *Earned Value Management (EVM)*, разработанная Министерством обороны США в 1960-е годы, стала важным инструментом контроля сроков и стоимости. В 1990-е годы ее принципы были закреплены в стандартах *ANSI* и *PMI*, что обеспечило глобальное распространение. Методика объединила ключевые параметры – сроки, стоимость и объем – в единую систему оценки прогресса. Опыт применения *EVM* свидетельствует о снижении перерасхода средств с 20–25 % до 10–12 % на крупных промышленных объектах, что объясняет ее востребованность.

Основные показатели системы – *Cost Performance Index (CPI)* и *Schedule Performance Index (SPI)* – позволяют фиксировать отклонения и прогнозировать развитие проекта. По данным *Luna Alexandra* [5], на одном из промышленных объектов стоимостью \$450 млн и сроком 36 месяцев внедрение *EVM* сократило перерасход средств с 15 % до 5 %, задержки по срокам – с 12 % до 4 %, а точность прогнозов возросла с 70 % до 90 %. Эти результаты показывают, что применение *EVM* повышает надежность планирования и обеспечивает управленческие решения на основе объективных данных.

Современные исследования отмечают усиление тенденции интеграции *EVM* с цифровыми инструментами, включая *BIM* и специализированное программное обеспечение (*Primavera P6*, *MS Project*, *Deltek Cobra*). Объединение информационного моделирования с расчетами освоенной стоимости создает новые практики мониторинга, где бюджет и график напрямую связаны с фактическим прогрессом строительства. При этом сохраняются трудности внедрения – высокая стоимость ПО, необходимость подготовки кадров и сложности в сборе достоверных данных в условиях сложной структуры подрядчиков. Это усиливает интерес к дальнейшему развитию методики и интеграции ее с технологиями искусственного интеллекта для повышения точности прогнозов и адаптивности управления.

В результате анализа можно отметить, что система управления строительными проектами в России находится в фазе преобразований: традиционная нормативная дисциплина дополняется цифровыми инструментами, сетевым планированием и гибкими методологи-

ями. Для эффективного управления жилым строительством важно учитывать требования законодательства и одновременно использовать современные управленческие решения, повышающие качество, сокращающие сроки и обеспечивающие экономичность реализации проекта.

Литература

1. Христофоров, П.И. Современные подходы к управлению проектами в строительстве / П.И. Христофоров, В.В. Федоров // Вестник науки. – 2024. – № 6(75) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-podhody-k-upravleniyu-proektami-v-stroitelstve>.
2. Лю Чуньгуан. Состояние системы управления строительными проектами в РФ / Лю Чуньгуан // Kant. – 2016. – № 4(21) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/sostoyanie-sistemy-upravleniya-stroitelnyimi-proektami-v-rf>.
3. Харит, О.М. Методы повышения инвестиционной привлекательности строительных проектов / О.М. Харит // Индустриальная экономика. – 2023. – № 5 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-povysheniya-investitsionnoy-privlekatelnosti-stroitelnyh-proektov>.
4. Ресин, В.И. Особенности управления российскими инвестиционно-строительными проектами / В.И. Ресин, С.С. Бачурина, Н.Д. Корягин, А.И. Сухоруков, С.Ю. Ерошкин // Мир новой экономики. – 2016. – № 4 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-upravleniya-rossiyskimi-investitsionno-stroitelnyimi-proektami>.
5. Luna, A. Earned Value Management (EVM) in Construction Projects / A. Luna // Obafemi Awolowo University. – 2025. – No. 12 [Electronic resource]. – Access mode : https://www.researchgate.net/publication/392332964_Earned_Value_Management_EVM_in_Construction_Projects.
6. Олейник, П.П. Организация, планирование и управление в строительстве : учебник / П.П. Олейник. – М. : АСВ, 2012. – 528 с.
7. Калашников, А.А. Организация, управление и планирование в строительстве. Базовые принципы и основы организации инвестиционно-строительных проектов : учеб. пособие / А.А. Калашников, Н.И. Ватин. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2010. – 189 с.
8. Бурмисторова, А.А. Обеспечение устойчивости управления проектом на примере строительства жилого комплекса / А.А. Бурмисторова, В.В. Лучкина // Components of Scientific and Technological Progress. – 2024. – № 9(99). – С. 25–32.
9. Лучкина, В.В. ESG-технологии благоустройства жилого комплекса для повышения спроса и стоимости жилья / В.В. Лучкина // Перспективы науки. – Тамбов : НТФ РИМ. – 2024. – № 10(181). – С. 60–64.

References

1. Khristofovich, P.I. Sovremennye podkhody k upravleniyu projektami v stroitelstve / P.I. Khristofovich, V.V. Fedorov // Vestnik nauki. – 2024. – № 6(75) [Electronic resource]. – Access mode : <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-podhody-k-upravleniyu-proektami-v-stroitelstve>.
2. Liu Chunguan. Sostoianie sistemy upravleniia stroitelnyimi projektami v RF / Liu Chunguan // Kant. – 2016. – № 4(21) [Electronic resource]. – Access mode : <https://cyberleninka.ru/article/n/sostoyanie-sistemy-upravleniya-stroitelnyimi-proektami-v-rf>.

ru/article/n/sostoyanie-sistemy-upravleniya-stroitelnyimi-proektami-v-rf.

3. Kharit, O.M. Metody povysheniia investitsionnoi privlekatel'nosti stroitel'nykh projektov / O.M. Kharit // *Industrialnaia ekonomika*. – 2023. – № 5 [Electronic resource]. – Access mode : <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-povysheniya-investitsionnoy-privlekatel'nosti-stroitel'nykh-proektov>.

4. Resin, V.I. Osobennosti upravleniia rossiiskimi investitsionno-stroitel'nyimi projektami / V.I. Resin, S.S. Bachurina, N.D. Koriagin, A.I. Sukhorukov, S.Iu. Eroshkin // *Mir novoi ekonomiki*. – 2016. – № 4 [Electronic resource]. – Access mode : <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-upravleniya-rossiyskimi-investitsionno-stroitel'nyimi-proektami>.

6. Oleinik, P.P. Organizatsiia, planirovanie i upravlenie v stroitel'stve : uchebnik / P.P. Oleinik. – M. : ASV, 2012. – 528 s.

7. Kalashnikov, A.A. Organizatsiia, upravlenie i planirovanie v stroitel'stve. Bazovye printsiipy i osnovy organizatsii investitsionno-stroitel'nykh projektov : ucheb. posobie / A.A. Kalashnikov, N.I. Vatin. – SPb. : Izd-vo Politekhn. un-ta, 2010. – 189 s.

8. Burmistorova, A.A. Obespechenie ustoiчивosti upravleniia projektom na primere stroitel'stva zhilogo kompleksa / A.A. Burmistorova, V.V. Luchkina // *Components of Scientific and Technological Progress*. – 2024. – № 9(99). – S. 25–32.

9. Luchkina, V.V. ESG-tekhnologii blagoustroistva zhilogo kompleksa dlia povysheniia sprosа i stoimosti zhilia / V.V. Luchkina // *Perspektivy nauki*. – Tambov : NTF RIM. – 2024. – № 10(181). – S. 60–64.

Modern Approaches to the Management of Residential Building Construction

D.A. Sapronov, V.V. Luchkina

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

Key words and phrases: construction project management; project management; investment and construction projects; construction production; digitalization; BIM technologies; residential construction.

Abstract. The article examines construction project management in the housing sector. The research aims to substantiate the integration of digital technologies and project methodologies to improve efficiency. The tasks include analyzing current planning and control practices, identifying barriers in Russian industry, and assessing the potential of BIM modeling, real-time monitoring, and PPM–ERP integration. The hypothesis suggests that combining classical management methods with digital tools reduces schedule and cost deviations while increasing process transparency and investment appeal. The methodology relies on analytical review of scientific sources, industry statistics, and published EVM case studies. The findings demonstrate that digital integration significantly reduces risks and improves forecasting accuracy, providing a basis for practical recommendations to enhance the quality and sustainability of residential construction.

© Д.А. Сапронов, В.В. Лучкина, 2025

УДК 69.003.13

Реализация принципов управления проектом при возведении жилого комплекса

С.К. Харламов, В.В. Лучкина

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

Ключевые слова и фразы: BIM; жизненный цикл проекта; жилищное строительство; организационно-технологические решения; управление проектами; цифровые технологии; эффективность строительства.

Аннотация. Работа посвящена управлению проектами в жилищном строительстве и рассматривает возможности интеграции традиционных методов с цифровыми инструментами, включая BIM-моделирование, системы мониторинга в реальном времени, EVM и комплекс PPM–ERP. В исследовании проанализированы практики календарного планирования и контроля, влияние организационно-технологических решений на сроки и бюджет, а также приведен пример из практики малоэтажного жилищного строительства. Выдвигается гипотеза о том, что цифровая интеграция позволяет повысить прозрачность процессов, снизить риски и оптимизировать использование ресурсов. Методологическая основа включает обзор нормативной базы и научной литературы, анализ отраслевой статистики и кейс-стади с применением 4D/5D-BIM. Результаты исследования подтверждают эффективность объединения цифровых платформ и управленческих подходов, что обеспечивает более высокое качество и устойчивость реализации строительных проектов.

Современное строительство развивается в условиях острой конкуренции, сжатых сроков и необходимости точного выполнения нормативных требований. Эти факторы формируют потребность в эффективных моделях управления проектами, опирающихся на научные подходы и практический опыт. Если раньше управление сводилось в основном к контролю времени и расходов, то в последние годы акцент сместился на комплексные системы, которые включают стратегическое планирование, управление качеством, ресурсами и коммуникациями между участниками проекта.

Как отмечается в исследовании [1], отрасль все активнее адаптируется к вызовам через внедрение инновационных управленческих решений. К ключевым направлениям относятся цифровизация процессов, развитие риск-менеджмента, оптимизация ресурсного ис-

пользования и переход к гибким управленческим моделям. Практика применения цифровых платформ и систем мониторинга показала, что сроки строительства сокращаются на 15–20 %, а производственные потери снижаются до 12 %. При этом риск-менеджмент признан одним из наиболее результативных инструментов: внедрение его на начальных стадиях проекта уменьшает вероятность непредвиденных сбоев на 60–70 %. Такой эффект особенно важен для многоэтапных жилых комплексов, где нарушение графика неминуемо влечет дополнительные затраты. Современные методы анализа рисков основаны на статистических моделях и сценарном планировании, что позволяет учитывать не только внешние угрозы (погодные условия, административные ограничения), но и внутренние – задержки поставок, кадровый дефицит и технические ошибки.

Большое внимание уделяется управлению затратами. Согласно результатам, использование автоматизированных систем контроля бюджета и программ для управления закупками позволяет снизить перерасход материалов до 10 %, а суммарные издержки проекта – на 8–15 %. Применение сметных систем дает возможность не только контролировать текущие расходы, но и прогнозировать динамику затрат с горизонтом в несколько месяцев при точности 3–5 %. Дополнительно цифровые технологии обеспечивают онлайн-мониторинг строительства: благодаря *IoT* фиксируются параметры микроклимата, состояние техники и движение материалов, что снижает вероятность поломок и брака на 20–25 %, а также сокращает эксплуатационные расходы в период ввода объекта.

При этом сохраняются и ограничения: отсутствие единой нормативной базы в сфере строительного инжиниринга, нехватка специалистов и недостаточная развитость образовательных программ [2]. Несмотря на это, именно инжиниринговая модель постепенно закрепляется как основная, поскольку позволяет объединять организационные, технические и финансовые решения. В условиях российской экономики ее применение рассматривается как способ повысить производительность и качество конечного результата.

Проектное управление в строительстве трактуется как процесс координации изменений в системе при жестких ограничениях по срокам, стоимости и качеству. В отечественной практике усиливается процессный подход, где проект понимается как совокупность взаимосвязанных управляемых процессов. Международные стандарты закрепляют проект как уникальный процесс с фиксированными границами начала и окончания, направленный на достижение конкретных целей.

Отдельный интерес вызывает вариативность жизненного цикла строительных проектов. На практике используются трехфазная модель (прединвестиционная, инвестиционная, эксплуатационная), четырехфазная (концепция, разработка, реализация, завершение), пятифазная (формулирование целей, планирование, реализация, сдача, закрытие) и шестифазная структура, разработанная в рамках концепции «совершенной организации». Каждая из них отражает различный уровень детализации управления и контроля. Так, в четырехфазной модели этап реализации требует до 65–80 % ресурсов, что подтверждает его ключевую роль в успешном завершении всего проекта.

Практическое развитие теоретических положений, представленных в отечественной и зарубежной литературе, находит отражение в конкретных примерах российских проектов. Один из них – малоэтажный жилой комплекс «Хрустальный парк» в Иркутской области. Исследование, выполненное студентами Иркутского национального исследовательского технического университета [3], демонстрирует прикладное использование современных инструментов управления строительными процессами, акцентируя внимание на цифровых технологиях. Проект показывает, как принципы управления реализуются через информационное моделирование зданий (*BIM*), которое задействовано на всех стадиях жизнен-

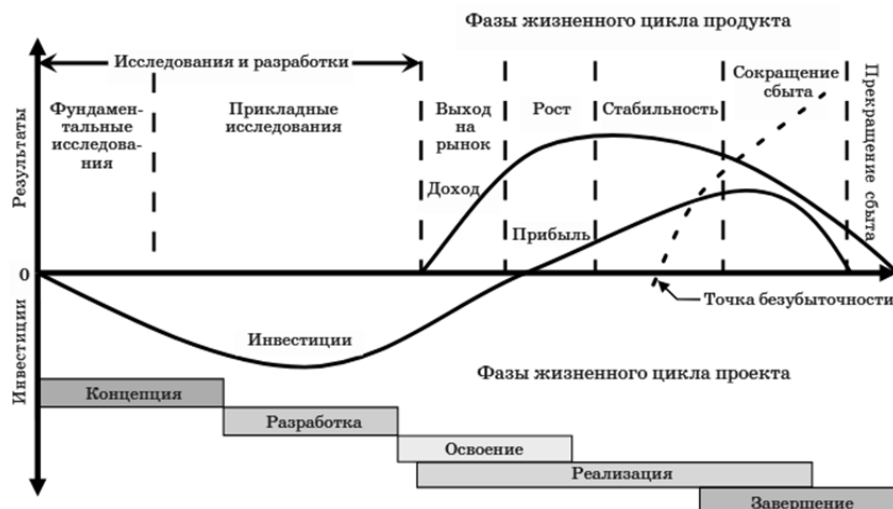


Рис. 1. Пятифазная типовая структура жизненного цикла проекта

ного цикла – от инженерных изысканий до ввода объекта в эксплуатацию.

Ключевой задачей в «Хрустальном парке» стало не только архитектурное решение, но и оптимизация ресурсов и сроков. Применение *BIM* позволило сократить количество коллизий еще на предпроектном этапе и уменьшить число корректировок после начала строительства. По статистике, это дало снижение затрат на переделки на 25–30 %. Использование трехмерного моделирования позволило визуализировать проектные решения, выявлять пересечения инженерных систем и рационально распределять пространство. Внедрение 4D-технологии (*BIM* + календарное планирование) обеспечило контроль выполнения в реальном времени и позволило оперативно корректировать графики, сократив вероятность срывов на 15–20 %. Дополнительно использование 5D-моделирования (*BIM* + сметная стоимость) повысило эффективность управления денежными потоками и дало возможность гибко корректировать бюджет, включая поставки и субподрядные работы.

Ситуация в Иркутской области подчеркивает тенденцию в сторону малоэтажного строительства. Так, за первое полугодие 2023 г. введено 761,5 тыс. м² жилья, из которых 555,1 тыс. м² (72,9 %) пришлось на индивидуальные дома. Для сравнения: в 2020 г. доля МКД составляла 53 %, а ИЖС – 47 %, тогда как к 2022 г. пропорция изменилась на противоположную: 55,7 % индивидуального жилья против 44,3 % многоквартирного. В рамках «Хрустального парка» цифровое моделирование учло региональные климатические факторы, что обеспечило правильный подбор теплоизоляционных материалов, повысило энергоэффективность и снизило эксплуатационные расходы. Система мониторинга площадки позволила контролировать сроки, качество и безопасность в режиме реального времени. При этом до 30–40 % совокупных расходов проекта традиционно приходится на ввод объекта, но благодаря *BIM* эти затраты удалось снизить за счет автоматизации, минимизации внеплановых корректировок и повышения прозрачности взаимодействия участников. Подобный опыт подтверждает высокую практическую ценность цифровых технологий в управлении строительными проектами и демонстрирует возможности их масштабного применения в России.

Значимый вклад в развитие методологической базы управления строительными проектами внесено исследованием [4], в котором анализируется интеграционно-аналитиче-



Рис. 2. Методология Agile Manifesto

ский метод инициации инвестиционно-строительных проектов. Рассмотрены три ведущие международные методологии: *PMI PMBoK*, *PRINCE 2* и *Agile Manifesto*. Научная ценность работы заключается в сравнении этих подходов с учетом специфики строительного сектора. Показано, что выбор методологии должен определяться целями проекта, условиями его реализации и степенью неопределенности внешней среды. Так, методология *PMI*, охватывающая 47 процессов в пяти блоках (инициация, планирование, исполнение, контроль, завершение), оптимальна для масштабных проектов численностью свыше 1000 человек и сроками более трех лет, хотя ее внедрение требует значительных ресурсов.

В отличие от *PMI*, подход *Agile*, адаптированный из *IT*-сферы, все активнее внедряется в строительстве при реализации нестандартных и экспериментальных проектов. Принципы итеративного выполнения работ, гибкой корректировки планов и постоянного взаимодействия с заказчиком уже нашли применение примерно в 9 % строительных проектов. Однако недостатком остается неопределенность бюджета и сроков, что требует высокой квалификации команды и развитых механизмов управления рисками. Между жесткой структурированностью *PMI* и гибкостью *Agile* располагается методология *PRINCE 2*. Ее применяют около 3 % компаний, и изначально она была создана для социальных объектов в Великобритании. Сильной стороной *PRINCE 2* является акцент на четком распределении ролей и процедурной последовательности: проект проходит через восемь этапов, включая управление качеством, рисками и коммуникациями.

Исследование также показывает, что эффективность проектов во многом зависит от организационной структуры компаний. Проблемы фрагментации функций, слабая мотивация, перегруженность бюджетов и недостаток стратегического планирования могут быть преодолены только через проектно-ориентированное управление. Для этого рекомендуется формировать временные междисциплинарные команды, включающие архитекторов, инженеров, экономистов и логистов на ранних стадиях. Систематизация данных подтверждает необходимость гибкого выбора методологии в зависимости от характеристик проекта и уровня его инновационности. Такой подход способствует формализации управления и одновременно укрепляет устойчивость строительных организаций к внешним и внутренним вызовам.

Строительная отрасль в России относится к числу наиболее капиталоемких и трудоемких сегментов экономики. В ней задействовано порядка 10 % трудоспособного населения страны, что составляет около 10 млн человек. Объем ежегодных инвестиций оценивается в 500 млрд руб., или примерно 3 % всех капитальных вложений [5]. В последние годы рынок столкнулся с рядом кризисных вызовов: падение платежеспособного спроса со стороны населения и замедление темпов ввода нового жилья. Эти обстоятельства об-

улавливают необходимость поиска и внедрения обновленных моделей управления, ориентированных на снижение издержек, рост эффективности вложений и адаптацию к ограниченности ресурсов.

Инжиниринговая модель проектного управления охватывает весь жизненный цикл строительства – начиная с предпроектных исследований и заканчивая эксплуатационной стадией. В рамках данного подхода выделяют отдельные направления: предпроектный, проектный, технологический, стоимостной, финансовый и производственный инжиниринг. Особенно востребован комплексный формат, позволяющий реализовать проект «под ключ». Его преимущества заключаются в сокращении сроков выполнения работ, концентрации функций управления в единой команде, минимизации инвестиционных рисков и оптимизации организационно-технологических решений.

Изучение теоретической базы управления инвестиционно-строительными проектами показывает, что развитие этой сферы происходит на пересечении законодательных требований, практических методов планирования и современных управленческих концепций. Вектор развития смещается от традиционной модели, где акцент делался в основном на соблюдении графиков и контроле расходов, к интеграционным системам, включающим управление качеством, рисками, ресурсами и коммуникациями участников. Особое место занимают цифровые инструменты: технологии информационного моделирования (*BIM*), а также автоматизированные комплексы планирования сроков и бюджетов. Их внедрение обеспечивает прозрачность процессов и способствует сокращению непроизводительных затрат.

