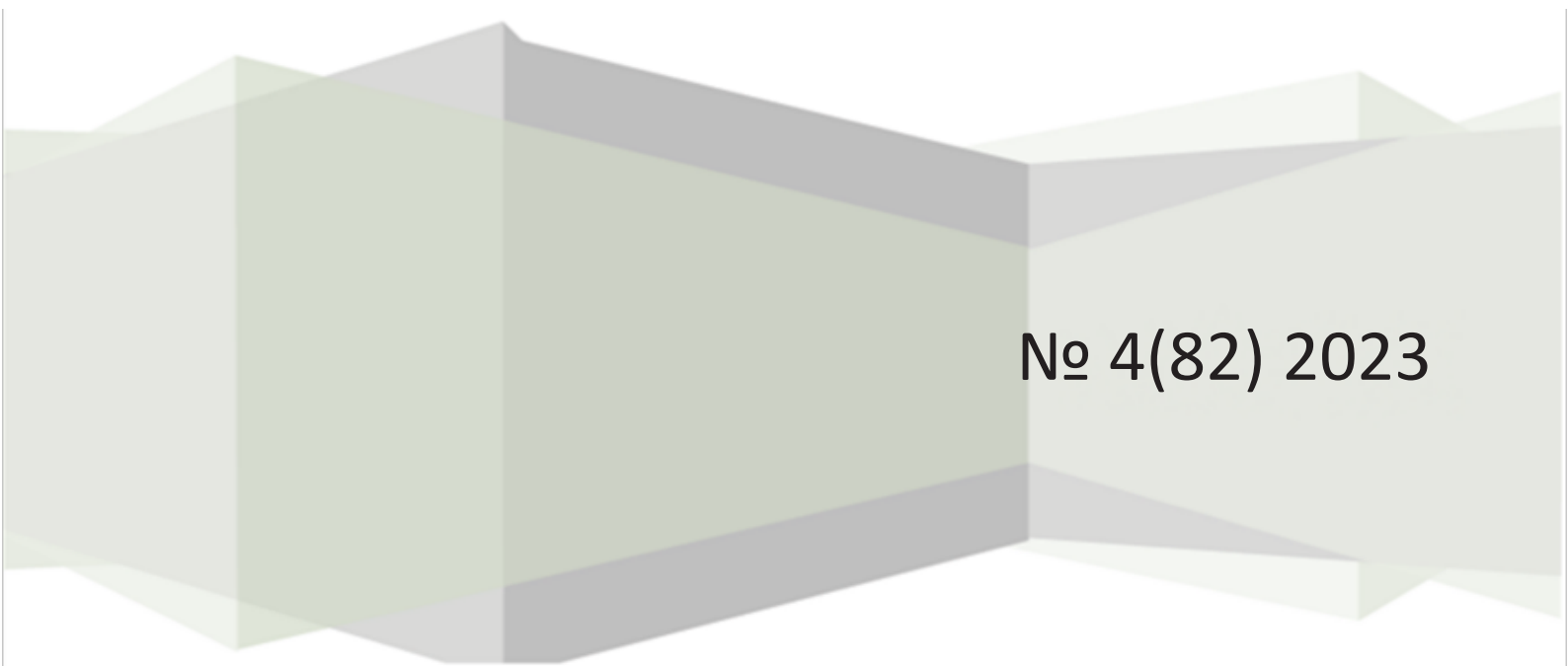


ISSN 1997-9347

# Components of Scientific and Technological Progress

*SCIENTIFIC AND PRACTICAL JOURNAL*



№ 4(82) 2023

Paphos, Cyprus, 2022

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

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

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

**Chief editor**  
Vyacheslav Tyutyunnik

**Page planner:**  
Marina Karina

**Copy editor:**  
Natalia Gunina

**Director of public relations:**  
Ellada Karakasidou

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

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

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

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

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

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

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

## ADVISORY COUNCIL

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## Содержание

### *Строительные конструкции, здания и сооружения*

- Султанов И., Фахратов М.А.** Выбор рационального метода зимнего бетонирования ..... 8
- Топилин А.Н., Веркеенко М.А., Варламова А.Д.** Расчет предварительно напряженных конструкций без сцепления криволинейно расположенной арматуры с бетоном ..... 12