Литература

1. Литвиненко, Д.Г. Современные подходы к управлению строительными проектами / Д.Г. Литвиненко // Вестник науки. – 2023. – № 11(68) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-podhody-k-upravleniyu-stroitelnyimi-proektami>.
2. Кубасова, Т.И. Современные тенденции развития методологии управления строительными проектами / Т.И. Кубасова // Baikal Research Journal. – 2015. – № 4 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-tendentsii-razvitiya-metodologii-upravleniya-stroitelnyimi-proektami>.
3. Захарова, Н.П. Совершенствование процессов организации управления малоэтажным строительством на примере ЖК «Хрустальный парк» / Н.П. Захарова, Д.Ю. Захаров // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2024. – № 1-2(88) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-protsessov-organizatsii-upravleniya-maloetazhnym-stroitelstvom-na-primere-zhk-hrustalnyi-park>.
4. Горобинский, И.С. Анализ интеграционно-аналитического метода инициации инвестиционно-строительного проекта / И.С. Горобинский, Ю.А. Демидова, Ю.А. Прунова, И.С. Птухина // Вестник МГСУ. – 2020. – № 9 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-integratsionno-analiticheskogo-metoda-initsiatsii-investitsionno-stroitel'nogo-proekta>.
5. Осадчая, Н.А. Особенности инжинирингового управления инвестиционно-строительными проектами / Н.А. Осадчая, Т.Н. Макарецова, Е.Е. Торгаян, С.Е. Белясов // Молодой исследователь Дона. – 2018. – № 1(10) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-inzhiniringovogo-upravleniya-investitsionno>

stroitel'nymi-proektami.

6. Олейник, П.П. Организация, планирование и управление в строительстве : учебник / П.П. Олейник. – М. : АСВ, 2012. – 528 с.

7. Лучкина, В.В. Система управления проектами строительства жилого комплекса / В.В. Лучкина, В.В. Ковалев // Components of Scientific and Technological Progress. – 2025. – № 4(106). – С. 30–35.

8. Лучкина, В.В. Управление строительными проектами: анализ развития методологий, стандартов, методов и интеграция Lean, BIM и гибких подходов / В.В. Лучкина, В.М. Машарипов // Components of Scientific and Technological Progress. – 2024. – № 11(101). – С. 68–75.

References

1. Litvinenko, D.G. Sovremennye podkhody k upravleniiu stroitel'nymi proektami / D.G. Litvinenko // Vestnik nauki. – 2023. – № 11(68) [Electronic resource]. – Access mode : <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-podhody-k-upravleniyu-stroitel'nymi-proektami>.

2. Kubasova, T.I. Sovremennye tendentsii razvitiia metodologii upravleniia stroitel'nymi proektami / T.I. Kubasova // Baikal Research Journal. – 2015. – № 4 [Electronic resource]. – Access mode : <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-tendentsii-razvitiya-metodologii-upravleniya-stroitel'nymi-proektami>.

3. Zakharova, N.P. Sovershenstvovanie protsessov organizatsii upravleniia maloetazhnym stroitel'stvom na primere ZhK «Khrustalnyi park» / N.P. Zakharova, D.Yu. Zakharov // Mezhdunarodnyi zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk. – 2024. – № 1-2(88) [Electronic resource]. – Access mode : <https://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-protssessov-organizatsii-upravleniya-maloetazhnym-stroitel'stvom-na-primere-zhk-hrustalnyy-park>.

4. Gorobinskii, I.S. Analiz integratsionno-analiticheskogo metoda initsiatcii investitsionno-stroitel'nogo proekta / I.S. Gorobinskii, Iu.A. Demidova, Iu.A. Prunova, I.S. Ptukhina // Vestnik MGSU. – 2020. – № 9 [Electronic resource]. – Access mode : <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-integratsionno-analiticheskogo-metoda-initsiatcii-investitsionno-stroitel'nogo-proekta>.

5. Osadchaia, N.A. Osobennosti inzhiniringovogo upravleniia investitsionno-stroitel'nymi proektami / N.A. Osadchaia, T.N. Makartcova, E.E. Torgaia, S.E. Beliasov // Molodoi issledovatel Dona. – 2018. – № 1(10) [Electronic resource]. – Access mode : <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-inzhiniringovogo-upravleniya-investitsionno-stroitel'nymi-proektami>.

6. Oleinik, P.P. Organizatsiia, planirovanie i upravlenie v stroitel'stve : uchebnik / P.P. Oleinik. – М. : ASV, 2012. – 528 с.

7. Luchkina, V.V. Sistema upravleniia proektami stroitel'stva zhilogo kompleksa / V.V. Luchkina, V.V. Kovalev // Components of Scientific and Technological Progress. – 2025. – № 4(106). – С. 30–35.

8. Luchkina, V.V. Upravlenie stroitel'nymi proektami: analiz razvitiia metodologii, standartov, metodov i integratsiia Lean, BIM i gibkikh podkhodov / V.V. Luchkina, V.M. Masharipov // Components of Scientific and Technological Progress. – 2024. – № 11(101). – С. 68–75.

Implementation of Project Management Principles in the Construction of a Residential Complex

S.K. Kharlamov, V.V. Luchkina

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

Key words and phrases: residential construction; project management; organizational and technological solutions; digital technologies; BIM; construction efficiency; project life cycle.

Abstract. The article addresses project management in residential construction, focusing on the integration of conventional methods with digital tools such as BIM modeling, real-time monitoring systems, EVM, and the PPM–ERP framework. The study reviews scheduling and control practices, assesses the impact of organizational and technological decisions on timelines and budgets, and includes a case from low-rise housing projects. The hypothesis suggests that digital integration enhances process transparency, reduces risks, and optimizes resource utilization. The methodology combines regulatory and literature review, industry data analysis, and a case study applying 4D/5D BIM. The findings confirm the effectiveness of combining digital platforms with management approaches, leading to higher quality and sustainability in construction project delivery.

© С.К. Харламов, В.В. Лучкина, 2025

УДК 69.058.7

Использование автоматизированной системы термомониторинга при зимнем бетонировании

М.П. Ярошевич, А.О. Хубаев, В.С. Голицын

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

Ключевые слова и фразы: автоматизированная система термомониторинга; дефекты зимнего бетонирования; зимнее бетонирование; критическая прочность бетона; оптимизация энергозатрат; строительный контроль; термомониторинг; экономическая эффективность; электропрогрев бетона.

Аннотация. В статье рассматривается проблема зимнего бетонирования в условиях холодного климата России, где выполнение строительных работ в зимний период становится неизбежным. Основной задачей исследования является оценка эффективности автоматизированной системы термомониторинга (**АСТМ**) для повышения качества и надежности зимнего бетонирования. Гипотеза исследования заключается в предположении, что АСТМ может значительно улучшить контроль за температурными режимами, минимизировать дефекты и снизить экономические потери, связанные с традиционными методами контроля. Для достижения целей исследования использованы методы анализа существующих проблем зимнего бетонирования, сравнительного анализа традиционных и автоматизированных методов контроля, а также разработки концепции АСТМ. Результаты показали, что АСТМ обеспечивает высокоточную и оперативную информацию о температурных режимах бетона, минимизируя человеческий фактор и сокращая риски дефектов. Автоматизация процесса контроля снижает трудозатраты, улучшает качество документирования и способствует оптимизации энергозатрат. В статье также указаны перспективы дальнейшего развития системы, включая интеграцию с BIM и использование искусственного интеллекта для более точного прогнозирования прочности бетона. Таким образом, внедрение АСТМ позволяет значительно повысить эффективность зимнего бетонирования, улучшить качество конструкций и снизить затраты на строительный контроль.

Введение

Распространенным и широко используемым материалом для устройства несущих конструкций зданий и сооружений является железобетон, который благодаря сочетанию ряда экономических и технологических достоинств выделяется среди прочих материалов.

Бетон является искусственным каменным материалом, образующимся в результате протекания химических реакций, происходящих между водой, цементом и другими заполнителями, такими как щебень, входящими в его состав. Время и условия протекания процесса гидратации (процесса химического взаимодействия цемента с водой, в результате которого образуются новые соединения, обеспечивающие затвердевание) влияют на будущую прочность и структурную целостность бетона. Оптимальная температура для твердения составляет 20 ± 2 °C при влажности 80–100 %, однако для нашей страны такие идеальные условия на протяжении всего времени возведения каркаса зданий и сооружений встречаются крайне редко.

Продолжительность зимнего периода для климатических условий средней полосы России составляет около 5–6 месяцев, в арктических районах около 8–9 месяцев, при этом 93 % территории страны имеет среднюю температуру января ниже -10 °C. Следовательно, выполнение строительно-монтажных работ в течение короткого летнего периода невозможно, что приводит к необходимости производства работ в зимнее время.

К зимнему бетонированию относятся работы по укладке и уходу за бетоном, выполняемые при среднесуточной температуре наружного воздуха ниже 5 °C и минимальной суточной температуре ниже 0 °C. Соответственно, для недопущения преждевременного замерзания воды, находящейся внутри бетонной смеси, необходимо использовать дополнительные технические мероприятия, включая особые методы строительного контроля качества.

Зимнее бетонирование представляет собой одну из наиболее сложных задач в Российской строительной отрасли, что обуславливается географическим положением и, соответственно, климатическими особенностями, которые оказывают значительное воздействие на проведение строительных работ в холодное время года.

Традиционные методы строительного контроля при зимнем бетонировании

Приготовление и укладка бетона зимой имеет свои особенности, которые заключаются в необходимости достижения критической прочности, составляющей 30–50 % от проектной. Данные показатели должны быть достигнуты до замерзания, следовательно, температура бетонной смеси на протяжении всего времени набора прочности должна быть положительной.

Для достижения данной цели существует множество методов зимнего бетонирования, самым распространенным из которых благодаря надежности и скорости является метод электропрогрева. Суть метода заключается в прогреве бетона переменным током через электроды, греющие провода ПНСВ и инфракрасные маты. Сразу после укладки при помощи специальных трансформаторов температуру бетонной смеси плавно поднимают ($5\text{--}10$ °C/ч), далее в течение 1–2 суток выдерживают при температуре $+50\text{...}+80$ °C до набора критической прочности, а затем плавно снижают температуру (не быстрее 5 °C/ч). Метод полностью зависит от человеческого фактора и требует наличия квалифицированных и ответственных сотрудников.

Неконтролируемый прогрев может привести к резкому возрастанию напряжения на

участках электрической цепи, что приведет к выгоранию греющих элементов, дальнейшему неравномерному процессу твердения бетона и, как следствие, возникновению дефектов.

Самыми распространенными дефектами является возникновение морозных трещин, щебенистость (шелушение) поверхности конструкций и необходимость в проведении демонтажных работ при недоборе проектной прочности, что увеличивает стоимость работ на 25–40 %.

Операционный контроль за методами зимнего бетонирования заключается в чрезмерном использовании человеческих ресурсов для контроля за параметрами и ручными замерами в контролируемых точках при помощи ИК-пирометров. Полученные данным способом результаты будут во многих случаях являться поверхностными, особенно при бетонировании массивных элементов, ввиду невозможности замера результатов в толще возводимой конструкции. Низкая частота и точность замеров влечет за собой риск пропустить переохлаждение. В «неудобное» время (ночь, выходные) данные о состоянии выдерживаемой конструкции отсутствуют, что приводит к запаздыванию информации и несвоевременному реагированию. Трудоемкость работ влияет на высокие затраты на персонал и отвлечение от других задач. Сложность документирования и анализа, наравне с ведением бумажных журналов, приводит к проблемам с поиском и обработкой данных.

Все вышеперечисленное приводит к экономическим потерям от брака, простоев, перерасхода энергии из-за неоптимального режима прогрева.

В связи с этим для повышения эффективности контроля качества зимнего бетонирования рассмотрим автоматизированную систему термомониторинга, способную разрешить имеющиеся проблемы, связанные с традиционными методами строительного контроля качества при зимнем бетонировании.

Автоматизированная система термомониторинга

Объектом исследования является процесс зимнего бетонирования с применением метода электропрогрева, включая технологические этапы, риски, экономические и технические параметры. Предметом исследования является эффективность автоматизированной системы термомониторинга (**АСТМ**) в рамках строительного контроля, охватывающая функции системы, критерии эффективности и влияние на качество.

АСТМ – это комплекс технических средств (датчики температуры, регистраторы данных, линии связи) и программного обеспечения, осуществляющий непрерывный, высокоточный, дистанционный сбор, передачу, отображение, запись и анализ температуры бетона в конструкциях в режиме реального времени, с автоматическим оповещением о критических отклонениях, тем самым полностью устраняющий ключевые недостатки ручного контроля (низкую частоту, субъективность, запаздывание, трудоемкость, риски) и минимизирующий связанные с ними экономические потери.

Система термомониторинга состоит из комплекта средств и приспособлений, указанных на рис. 1.

Термодатчики есть проводные и беспроводные. Платиновые проводные датчики термосопротивления (*RTD*): *PT100* (100 Ом при 0 °C), *PT1000* (1000 Ом при 0 °C) наиболее распространены в АСТМ благодаря высокой точности, стабильности, линейности характеристики и меньшей чувствительности к сопротивлению проводов на больших расстояниях, чем термопары. Термопары, типы Т (медь-константан), К (хромель-алюмель), J (железо-константан) дешевле *RTD*, имеют меньший размер, но требуют компенсации температу-

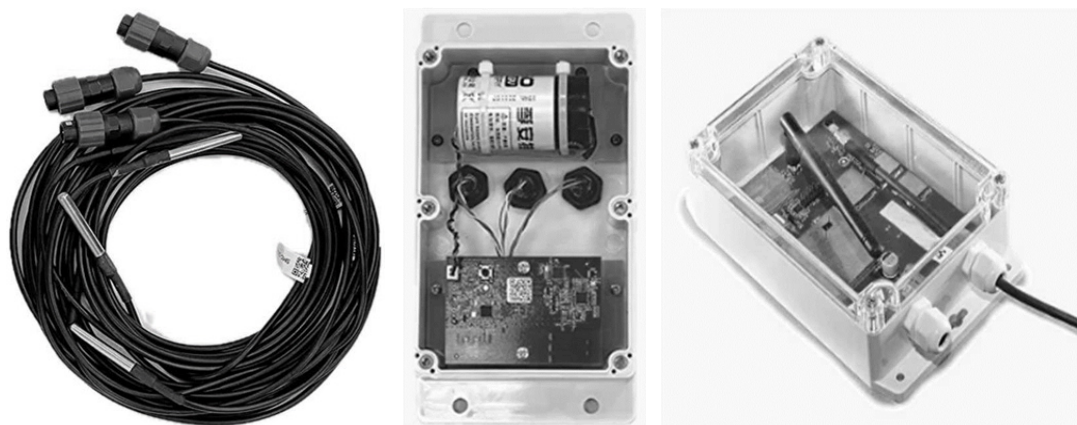


Рис. 1. Комплект системы термомониторинга (слева направо: датчики температуры, термолоттер, сетевой шлюз)



Рис. 2. Установка системы термомониторинга в плите перекрытия

ры холодного спая и обычно менее точны и стабильны, поэтому чаще всего используются для контроля температуры теплоносителя или воздуха. Беспроводные датчики, такие как *LoRaWAN*, *NB-IoT*, *Zigbee*, обладают невысокой скоростью передачи данных, высоким энергопотреблением и необходимостью установки координатора (шлюза) в зоне прямой видимости (близости) датчиков, а некоторые требуют наличия *SIM*-карты и оплаты трафика оператору связи.

Принцип работы датчиков основан на термоэлектрическом эффекте. Разность потенциалов, возникающая в цепи электрического тока при нагреве и охлаждении термопары, создает электрический ток, измерение значений которого используется для определения температуры.

Установка данных датчиков проста и не занимает много времени. Основное место для монтажа – в массиве бетона. Датчики устанавливаются в точках, критичных с точки зрения термонапряжений и скорости набора прочности (ядро сечения, углы, поверхности, зоны максимального экзотермического разогрева). Также датчики могут монтироваться на арматурный каркас до бетонирования или погружаться в свежееуложенную смесь. Для косвенной оценки температуры поверхности бетона или контроля эффективности прогрева

датчики могут устанавливаться в опалубке.

Для непрерывного считывания и записи показаний с датчиков существуют устройства сбора данных (логгеры), которые также выполняют функции временного хранения (буферизации) данных на случай потери связи с сервером, выполняют первичную обработку данных (фильтрация шумов, усреднение показаний, преобразование электрического сигнала в значение температуры и проверка значений на аномалии, такие как обрыв датчика, выход за пределы). Через шлюзы происходит отправка собранных и обработанных данных на серверную часть через доступные каналы связи.

Каналы связи, такие как *Ethernet*, используют редко на стройплощадках в связи со сложностью прокладки коммуникаций и возможности повреждения кабелей. Доминирующим методом является беспроводная связь, например, радиоканал или сотовая связь *GSM/GPRS/3G/4G*.

Серверная часть является облачной платформой для надежного и долговременного хранения огромных массивов температурных данных со всех датчиков и объектов в централизованной базе данных. В серверной части происходит обработка, агрегация данных, сложные расчеты (градусо-часы, зрелость бетона, прогноз прочности), выявление трендов, сравнение с заданными технологическими регламентами и кривыми. Облачная платформа способна конфигурировать систему АСТМ, настраивать оповещения в нештатных ситуациях и обеспечивать круглосуточный доступ к данным с любого устройства через веб-интерфейс или *API* с использованием специального программного обеспечения.

Программное обеспечение используется для визуализации и анализа на любом устройстве через веб-интерфейс, который отображает текущие значения температуры по всем датчикам в режиме реального времени, предоставляет температурные кривые с указанием динамики изменения температуры по каждому датчику, сравнение с заданными лимитами (*max/min*), отображает цветовые карты температурного поля конструкций и их расчетные показатели, способен автоматически генерировать стандартные и настраиваемые отчеты. Самой важной функцией является то, что система автоматически генерирует сигнал тревоги и отправляет оповещения через *SMS*, *Email*, *Push*-уведомления при превышении заданных верхних и нижних температурных порогов, превышении допустимой разницы температур между точками, превышении допустимой скорости нагрева/остывания, потере связи с датчиком или логгером.

Сравнение существующих методов контроля качества зимнего бетонирования

Анализируя эффективность АСТМ по сравнению с традиционным ручным методом контроля, легко выделить следующие преимущества, представленные в табл. 1.

АСТМ напрямую способствует достижению проектных показателей качества бетона. Гарантированная защита от переохлаждения: непрерывный контроль и мгновенные оповещения о приближении к опасной температуре (0 °C, +5 °C) позволяют своевременно усилить прогрев или укрытие, исключая замерзание и необратимое снижение прочности. Исключение перегрева особенно критично в массивных фундаментах и тонкостенных конструкциях. Контроль экзотермии в ядре и на поверхности, автоматическое оповещение о превышении порогов (например, +80 °C или критической разницы температур) предотвращает неравномерное твердение, раннее высыхание поверхности, термические напряжения и трещинообразование. Оптимизация режимов термообработки позволяет точно управлять мощностью и длительностью прогрева/остывания, обеспечивая более предсказуемый и высокий набор марочной прочности, улучшение структурной плотности бетона,

Таблица 1. Сравнение АСТМ с традиционным ручным методом контроля

Параметр сравнения	Традиционный ручной метод	АСТМ
Точность и полнота данных	Низкая. Риск ошибок считывания и записи. Пропуски	Высокая. Непрерывная запись с высокой частотой (5–30 мин)
Оперативность получения информации	Запаздывание (по часам следующего обхода)	Реальное время (доступ к данным онлайн 24/7)
Оперативность реагирования на отклонения	Низкая (человеческий фактор)	Высокая. Автоматические оповещения
Трудоемкость контроля (чел./ч)	Высокая. Многочисленные обходы, записи, расчеты	Минимальная. Установка оборудования
Затраты на оборудование/эксплуатацию	Низкие стартовые, высокие эксплуатационные (ФОТ персонала)	Высокие стартовые (закупка оборудования), низкие эксплуатационные (обслуживание, связь)
Риск человеческой ошибки	Высокий	Минимальный
Качество документирования	Низкое. Бумажные журналы, риск потери и порчи результатов	Высокое. Автоматические цифровые отчеты, нестираемая база данных
Влияние на общие сроки строительства	Нейтральное/Негативное	Позитивное. Сокращение времени на контроль, избежание простоев

повышение долговечности, морозостойкости, коррозионной стойкости. Снижение количества дефектов ведет к минимизации поверхностных и глубоких трещин, сколов кромок, дефектов поверхности («шелк», сетка мелких трещин). АСТМ обеспечивает выполнение требований СНиП, СП, ГОСТ по непрерывности, частоте и точности контроля температуры бетона при зимнем бетонировании и термообработке, что критично при сдаче объекта и экспертизе.

АСТМ позволяет получить следующие экономические и временные преимущества. Прямая экономия заключается в снижении затрат на персонал, ликвидации ночных дежурств и многочасовых обходов. Экономия может составлять десятки тысяч рублей в месяц на одном объекте. Уменьшение потерь от брака исключает затраты на дорогостоящий демонтаж, усиление, заливку новых конструкций. Оптимизация энергозатрат снижает расход электроэнергии или топлива на 15–30 %.

Косвенная экономия заключается в ускорении сроков, сокращении времени на контроль, минимизации простоя. Оптимизация прогрева может сократить время выдерживания до достижения критической/отпускной прочности. Гарантированное соблюдение технологии и сроков снижает риск санкций от заказчика и надзорных органов. Минимизация брака и соблюдение сроков укрепляют имидж подрядчика как надежного партнера.

Временные преимущества АСТМ заключаются в сокращении времени на рутинный контроль, ускорении принятия решений за счет оперативной информации, потенциальном сокращении общего времени термообработки за счет оптимизации.

Направления возможного развития автоматизированной системы термомониторинга

Необходимо обозначить, что автоматизированная система термомониторинга способ-

на не только устранить недостатки ручного традиционного контроля качества, но и обладает множественными перспективами развития.

Привязка данных о температуре и прогнозе прочности бетона к конкретным элементам цифровой модели объекта позволит интегрировать систему термомониторинга с *BIM (Building Information Modeling)* – технологией информационного моделирования, позволяющей отображать актуальные данные об объекте строительства на каждом этапе жизненного цикла здания или сооружения. Данная технология позволит визуализировать температурные поля и «зрелость» бетона прямо на 3D-модели, управлять сроками строительства, автоматически корректировать график работ (распалубка, нагружение) на основе реальных данных о наборе прочности, а также управлять стоимостью строительства, оптимизировать затраты на термообработку и логистику.

Возможность интеграции АСТМ с искусственным интеллектом и машинным обучением сможет повлиять на более точное прогнозирование набора прочности за счет учета большего числа факторов (состав бетона, реальные Т/В условия, история воздействий) для более точного, чем формулы зрелости, прогноза. Автоматическая оптимизация режимов термообработки с помощью системы искусственного интеллекта сможет не только предупреждать, но и автоматически регулировать мощность прогрева, длительность циклов для достижения требуемой прочности с минимальными затратами энергии и времени.

Требуется совершенствование существующих датчиков температуры. Более дешевые датчики, массовое производство и новые материалы снизят стоимость одноразовых и многоразовых датчиков, обеспечат датчикам повышенную долговечность и надежность, защиту от агрессивных сред, механических повреждений. Разработка multifunctional датчиков, в свою очередь, позволит производить измерение не только температуры, но и влажности бетона, относительной деформации (усадки) в ранние сроки.

Развитие беспроводных технологий позволит добиться увеличения дальности и глубины проникновения сигнала для особо сложных объектов (тоннели, подземные сооружения). Повышение помехоустойчивости и надежности связи позволит системе работать в условиях плотной застройки и наличия промышленных помех. Благодаря данной технологии возможно достижение снижения энергопотребления за счет увеличения срока службы батарей беспроводных датчиков до нескольких лет.

Возможность создания блокчейна для журнала контроля – неизменяемой, криптографически защищенной записи всех температурных данных и действий персонала – способно обеспечить максимальную достоверность данных.

Заключение

В заключение необходимо отметить, что зимнее бетонирование в условиях климата России сопряжено с высокими рисками снижения качества возводимых конструкций в связи со сложностью контроля режимов термообработки, что влечет за собой колоссальные трудовые, временные и экономические потери в случае возникновения дефектов. Автоматизированная система термомониторинга, в свою очередь, доказала свою эффективность в рамках непрерывного сбора данных с датчиков, гарантированного достижения критической и проектной прочности бетона, минимизации дефектов зимнего бетонирования, человеческих ресурсов при осуществлении строительного контроля, а также в экономии энергетических ресурсов. Перспективы развития АСТМ открывают простор для будущих исследований.

Литература

1. СНиП 3.03.01-87. Несущие и ограждающие конструкции. – М. : Минстрой России, 2021. – 124 с.
2. Руководство по зимнему бетонированию / под ред. Н.П. Соколова. – М. : Стройиздат, 2020. – 256 с.
3. Смирнов, В.А. Применение искусственного интеллекта в строительстве: современные тенденции и перспективы / В.А. Смирнов, И.К. Петров // Инновации в строительстве. – 2022. – № 3. – С. 12–18.
4. Кузнецов, Д.С. Методы термомониторинга в зимнем бетонировании: сравнительный анализ эффективности / Д.С. Кузнецов, Л.М. Иванова // Вестник гражданского строительства. – 2021. – № 5. – С. 67–74.
5. Анализ рынка систем термомониторинга в строительстве // Frost & Sullivan, 2024 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.frost.com>.
6. Марчевка, А. Разработка системы Concrense для мониторинга и прогнозирования параметров бетона с использованием глубоких нейронных сетей / А. Марчевка, П. Зюлковски, С. Гарсиа Галán // Строительные технологии и материалы. – 2023. – № 4. – С. 45–52.
7. Чен, Х. Прогнозирование температурных режимов бетона с использованием SSA-ISVR модели / Х. Чен, Л. Ван // Automation in Construction. – 2022. – № 135. – С. 104–115.
8. Global Temperature Monitoring Systems Market Report 2024–2033 // Market Research Future, 2024 [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.marketresearchfuture.com>.
9. García-Galán, S. IoT-based Concrete Strength Prediction Using Deep Neural Networks / S. García-Galán, A. Marchewka, P. Ziółkowski // Journal of Construction Engineering. – 2023. – Vol. 12. – P. 89–102.
10. Lee, S. RFID and IoT Sensors for Real-Time Monitoring of Concrete Curing / S. Lee, J. Kim // Sensors. – 2023. – Vol. 23(8). – P. 1–15.

References

1. SNiP 3.03.01-87. Nesushchie i ograzhdaiushchie konstruktcii. – M. : Ministroi Rossii, 2021. – 124 s.
2. Rukovodstvo po zimnemu betonirovaniu / pod red. N.P. Sokolova. – M. : Stroiizdat, 2020. – 256 s.
3. Smirnov, V.A. Primenenie iskusstvennogo intellekta v stroitelstve: sovremennye tendencii i perspektivy / V.A. Smirnov, I.K. Petrov // Innovatcii v stroitelstve. – 2022. – № 3. – S. 12–18.
4. Kuznetcov, D.S. Metody termomonitoringa v zimnem betonirovanii: sravnitelnyi analiz effektivnosti / D.S. Kuznetcov, L.M. Ivanova // Vestnik grazhdanskogo stroitelstva. – 2021. – № 5. – S. 67–74.
5. Analiz rynka sistem termomonitoringa v stroitelstve // Frost & Sullivan, 2024 [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.frost.com>.
6. Marchevka, A. Razrabotka sistemy Concrense dlia monitoringa i prognozirovaniia parametrov betona s ispolzovaniem glubokikh neironnykh setei / A. Marchevka, P. Ziulkovski, S. Garsia Galán // Stroitelnye tekhnologii i materialy. – 2023. – № 4. – S. 45–52.
7. Chen, Kh. Prognozirovanie temperaturnykh rezhimov betona s ispolzovaniem SSA-ISVR modeli / Kh. Chen, L. Van // Automation in Construction. – 2022. – № 135. – S. 104–115.

Application of an Automated Thermal Monitoring System for Winter Concrete Placing

M.P. Yaroshevich, A.O. Khubaev, V.S. Golitsyn

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

Key words and phrases: winter concreting; electric heating of concrete; thermal monitoring; automated thermal monitoring system; critical strength of concrete; construction control; defects in winter concreting; energy cost optimization; economic efficiency.

Abstract. The article discusses the problem of winter concreting in the cold climate of Russia, where construction work during the winter period is unavoidable. The main objective of the study is to evaluate the effectiveness of an automated thermal monitoring system (**ATMS**) for improving the quality and reliability of winter concreting. The hypothesis of the study is that ATMS can significantly improve control over temperature regimes, minimize defects, and reduce economic losses associated with traditional control methods. To achieve the research objectives, methods were used to analyze existing problems in winter concreting, compare traditional and automated control methods, and develop the ATMS concept. The results showed that ATMS provides highly accurate and timely information on concrete temperature regimes, minimizing the human factor and reducing the risk of defects. Automation of the control process reduces labor costs, improves the quality of documentation, and contributes to the optimization of energy costs. Thus, the implementation of ATMS significantly improves the efficiency of winter concreting, improves the quality of structures, and reduces construction control costs.

© М.П. Ярошевич, А.О. Хубаев, В.С. Голицын, 2025

УДК [911.375.5+502.211+502.51]

**Инженерная защита
при строительстве зданий и сооружений
на подтопляемых территориях
с целью развития
городской инфраструктуры**

В.В. Лучкина¹, В.В. Лобуз², И.В. Панюшин³, А.В. Павлов³

¹ ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский
Московский государственный строительный университет»;

² ФГАОУ ВО «Московский государственный
технический университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»;

³ АО «Институт по генеральному проектированию
заводов тяжелого и транспортного машиностроения»,
г. Москва (Россия)

Ключевые слова и фразы: гидрогеология; градостроительное развитие; инженерная защита; подтопляемые территории; проектирование.

Аннотация. Цель исследования заключается в обосновании возможности использования подтопляемых территорий в качестве резерва для градостроительного развития. Поставлены следующие задачи: анализ гидрогеологических условий, оценка рисков затопления и разработка комплекса мероприятий инженерной защиты. Гипотеза исследования состоит в предположении, что при комплексном применении инженерных решений подтопляемые территории могут быть интегрированы в городскую инфраструктуру без снижения ее устойчивости. Методологическая база основана на гидрогеологическом анализе, изучении нормативных документов и обобщении проектных решений. Полученные результаты показывают, что реализация комплекса мер инженерной защиты позволяет снизить риски затоплений и использовать такие территории для расширения функциональных зон города.

Введение

Одной из главных проблем современного градостроительства является нехватка свободных земель в городских границах. Уже освоены практически все удобные территории, заставляя градостроителей обращать внимание на земли, ранее считавшиеся непригодными для строительства [1]. Осваивая подобные территории, возможно не только повы-

ситель плотность жилой застройки, но и создать новые производственные, транспортные и социокультурные объекты. Часто использование именно таких земельных участков становится единственным способом при развитии транспортной инфраструктуры городов, адаптирующейся к интенсивному точечному коммерческому строительству новых жилых массивов.

Последовательность действий при разработке и реализации проекта на подтопляемых территориях

При проектировании и реализации застройки на подтопляемых территориях [2] необходимо придерживаться четкого и последовательного процесса, включающего несколько ключевых этапов: проект планировки территории, инженерные изыскания и научное сопровождение, проектирование и строительство.

1. Проект планировки территории.

На данном этапе необходимо прорабатывать комплексное развитие указанных территорий исходя из оценки «последнего резерва» для инфраструктурного и рекреационного развития города в рассматриваемом локусе.

В проекте планировки территории желательно учитывать все природные, технические и социальные факторы, которые могут повлиять на использование земли. В частности, важно определить зоны риска затоплений и подтоплений, экологические ограничения, доступность инфраструктуры и коммуникаций.

Кроме того, планировка должна учитывать градостроительные нормы, регулирующие плотность застройки, высоту зданий и их расположение относительно водоемов и природных объектов. Важно провести зонирование территории, учитывая, какие участки можно использовать под инфраструктурную застройку, а какие – под рекреационные, коммерческие или производственные объекты.

Немаловажно на данном этапе корректно оценивать состав и стоимость работ по реализации мероприятий инженерной защиты территории [3].

2. Инженерные изыскания и научное сопровождение.

На этом этапе инженеры проводят комплекс изысканий, которые включают в себя работы по изучению грунтов, водоносных слоев, уровня грунтовых вод, а также других характеристик местности. Одним из ключевых аспектов является проведение гидрогеологических исследований, позволяющих точно определить подземные воды и их движение, а также рассчитать риски подтоплений исходя из некоторого варианта перспективной застройки.

Необходимо также проведение научного сопровождения в области урбанистики, экологии и проектирования искусственных сооружений.

2.1. Анализ гидрогеологии, движения воды, функционирования зданий и сооружений в экстремальных условиях.

Анализ гидрогеологии позволяет точно определить свойства грунтов и водоносных слоев на проектируемом участке. Это важно для выбора методов защиты от затоплений, таких как водоотведение или укрепление грунтов. Гидрогеологические исследования должны учитывать как текущие, так и будущие условия, включая предполагаемые изменения прилегающего рельефа и возможные изменения климата, которые могут повлиять на уровень грунтовых вод.

Изучение движения воды в различных режимах (дождевые, паводковые, сезонные изменения) помогает прогнозировать возможные затопления и выработать решения для их

предотвращения. Также это влияет на проектирование систем водоотведения и укрепления территорий.

Проектирование зданий и сооружений на подтопляемых территориях должно учитывать их эксплуатацию в экстремальных условиях. Включает в себя использование специальных материалов, устойчивых к воздействию воды, а также проектирование конструкций, которые могут адаптироваться к изменениям уровня воды, не нарушая работоспособность как отдельных систем, так и городской инфраструктуры в целом.

3. Проектирование.

Проектная документация представляет собой комплекс чертежей и технических расчетов, которые будут использоваться на всех этапах строительства. Она включает в себя как архитектурные, так и инженерные решения, которые определяют основные параметры будущего объекта с опорой на действующие стандарты и нормы.

Процесс проектирования на подтопляемых территориях должен учитывать экологические, гидрологические и техногенные риски.

Ключевым условием успешного освоения подтопляемых территорий является реализация комплекса мер инженерной защиты. В нормативных документах, прежде всего в СП 116.13330.2012, подробно регламентируются методы защиты от опасных геологических процессов.

Инженерная защита направлена на предотвращение или минимизацию последствий негативных природных и техногенных факторов, таких как затопления, подтопления и нарушение структуры грунтов. Инженерная защита территории включает проектные мероприятия: использование дренажных систем для отвода подземных вод, устройство противодиффузионных завес, повышение отметки земли за счет подсыпки, применение современных технологий гидроизоляции подземных частей зданий, организация поверхностного стока и строительство ливневой канализации. Также для инженерной защиты необходимо включать систему мониторинга для своевременного реагирования на изменения природных и техногенных условий.

3.1. Замещение грунтов.

Одним из первых шагов в инженерной защите является замещение грунтов на строительных участках. Это подразумевает замену неустойчивых, подверженных просадке грунтов на более прочные и стабильные с целью предотвращения неоднородной просадки оснований зданий и сооружений. Практика замещения грунтов показывает рост несущей способности оснований в среднем на 20–30 % по сравнению с естественными условиями, что подтверждается исследованиями. Также позволяет решить сложившуюся экологическую проблему, связанную с длительным накоплением мусора, отходов и ядовитых веществ.

3.2. Создание водоотсекающих и перехватывающих слоев.

Для защиты от грунтовых вод, скапливающихся в подземных слоях выше по рельефу и выходящих в зоне подтопления, проектируются водоотсекающие и перехватывающие слои. Это специальные гидроизоляционные конструкции, которые блокируют движение воды (в том числе напорные воды из нижележащих слоев) и предотвращают ее поступление в грунты, примыкающие к основаниям зданий и сооружений. В качестве таких слоев могут использоваться бетонные или металлические барьеры, либо специальные геотекстильные материалы, которые позволяют эффективно направлять воду в систему дренажа.

3.3. Повышение отметки земли.

Один из наиболее эффективных способов защиты от затоплений – повышение отмет-

ки земли на подтапливаемых участках. Это особенно важно в местах, где уровень воды может колебаться в зависимости от сезона, как, например, на территориях горных ручьев или в низинах морского побережья. Суть этого мероприятия заключается в поднятии уровня земли с помощью насыпных материалов с регламентируемым коэффициентом фильтрации – таким образом, чтобы будущие паводки или высокие уровни воды не могли проникнуть в пределы участка.

3.4. Водопонижение и водоотведение.

Водопонижение грунтовых вод на площадке реализуется при помощи системы из дренирующих грунтов и сети трубопроводов, которые собирают и отводят грунтовые воды, образующиеся при паводках или высоком уровне грунтовых вод. Водоотведение, в свою очередь, включает в себя комплекс дренажных систем, ливневой канализации и других инженерных решений, направленных на быстрое удаление дождевых и талых вод с территории. В сочетании с берегоукреплением это позволяет минимизировать последствия дождевых потоков. Также следует отметить необходимость решения вопросов сбора, хранения и таяния снега, избыточно накапливающегося в низинах подтопляемых территорий.

3.5. Строительство зданий и сооружений с замкнутой фундаментной плитой.

Здания и сооружения, опирающиеся на плитный фундамент коробчатого вида, не допускают затопление внутренних помещений и коммуникаций, не создают внутри себя препятствий потокам поверхностных и грунтовых вод. Эти конструкции исключают барражный эффект (задержку воды под конструкциями) и неравномерную просадку. Дополнительным преимуществом такого типа фундаментов служит возможность опоры на грунты с низкой несущей способностью, что является распространенным случаем для подтопляемых территорий.

3.6. Берегозащита и берегоукрепление.

Одним из важнейших элементов защиты подтопляемых территорий является берегозащита и берегоукрепление. Эти инженерные и строительные мероприятия направлены на предотвращение эрозии берегов [4] из-за размывающего воздействия водного объекта при различных изменениях: под действием волн, течений, ветровой эрозии и других природных факторов. Цель берегоукрепления – предотвратить размыв грунта, оползни, проседание берегов, а также сохранить водоем и его прибрежную зону от зарастания, обмеления и обрушения.

4. Эксплуатация.

После завершения строительства наступает этап эксплуатации. Для эффективного функционирования объекта на подтопляемой территории необходимо регулярно проводить мониторинг состояния дренажных систем, проверять состояние инженерных конструкций и систем водоотведения, осуществлять периодическую проверку уровня грунтовых вод и защищенности территории от затоплений.

Эксплуатация таких объектов [5] требует специализированного обслуживания и регулярных проверок для обеспечения их долгосрочной безопасности и функциональности. Также необходимо предусматривать систему аварийного реагирования на случай возникновения чрезвычайных ситуаций.

Для эффективной инженерной защиты и оперативного реагирования на изменение метеорологических и гидрологических условий для используемых подтопляемых территорий необходимо иметь соответствующие точки гидрометеонаблюдения. Это позволяет отслеживать ключевые параметры, такие как уровень воды (в водном объекте, в грунтах), температуру и загрязнение атмосферы и вод, а также принимать своевременные меры для предотвращения или минимизации ущерба от неблагоприятных природных факторов.

Контроль температуры предотвращает обледенение и сбои в системах, экологический мониторинг оценивает загрязнение воздуха и воды, наблюдение за уровнем воды позволяет прогнозировать затопления.

Заключение

Опыт показывает, что подтопляемые территории не следует воспринимать исключительно как источник рисков. При комплексном планировании, основанном на инженерных изысканиях и применении современных технологий защиты, они способны стать частью перспективной городской инфраструктуры. Однако освоение таких земель требует готовности к повышенным затратам на проектирование и строительство, а также к системному гидрометеорологическому мониторингу. В этом случае город получает не только новые площади для застройки, но и возможность повышения устойчивости своей пространственной структуры.

Внедрение промышленного и инфраструктурного объектов, улучшение транспортной доступности, создание рекреационных зон и культурных центров могут радикально изменить восприятие таких территорий, превращая их в многофункциональные районы, которые будут активно использоваться горожанами в разных целях, поддерживая их социальное и культурное развитие.