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

- Зубарев К.П., Туровец П.К.** Современные методы математического моделирования работы солнечных панелей в условиях эксплуатации ..... 23
- Мельников Е.В., Ковылин А.В.** Исследование материалов и процессов обогрева и теплоизоляции трубопроводов горячего и холодного водоснабжения, тепловых сетей, газопроводов ..... 31
- Туровец П.К., Зубарев К.П.** Исследование современных методов оптимизации работы фотоэлектрических панелей в условиях эксплуатации ..... 36

### *Строительные материалы и изделия*

- Иванов П.С.** Подготовка и планирование трехфакторного эксперимента при проведении исследования процесса измельчения в конусной вибрационной мельнице ..... 44

### *Технология и организация строительства*

- Лapidус А.А., Фатуллаев Р.С., Ткаченко А.А., Сабанов Г.А.** Осуществление функций технического заказчика при капитальном ремонте жилых зданий ..... 50

### *Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства*

- Брижанин В.В., Остах С.В., Сударикова Е.В.** Информационно-алгоритмическое обеспечение многоуровневого мониторинга выбросов парниковых газов ..... 56
- Старчикова Е.С., Прилипов А.С.** Экологическая политика России ..... 64

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

**Бекузаров О.А.** Сочетание объектов культуры с окружающей застройкой (на примере отдельных зданий Москвы, Санкт-Петербурга и Пекина) ..... 68

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

**Абрамов И.Л., Ратомская В.С.** Sip Math Modeler Tools как метод определения рисков при строительстве промышленных объектов ..... 74

**Даюб Нбрас, Фахратов М.А., Требухин А.Ф., Фахратов В.М.** Будущие аспекты использования современных технологий при реконструкции зданий ..... 82

**Кабанов А.С., Евсеев А.Д., Прутян А.Д.** Особенности подготовительного периода строительства АЭС с учетом контрактных ограничений ..... 89

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

**Зырянов М.А., Ступак П.В., Непомнящий В.С., Сергаев С.О.** Обоснование целесообразности переработки отдельных частей биомассы дерева ..... 95

**Зырянов М.А., Швецова И.Г., Сурничев В.Л., Семенов Е.А.** Анализ влияния климатических условий Крайнего Севера на работоспособность лесозаготовительного и деревоперерабатывающего оборудования ..... 99

**Зырянов М.А., Швецова И.Г., Сурничев В.Л., Семенов Е.А.** Проектирование конструкции ротора установки для измельчения хвои ..... 106

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

**Морозова А.В., Мукутадзе М.А.** Разработка математической модели для анализа экономического эффекта и его прогнозирования для модифицированной конструкции радиального подшипника скольжения ..... 115

### ***Финансы***

**Semenova Yu.E., Voronkova O.V., Ostrovskaya E.N., Gribanovskaya S.V.** Higher Education or Online Courses? ..... 126

### ***Менеджмент***

**Ревунов С.В.** Возобновляемая энергетика Ростовской области в парадигме устойчивого развития ..... 131

## Contents

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

- Sultanov I., Fakhratov M.A.** Choosing a Rational Method of Winter Concreting ..... 8
- Topilin A.N., Verkeenko M.A., Varlamova A.D.** Calculation of Prestressed Structures Using Reinforcement Without Concrete-To-Steel Bond and Located Curvedly..... 12

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

- Zubarev K.P., Turovets P.K.** Modern Methods of Mathematical Modeling of the Operation of Solar Panels in Operating Conditions ..... 23
- Melnikov E.V., Kovylin A.V.** The Study of Materials and Processes for Heating and Thermal Insulation of Pipelines for Hot and Cold Water Supply, Heating Networks, Gas Pipelines..... 31
- Turovets P.K., Zubarev K.P.** The Study of Modern Methods for Optimizing the Operation of Photovoltaic Panels in Operating Conditions ..... 36

### *Building Materials and Products*

- Ivanov P.S.** Preparation and Planning of a Three-Factor Experiment in the Study of the Grinding Process in a Cone Vibrating Mill ..... 44

### *Construction Technology and Management*

- Lapidus A.A., Fatullaev R.S., Tkachenko A.A., Sabanov G.A.** Implementation of the Functions of a Technical Customer during the Overhaul of Residential Buildings ..... 50