Литература

1. Сафина, Г.Р. Вовлечение подтопленных территорий в городское строительство / Г.Р. Сафина, В.А. Федорова, Л.С. Демина // Естественнаучные исследования в Чувашии. – 2022. – № 8. – С. 144–153. – EDN PSSNVE.
2. Журавлев, П.А. Инженерная защита зданий, сооружений и территорий как фактор инновационного развития территориального планирования / П.А. Журавлев, А.М. Марукян // Вестник МГСУ. – 2020. – Т. 15. – № 10. – С. 1440–1449. – DOI: 10.22227/1997-0935.2020.10.1440-1449. – EDN JSDQWL.
3. СП 116.13330.2012. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. – М. : Минрегион России, 2012.
4. Аверин, И.В. Определение степени потенциальной подтопляемости и прогнозная оценка возможного изменения уровня грунтовых вод застраиваемых территорий / И.В. Аверин, Н.Н. Ракитина, И.В. Кокорев, Д.С. Букреев // Вестник МГСУ. – 2009. – № 3. – С. 235–237. – EDN KZFKOZ.
5. Семенова, Н.А. Технологические аспекты эксплуатации объектов на подтопляемых территориях / Н.А. Семенова // Вестник науки. – 2024. – Т. 2. – № 10(79). – С. 677–682. – EDN PRVOOY.

References

1. Safina, G.R. Vovlechenie podtoplennykh territorii v gorodskoe stroitelstvo / G.R. Safina, V.A. Fedorova, L.S. Demina // Estestvennonauchnye issledovaniia v Chuvashii. – 2022. – № 8. – S. 144–153. – EDN PSSNVE.
2. Zhuravlev, P.A. Inzhenernaia zashchita zdani, sooruzhenii i territorii kak faktor innovatsionnogo razvitiia territorialnogo planirovaniia / P.A. Zhuravlev, A.M. Marukian // Vestnik MGSU. – 2020. – T. 15. – № 10. – S. 1440–1449. – DOI: 10.22227/1997-0935.2020.10.1440-

1449. – EDN JSDQWL.

3. SP 116.13330.2012. Inzhenernaia zashchita territorii, zdanii i sooruzhenii ot opasnykh geologicheskikh protsessov. – M. : Minregion Rossii, 2012.

4. Averin, I.V. Opredelenie stepeni potentsialnoi podtopliaemosti i prognoznaia otsenka vozmozhnogo izmeneniia urovnia gruntovykh vod zastraivaemykh territorii / I.V. Averin, N.N. Rakitina, I.V. Kokorev, D.S. Bukreev // Vestnik MGSU. – 2009. – № 3. – S. 235–237. – EDN KZFKOZ.

5. Semenova, N.A. Tekhnologicheskie aspekty ekspluatatsii obektov na podtopliaemykh territoriiakh / N.A. Semenova // Vestnik nauki. – 2024. – T. 2. – № 10(79). – S. 677–682. – EDN PRVOOY.

Engineering Protection During the Construction of Buildings and Structures in Flood-Prone Areas for the Purpose of Developing Urban Infrastructure

V.V. Luchkina¹, V.V. Lobuz², I.V. Panyushin³, A.V. Pavlov³

¹ *National Research Moscow State University of Civil Engineering;*

² *Bauman Moscow State Technical University (National Research University);*

³ *Institute for General Design of Heavy and Transport Engineering Plants,
Moscow (Russia)*

Key words and phrases: hydrogeology; urban development; engineering protection; flooded areas; design.

Abstract. The purpose of the study is to substantiate the feasibility of using flood-prone areas as a reserve for urban development. The objectives include analyzing hydrogeological conditions, assessing flood risks, and developing a set of engineering protection measures. The study's hypothesis is that, with the comprehensive application of engineering solutions, flood-prone areas can be integrated into urban infrastructure without compromising its stability. The methodological framework is based on hydrogeological analysis, a review of regulatory documents, and a summary of design solutions. The results demonstrate that the implementation of a set of engineering protection measures reduces flood risks and allows the use of such areas to expand the city's functional zones.

© В.В. Лучкина, В.В. Лобуз, И.В. Панюшин, А.В. Павлов, 2025

УДК 069

Социально-экономическая сфера деятельности нейронных сетей в высотном строительстве

Д.В. Гулякин, С.А. Кошелева, А.А. Бердник, М.И. Чайка

*ФГБОУ ВО «Кубанский государственный
технологический университет»,
г. Краснодар (Россия)*

Ключевые слова и фразы: безопасность; безработица; высотное строительство; качество жизни; нейронные сети; неравенство; производительность труда; этические проблемы.

Аннотация. Цель – провести комплексный анализ социально-экономических аспектов применения нейронных сетей в высотном строительстве. Задача – определение специфики механизмов использования нейронных сетей, которые успешны в строительной области, включая проектирование зданий, распознавание образов и классификацию данных. Гипотеза исследования: тщательное планирование и реализация внедрения нейронных сетей в высотное строительство стимулирует социально-экономическую эффективность. Методы: теоретический анализ, систематизация. Достигнутые результаты: нейросети обладают значительным потенциалом для повышения безопасности на стройплощадках, улучшения качества жизни в высотных зданиях, сокращения сроков и стоимости строительства, а также создания новых рынков и рабочих мест.

Стремительное развитие нейронных сетей (НС) открывает новые горизонты для строительной отрасли, в особенности для возведения высотных зданий. Интеграция НС в различные аспекты строительства обладает потенциалом революционного преобразования индустрии, суля значительные социальные и экономические преимущества. В данной работе мы ставим перед собой цель комплексно исследовать социально-экономические аспекты применения НС в высотном строительстве. Для достижения этой цели будут проанализированы как потенциальные выгоды, так и возможные риски, связанные с внедрением НС в этой сфере.

Нейронная сеть, или искусственная нейронная сеть, представляет собой компьютерную систему, эмулирующую работу нервной системы человека. Она состоит из множества взаимосвязанных искусственных нейронов, обрабатывающих входные данные и генерирующих выходные данные. Нейронные сети используются для распознавания образов, классификации данных и прогнозирования. Они обучаются на больших объемах данных

и используют эту информацию для решения конкретных задач [1]. Исследование базируется на обширном спектре общеэкономических методов, таких как описание, сравнение, анализ, синтез, систематизация, сопоставление и классификация. Основой данного исследования послужила аналитическая литература, представленная как отечественными, так и зарубежными авторами.

Внедрение нейронных сетей в высотное строительство обладает потенциалом для комплексного улучшения социальных условий, связанных с этой сферой:

- трехмерное моделирование, управление отдельными конструктивными элементами. Технология обеспечивает возможность проводить анализы и симуляции, прогнозировать поведение объекта в различных условиях, что значительно улучшает качество принятия решений на всех этапах жизненного цикла здания;
- интегрированность с системами управления зданиями, что позволяет в режиме реального времени мониторить параметры эксплуатации: энергопотребление, климат-контроль, безопасность и другие аспекты. Анализ этих данных помогает принимать обоснованные решения по оптимизации ресурсов и улучшению экологической эффективности объекта;
- повышение безопасности на стройплощадках. Повышение безопасности и надежности объектов является критически важным аспектом. НС позволяет проводить анализ безопасности, моделировать различные сценарии развития событий и оценивать потенциальные риски. Это способствует разработке эффективных стратегий управления безопасностью и снижает вероятность возникновения опасных ситуаций;
- улучшение качества жизни в высотных зданиях;
- создание новых рабочих мест.

Нейронные сети могут стать незаменимым инструментом для повышения уровня безопасности на стройках. Разработка более совершенных систем мониторинга и контроля, основанных на НС, позволит в режиме реального времени отслеживать состояние строительных конструкций, выявлять потенциальные опасности и своевременно принимать меры по их устранению [2].

Так, группа компаний «Самолет» уже внедряет инновационное решение в сфере строительства: разработку *3LogicGroup* – робособаку, предназначенную для сканирования строительных объектов. Она не только осуществляет контроль соответствия объекта проекту и обеспечивает безопасность на площадках, но и проводит различные измерения. С помощью передовой технологии машинного обучения робособака способна автономно ориентироваться на местности и свободно перемещаться по разным поверхностям. Это значительно ускоряет процесс работы: например, создание 3D-модели объекта площадью 2000 квадратных метров занимает всего 12 минут, в то время как у геодезиста требуется до 72 часов. Помимо этого, отклонение в 3D-модели составляет не более 2 сантиметров, обеспечивая высокую точность и эффективность работы [4]. Такой подход позволит значительно снизить количество несчастных случаев на стройплощадках, что, в свою очередь, приведет к улучшению условий труда и сохранению здоровья рабочих.

Помимо этого НС могут оптимизировать дизайн и эксплуатацию высотных зданий, делая их более комфортными, энергоэффективными и доступными для людей с ограниченными возможностями. Благодаря этому архитекторы и инженеры смогут создавать более эргономичные пространства, оптимизировать системы отопления, вентиляции и кондиционирования, а также разрабатывать интеллектуальные системы управления зданием, адаптирующиеся к потребностям людей. Это, в свою очередь, положительно скажется на качестве жизни людей, проживающих и работающих в таких зданиях. Тем не менее

вопрос безработицы в условиях внедрения нейронных сетей в высотное строительство имеет две противоположные стороны. С одной стороны, это внедрение обещает создание новых рабочих мест в сфере разработки, обслуживания и эксплуатации систем НС [1]. Такой подход не только способствует снижению уровня безработицы, но и привлечению квалифицированных специалистов в строительную отрасль, что важно для работы с современными технологиями. С другой стороны, возможно увеличение безработицы из-за автоматизации рутинных задач, которые в настоящее время выполняются людьми. Однако этот процесс будет протекать постепенно, предоставляя людям возможность переквалификации и адаптации к новым условиям. Более того, создание новых рабочих мест в области НС может частично компенсировать потери, вызванные автоматизацией. Внедрение нейронных сетей в высотное строительство также может привести к значительному повышению экономической эффективности этой сферы:

- снижение затрат на строительство;
- повышение производительности труда;
- создание новых рынков.

Нейросети могут автоматизировать многие рутинные задачи, такие как расчеты, проектирование и управление строительными процессами, что приведет к сокращению трудозатрат и повышению производительности труда. Такая автоматизация позволит высвободить время и ресурсы квалифицированных специалистов, которые смогут сосредоточиться на более сложных и творческих задачах. Разработка и внедрение НС в высотном строительстве откроет новые возможности для бизнеса: появятся новые рынки для компаний, занимающихся разработкой программного обеспечения, оборудования и услуг в этой сфере, что, в свою очередь, стимулирует рост экономики и создает новые рабочие места.

Несмотря на многочисленные преимущества, внедрение нейронных сетей в высотное строительство может иметь и некоторые потенциальные негативные последствия [3]. Увеличение неравенства: крупные компании, как правило, имеют больше ресурсов для инвестирования в новые технологии. Это может дать им конкурентное преимущество перед более мелкими компаниями, которые могут не иметь возможности внедрить нейросети в свою деятельность. В результате этого может произойти дальнейшая концентрация капитала в строительной отрасли и увеличение разрыва между богатыми и бедными.

Новые этические проблемы: вопрос конфиденциальности и безопасности данных. Нейросети могут собирать и анализировать большие объемы данных о людях, работающих и проживающих в высотных зданиях. Эти данные могут включать информацию о местонахождении людей, их передвижениях, привычках и предпочтениях. Важно, чтобы эти данные были надежно защищены от несанкционированного доступа и использования.

Таким образом, был проведен комплексный анализ социально-экономических аспектов применения нейронных сетей в высотном строительстве. Результаты исследования показали, что нейросети обладают значительным потенциалом для улучшения безопасности, качества жизни, производительности труда и снижения затрат в этой сфере. Использование НС в эксплуатации объектов отражаются в повышении эффективности управления, улучшении качества обслуживания, повышении безопасности и устойчивости, а также в снижении затрат и рисков. Это делает НС эффективным инструментом для современных организаций, стремящихся к оптимизации своих процессов и повышению конкурентоспособности на рынке.

Литература

1. Галиев, И.И. Внедрение нейронных сетей в экономику / И.И. Галиев // Цифровая

экономика глазами студентов : материалы Международной научной конференции (г. Казань, 12 мая 2023 г.). – Казань, 2023. – С. 41–44.

2. Мартынова, А.Д. Современные перспективы цифровизации строительной сферы / А.Д. Мартынова, С.Г. Васильева, С.А. Кошелева, Д.В. Гулякин // *Components of Scientific and Technological Progress*. – 2024. – № 5(95). – С. 103–107.

3. Ндаирагидже, И.А. Искусственные нейронные сети как инструмент оптимизации производственных процессов в строительстве / И.А. Ндаирагидже, А.А. Лapidус // *Технология и организация строительного производства*. – 2018. – № 4. – С. 3–6.

4. Группа «Самолет» тестирует умных робособак // Все о стройке [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://xn--b1agapfwapgcl.xn--p1ai/gruppa-samolet-pilotiruet-umnyh-robosobak>.

References

1. Galiev, I.I. Vnedrenie neuronnykh setei v ekonomiku / I.I. Galiev // *Tcifrovaia ekonomika glazami studentov : materialy Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii* (g. Kazan, 12 maia 2023 g.). – Kazan, 2023. – S. 41–44.

2. Martynova, A.D. Sovremennye perspektivy tsifrovizatsii stroitelnoi sfery / A.D. Martynova, S.G. Vasileva, S.A. Kosheleva, D.V. Guliakin // *Components of Scientific and Technological Progress*. – 2024. – № 5(95). – S. 103–107.

3. Ndairagidzhe, I.A. Iskusstvennye neuronnye seti kak instrument optimizatsii proizvodstvennykh protsessov v stroitelstve / I.A. Ndairagidzhe, A.A. Lapidus // *Tekhnologiya i organizatsiia stroitel'nogo proizvodstva*. – 2018. – № 4. – S. 3–6.

4. Gruppya «Samolet» pilotiruet umnykh robosobak // Vse o stroike [Electronic resource]. – Access mode : <https://xn--b1agapfwapgcl.xn--p1ai/gruppa-samolet-pilotiruet-umnyh-robosobak>.

Socio-Economic Context of Neural Networks in High-Rise Construction

D.V. Gulyakin, S.A. Kosheleva, A.A. Berdnik, M.I. Chaika

*National Kuban State Technological University,
Krasnodar (Russia)*

Key words and phrases: neural networks; high-rise construction; safety; quality of life; labor productivity; unemployment; inequality; ethical issues.

Abstract. The study aims to conduct a comprehensive analysis of the socioeconomic aspects of neural network application in high-rise construction. The objectives are to identify the specific mechanisms of neural network application that are successfully applied in the construction field, including building design, pattern recognition, and data classification. The research hypothesis suggests that careful planning and implementation of neural network in high-rise construction stimulates socioeconomic efficiency. Methods included theoretical analysis, systematization. The results are as follows: neural networks have significant potential for improving safety on construction sites, improving quality of life in high-rise buildings, reducing construction time and costs, and creating new markets and jobs.

© Д.В. Гулякин, С.А. Кошелева, А.А. Бердник, М.И. Чайка, 2025

УДК 51.77

Исследование модели многоагентного взаимодействия между поставщиками и потребителями

И.В. Зайцева¹, О.Х. Казначеева², А.Ф. Долгополова³,
О.И. Скворцова⁴

¹ ФГБОУ ВО «Российский государственный
гидрометеорологический университет»,
г. Санкт-Петербург (Россия);

² ГАОУ ВО «Невинномысский государственный
гуманитарно-технический институт»,
г. Невинномысск (Россия);

³ ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный
аграрный университет»,
г. Ставрополь (Россия);

⁴ ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет»,
г. Ставрополь (Россия)

Ключевые слова и фразы: исследование; компромиссное решение; математические методы; многоагентное взаимодействие; теория игр.

Аннотация. В данной работе рассматривается модель многоагентного взаимодействия между поставщиками и потребителями. Определена неформальная постановка задачи многоагентного взаимодействия для решения задачи. В статье рассматривается типичная задача многоагентного взаимодействия, ее свойства и методы решения. Целью работы является исследование математической модели позиционной игры многоагентного взаимодействия между поставщиками и потребителями. Задачи работы: математическая формализация процесса многоагентного взаимодействия, выделение классов игроков, определение стратегий игроков, нахождение компромиссного решения. Решение задачи предполагает исследование модели многоагентного взаимодействия между поставщиками и потребителями. Вычисляется и анализируется конкретный пример решаемой задачи многоагентного взаимодействия операторов и потребителей услуг.

Для современного рынка потребительских услуг характерно наличие компаний, предоставляющих различные услуги для потребителей, например, образовательные. Назовем их операторами. Каждый оператор характеризуется вектором цен на различные услуги.

Таблица 1. Матрица цен на услуги поставщика

W_0			W_1		
10	18	7	5,9	16	7,5
9	15	11	9	15	11
6	20	8	6	20	8
W_2			W_3		
7	14,5	7,8	5,9	16	7,5
9	15	11	5	15,5	9
6	20	8	6	20	8
W_4			W_5		
5,9	16	7,5	7	14,5	7,8
5,5	15,9	7,4	5,7	16	7
6	20	8	6	20	8
W_6			W_7		
7	14,5	7,8	5,9	16	7,5
6,5	14	7,9	5	15,5	9
6	20	8	5,7	15,3	7,3
W_8			W_9		
5,9	16	7,5	5,9	16	7,5
5	15,5	9	5,5	15,9	7,4
5,8	14,9	7	5,8	15,5	7,2
W_{10}			W_{11}		
5,9	16	7,5	7	14,5	7,8
5,5	15,9	7,4	5,7	16	7
5,8	15	6	5,5	15	7,3
W_{12}			W_{13}		
7	14,5	7,8	7	14,5	7,8
5,7	16	7	6,5	14	7,9
5,6	15,5	6	6,4	13	7
W_{14}					
7	14,5	7,8			
6,5	14	7,9			
6,7	13,9	7,4			

Под услугами в модели понимаются следующие виды по специализации (направлению): экономические, юридические, технические и другие.

Если потребитель услуг использует различных операторов на разные услуги, он несет издержки по сравнению с тем потребителем, у которого один оператор на все услуги. Если же потребитель меняет оператора на одну из услуг, которую ему до этого оказывал другой оператор, он несет несколько иные издержки. Также эти издержки могут быть не

Таблица 2. Значения функций выигрышей

Вершина W7				
H_1	H_2	H_3	H_4	Путь потребителя
177	345	48	578	(3,2,1)->(3,2,1)->(2,2,1)->(2,2,1)
Вершина W8				
H_1	H_2	H_3	H_4	Путь потребителя
132	267	164	576	(3,2,1)->(3,2,1)->(2,2,1)->(2,3,3)
Вершина W9				
H_1	H_2	H_3	H_4	Путь потребителя
177	353	48	586	(3,2,1)->(3,2,1)->(2,2,1)->(2,2,1)
Вершина W10				
H_1	H_2	H_3	H_4	Путь потребителя
132	273	162	579	(3,2,1)->(3,2,1)->(2,2,1)->(2,3,3)
Вершина W11				
H_1	H_2	H_3	H_4	Путь потребителя
306,3	159	94	569,3	(3,2,1)->(3,1,1)->(3,1,2)->(3,1,2)
Вершина W12				
H_1	H_2	H_3	H_4	Путь потребителя
306,3	117	130,4	565,7	(3,2,1)->(3,1,1)->(3,1,2)->(3,1,3)
Вершина W13				
H_1	H_2	H_3	H_4	Путь потребителя
135,6	220	204,6	570,2	(3,2,1)->(3,2,1)->(3,2,1)->(3,3,3)
Вершина W14				
H_1	H_2	H_3	H_4	Путь потребителя
135,6	290	143,2	576,8	(3,2,1)->(3,2,1)->(3,2,1)->(3,2,3)

материальны, при этом в модели будет учтен их денежный эквивалент. Применим теоретико-игровой подход для решения задачи многоагентного взаимодействия между поставщиками и потребителями.

В данной модели рассмотрим два класса игроков. Первый класс будут составлять операторы, которые на основе информации о действиях конкурентов будут планировать изменения в ценах на услуги. Второй класс будут составлять выделенные когорты пользователей, которые будут в зависимости от текущей ситуации планировать свои действия (менять или не менять оператора). Будем рассматривать пошаговую игру, т.е. игроки первого класса поочередно меняют цены на предоставляемые услуги, после каждого шага первых игроки второго класса либо меняют оператора на отдельные виды услуг, либо принимают решение сохранить его. Возможной стратегией для игрока первого класса будем считать ненулевой вектор цен на предоставляемые услуги. Возможной стратегией игрока второго класса будем считать последовательность выбора оператора на каждую из услуг.

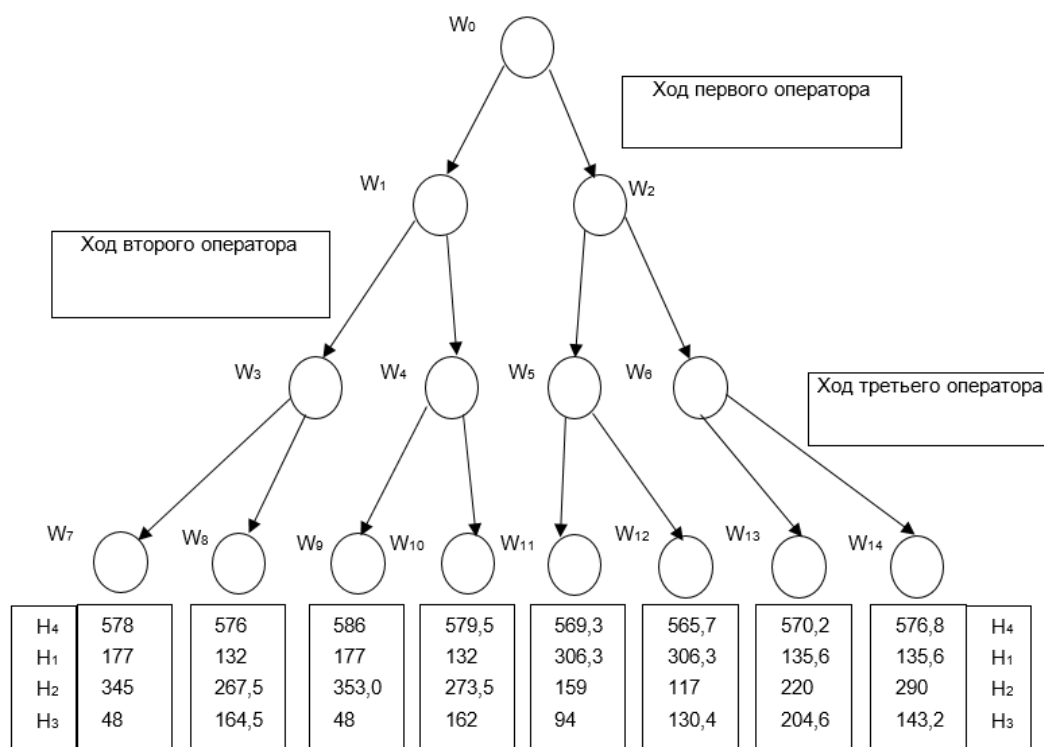


Рис. 1. Дерево значений функции выигрыша

На каждом этапе построим функции выигрыша игроков обоих классов. После того как каждый из операторов сделает по одному ходу, рассчитываются окончательные выигрыши игроков обоих классов. По этим выигрышам находим компромиссное решение для разных классов игроков.

В начальный момент времени определим матрицу $W = W_{k \times n}$, в которой элемент w_{ij} обозначает цену i -го оператора I_i , $i = 1, 2, \dots, n$ на j -ю услугу U_j , $j = 1, 2, \dots, k$. Под функцией выигрыша H_i каждого оператора будем понимать доход, полученный от пользователей услуг, выбравших себе на услугу U_j оператора T_i . Под вершиной дерева будем понимать значение матрицы $W = W_{k \times n}$, указание, какой из операторов будет следующий ходить, а также всю предысторию изменения матрицы W .

В качестве примера применения математической модели рассмотрим задачу решения позиционной игры для трех операторов, предоставляющих три услуги, и одной когорты пользователей. Определим запрос потребителей на экономические, юридические и технические образовательные услуги. Определим дерево вершин и для каждой из вершин дерева распишем матрицу цен на услуги поставщика (табл. 1).

Обозначим функцию выигрыша операторов через H_1-H_3 и H_4 – функцию выигрыша когорты пользователей услуг. Распишем функцию выигрыша каждого оператора во всех конечных вершинах W_7-W_{11} , а также пути, которые привели когорту пользователей услуг в эту вершину (табл. 2).

В данной модели предположим, что у игроков второго класса есть постоянный доход, и максимизируют они уже разницу между доходом и издержками на услуги. Доходы операторов рассчитываются путем умножения общего количества потребителей, выбравших именно этого оператора на данную услугу, на цену за единицу услуги. Цель игроков обоих классов максимизировать свою функцию дохода.

В данном примере из рисунка (рис. 1) видно, что компромиссное решение будет в вершинах W_{13} и W_{14} , так как в этих вершинах минимальный выигрыш максимален и равен 135,6. Если же игроки будут придерживаться осторожных стратегий, то решение упадет в вершину W_{13} . Для когорты пользователей вершина, приносящая максимальную прибыль, – это W_{12} .

Таким образом, рассмотрена пошаговая игра, определены стратегии игроков и построены функции выигрыша игроков обоих классов. По выигрышам можно найти компромиссное решение для игроков.

Литература

1. Зайцева, И.В. Математические методы исследования задачи размещения трудовых ресурсов / И.В. Зайцева, С.А. Теммиева, О.И. Скворцова, В.В. Бондарь // Перспективы науки. – Тамбов : ТМБпринт. – 2022. – № 9(156). – С. 38–41.
2. Малафеев, О.А. Математическое и компьютерное моделирование социально-экономических систем на уровне многоагентного взаимодействия / О.А. Малафеев, А.Ф. Зубова. – СПб. : СПбГУ, 2006. – 1006 с.
3. Зайцева, И.В. Управление динамикой конкурентного взаимодействия между предприятиями / И.В. Зайцева, А.И. Кирьянен, О.А. Малафеев, О.Х. Казначеева, М.Г. Казначеева // Перспективы науки. – Тамбов : ТМБпринт. – 2021. – № 6(141). – С. 39–42.
4. Зайцева, И.В. Математическое моделирование задачи распределения ресурсов / И.В. Зайцева, А.Ф. Долгополова, Ю.В. Орел, А.С. Селезнева // Наука и бизнес: пути развития. – М. : ТМБпринт. – 2022. – № 9(135). – С. 12–15.
5. Зайцева, И.В. Моделирование оптимального распределения трудовых ресурсов / И.В. Зайцева // Таврический вестник информатики и математики. – 2019. – № 4(45). – С. 59–77.

References

1. Zaitceva, I.V. Matematicheskie metody issledovaniia zadachi razmeshcheniia trudovykh resursov / I.V. Zaitceva, S.A. Temmoeva, O.I. Skvortcova, V.V. Bondar // Perspektivy nauki. – Tambov : TMBprint. – 2022. – № 9(156). – S. 38–41.
2. Malafeev, O.A. Matematicheskoe i kompiuternoe modelirovanie sotcialno-ekonomicheskikh sistem na urovne mnogoagentnogo vzaimodeistviia / O.A. Malafeev, A.F. Zubova. – SPb. : SPbGU, 2006. – 1006 s.
3. Zaitceva, I.V. Upravlenie dinamiko konkurentnogo vzaimodeistviia mezhdru predpriatiiami / I.V. Zaitceva, A.I. Kirianen, O.A. Malafeev, O.Kh. Kaznacheeva, M.G. Kaznacheeva // Perspektivy nauki. – Tambov : TMBprint. – 2021. – № 6(141). – S. 39–42.
4. Zaitceva, I.V. Matematicheskoe modelirovanie zadachi raspredeleniia resursov / I.V. Zaitceva, A.F. Dolgopolova, Iu.V. Orel, A.S. Selezneva // Nauka i biznes: puti razvitiia. – M. : TMBprint. – 2022. – № 9(135). – S. 12–15.
5. Zaitceva, I.V. Modelirovanie optimalnogo raspredeleniia trudovykh resursov / I.V. Zaitceva // Tavricheskii vestnik informatiki i matematiki. – 2019. – № 4(45). – S. 59–77.

Research on a Multi-Agent Interaction Model Between Suppliers and Consumers

I.V. Zaitseva¹, O.Kh. Kaznacheeva², A.F. Dolgoplova³, O.I. Skvortsova⁴

¹ *Russian State Hydrometeorological University, St. Petersburg (Russia);*

² *Nevinnomyssk State Humanitarian and Technical Institute, Nevinnomyssk (Russia);*

³ *Stavropol State Agrarian University, Stavropol (Russia);*

⁴ *North Caucasus Federal University, Stavropol (Russia)*

Key words and phrases: mathematical methods; research; game theory; multi-agent interaction; compromise solution.

Abstract. This paper considers a model of multi-agent interaction between suppliers and consumers. An informal formulation of the multi-agent interaction problem is defined to solve the problem. The paper discusses a typical multi-agent interaction problem, its properties, and solution methods. The goal of the paper is to study a mathematical model of a positional game of multi-agent interaction between suppliers and consumers. The objectives of the paper include mathematical formalization of the multi-agent interaction process, identification of player classes, definition of player strategies, and finding a compromise solution. The solution of the problem involves studying a model of multi-agent interaction between suppliers and consumers. A specific example of a multi-agent interaction between service providers and consumers is calculated and analyzed.

© И.В. Зайцева, О.Х. Казначеева, А.Ф. Долгополова, О.И. Скворцова, 2025

УДК 334.02

Производственный менеджмент при оптимизации плана выпуска швейной продукции по критерию максимума прибыли

Ю.А. Шиков, А.И. Богданов, Л.Н. Никитина, П.А. Шиков

*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный
университет промышленных технологий и дизайна»,
г. Санкт-Петербург (Россия)*

Ключевые слова и фразы: линейное программирование; оптимизация плана выпуска продукции; производственный менеджмент; экономико-математическая модель; эффективность производства.

Аннотация. В статье исследуются вопросы производственного менеджмента при оптимизации плана выпуска швейной продукции по критерию максимума прибыли. Цель представленного исследования – в реализации технологий экономико-математического моделирования в управлении производством на примере швейного предприятия. В качестве основных задач исследования выступают бизнес-процессы по пошиву швейных изделий. Применены методы линейного программирования, что позволило построить оптимизационную модель плана выпуска по критерию максимизации прибыли. На основе анализа полученных результатов сделан вывод об эффективности предложенного подхода. Подтверждена научная гипотеза о целесообразности применения концепции «Индустрия 4.0», технологий экономико-математического моделирования и линейного программирования для оптимизации бизнес-процессов и принятия управленческих решений при управлении производством.

Эффективное управление производством – достаточно сложная задача для любого менеджера. Это одновременное решение большого количества разнородных задач, связанных с управленческими решениями в области преобразования ресурсов в готовую продукцию и услуги. Спектр этих задач не ограничивается производственными вопросами: это и решение важнейших проблем стратегического и инновационного менеджмента, управления персоналом, качеством и финансами, налоговое администрирование и др.

Одним из условий успешного управления является достижение эффективности. В общем понимании – это сопоставление затрат и результата. Если результат выше, чем затраты, то процесс управления считается эффективным. Этот подход реализован во многих стандартах и руководствах, системах менеджмента качества по стандартам ISO



Рис. 1. Классификация факторов неопределенности [5]

серии 9000.

Есть и другое значение понятия эффективности, когда менеджеру удастся добиться поставленной цели при решении сложных управленческих задач. В этом случае достижение поставленной цели является фактором эффективности. Например, в сложные и кризисные моменты перед руководителем предприятия может стоять задача не получение прибыли, а удержание ключевых клиентов, даже в ущерб доходности бизнеса на текущий момент.

Основная цель производственного менеджмента – производить товары и услуги нужного качества, правильного количества, в нужное время и с минимальными затратами. Эффективная организация производственного менеджмента поможет противостоять конкуренции. Управление производством обеспечивает полное или оптимальное использование имеющихся производственных мощностей [1].

Любая задача принятия решения включает множество контролируемых (управляемых) факторов $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, выбор численных значений которых и составляет суть принятия решений, а также множество неконтролируемых детерминированных факторов $A = \{a_1, a_2, \dots, a_k\}$.

Величины контролируемых (управляемых) факторов обычно ограничены имеющимися ресурсами, т.е. имеет место некоторое множество ограничений:

$$g_i(X, A) \otimes b_i (i = 1, \dots, m),$$

где знак $\otimes$ может означать $<$, $>$, $=$, $\leq$, $\geq$.

В качестве критерия оптимизации обычно выступает максимизация (минимизация) какого-либо показателя – целевой функции (например, прибыли) $F(X)$.

Задачи оптимизации классифицируются в зависимости от вида (линейности или нелинейности) целевой функции и ограничений. Задачи линейного программирования характе-

ризуются тем, что функции $F(X)$ и $g_i(X)$ являются линейными относительно X [2].

Задачи нелинейного программирования решаются различными методами: метод градиентов, метод наискорейшего спуска, метод покоординатной оптимизации и др. [3; 4]. Производственный менеджмент характеризуется факторами неопределенности [5], которые оказывают существенное влияние (рис. 1).

Самое важное значение производственный менеджмент приобретает в условиях цифровизации бизнес-процессов. Цифровая экономика сегодня оказывает значительное влияние на управление производственными процессами. Внедрение цифровых технологий позволяет повысить производительность труда, минимизировать издержки и адаптироваться к изменяющимся рыночным условиям [6]. Особенно это становится актуальным при использовании в производственном менеджменте принципов и подходов концепции «Индустрия 4.0» [7; 8].

Особый класс задач составляют задачи дискретного программирования, в которых есть дополнительные ограничения, заключающиеся в требовании целочисленности всех или некоторых компонентов вектора X .

Линейное программирование – направление математики, изучающее методы решения экстремальных задач, которые характеризуются линейными ограничениями и линейным критерием оптимальности.

Экономико-математическая модель любой задачи линейного программирования включает: целевую функцию, оптимальное значение которой (максимум или минимум) требуется отыскать; ограничения в виде системы линейных уравнений или неравенств; требование неотрицательности переменных.

В общем виде модель записывается следующим образом:

- целевая функция:

$$F(X) = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n \rightarrow \max; \quad (1)$$

- ограничения:

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \otimes b_1; \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \otimes b_2; \\ \dots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \otimes b_m; \end{cases} \quad (2)$$

- требование неотрицательности:

$$x_j \geq 0, (j = 1, \dots, n). \quad (3)$$

При этом a_{ij} , b_j , c_j ($i = 1, \dots, m$; $j = 1, \dots, n$) – заданные постоянные величины. Задача состоит в нахождении оптимального значения функции (1) при соблюдении ограничений (2) и (3).

Наиболее универсальным и широко распространенным методом решения задач линейного программирования является симплекс-метод, который позволяет получить точное решение за конечное количество шагов.

Рассмотрим бизнес-процесс управления производством с учетом фактических возможностей и ограничений конкретного предприятия. Для решения поставленной задачи

Таблица 1. Себестоимость производства швейных изделий

Наименование продукции	Цена, т.р.	Себестоимость, т.р.	Прибыль с единицы продукции (C_i), т.р.	Трудоемкость изготовления изделия, час.
Блузка, м.г.	5,967	3,729	2,238	1,41
Блузка, с.г.	7,603	4,752	2,851	1,41
Блузка, подр.	8,07	5,043	3,027	1,41
Жакет, дев. с.г.	16,641	10,401	6,24	2,09
Жилет, д., м.г.	9,135	5,709	3,426	1,4
Жилет, д., с.г.	11,598	7,249	4,349	1,4
Жилет, д., подр.	12,487	7,805	4,682	1,4
Сарафан, м.г.	11,713	7,321	4,392	1,33
Сарафан, с.г.	9,542	5,964	3,578	1,33
Сарафан, подр.	10,316	6,447	3,869	1,33
Юбка, м.г.	6,645	4,153	2,492	0,89
Юбка, с.г.	7,104	4,440	2,664	0,89
Юбка, подр.	7,892	4,932	2,96	0,89
Пиджак, м.г.	13,99	8,743	5,247	2,31
Пиджак, с.г.	15,637	9,773	5,864	2,31
Пиджак, подр.	17,533	10,952	6,581	2,31

Таблица 2. Минимальный и максимальный объемы выпуска продукции

Наименование продукции	Минимальный объем производства	Максимальный объем производства
Блузка, м.г.	28	800
Блузка, с.г.	24	800
Блузка, подр.	12	800
Жакет, дев. с.г.	28	500
Жилет, д., м.г.	28	500
Жилет, д., с.г.	24	500
Жилет, д., подр.	24	500
Сарафан, м.г.	12	500
Сарафан, с.г.	34	500
Сарафан, подр.	67	500
Юбка, м.г.	12	500
Юбка, с.г.	24	400
Юбка, подр.	24	400
Пиджак, м.г.	45	400
Пиджак, с.г.	33	300
Пиджак, подр.	28	300

Таблица 3. Оптимальные объемы производства швейных изделий

Наименование продукции	Оптимальный объем производства	Существующий объем производства
Блузка, м.г.	28	400
Блузка, с.г.	24	400
Блузка, подр.	12	497
Жакет, дев. с.г.	500	769
Жилет, д., м.г.	500	201
Жилет, д., с.г.	500	201
Жилет, д., подр.	500	202
Сарафан, м.г.	500	217
Сарафан, с.г.	500	217
Сарафан, подр.	500	218
Юбка, м.г.	500	202
Юбка, с.г.	400	202
Юбка, подр.	400	201
Пиджак, м.г.	98	400
Пиджак, с.г.	300	400
Пиджак, подр.	300	337

разработана экономико-математическая модель линейного программирования. Ключевым аспектом в деятельности предприятия является прибыль. Исследуем все факторы производственного менеджмента при оптимизации плана выпуска швейной продукции по критерию максимизации прибыли.

Исходные данные для решения задачи оптимизации плана производства по выпуску швейных изделий на примере продукции фабрики детской одежды «Салют» представлены в табл. 1.

При решении задачи были заданы ограничения на суммарную трудоемкость изделий по плану производства – 8000 ч., а также ограничения на минимальный и максимальный выпуск швейных изделий, представленные в табл. 2. При этом ограничения на минимальный объем выпуска были связаны с уже имеющимися заказами на соответствующие изделия, а ограничения на максимальный объем выпуска – со спросом на соответствующие изделия.

Для решения оптимизационной задачи использовалась опция «Поиск решения» в EXCEL. Оптимальные объемы производства изделий приведены в табл. 3 вместе с данными о существующем плане производства.

Таким образом, при реализации оптимального плана производства фабрика детской одежды «Салют» получит прибыль 23,2 млн руб., тогда как существующий план позволил бы получить только 21,7 млн руб., то есть произойдет увеличение прибыли на 1,5 млн руб., или на 7 %.

Применение современных методов управления в производственном менеджменте позволяет не только принимать взвешенные и продуманные решения, но и в значительной степени повышать эффективность производства и всей деятельности промышленных

предприятий. Производственный менеджмент, несомненно, является средством повышения эффективности бизнеса. Управление производством помогает предприятию достичь всех своих целей. Организация производит продукты, которые удовлетворяют потребности клиентов, таким образом увеличивая свои продажи [1].

Экономико-математическое моделирование на основе технологий линейного программирования является надежным инструментом в производственном менеджменте для целей повышения эффективности производства. «Индустрия 4.0», облегчающая последствия текущих проблем, таких как более короткий жизненный цикл продукта, более высокая сложность продукта и глобальные цепочки поставок для производителей, диктует требования компаниям быть более гибкими и оперативно реагировать на тенденции ведения бизнеса [9] с учетом международного опыта [10].

Большинство руководителей промышленных предприятий реально оценивает необходимость цифровизации бизнес-процессов и внедрения современных информационных технологий, что должно приводить к существенному повышению эффективности производства и конкурентоспособности отечественной промышленности.