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

- Brizhanin V.V., Ostakh S.V., Sudarikova E.V.** Information and Algorithmic Support for Multilevel Monitoring of Greenhouse Gas Emissions..... 56
- Starchikova E.S., Prilipov A.S.** Environmental Policy of Russia ..... 64

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

- Bekuzarov O.A.** The Combination of Cultural Objects with the Surrounding Buildings (On the Example of Individual Buildings in Moscow, St. Petersburg and Beijing) ..... 68

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

- Abramov I.L., Ratomskaya V.S.** Sip Math Modeler Tools as a Method for Determining Risks in the Construction of Industrial Facilities..... 74
- Dayub Nbras, Fakhratov M.A., Trebukhin A.F., Fakhratov V.M.** Future Aspects of the Use of Modern Technologies in the Reconstruction of Buildings..... 82
- Kabanov A.S., Evseev A.D., Prutyay A.D.** Features of the Preparatory Period for the Construction of a Nuclear Power Plant Given the Contractual Features ..... 89

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

- Zyryanov M.A., Stupak P.V., Nepomnyashchiy V.S., Sergaev S.O.** Justification of the Feasibility of Processing Individual Parts of Wood Biomass ..... 95
- Zyryanov M.A., Shvetsova I.G., Surnichev V.L., Semenenko E.A.** The Analysis of the Influence of Climatic Conditions of the Far North on the Efficiency of Logging and Wood Processing Equipment..... 99
- Zyryanov M.A., Shvetsova I.G., Surnichev V.L., Semenenko E.A.** Designing Constructions of the Rotor of the Plant for Crushing Pine Needle ..... 106

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

- Morozova A.V., Mukutadze M.A.** The Development of a Mathematical Model for the Analysis of the Economic Effect and its Prediction for a Modified Design of a Radial Sliding Bearing.....115

***Finance***

- Семенова Ю.Е., Воронкова О.В., Островская Е.Н., Грибановская С.В.** Высшее образование или онлайн-курсы? ..... 126

***Management***

- Revunov S.V.** Renewable Energy of the Rostov Region in the Paradigm of Sustainable Development..... 131

УДК 69.693

## Выбор рационального метода зимнего бетонирования

И. Султанов, М.А. Фахратов

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

**Ключевые слова и фразы:** анализ методов бетонирования; бетонирование при отрицательной температуре; способы прогрева бетона.

**Аннотация.** Развитие гражданского строительства тесно связано с использованием монолитных железобетонных конструкций, благодаря его положительным свойствам по сравнению со сборным железобетоном и металлом. Однако монолитное строительство имеет свои недостатки и проблемы. Производство бетонных изделий на заводах не сильно зависит от сезонной температуры, а при возведении монолитных бетонных конструкций при температуре ниже 5 °С необходимо принимать особые меры из-за замедления отверждения и риска разрушения молодого бетона. Цель статьи заключается в выборе рационального метода зимнего бетонирования. Задачи, соответственно, – рассмотреть и сравнить методы зимнего бетонирования. Научная гипотеза состоит в предположении возможности применения различных методов для разных условий. Методы исследования: сравнение, анализ, синтез. Результаты: анализ и выбор метода зимнего бетонирования.

Бетон – это искусственный строительный материал, состоящий из цементного связующего, крупного и мелкого наполнителя, а также из воды. Благодаря химической реакции между водой и цементом образуется цементный камень, который объединяет частицы наполнителя в монолит. Раннее замерзание бетона приводит к значительному снижению прочности, поэтому необходимо предотвратить замерзание воды в бетонной смеси.

Для решение проблемы зимнего бетонирования и для обеспечения благоприятных условий для твердения и формирования структуры бетона разработаны и используются различные методы. Их делят на две группы: безобогревные и обогревные.

Безобогревные методы не предусматривают использование дополнительной тепловой энергии (метод термоса, применение противоморозных веществ).