Литература

1. Кузнецов, С.Р. Производственный менеджмент как средство повышения эффективности бизнеса / С.Р. Кузнецов // Вестник магистратуры. – 2019. – № 7-2(94). – С. 110–112.
2. Канторович, Л.В. Математические методы организации и планирования производства / Л.В. Канторович. – Л. : Изд-во ЛГУ, 1939.
3. Зангвилл, У. Нелинейное программирование. Единый подход / У. Зангвилл; пер. с англ.; под ред. Е.Г. Гольштейна. – М. : Сов. радио, 1973. – 312 с.
4. Химмельблау, Д. Прикладное нелинейное программирование / Д. Химмельблау; пер. с англ. И.М. Быховской, Б.Т. Вавилова; под ред. М.Л. Быховского. – М. : Мир, 1975. – 534 с.
5. Измайлов, М.К. Производственный менеджмент в системе управления предприятием: его роль и функциональное значение в условиях неопределенности и риска / М.К. Измайлов // Бизнес и дизайн ревю. – 2021. – № 1(21). – С. 3.
6. Муратова, Ч.К. Управление производством предприятия в условиях цифровой экономики / Ч.К. Муратова, Ж.К. Райимбердиева, С.К. Толкунай // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2025. – № 1-4(100). – С. 92–94.
7. Лясковская, Е.А. Индустрия 4.0 и устойчивое развитие: от устойчивых бизнес-моделей к цифровой устойчивости / Е.А. Лясковская // Вестник ЮУрГУ. Серия: Экономика и менеджмент. – 2021. – Т. 15. – № 4. – С. 73–83.
8. Фонтана, К.А. «Умная фабрика» и ключевые технологии Индустрии 4.0 (обзор) / К.А. Фонтана, Б.А. Ерзнкян // Вестник ВГУ. Серия: Экономика и управление. – 2022. – № 4. – С. 53–64.
9. Ершова, А.В. Интеллектуализация механизмов управления промышленными корпорациями в императивах повестки устойчивого развития / А.В. Ершова, А.Ю. Никитаева // Государственное и муниципальное управление. Ученые записки. – 2020. – № 4. – С. 18–24.
10. Князев, С.И. Европейский опыт развития смарт-промышленности / С.И. Князев // Экономика промышленности. – 2020. – № 2(90). – С. 27–53.

References

1. Kuznetsov, S.R. Proizvodstvennyi menedzhment kak sredstvo povysheniia effektivnosti biznesa / S.R. Kuznetsov // Vestnik magistratury. – 2019. – № 7-2(94). – S. 110–112.
2. Kantorovich, L.V. Matematicheskie metody organizatsii i planirovaniia proizvodstva / L.V. Kantorovich. – L. : Izd-vo LGU, 1939.
3. Zangvill, U. Nelineinoe programmirovaniie. Edinyi podkhod / U. Zangvill; per. s angl.; pod red. E.G. Golshteina. – M. : Sov. radio, 1973. – 312 s.
4. Khimmelblau, D. Prikladnoe nelineinoe programmirovaniie / D. Khimmelblau; per. s angl. I.M. Bykhovskoi, B.T. Vavilova; pod red. M.L. Bykhovskogo. – M. : Mir, 1975. – 534 s.
5. Izmailov, M.K. Proizvodstvennyi menedzhment v sisteme upravleniia predpriatiem: ego rol i funktsionalnoe znachenie v usloviakh neopredelennosti i riska / M.K. Izmailov // Biznes i dizain reviu. – 2021. – № 1(21). – S. 3.
6. Muratova, Ch.K. Upravlenie proizvodstvom predpriatiia v usloviakh tsifrovoi ekonomiki / Ch.K. Muratova, Zh.K. Raiimberdieva, S.K. Tolkunai // Mezhdunarodnyi zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk. – 2025. – № 1-4(100). – S. 92–94.
7. Liaskovskaia, E.A. Industriia 4.0 i ustoichivoe razvitie: ot ustoichivyykh biznes-modelei k tsifrovoi ustoichivosti / E.A. Liaskovskaia // Vestnik IuUrGU. Seriya: Ekonomika i menedzhment. – 2021. – T. 15. – № 4. – S. 73–83.
8. Fontana, K.A. «Umnaia fabrika» i kliuchevye tekhnologii Industrii 4.0 (obzor) / K.A. Fontana, B.A. Erznkian // Vestnik VGU. Seriya: Ekonomika i upravlenie. – 2022. – № 4. – S. 53–64.
9. Ershova, A.V. Intellektualizatsiia mekhanizmov upravleniia promyshlennymi korporatsiiami v imperativakh povestki ustoichivogo razvitiia / A.V. Ershova, A.Iu. Nikitaeva // Gosudarstvennoe i munitsipalnoe upravlenie. Uchenye zapiski. – 2020. – № 4. – S. 18–24.
10. Kniazev, S.I. Evropeiskii opyt razvitiia smart-promyshlennosti / S.I. Kniazev // Ekonomika promyshlennosti. – 2020. – № 2(90). – S. 27–53.

Production Management When Optimizing the Production Plan for Clothing Products Based on the Maximum Profit Criterion

Yu.A. Shikov, A.I. Bogdanov, L.N. Nikitina, P.A. Shikov

*St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design,
St. Petersburg (Russia)*

Key words and phrases: linear programming; product output plan optimization; production management; economic and mathematical model; and production efficiency.

Abstract. The article explores the issues of production management in the optimization of the production plan for sewing products by the criterion of maximum profit. The purpose of this research is to implement economic and mathematical modeling technologies in production management using the example of a sewing enterprise. The main objectives of the research are to improve the business processes of sewing products. Linear programming methods are used to construct an optimization model of the production plan based on the criterion of maximizing profit. Based on the analysis of the results, it is concluded that the proposed approach is effective. The scientific hypothesis about the feasibility of using the Industry 4.0 concept, economic and

mathematical modeling technologies, and linear programming to optimize business processes and make management decisions in production management has been confirmed.

© Ю.А. Шиков, А.И. Богданов, Л.Н. Никитина, П.А. Шиков, 2025

**XVIII International Scientific and Practical Conference
“The Role of Science in the Development of Society
(Advanced Technologies, Life Sciences)”
(Russia, Irkutsk Region, Listvyanka (Lake Baikal)),
September 23–25, 2025**

**XVIII Международная научно-практическая конференция
«Роль науки в развитии общества
(перспективные технологии, науки о жизни)»
(Россия, Иркутская область, п. Листвянка (озеро Байкал)),
23–25 сентября 2025 года**

Organising Committee:
Организационный комитет:

O.V. Voronkova (О.В. Воронкова)
V.M. Tyutyunnik (В.М. Тютюнник)
T.V. Bikesina (Т.В. Бикезина)
T.R. Rizokulov (Т.Р. Ризокулов)
E.V. Yaluner (Е.В. Ялунер)
A.B. Serykh (А.Б. Серых)
M.V. Avakyan (М.В. Авакьян)
Sanjay Yadav (Санджай Ядав)
T.B. Malinina (Т.Б. Малинина)
S.S. Bednarzhevskij (С.С. Беднаржевский)
I.O. Nadtochy (И.О. Надточий)
Kharroubi Naoufel (Харуби Науфел)
N.U. Chamsutdinov (Н.У. Чамсутдинов)
Wu Songjie (У Сунцзе)
M.N. Amanbayev (М.Н. Аманбаев)
Du Kun (Ду Кунь)

Parts of Conference:
Разделы конференции:

- **Economic Sciences**
- **Экономические науки**

УДК 338.467.4:629

Современные технологии бесконтактной оплаты в общественном транспорте Санкт-Петербурга: анализ и перспективы развития

А.А. Агапов-Иванов, О.В. Воронкова

*ФГБОУ ВО «Российский государственный
гидрометеорологический университет»,
г. Санкт-Петербург (Россия)*

Ключевые слова и фразы: бесконтактная оплата; валидаторы оплаты; общественный транспорт; транспортные инновации.

Аннотация. В данной статье рассматриваются роль и значимость валидаторов оплаты проезда в системе общественного транспорта Санкт-Петербурга. В работе анализируются их преимущества, современные модели и развитие технологий, а также предложения по дальнейшему совершенствованию интерфейса и функциональности. Основное внимание уделяется отечественным разработкам и их значимости в условиях санкций, а также влиянию эффективных систем оплаты на скорость обслуживания, сбор данных и повышение комфорта пассажиров. В работе подчеркивается необходимость дальнейших инноваций для повышения удобства и надежности транспортных услуг города. К задачам научной статьи относится изучение литературы на выбранную тему, поиск электронных ресурсов с актуальной информацией. Методы достижения результатов представляют собой изучение научной литературы, посвященной теме валидаторов оплаты в общественном транспорте, а также современным технологиям в транспортной сфере. В результате это исследование позволит оценить влияние внедрения валидаторов на эффективность работы транспортной системы и качество обслуживания пассажиров, а также определить направления для дальнейшего развития и совершенствования систем оплаты, учитывая потребности различных категорий пассажиров и современные технологические тренды.

Санкт-Петербург является одним из ключевых транспортных узлов в Российской Федерации. Главный город северо-западного направления имеет стратегическое значение

для транспортных сообщений как внутри страны, так и на международных транспортных сообщениях. Город-миллионник обладает большим количеством портов, выходом к странам Балтийского моря и Восточной Европы. Железнодорожный узел Санкт-Петербурга связывает не только европейскую часть России с другими регионами страны, но также с приграничными государствами. Аэропорт Пулково ежегодно принимает от 20 до 23 миллионов пассажиропотока, что показывает, насколько важным транспортным центром в инфраструктуре Российской Федерации является Петербург. Безусловно, для города с такими масштабами грузопотоков, стратегическим значением в транспортной инфраструктуре страны, а также статусом перспективного туристического и исторического центра, транспортная система находится на высоком уровне развития и эффективно функционирует. Петербургский метрополитен насчитывает 73 станции, каждая из которых оснащена металлодетекторами, средствами проверки багажа, турникетами, современными обустроенными вагонами. Развитая сеть автобусов, трамваев и троллейбусов также оснащена всеми передовыми удобствами для пассажирского транспорта.

В данной статье предполагается подробнее рассмотреть самое, на наш взгляд, удобное и технологическое средство, которое на данный момент установлено во всех видах общественного наземного транспорта и на всех турникетах метрополитена. Речь пойдет о валидаторах.

Для начала расскажем о преимуществах валидаторов, их объективных плюсах и почему они считаются самым технологичным и удобным средством.

Во-первых, валидатор – это удобство. Человек может оплатить проезд банковской картой, специальной льготной картой «Подорожник», льготным проездным билетом, будь то пенсионный или ученический, активировать отложенный платеж, пополнить электронный проездной билет, оплатить одной банковской картой до 5 пассажиров одновременно. Эти удобства сокращают время посадки пассажиров в транспорт, исключают очереди и задержки.

Во-вторых, кондуктор на линии быстрее проверяет оплату проезда, и ему не нужно ездить по заданному маршруту постоянно. Это грамотное распределение человеческого труда. Автоматизация контроля проезда уменьшает потребность в кондукторах и контролерах, что экономит ресурсы транспортных компаний.

В-третьих, человеческий фактор. Кондуктор больше не может допустить ошибку ни при учете пассажиров, ни при оплате проезда. Пассажиры, в свою очередь, будут внимательнее относиться к оплате проезда. Карта всегда покажет, оплачен ли проезд, и избавляет от устаревших бумажных билетов.

В-четвертых, сбор данных и анализ статистики. Благодаря электронной оплате и различным способам оплаты проезда, властям города удобнее вести учет, сбор статистики и ее анализ. Так власти города будут понимать, какими маршрутами чаще пользуются пенсионеры, какими чаще пользуются студенты и школьники, где автобусов на линии много, а где наоборот не хватает, какой маршрут популярнее и удобнее, в какое время на линии час пик и как более грамотно оптимизировать транспортную инфраструктуру города.

Валидаторы оплаты – это очень нужная и передовая технология в таком крупном транспортном центре, как Санкт-Петербург. Процесс оплаты проезда стал удобнее, быстрее, прозрачнее и эффективнее как для пассажиров, так и для транспортных операторов.

Рассмотрим историю разработки и введения в эксплуатацию валидаторов в транспортную инфраструктуру Санкт-Петербурга.

Тестирование данной системы началось еще в 2016 г. Умные платежные системы и

валидаторы для общественного транспорта были разработаны специалистами университета ИТМО по программе развития в городе системы «умного» транспорта. Данная система должна была помочь людям с координированием своего маршрута и быстрой оплатой проезда на линиях общественного транспорта и в метрополитене.

В 2023 г. на всех линиях маршрута автобусов, троллейбусов и трамваев были обновлены валидаторы, позволяющие быстро оплачивать проезд удобным для пассажира способом. Все валидаторы принимают банковские карты, ЕКП, льготные и разовые QR-билеты, стала возможна оплата до 5 поездок, а также оплата багажа. Также на всех валидаторах (кроме валидаторов в трамваях «Чижик») возможна активация отложенного пополнения карты «Подорожник».

В настоящее время в Санкт-Петербурге используются валидаторы типов СЭКОП (оранжевого цвета), АСУКОП «Транстелематика» (модель ВМ-20, желтого цвета) и *Vendotek T* («кубики» желтого цвета, разработчик ГК «Терминальные технологии» из г. Зеленоград), а также «Штрих-М» (на трамваях «Чижик»; в трамваях «Чижик» также размещены терминалы для оплаты проезда наличными, водители не участвуют в оплате проезда).

Все виды терминалов внесены разработчиками в реестр отечественного программного обеспечения, а это значит, что такого вида терминалы являются отечественными импортонезависимыми технологиями. В условиях санкций это особенно важно, так как не делает рынок отечественных технологий уязвимым, обеспечивает транспортной инфраструктуре стабильность в обслуживании и поставках технологий, сохраняет суверенитет отечественной науки и развитие технологий, способствует поддержке местной и локальной экономики, обеспечивает рабочие места, а также делает отечественную экономику и науку более устойчивой к внешним экономическим потрясениям и менее подверженной влиянию кризисных ситуаций.

Несмотря на многочисленные удобства и простоту технологии, валидатор можно сделать еще более удобным средством. Например, можно сделать более удобный и понятный интерфейс валидатора, добавить голосовые подсказки, проработать универсальный дизайн, сделать валидатор одинаково удобным для всех, чтобы им могли пользоваться пассажиры с разными физическими возможностями одинаково эффективно. Также можно сделать удобное мобильное приложение для оплаты отложенного платежа, отслеживания информации об оплатах и поездках пассажира в личном кабинете с возможностью пополнения льготных и бесконтактных способов оплаты, а также возможностью написать в чат поддержки для быстрой помощи в различных ситуациях, связанных с оплатой проезда.

В результате улучшение в работе валидатора должно сводиться к еще более быстрой и удобной оплате проезда пассажиром с любыми возможностями и обратной связью с транспортной компанией.

В заключение отметим, что современные валидаторы оплаты проезда играют ключевую роль в обеспечении удобства, скорости и безопасности обслуживания пассажиров в больших транспортных узлах, таких как Санкт-Петербург. Нововведения и развитие технологий в данном направлении способствуют повышению комфорта пассажиров и эффективности работы всего наземного транспорта города. Власти города должны понимать, что нужно развивать системы бесконтактной оплаты проезда в соответствии с растущими ожиданиями пассажиров транспортных средств. Нужно находить новые инновационные решения, повышающие удобство и надежность оплаты проезда. В конечном итоге качественные и продуманные системы оплаты способствуют предоставлению и развитию более качественных услуг в области общественного транспорта для всех категорий граждан.

Литература

1. Валидаторы с функцией активации отложенного пополнения «Подорожника» доступны во всем общественном транспорте // Организатор перевозок [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://orgp.spb.ru>.
2. Электронный «Подорожник» для оплаты телефоном будет запущен в Петербурге до конца 2024 г. // Новости Северо-Запада [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.interfax-russia.ru>.
3. ГК «Терминальные технологии» – разработчик систем валидаторов, документация и пресс-релизы [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://termt.ru>.
4. Валидатор с хмурым лицом // Санкт-Петербургские ведомости. – 2022. – 28.11. – № 223(7307).
5. Агапов-Иванов, А.А. Формирование и история развития транспортных услуг в Ленинградской области / А.А. Агапов-Иванов, О.В. Воронкова // Наука и бизнес: пути развития. – М. : НТФ РИМ. – 2024. – № 12(162). – С. 146–150.
6. Агапов-Иванов, А.А. Внедрение цифровых технологий в управление транспортной системой Санкт-Петербурга / А.А. Агапов-Иванов, О.В. Воронкова // Наука и бизнес: пути развития. – М. : НТФ РИМ. – 2025. – № 1(163). – С. 136–138.

References

1. Validator s funkciei aktivacii otlozhenogo popolneniia «Podorozhnika» dostupny vo vsem obshchestvennom transporte // Organizator perevozok [Electronic resource]. – Access mode : <https://orgp.spb.ru>.
2. Elektronnyi «Podorozhnik» dlia oplaty telefonom budet zapushchen v Peterburge do kontca 2024 g. // Novosti Severo-Zapada [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.interfax-russia.ru>.
3. GK «Terminalnye tekhnologii» – razrabotchik sistem validatorov, dokumentatsiia i press-relizy [Electronic resource]. – Access mode : <https://termt.ru>.
4. Validator s khmuryim litcom // Sankt-Peterburgskie vedomosti. – 2022. – 28.11. – № 223(7307).
5. Agapov-Ivanov, A.A. Formirovanie i istoriia razvitiia transportnykh uslug v Leningradskoi oblasti / A.A. Agapov-Ivanov, O.V. Voronkova // Nauka i biznes: puti razvitiya. – M. : NTF RIM. – 2024. – № 12(162). – S. 146–150.
6. Agapov-Ivanov, A.A. Vnedrenie tsifrovyykh tekhnologii v upravlenie transportnoi sistemoi Sankt-Peterburga / A.A. Agapov-Ivanov, O.V. Voronkova // Nauka i biznes: puti razvitiya. – M. : NTF RIM. – 2025. – № 1(163). – S. 136–138.

Modern Contactless Payment Technologies in St. Petersburg Public Transport: Analysis and Development Prospects

A.A. Agapov-Ivanov, O.V. Voronkova

*Russian State Hydrometeorological University,
St. Petersburg (Russia)*

Key words and phrases: payment validators; contactless payment; public transport;

transport innovations.

Abstract. This article examines the role and importance of fare validators in the St. Petersburg public transport system. It analyzes their advantages, current models, and technological developments, as well as proposals for further improvement of the interface and functionality. A primary focus is on domestic developments and their importance in the context of sanctions, as well as the impact of effective payment systems on service speed, data collection, and improved passenger comfort. The article emphasizes the need for further innovation to improve the convenience and reliability of the city's transport services. The objectives of this research include reviewing the literature on the selected topic and searching for electronic resources with up-to-date information. The methods for achieving these results include studying the scientific literature on payment validators in public transport, as well as modern technologies in the transport sector. This study will ultimately assess the impact of validator implementation on the efficiency of the transport system and the quality of passenger service, as well as identify areas for further development and improvement of payment systems, taking into account the needs of various passenger categories and modern technological trends.

© А.А. Агапов-Иванов, О.В. Воронкова, 2025

УДК 339.92

Сахалинская область и Япония: проблемы и перспективы сотрудничества в топливно-энергетическом секторе

С.С. Сафина, С.И. Аникиевич, М.И. Амосов

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

Ключевые слова и фразы: Сахалинская область; сжиженный природный газ; Хоккайдо; энергетика; Япония.

Аннотация. Целью работы является выявление основных тенденций и перспектив энергетического сотрудничества между Сахалинской областью и Японией (как в целом, так и отдельной префектурой Хоккайдо). В соответствии с поставленной целью решались такие задачи, как охарактеризовать современное состояние энергетического сотрудничества между Сахалинской областью и Японией, сравнить топливно-энергетические комплексы Сахалинской области и префектуры Хоккайдо. В результате исследования рассмотрено распределение экспорта Сахалинских энергоносителей по префектурам Японии. Выявлена значительная концентрация энергоносителей РФ в центральных регионах Тиба (70 %) и Канагава (55 %), а также географически близкой префектуре Хоккайдо (25 %). Рассчитан индекс ННІ (индекс Херфиндала – Хиршмана) для Сахалинской области и Хоккайдо, который показал высокую зависимость Сахалинской области от добычи полезных ископаемых (53,7 %), для Хоккайдо продемонстрировал диверсификацию в экономике (туризм – 25,3 %, сельское хозяйство – 18,9 %). Географическое положение Сахалинской области как стабильного поставщика имеет стратегическое значение для энергетической безопасности Японии.

В настоящее время Япония имеет одну из самых энергоэффективных экономик среди развитых стран ОЭСР. Однако энергетическая независимость Японии остается критически низкой, т.к. внутреннее производство покрывает всего 11,2 % ее первичных энергетических потребностей. Страна полностью полагается на импортируемую нефть и сжиженный природный газ (**СПГ**), т.к. ископаемое топливо доминирует в энергобалансе Японии на уровне 88,3 %, что значительно выше, чем в большинстве развитых стран. Эта сильная зависимость создает серьезные уязвимости, особенно с учетом того, что 87 % ее морско-

го импорта нефти и СПГ проходит через стратегические контрольные точки – Ормузский и Малаккский проливы. Такая зависимость от нестабильных мировых рынков и опасных маршрутов подвергает Японию геополитическим рискам и перебоям в поставках, вынуждая ее уделять первоочередное внимание энергетической безопасности за счет стратегических резервов и усилий по диверсификации [1].

Сахалинские шельфовые нефтегазовые проекты имеют особое стратегическое значение для Японии, начиная с первоначальной разведки японскими компаниями в 1970-х годах после нефтяного кризиса и усилий по диверсификации экспорта энергоносителей. Соглашения о разделе продукции «Сахалин-1» и «Сахалин-2», подписанные в 1990-х годах в соответствии со специальными законами России о защите инвестиций, предоставили благоприятные условия для участия японских инвесторов. Инвестиционная активность Японии является одной из высоких в мире, страна входит в двадцатку стран по уровню прямых иностранных инвестиций [5]. Несмотря на многочисленные проблемы, включая вопросы соблюдения экологических требований и передачу акций российским компаниям, эти проекты создали благоприятные условия для японского бизнеса, особенно для малого и среднего предпринимательства, базирующихся прежде всего в префектуре Хоккайдо. Проекты «Сахалин-1» и «Сахалин-2» обеспечивают Японию альтернативными поставками энергоносителей [6].

Углеводородные проекты острова Сахалин составляют основу энергетической стратегии России на Дальнем Востоке. Хотя «Сахалин-1» и «Сахалин-2» являются наиболее заметными операционными предприятиями, в регионе реализуется более широкая сеть инициатив, направленных на раскрытие значительных запасов нефти и газа. Проект «Сахалин-1», разработанный международным консорциумом, в который входят российская Роснефть (20 %), японская SODECO (30 %), американская Экзон Нефтегаз Лимитед (30 %) и индийская ONGC (20 %), фокусируется на трех крупных месторождениях – Чайво, Одопту-море и Аркутун-Даги – с предполагаемыми запасами в 307 млн т нефти и 485 млрд м³ природного газа [2]. Проект «Сахалин-2», сосредоточенный на Пильтун-Астохском нефтяном и Лунском газовом месторождениях, эксплуатирует первый в России завод по производству СПГ в поселке Пригородное с годовой производственной мощностью 9,6 млн т СПГ. Этот объект играет ключевую роль в укреплении энергетической безопасности и экспортного потенциала страны. Газпром владеет 50 % акций, а *Mitsui* и *Mitsubishi* – 12,5 % и 10 % соответственно, *Shell* имеет 27,5 %, хотя она заявила о своем прекращении сотрудничества с РФ в 2022 г. [3]. В настоящее время Япония является крупнейшим импортером СПГ с российского «Сахалин-2», на долю которого приходится 57,5 % экспорта. На Китай пришлось 26,3 % поставок СПГ с «Сахалина-2», на Южную Корею – 16,2 %. В прошлом году Япония сократила закупки СПГ у России на 11 % до 6,1 млн т, хотя наша страна остается третьей по величине поставок СПГ в Японию с долей 9 % после Австралии и Малайзии. Предприятие поставляет более 80 % своего СПГ по долгосрочным и среднесрочным контрактам, а остальное продается на спотовом рынке. Российско-украинский кризис означает, что конкуренция за альтернативы российскому СПГ усилилась, как и цены, а у Японии мало складских мощностей, что делает близость Сахалина ключевым фактором. Японские официальные лица заявляют, что продолжение сотрудничества в проектах «Сахалин-1» и «Сахалин-2» необходимо для энергетической безопасности страны и предупреждают, что в случае отказа от проекта в него может войти Китай [7; 9].

В статье подробно рассмотрено энергетическое сотрудничество Сахалинской области и префектуры Хоккайдо (Япония). Это два уникальных островных региона, расположенных в Охотском и Японском морях. Несмотря на географическую близость и схожие

Таблица 1. Распределение экспорта сахалинских нефтепродуктов по префектурам Японии, %, 2023 г. [10]

Префектура	Доля СПГ, %	Доля нефти, %	Основные потребители
Тиба	70	–	Энергокомпании (Терсо, Tokyo Gas)
Хего	20	–	Промышленные предприятия
Хоккайдо	5	20	Нефтепереработка (НПЗ Муроран)
Ибараки	–	30	Химическая промышленность
Канагава	5	50	Транспортный сектор

климатические условия, они демонстрируют разные модели социально-экономического развития, сформированные историческими, культурными и политическими факторами. Анализ экономического сотрудничества Сахалинской области и Японии в топливно-энергетическом секторе показал, что экспорт нефти и СПГ в Японию идет в ключевые префектуры (табл. 1). При этом СПГ с проекта «Сахалин-2» (исторически ~9,6 млн т/год, теперь ~6 млн после 2022 г.) в основном поставляется на терминалы Фуцу (40 %) и Содегаура (30 %) в префектуре Тиба, обслуживающие *Tokyo Gas* и *ENEOS*. Терминал Химедзи в Хего получает 20 % для *Kansai Electric*, а оставшиеся 10 % распределяются в Ниигату, Фукусиму и Айти. Сырая нефть с проекта «Сахалин-1» (ранее 90 000 баррелей в сутки, теперь ~30 000 баррелей в сутки после 2022 г.) в основном снабжает НПЗ Негиси в Канагаве (50 %), завод Касима в Ибараки (30 %) и завод Муроран на Хоккайдо (20 %). Тиба обрабатывает 70 % импорта СПГ, Хего – 20 %, а Хоккайдо – 5 % СПГ плюс 20 % нефти, Канагава получает 50 % импорта нефти. После санкций Япония сохраняет сокращенные объемы СПГ по существующим контрактам, направляя нефть через теневые флоты, при этом инфраструктура Тибы остается критически важной для энергетической безопасности Токио [8; 10].

Экспорт энергоносителей Сахалинской области в Японию демонстрирует четкую географическую концентрацию, при этом префектура Тиба остается доминирующим хабом, получая около 70 % всех поставок СПГ через свои терминалы Футцу и Содегаура, которые в совокупности составляют почти 9 млн т ежегодной мощности регазификации. Примечательно, что Хоккайдо и Канагава представляют префектуры, получающие оба энергетических потока (например, первый регион забирает 5 % СПГ на терминале Томакомай и 20 % сырой нефти на НПЗ Муроран), что делает их особенно уязвимыми к перебоям в поставках. С 2022 г. Япония сохранила около 60–70 % от уровня импорта СПГ, одновременно сократив закупки сахалинской сырой нефти на 60 %, перенаправив около 15 000 баррелей в сутки через теневые операции флота, отслеживаемые *Kpler*. Эта сеть поставок по-прежнему опирается на долгосрочные контракты с *Tokyo Gas* и *ENEOS*, хотя отчеты *METI* показывают растущую диверсификацию в сторону австралийских и ближневосточных источников, особенно для энергетических потребностей Хего и Айти. Инфраструктура только в регионе Тиба – с 14 резервуарами для хранения СПГ и трубопроводными соединениями с 12 электростанциями – демонстрирует стратегическую важность Сахалина, несмотря на геополитическую напряженность между странами [10].

В ходе исследования были рассчитаны индексы Херфиндаля – Хиршмана (*HHI*) для анализа концентрации ключевых секторов экономики для двух регионов: Сахалинской области и префектуры Хоккайдо (табл. 2). Данный индекс – широко используемый показа-

Таблица 2. Сравнительный анализ экономической концентрации ключевых отраслей Сахалинской области и префектуры Хоккайдо по итогам расчета *HHI* (индекс Херфиндаля – Хиршмана), 2024 г. [4; 10; 11]

Показатель	Сахалинская область	Префектура Хоккайдо
<i>HHI</i> (2024)	3301,71	859,72
Уровень концентрации	Высокий	Низкий
Ключевые отрасли	Добыча нефти и газа (53,7 %)	Сельское хозяйство (18,9 %) + туризм (25,3 %)

тель концентрации рынка в экономике. Он рассчитывает концентрацию путем суммирования квадратов рыночных долей всех фирм в отрасли в диапазоне от 0 (совершенная конкуренция) до 10 000 (монополия). *HHI* ниже 1500 указывает на конкурентные рынки, 1500–2500 – на умеренную концентрацию, а выше 2500 – на высокую концентрацию.

Сравнительный анализ экономической концентрации ключевых отраслей между Сахалинской областью (Россия) и Хоккайдо (Япония) в 2024 г. выявляет резкие контрасты в региональных экономических структурах. Сахалин демонстрирует экстремальную специализацию с *HHI* 3302, что значительно превышает пороговое значение 2500 для высокой концентрации, обусловленное в первую очередь его добывающими отраслями (53,7 % – добыча полезных ископаемых), что делает его экономику уязвимой к колебаниям цен на сырьевые товары и геополитическим рискам, с ограниченной диверсификацией за счет вторичных секторов, таких как торговля (17,1 %) и транспорт (6,2 %). Напротив, Хоккайдо демонстрирует сбалансированную постиндустриальную экономику с *HHI* 860, отражающую умеренную концентрацию и надежную диверсификацию в торговле (14,5 %), здравоохранении (11,1 %), недвижимости (11,2 %) и производстве (10,2 %), подкрепленную конкурентными преимуществами в сельском хозяйстве, туризме и новых технологических секторах. Это расхождение отражает более широкие национальные закономерности: зависящее от ресурсов региональное развитие России (Сахалинская область) против ориентированной на сферу услуг и децентрализацию Японии (Хоккайдо). Стратегические приоритеты для Сахалина включают инвестиции в возобновляемые источники энергии, глубоководное рыболовство и арктическую логистику для снижения зависимости от ископаемого топлива, в то время как Хоккайдо использует свои сильные стороны в агротехнологиях и устойчивом туризме, одновременно решая проблему демографического спада. Оба региона сталкиваются с общими проблемами – необходимостью Сахалина смягчить последствия «голландской болезни» и «давлением» стареющего населения Хоккайдо, – подчеркивая всеобщее напряжение между краткосрочными выгодами специализации и долгосрочной устойчивостью диверсификации в эпоху энергетического перехода и экономической неопределенности.

Несмотря на санкции, введенные против России из-за геополитической ситуации, возможности увеличения поставок энергоносителей из Сахалинской области существуют. Во-первых, располагая уникальными географическими преимуществами, Сахалин находится всего в 50 километрах от японского побережья, что делает транспортировку газа экономически выгодной. По сравнению с другими поставщиками, такими как Австралия или Катар, расстояние до Японии оптимально для скорейших поставок, что снижает транспортные расходы и время доставки. Кроме того, в условиях увеличения цен на энергоносители в Европе и мире, предложение из проектов Сахалинской области может стать более при-

влекательным. С учетом последних тенденций на глобальном рынке, где цены на СПГ достигали рекордных уровней в 2022 г., стабильность и относительная доступность газа из России может предоставить Японии возможность снизить энергетические риски и избежать чрезмерных ценовых колебаний.

Комплексный анализ энергетического сотрудничества между Сахалинской областью и Японией показывает партнерство на критическом этапе, исторически основанное на взаимовыгодной торговле ресурсами, но теперь сталкивающееся с преобразующими вызовами и возможностями. Стратегическое положение Сахалина как стабильного поставщика энергии имеет основополагающее значение для энергетической безопасности Японии, обеспечивая импорт СПГ и нефти через проекты «Сахалин-1» и «Сахалин-2», одновременно стимулируя экономический рост на Дальнем Востоке России за счет японских инвестиций и технологического обмена. Богатство Сахалинской области топливными ресурсами и географическая близость к крупнейшим потребителям энергоресурсов создает благоприятные условия для сотрудничества с ключевыми странами Азиатско-Тихоокеанского региона (Японией, КНР, Южной Кореей).

Литература

1. Белов, А. Япония: экономика и бизнес / А. Белов // iknigi.com [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://iknigi.net/avtor-andrey-belov/145954-yaponiya-ekonomika-i-biznes-andrey-belov/read/page-32.html>.
2. Кузьмин, В. «Газпром» вернул Сахалин России / В. Кузьмин // RG.RU [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.rg.ru/2006/12/22/gazprom.html>.
3. О компании // Сахалинская Энерджи (Архив) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://web.archive.org/web/20150722131909/http://www.gazprom.ru/about/subsidiaries/list-items/sakhalin-energy>.
4. Оперативные показатели // Федеральная Служба Государственной Статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://rosstat.gov.ru>.
5. Сафина, С.С. Инвестиционная активность Японии в странах Латинской Америки / С.С. Сафина, Е.М. Толмачева // Reports Scientific Society. – 2024. – № 3(47). – С. 34–39.
6. Andrey Belov Energy Situation in Japan, Sanctions, and Sakhalin Projects // ResearchGate [Electronic resource]. – Access mode : https://www.researchgate.net/publication/370328168_Energy_Situation_in_Japan_Sanctions_and_Sakhalin_Projects.
7. Rocky Swift, Yuka Obayashi Explainer: Why Japan's power sector depends so much on LNG // Reuters [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.reuters.com/world/asia-pacific/why-japans-power-sector-depends-so-much-lng-2022-03-10>.
8. Sakhalin exception: the Russian energy Japan can't quit // FRANCE 24 [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.france24.com/en/live-news/20230119-sakhalin-exception-the-russian-energy-japan-can-t-quit>.
9. Statista Research Department Global LNG industry – statistics & facts // STATISTA [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.statista.com/statistics/1262074/global-lng-export-capacity-by-country>.
10. Transportation of liquefied natural gas // Energy education [Electronic resource]. – Access mode : https://energyeducation.ca/encyclopedia/Transportation_of_liquefied_natural_gas.
11. Япония в статистике // e-Stat [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.e-stat.go.jp>.

References

1. Belov, A. Iaponiia: ekonomika i biznes / A. Belov // iknigi.com [Electronic resource]. – Access mode : <https://iknigi.net/avtor-andrey-belov/145954-yaponiya-ekonomika-i-biznes-andrey-belov/read/page-32.html>.
2. Kuzmin, V. «Gazprom» vernul Sakhalin Rossii / V. Kuzmin // RG.RU [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.rg.ru/2006/12/22/gazprom.html>.
3. O kompanii // Sakhalinskaia Enerdzhi (Arkhiv) [Electronic resource]. – Access mode : <https://web.archive.org/web/20150722131909/http://www.gazprom.ru/about/subsidiaries/list-items/sakhalin-energy>.
4. Operativnye pokazateli // Federalnaia Sluzhba Gosudarstvennoi Statistiki [Electronic resource]. – Access mode : <https://rosstat.gov.ru>.
5. Safina, S.S. Investitsionnaia aktivnost Iaponii v stranakh Latinskoii Ameriki / S.S. Safina, E.M. Tolmacheva // Reports Scientific Society. – 2024. – № 3(47). – S. 34–39.
11. Iaponiia v statistike // e-Stat [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.e-stat.go.jp>.

Sakhalin Region and Japan: Problems and Prospects of Cooperation in the Fuel and Energy Sector

S.S. Safina, S.I. Anikievich, M.I. Amosov

*Saint Petersburg State University of Economics,
St. Petersburg (Russia)*

Key words and phrases: Sakhalin Region; Japan; Hokkaido; energy; liquefied natural gas.

Abstract. The aim of the work is to identify the main trends in energy cooperation between the Sakhalin Region and Japan (both in general and in the separate prefecture of Hokkaido). In accordance with the set goal, the following tasks were completed: to characterize the current state of energy cooperation between the Sakhalin Region and Japan, to compare the fuel and energy complex of the Sakhalin Region and the prefecture of Hokkaido. As a result of the study, the distribution of Sakhalin energy exports by Japanese prefectures was examined. A significant concentration of Russian energy exports was found in the central regions of Chiba (70 %) and Kanagawa (55 %), as well as in the geographically close prefecture of Hokkaido (25 %). The **HHI** (Herfindahl – Hirschman Index) was calculated for the Sakhalin Region and Hokkaido, which showed a high dependence of the former on mineral extraction (53.7 %), while the latter demonstrated economic diversification (tourism 25.3 %, agriculture 18.9 %). Geographical location position of the Sakhalin Region as a stable supplier is of strategic importance for Japan's energy security.

© С.С. Сафина, С.И. Аникиевич, М.И. Амосов, 2025

УДК 338.24

Анализ проблем и ограничений реализации государственной молодежной политики России

С.Г. Филатов, Е.Б. Хоменко

*ФГБОУ ВО «Российский экономический университет
имени Г.В. Плеханова»,
г. Москва (Россия)*

Ключевые слова и фразы: государственная молодежная политика; государственный менеджмент; мониторинг эффективности; ценностное управление.

Аннотация. В статье приведены результаты анализа реализации молодежной политики в России через призму ценностного управления, выявлены системные проблемы в этой сфере. Обосновано утверждение, что в условиях цифровизации традиционные механизмы передачи ценностей конкурируют с деструктивными влияниями глобального информационного пространства, требуя новых подходов в организации деятельности таких институтов, как Росмолодежь. В результате исследования выявлено противоречие между инновационным потенциалом молодежи и консервативными институциональными формами их реализации, поскольку молодежь сталкивается с бюрократическими барьерами, что приводит к разочарованию и отчуждению от официальных институтов. В этой связи в процессе реализации государственной молодежной политики требуется уделять особое внимание созданию условий для практической реализации ценностных ориентиров в повседневной жизни молодежи.

Реализация молодежной политики через призму ценностного управления в государственном менеджменте Российской Федерации сталкивается с рядом системных проблем и вызовов, которые требуют комплексного анализа и поиска решений. Одной из ключевых проблем на данный момент является кризис традиционных институтов социализации, таких как семья, система образования и трудовые коллективы, что приводит к фрагментации ценностных ориентиров молодежи и снижению эффективности их целенаправленного формирования. Как отмечают исследователи, современные социализационные процессы носят стихийный и малоуправляемый характер, что создает серьезные трудности для системной работы по ценностному воспитанию [1]. Особенно остро эта проблема проявляется в условиях цифровизации, когда традиционные механизмы передачи ценностей конкурируют с альтернативными, зачастую деструктивными влияниями из глобального информационного пространства. Росмолодежь в данном контексте сталкивается с необ-

ходимостью разработки новых подходов к ценностному управлению, которые учитывали бы как изменившиеся каналы коммуникации с молодежью, так и трансформацию самих механизмов усвоения ценностей.

Серьезным вызовом остается отсутствие единой системы ценностных координат в молодежной среде, что связано как с региональными различиями, так и с социально-экономическим расслоением [2]. Проведенные исследования показывают, что ценностные ориентации молодежи в разных регионах России могут существенно различаться, что требует дифференцированного подхода к реализации молодежной политики. Например, в промышленно развитых регионах более выражены ценности профессиональной самореализации, тогда как в сельских районах выше значимость семейных и традиционных ценностей.

Еще одной значимой проблемой является ограниченная эффективность существующих инструментов ценностного управления в условиях цифровой трансформации общества. Традиционные формы работы, такие как молодежные форумы и образовательные программы, хотя и сохраняют свою актуальность, но все чаще сталкиваются с проблемой «короткого» ценностного воздействия, когда полученные установки не закрепляются в повседневной практике молодых людей [3]. Анализ технологий формирования культуры гражданской активности исследователями показывает, что после интенсивного ценностного воздействия на мероприятиях и в рамках общественных организаций многие участники не находят возможностей для реализации усвоенных принципов в своей местной среде, что приводит к постепенной эрозии ценностных ориентиров.

Важным вызовом является противоречие между инновационным потенциалом молодежи и консервативными институциональными формами их реализации [4; 5]. Молодое поколение, являясь носителем новых идей и подходов, часто сталкивается с бюрократическими барьерами и неготовностью существующих структур к изменениям. Это приводит к разочарованию и отчуждению активной молодежи от официальных институтов, включая саму систему государственной молодежной политики. Росмолодежь, таким образом, оказывается в сложной ситуации, когда необходимо, с одной стороны, сохранять преемственность ценностных ориентиров, а с другой – создавать условия для реализации инновационного потенциала новых поколений.