Обогревные методы предусматривают дополнительное подогревание бетона. Для обогрева используются следующие средства:

- 1) прогрев бетона кабелями;



Таблица 1. Сравнение технико-экономических показателей

Наименование способа (метода) зимнего бетонирования	Необходимость использования электроэнергии	Необходимость использования специализированного оборудования и инвентаря	Наличие квалифицированной рабочей силы	Зависимость от температуры окружающей среды
Термос	+	–	–	+
Применение противоморозных веществ	–	–	–	–
Электродный прогрев	+	Устройство для прогрева, трансформаторы	+	–
Электрообогрев греющим проводом	+	Провода, трансформаторы	–	–
Инфракрасный обогрев	+	Устройство инфракрасного прогрева, трансформаторы	+	–
Применение греющей опалубки	+	Трансформаторы и специализированные установки.	–	–
Индукционный обогрев	+	Трансформаторы и устройство для индукционного прогрева	+	–

Таблица 2. Технико-экономические показатели

Название методов	Трудовые затраты	Электроэнергетические расходы
	Единицы измерения	
	чел. час.	кВт*ч
Применение противоморозных веществ	0,13	–
Метод «термоса»	0,9	50–80
Обогрев греющими проводами	4,07	80–110
Электродный прогрев	3,03	80–120
Индукционный прогрев	22,5	120–180
Обогрев бетона в греющей опалубке	22,46	187,5
Инфракрасный прогрев	5,25	120–200

- 2) электродный прогрев;
- 3) обогрев в греющей опалубке;
- 4) индукционный прогрев бетона;
- 5) обогрев инфракрасными лучами.

Выбор оптимального способа зависит от таких факторов, как температура окружающей среды, примененные добавки в бетоне, качество материалов и характеристики поверхности. Кроме того, следует учитывать экономическую эффективность, простоту и бы-

строту выполнения бетонных работ, то есть технико-экономические показатели.

Заключительный выбор подходящего метода зимнего бетонирования осуществляется путем анализа технико-экономических показателей для определенного типа конструкции, рассчитанных на 1 м<sup>3</sup> бетона.

В табл. 2 представлено сравнение различных методов зимнего бетонирования с использованием показателей трудозатрат (чел.-час) и расхода электроэнергии (кВт·ч), определяющих энергоемкость метода, которая является фактором, ограничивающим темпы выполнения определенных работ.

На данный момент существуют хорошо отработанные способы строительства бетонных и железобетонных конструкций при температурах –25...–35 °С.

Представлено краткое руководство по выбору зимнего бетонирования с учетом конструктивных особенностей зданий и сооружений, времени, необходимого для укладки бетона и прочности, а также возможности электроснабжения.

Сопоставление технико-экономических показателей подтверждает предпочтительность использования метода «термоса». Однако сравнение достоинств и недостатков каждой технологии показывает, что применение обогрева греющими проводами является также перспективным.

### Литература

1. Красновский, Б.М. Инженерно-физические основы методов зимнего бетонирования / Б.М. Красновский. – М. : Изд-во ГАСИС, 2007. – 467 с.
2. Красновский, Б.М. Выполнение бетонных работ: зимнее бетонирование. В 2 ч. : учеб. пособие для среднего профессионального образования; 3-е изд., испр. и доп. / Б.М. Красновский. – М. : Юрайт, 2023. – Ч. 1. – 286 с.
3. Красновский, Б.М. Выполнение бетонных работ: зимнее бетонирование. В 2 ч. : учеб. пособие для среднего профессионального образования; 3-е изд., испр. и доп. / Б.М. Красновский. – М. : Юрайт, 2023. – Ч. 2. – 231 с.
4. Крылов, Б.А. Руководство по прогреву бетона в монолитных конструкциях / Б.А. Крылов, С.А. Амбарцумян, А.И. Звездов. – РААСН, НИИЖБ, 2005. – 275 с.
5. Головнев, С.Г. Производство бетонных работ в зимних условиях. Обеспечение качества и эффективности / С.Г. Головнев, Ю.М. Красный, Д.Ю. Красный. – М. : Инфра-инженерия, 2012. – 334 с.
6. Гныря, А.И. Технология бетонных работ в зимних условиях : учеб. пособие / А.И. Гныря, С.В. Коробков. – Томск : Томский гос. архит.-строит. ун-т, 2015. – 412 с.
7. Головнев, С.Г. Технология зимнего бетонирования. Оптимизация параметров и выбор методов / Головнев С.Г.; ЮУРГУ, 1999. – 148 с.
8. Баженов, Ю.М. Технология бетона / Ю.М. Баженов. – М. : АСВ, 2003. – 410 с.
9. Фахратов, М.А. Добавки для самоуплотняющихся бетонных смесей / М.А. Фахратов, А.Р. Эртуев // Перспективы науки. – Тамбов : ТМБпринт. – 2019. – № 5(116). – С. 73–77.