Серьезной проблемой можно отметить и дефицит квалифицированных кадров в сфере молодежной политики, способных эффективно работать в парадигме ценностного управления. Исследования показывают, что во многих регионах сотрудники, ответственные за реализацию молодежной политики, не обладают необходимыми компетенциями для работы с ценностными аспектами, что приводит к формальному подходу в реализации программ и снижению их эффективности. Особенно остро эта проблема стоит в контексте необходимости учета психологических особенностей различных возрастных групп молодежи (14–19, 20–24, 25–29, 30–35 лет), каждая из которых требует особых подходов в ценностном воспитании [6].

Значимым вызовом является и влияние глобальных процессов на ценностные ориентации российской молодежи. В условиях информационной войны традиционные ценности сталкиваются с конкуренцией альтернативных мировоззренческих моделей, активно продвигаемых через глобальные медиа и цифровые платформы [7]. Росмолодежь сталкивается с необходимостью разработки конкурентоспособных форматов ценностного воздействия, которые могли бы эффективно противостоять этим вызовам, и особую сложность в этом контексте представляет поиск баланса между защитой традиционных ценностей и необходимостью адаптации к глобальным изменениям. Также проблемой является недо-

статочная системность в оценке эффективности ценностного управления. Существующие методы мониторинга часто ограничиваются количественными показателями (охват мероприятий, количество участников), не затрагивая качественные изменения в ценностных ориентациях молодежи. Это затрудняет корректировку программ и разработку адресных мер воздействия.

Дополнительным вызовом для реализации молодежной политики в России является и разрыв между ценностными декларациями и практикой их реализации на местах. Несмотря на разработанные стратегии и концепции, на региональном уровне часто наблюдается формальный подход к их исполнению, что снижает эффективность всей системы ценностного управления. Это связано как с недостатком ресурсов, так и с различиями в понимании приоритетов молодежной политики между федеральным центром и регионами.

Названные проблемы и вызовы требуют системного подхода к их решению: это включает в себя как модернизацию инструментов ценностного управления, развитие кадрового потенциала, совершенствование системы мониторинга и оценки, так и усиление координации между федеральным центром и регионами. Особое внимание должно быть уделено созданию условий для практической реализации ценностных ориентиров в повседневной жизни молодежи, что является ключевым условием эффективности всей системы ценностного управления в молодежной политике. Это закладывает основу для предложения нами на основе проведенного исследования концепции модели ценностного управления в молодежной политике Российской Федерации вместе с инструментами оценки ее эффективности.

Литература

1. Сикорская, Л.Е. Кризис институтов социализации современной молодежи / Л.Е. Сикорская // Вестник Костромского государственного университета. Серия: Педагогика. Психология. Социокинетика. – 2009. – № 4 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/krizis-institutov-sotsializatsii-sovremennoy-molodezhi>.
2. Маслодудова, Н.В. Ценностные ориентации современной молодежи российских регионов / Н.В. Маслодудова, В.Е. Шинкевич // Социально-гуманитарные знания. – 2019. – № 5 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/tsennostnye-orientatsii-sovremennoy-molodezhi-rossijskih-regionov>.
3. Домбровская, А.Ю. Технологии формирования культуры гражданской активности молодежи в деятельности общественных организаций России / А.Ю. Домбровская // Власть. – 2020. – № 6 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologii-formirovaniya-kultury-grazhdanskoy-aktivnosti-molodezhi-v-deyatelnosti-obschestvennyh-organizatsiy-rossii>.
4. Шурбе, В.З. Молодежь и молодежная бюрократия: качество взаимодействия / В.З. Шурбе // Социология власти. – 2008. – № 3 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/molodezh-i-molodezhnaya-byurokratiya-kachestvo-vzaimodeystviya>.
5. Филатов, С.Г. Сравнительный анализ инновационных подходов в системе публичного управления / С.Г. Филатов, К.О. Ермолина, Е.Б. Хоменко // Наука и бизнес: пути развития. – М. : НТФ РИМ. – 2024. – № 9(159). – С. 74–77.
6. Нурпеисова, А.В. Кадровое обеспечение молодежной политики / А.В. Нурпеисова, Е.М. Колмакова, И.Д. Колмакова // Общество, экономика, управление. – 2023. – № 1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/kadrovoe-obespechenie>.

molodyozhnoy-politiki.

7. Кузин, А.В. Совершенствование методики внедрения ценностного управления / А.В. Кузин // Economics. – 2016. – № 5(14) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-metodiki-vnedreniya-tsennostnogo-upravleniya>.

References

1. Sikorskaia, L.E. Krizis institutov sotsializatsii sovremennoi molodezhi / L.E. Sikorskaia // Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Pedagogika. Psikhologiya. Sotsiokinetika. – 2009. – № 4 [Electronic resource]. – Access mode : <https://cyberleninka.ru/article/n/krizis-institutov-sotsializatsii-sovremennoy-molodezhi>.

2. Maslodudova, N.V. Tcennostnye orientatsii sovremennoi molodezhi rossiiskikh regionov / N.V. Maslodudova, V.E. Shinkevich // Sotsialno-gumanitarnye znaniia. – 2019. – № 5 [Electronic resource]. – Access mode : <https://cyberleninka.ru/article/n/tsennostnye-orientatsii-sovremennoy-molodezhi-rossiiskikh-regionov>.

3. Dombrovskaia, A.Iu. Tekhnologii formirovaniia kultury grazhdanskoi aktivnosti molodezhi v deiatelnosti obshchestvennykh organizatsii Rossii / A.Iu. Dombrovskaia // Vlast. – 2020. – № 6 [Electronic resource]. – Access mode : <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologii-formirovaniya-kultury-grazhdanskoy-aktivnosti-molodezhi-v-deyatelnosti-obshchestvennykh-organizatsiy-rossii>.

4. Shurbe, V.Z. Molodezh i molodezhnaia biurokratiia: kachestvo vzaimodeistviia / V.Z. Shurbe // Sotsiologiya vlasti. – 2008. – № 3 [Electronic resource]. – Access mode : <https://cyberleninka.ru/article/n/molodezh-i-molodezhnaya-byurokratiya-kachestvo-vzaimodeystviya>.

5. Filatov, S.G. Sravnitelnyi analiz innovatsionnykh podkhodov v sisteme publichnogo upravleniia / S.G. Filatov, K.O. Ermolina, E.B. Khomenko // Nauka i biznes: puti razvitiia. – M. : NTF RIM. – 2024. – № 9(159). – S. 74–77.

6. Nurpeisova, A.V. Kadrovoe obespechenie molodezhnoi politiki / A.V. Nurpeisova, E.M. Kolmakova, I.D. Kolmakova // Obshchestvo, ekonomika, upravlenie. – 2023. – № 1 [Electronic resource]. – Access mode : <https://cyberleninka.ru/article/n/kadrovoe-obespechenie-molodyozhnoy-politiki>.

7. Kuzin, A.V. Sovershenstvovanie metodiki vnedreniia tcennostnogo upravleniia / A.V. Kuzin // Economics. – 2016. – № 5(14) [Electronic resource]. – Access mode : <https://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-metodiki-vnedreniya-tsennostnogo-upravleniya>.

Analysis of Problems and Constraints in the Implementation of State Youth Policy in Russia

S.G. Filatov, E.B. Khomenko

Plekhanov Russian University of Economics, Moscow (Russia)

Key words and phrases: public management; state youth policy; value-based management; performance monitoring.

Abstract. This article presents the results of the analysis of youth policy implementation in Russia through the lens of value-based management and identifies systemic problems in this area. It substantiates the assertion that, in the context of digitalization, traditional mechanisms for transmitting values compete with the destructive influences of the global information space,

requiring new approaches in the organization of institutions such as Rosmolodezh. The study reveals a contradiction between the innovative potential of young people and conservative institutional forms of their implementation, as young people face bureaucratic barriers, leading to frustration and alienation from official institutions. Therefore, the implementation of state youth policy requires special attention to creating conditions for the practical implementation of value-based guidelines in the daily lives of young people.

© С.Г. Филатов, Е.Б. Хоменко, 2025

List of Authors

Аксенов А.К. – кандидат технических наук, доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва (Россия), e-mail: AksenovAK@mgsu.ru

Aksenov A.K. – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Heat and Gas Supply and Ventilation, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow (Russia), e-mail: AksenovAK@mgsu.ru

Самоделова М.С. – аспирант Национального исследовательского Московского государственного строительного университета; государственный эксперт-инженер Московской государственной экспертизы, г. Москва (Россия), e-mail: masha9310@mail.ru

Samodelova M.S. – Postgraduate Student, National Research Moscow State University of Civil Engineering; State Expert Engineer, Moscow State Expertise, Moscow (Russia), e-mail: asha9310@mail.ru

Пухаренко Ю.В. – доктор технических наук, член-корреспондент РААСН, профессор кафедры технологии строительных материалов и метрологии Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета, г. Санкт-Петербург (Россия), e-mail: tsik54@yandex.ru

Pukhareno Yu.V. – Doctor of Engineering, Corresponding Member of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Professor, Department of Construction Materials Technology and Metrology, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg (Russia), e-mail: tsik54@yandex.ru

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: centeririna@spbgasu.ru

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: centeririna@spbgasu.ru

Ткаченко В.И. – ассистент кафедры технологии строительных материалов и метрологии Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета, г. Санкт-Петербург (Россия), e-mail: vikatren@gmail.com

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

Говоруха П.А. – кандидат технических наук, доцент кафедры технологий и организации строительного производства Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва (Россия), e-mail: GovoruhaPA@mgsu.ru

Govoruha P.A. – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Technologies and Organization of Construction Production, National Research Moscow State

University of Civil Engineering, Moscow (Russia), e-mail: GovoruhaPA@mgsu.ru

Диарассуба А. – аспирант Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва (Россия), e-mail: diarras.adamas@gmail.com

Diarassuba A. – Postgraduate Student, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow (Russia), e-mail: diarras.adamas@gmail.com

Серифу М.А. – преподаватель-исследователь, доцент (Матр де Конференс) на факультете UFR STRM в Университете Феликса Уфуэ-Буаньи, г. Абиджан (Кот-д'Ивуар), e-mail: smadamsdedjen@yahoo.fr

Serifou M.A. – Research Professor, Associate Professor, UFR STRM Department, Felix Houphouet-Boigny, Abidjan (Cote D'Ivoire), e-mail: smadamsdedjen@yahoo.fr

Сапронов Д.А. – студент Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва (Россия), e-mail: sapronov.dim@mail.ru

Sapronov D.A. – Student, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow (Russia), e-mail: sapronov.dim@mail.ru

Лучкина В.В. – кандидат экономических наук, доцент кафедры технологий и организации строительного производства Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва (Россия), e-mail: luchkinavv@mail.ru

Luchkina V.V. – Candidate of Science (Economics), Associate Professor, Department of Technologies and Organization of Construction Production, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow (Russia), e-mail: luchkinavv@mail.ru

Харламов С.К. – студент Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва (Россия), e-mail: xarlamov_semyon@mail.ru

Kharlamov S.K. – Student, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow (Russia), e-mail: xarlamov_semyon@mail.ru

Ярошевич М.П. – студент Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва (Россия), e-mail: maximyaroshevich1703@gmail.com

Yaroshevich M.P. – Student, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow (Russia), e-mail: maximyaroshevich1703@gmail.com

Хубаев А.О. – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и организации строительного производства Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва (Россия), e-mail: alan_khubaev@mail.ru

Khubaev A.O. – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Technologies and Organization of Construction Production, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow (Russia), e-mail: alan_khubaev@mail.ru

Голицын В.С. – студент Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва (Россия), e-mail: golytsyn137@mail.ru

Golitsyn V.S. – Student, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow (Russia), e-mail: golytsyn137@mail.ru

Лобуз В.В. – кандидат технических наук, доцент кафедры МТ-3 Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана; главный инженер Института по генеральному проектированию заводов тяжелого и транспортного машиностроения, г. Москва (Россия), e-mail: basill@bk.ru

Lobuz V.V. – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, MT-3 Department, Bauman Moscow State Technical University; Chief Engineer, Institute for General Design of Heavy and Transport Engineering Plants, Moscow (Russia), e-mail: basill@bk.ru

Панюшин И.В. – главный инженер проекта Института по генеральному проектированию заводов тяжелого и транспортного машиностроения, г. Москва (Россия), e-mail: paniushin@mail.ru

Panyushin I.V. – Chief Project Engineer, Institute for General Design of Heavy and Transport Engineering Plants, Moscow (Russia), e-mail: paniushin@mail.ru

Павлов А.В. – главный инженер проекта Института по генеральному проектированию заводов тяжелого и транспортного машиностроения, г. Москва (Россия), e-mail: pavlov.alexandr1@yandex.ru

Pavlov A.V. – Chief Project Engineer, Institute for General Design of Heavy and Transport Engineering Plants, Moscow, Russia, e-mail: pavlov.alexandr1@yandex.ru

Гулякин Д.В. – доктор педагогических наук, профессор кафедры архитектуры гражданских и промышленных зданий имени А.В. Титова Кубанского государственного технологического университета, г. Краснодар (Россия), e-mail: dvggti@yandex.ru

Gulyakin D.V. – Doctor of Education, Professor, Department of Architecture of Civil and Industrial Buildings named after A.V. Titov, Kuban State Technological University, Krasnodar (Russia), e-mail: dvggti@yandex.ru

Кошелева С.А. – студент Кубанского государственного технологического университета, г. Краснодар (Россия), e-mail: dvggti@yandex.ru

Kosheleva S.A. – Student, Kuban State Technological University, Krasnodar (Russia), e-mail: dvggti@yandex.ru

Бердник А.А. – студент Кубанского государственного технологического университета, г. Краснодар (Россия), e-mail: dvggti@yandex.ru

Berdnik A.A. – Student, Kuban State Technological University, Krasnodar (Russia), e-mail: dvggti@yandex.ru

Чайка М.И. – студент Кубанского государственного технологического университета, г. Краснодар (Россия), e-mail: dvggti@yandex.ru

Chaika M.I. – Student, Kuban State Technological University, Krasnodar (Russia), e-mail: dvggti@yandex.ru

Зайцева И.В. – кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой

высшей математики и физики Российского государственного гидрометеорологического университета, г. Санкт-Петербург (Россия), e-mail: rina.zaitseva.stv@yandex.ru

Zaitseva I.V. – Candidate of Science (Physics and Mathematics), Associate Professor, Head of Department of Higher Mathematics and Physics, Russian State Hydrometeorological University, St. Petersburg (Russia), e-mail: rina.zaitseva.stv@yandex.ru

Казначеева О.Х. – кандидат педагогических наук, доцент, заведующий кафедрой экономики, управления и информационных технологий Невинномысского государственного гуманитарно-технического института, г. Невинномысск (Россия), e-mail: o.k4znacheeva@yandex.ru

Kaznacheeva O.Kh. – Candidate of Science (Pedagogy), Associate Professor, Head of the Department of Economics, Management, and Information Technology, Nevinnomyssk Institute for Humanities and Technology, Nevinnomyssk (Russia), e-mail: o.k4znacheeva@yandex.ru

Долгополова А.Ф. – кандидат экономических наук, доцент кафедры математики Ставропольского государственного аграрного университета, г. Ставрополь (Россия), e-mail: dolgopolova.a@mail.ru

Dolgopolova A.F. – Candidate of Science (Economics), Associate Professor, Department of Mathematics, Stavropol State Agrarian University, Stavropol (Russia), e-mail: dolgopolova.a@mail.ru

Скворцова О.И. – преподаватель физико-технического факультета Северо-Кавказского федерального университета, г. Ставрополь (Россия), e-mail: olga-skvorcova2015@yandex.ru

Skvortsova O.I. – Lecturer, Physics and Technology Faculty, North Caucasus Federal University, Stavropol (Russia), e-mail: olga-skvorcova2015@yandex.ru

Шиков Ю.А. – аспирант Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна, г. Санкт-Петербург (Россия), e-mail: shikovyura@gmail.com

Shikov Yu.A. – Postgraduate Student, St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, St. Petersburg (Russia), e-mail: shikovyura@gmail.com

Богданов А.И. – доктор технических наук, профессор кафедры экономики и финансов Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна, г. Санкт-Петербург (Россия), e-mail: abogd1@rambler.ru

Bogdanov A.I. – Doctor of Engineering, Professor, Department of Economics and Finance, St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, St. Petersburg (Russia), e-mail: abogd1@rambler.ru

Никитина Л.Н. – доктор технических наук, профессор кафедры экономики и финансов Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна, г. Санкт-Петербург (Россия), e-mail: kafedraekonomiki@yandex.ru

Nikitina L.N. – Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Economics and Finance, St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, St. Petersburg

(Russia), e-mail: kafedraekonomiki@yandex.ru

Шиков П.А. – доктор технических наук, профессор кафедры экономики и финансов Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна, г. Санкт-Петербург (Россия), e-mail: pavel.shikov@mail.ru

Shikov P.A. – Doctor of Engineering, Professor, Department of Economics and Finance, St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, St. Petersburg (Russia), e-mail: pavel.shikov@mail.ru

Агапов-Иванов А.А. – аспирант Российского государственного гидрометеорологического университета, г. Санкт-Петербург (Россия), e-mail: tmbprint@mail.ru

Agapov-Ivanov A.A. – Postgraduate Student, Russian State Hydrometeorological University, St. Petersburg (Russia), e-mail: tmbprint@mail.ru

Воронкова О.В. – доктор экономических наук, профессор кафедры экономики и управления Российского государственного гидрометеорологического университета, г. Санкт-Петербург (Россия), e-mail: nauka-bisnes@mail.ru

Voronkova O.V. – Doctor of Economics, Professor, Department of Economics and Management, Russian State Hydrometeorological University, St. Petersburg (Russia), e-mail: nauka-bisnes@mail.ru

Сафина С.С. – кандидат географических наук, доцент кафедры региональной экономики и природопользования Санкт-Петербургского государственного экономического университета, г. Санкт-Петербург (Россия), e-mail: safina.sazhida@mail.ru

Safina S.S. – Candidate of Science (Geography), Associate Professor, Department of Regional Economics and Nature Management, St. Petersburg State University of Economics, St. Petersburg (Russia), e-mail: safina.sazhida@mail.ru

Аникиевич С.И. – студент Санкт-Петербургского государственного экономического университета, г. Санкт-Петербург (Россия), e-mail: s.anikievitch@yandex.ru

Anikievich S.I. – Student, St. Petersburg State University of Economics, St. Petersburg (Russia), e-mail: s.anikievitch@yandex.ru

Амосов М.И. – кандидат географических наук, доцент кафедры физической географии и ландшафтного планирования Института Наук о Земле Санкт-Петербургского государственного университета, г. Санкт-Петербург (Россия), e-mail: m.amosov@spbu.ru

Amosov M.I. – Candidate of Science (Geography), Associate Professor, Department of Physical Geography and Landscape Planning, Institute of Earth Sciences, St. Petersburg State University, St. Petersburg (Russia), e-mail: m.amosov@spbu.ru

Филатов С.Г. – аспирант Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова, г. Москва (Россия), e-mail: sergey-filatov-99@mail.ru

Filatov S.G. – Postgraduate Student, Plekhanov Russian University of Economics, Moscow (Russia), e-mail: sergey-filatov-99@mail.ru

Хоменко Е.Б. – доктор экономических наук, профессор кафедры инновационного менедж-

мента и социального предпринимательства Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова, г. Москва (Россия), e-mail: Homenko.EB@rea.ru

Khomenko E.B. – Doctor of Economics, Professor, Department of Innovation Management and Social Entrepreneurship, Plekhanov Russian University of Economics, Moscow (Russia), e-mail: Homenko.EB@rea.ru

FOR NOTES

COMPONENTS OF SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL PROGRESS
№ 10(112) 2025
SCIENTIFIC AND PRACTICAL JOURNAL

Manuscript approved for print 20.10.25
Format 60.84/8
Conventional printed sheets 12.32
Published pages 4.15
200 printed copies
The price is 300 rubles.
16+

NTF RIM LLC