### References

1. Krasnovskij, B.M. Inzhenerno-fizicheskie osnovy metodov zimnego betonirovaniya / B.M. Krasnovskij. – M. : Izd-vo GASIS, 2007. – 467 s.
2. Krasnovskij, B.M. Vypolnenie betonnykh rabot: zimnee betonirovanie. V 2 ch. : ucheb.

posobie dlya srednego professionalnogo obrazovaniya; 3-e izd., ispr. i dop. / B.M. Krasnovskij. – M. : YUrajt, 2023. – CH. 1. – 286 s.

3. Krasnovskij, B.M. Vypolnenie betonnykh rabot: zimnee betonirovanie. V 2 ch. : ucheb. posobie dlya srednego professionalnogo obrazovaniya; 3-e izd., ispr. i dop. / B.M. Krasnovskij. – M. : YUrajt, 2023. – CH. 2. – 231 s.

4. Krylov, B.A. Rukovodstvo po progrevu betona v monolitnykh konstruksiyakh / B.A. Krylov, S.A. Ambartsumyan, A.I. Zvezdov. – RAASN, NIIZHB, 2005. – 275 s.

5. Golovnev, S.G. Proizvodstvo betonnykh rabot v zimnikh usloviyakh. Obespechenie kachestva i effektivnosti / S.G. Golovnev, YU.M. Krasnyj, D.YU. Krasnyj. – M. : Infra-inzheneriya, 2012. – 334 s.

6. Gnyrya, A.I. Tekhnologiya betonnykh rabot v zimnikh usloviyakh : ucheb. posobie / A.I. Gnyrya, S.V. Korobkov. – Tomsk : Tomskij gos. arkhitekt.-stroit. un-t, 2015. – 412 s.

7. Golovnev, S.G. Tekhnologiya zimnego betonirovaniya. Optimizatsiya parametrov i vybor metodov / Golovnev S.G.; YUURGU, 1999. – 148 s.

8. Bazhenov, YU.M. Tekhnologiya betona / YU.M. Bazhenov. – M. : ASV, 2003. – 410 s.

9. Fakhratov, M.A. Dobavki dlya samouplotnyayushchikhsya betonnykh smesey / M.A. Fakhratov, A.R. Ertuev // Perspektivy nauki. – Tambov : TMBprint. – 2019. – № 5(116). – S. 73–77.

---

### Choosing a Rational Method of Winter Concreting

I. Sultanov, M.A. Fakhratov

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

**Key words and phrases:** concreting at negative temperature; methods of concrete heating; analysis of methods.

**Abstract.** The development of civil engineering is closely related to the use of monolithic reinforced concrete structures, due to their positive properties in comparison with precast reinforced concrete and metal structures. However, monolithic construction has its drawbacks and problems. As the production of concrete products in factories shows, it does not depend much on seasonal temperature, and when constructing monolithic concrete structures at temperatures below 5 °C special measures must be taken because of the slowing down of curing and the risk of destruction of young concrete. The purpose of the article is to compare and choose a rational method of winter concreting. The tasks are to consider and compare methods. The scientific hypothesis consists in the assumption of the possibility of using methods for different conditions. The methods are comparison, analysis, synthesis. The study resulted in the analysis and selection of winter concreting method.

---

© И. Султанов, М.А. Фахратов, 2023

УДК 69.058(075.32)

## Расчет предварительно напряженных конструкций без сцепления криволинейно расположенной арматуры с бетоном

А.Н. Топилин, М.А. Веркеенко, А.Д. Варламова

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

**Ключевые слова и фразы:** Abaqus; балка без сцепления арматуры с бетоном; моностренд; предварительное натяжение.

**Аннотация.** Целью данного исследования является разработка предложений по расчету железобетонной балки без сцепления бетона с криволинейно расположенной канатной арматурой (моностренд) с учетом положительного влияния реактивного момента предварительно обжатия на ее несущую способность.

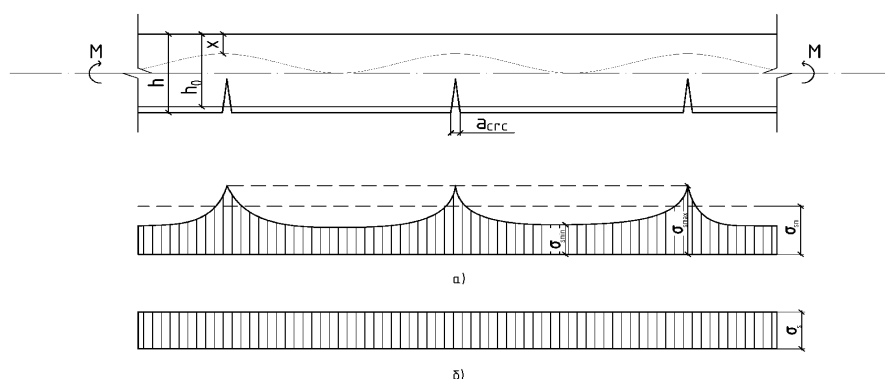
В соответствии с поставленной целью решались следующие задачи:

- исследование повышения несущей способности преднапряженных элементов без сцепления арматуры с бетоном по сравнению с действующими нормами расчета таких конструкций;
- учет влияния реактивного момента преднапряжения как внешнего фактора при определении прочности по нормальному сечению балки.

Научно-техническая гипотеза исследования состоит в предположении положительного влияния реактивного момента, вызванного криволинейным расположением напрягаемой арматуры, на несущую способность изгибаемых железобетонных конструкций без сцепления между напрягаемой арматурой и бетоном.

Для достоверности предположений проведено численное моделирование в программном комплексе Abaqus напряженно деформированного состояния аналогичной балки вплоть до разрушения. Выполнен анализ полученных результатов и сформулированы выводы о работе конструкций такого типа.

Предварительно напряженные конструкции без сцепления арматуры с бетоном отличаются от традиционных тем, что напрягаемая канатная арматура располагается в поли-



**Рис. 1.** Эпюры распределения напряжений в арматуре балки:  
а) со сцеплением арматуры с бетоном; б) без сцепления арматуры с бетоном

пропиленовой трубке и покрыта смазкой, которая защищает арматуру от коррозии и позволяет арматуре двигаться относительно трубки [1; 2].

В традиционных изгибаемых конструкциях после появления нормальных трещин максимальные напряжения в арматуре достигаются именно в сечениях с трещинами (рис. 1а).

В конструкциях без сцепления арматуры с бетоном появление и раскрытие трещин вызывает лишь небольшую деформацию  $\sum a_{crc}$ , распределенную по всей длине каната и вызывающую незначительный прирост напряжений  $\Delta\sigma_s$ , соизмеримый с потерями преднапряжения:

$$\varepsilon_s = \frac{\sum a_{crc}}{l_0}, \quad (1)$$

$$\Delta\sigma_s = \frac{\sum a_{crc} \cdot E_s}{l_0}. \quad (2)$$

Этот эффект учитывается нормами строительного проектирования железобетонных конструкций.

Значение предельных напряжений в арматуре без сцепления, согласно EN 1992-1-1-2011 [3], принимается равным начальному предварительному напряжению  $\sigma_{sp}$ .

Значение предельных напряжений в арматуре без сцепления согласно СП 63.13330.2018 [4]:

$$\sigma_s = 150 \left( \frac{0,4h_0}{x} - 1 \right) + \sigma_{sp} \leq 0,85R_s. \quad (3)$$

В соответствии с методическими указаниями [5]:

$$\sigma_{s,u} = \sigma_{sp} + \Delta\sigma_{s,u} = \sigma_{sp} + 70 \left( \frac{0,6}{\xi} - 1 \right) \leq 0,8R_s, \quad (4)$$

где  $\Delta\sigma_{s,u}$  – приращение напряжения от внешней нагрузки.

Большинство исследователей данных конструкций основное внимание уделяют опре-

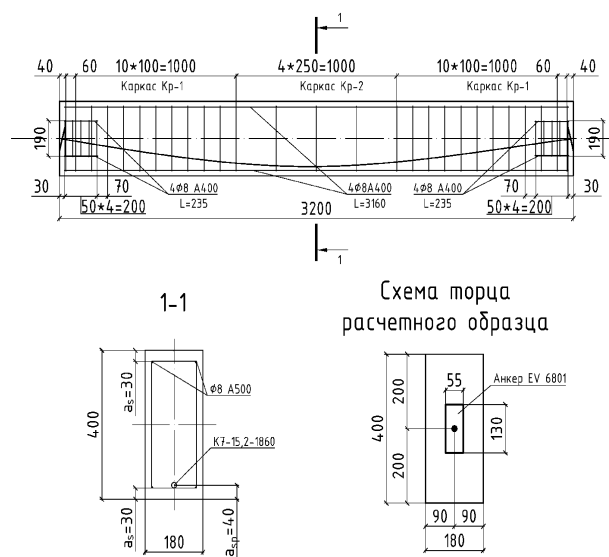


Рис. 2. Схема армирования балки

делению напряжения в преднапряженной арматуре в момент разрушения конструкции [6–14].

Исходя из этого следует, что напряжения в канатной арматуре в предельном состоянии меньше, чем условный предел текучести  $R_s$ , следовательно, арматура остается в упругой стадии работы. Это позволяет сделать вывод, что эффект предварительного напряжения (отпор) сохраняется и его можно учитывать на стадии разрушения конструкции как внешний момент обратного знака [15–17], в то время как в нормативных документах несущая способность элемента определяется традиционным образом как внутренний момент сечения  $M_{ult}$ .

### Метод исследования

Рассматриваются действующие методы расчета указанных конструкций, предложенные СП 63.13330.2018 [4] и методическим пособием [5], в сравнении с конечно элементной моделью.

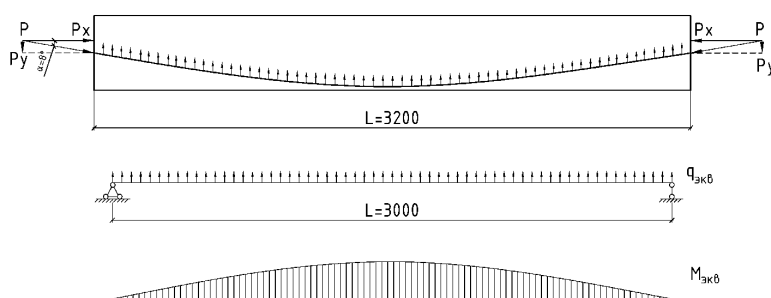
Объектом исследования является железобетонная балка с геометрическими и прочностными характеристиками, полученными в результате испытаний материалов и конструкций реальных образцов из эксперимента Кэо Ун [15–17].

Размеры образца 180×400×3200 мм. Схема армирования балки представлена на рис. 2.

В качестве преднапряженного армирования используется канатная арматура К7-15,2-1860 по ГОСТ Р 53772-2010 [18].

Прочность бетона и арматуры по испытаниям образцов принята  $R_b = 37,93$  МПа и  $R_s = 563$  МПа соответственно. Предварительное напряжение с учетом всех потерь составило  $\sigma_{sp} = 944,1$  МПа.

Криволинейное расположение предварительно напряженной арматуры соответствует линиям действия главных растягивающих напряжений в изгибаемых элементах [14; 19–23].



**Рис. 3.** Схема распределения усилий, вызванных предварительным напряжением криволинейной арматуры

При таком расположении арматуры (моностренд) возникает реактивный момент, который можно учитывать при определении несущей способности элемента (рис. 3). Однако при этом необходимо учитывать увеличение силы трения между арматурой и каналообразователем при натяжении.

Реактивный момент определяется в соответствии с рис. 3, где  $\alpha$  – угол наклона каната к продольной оси на опоре.

Вертикальная составляющая предварительного обжатия балки определяется по формуле:

$$P_y = P \sin \alpha,$$

где  $P$  – сила предварительного обжатия с учетом всех потерь.

Тогда эквивалентная равномерно распределенная сила, выгибающая балку вверх, будет равна:

$$q_{\text{экв.}} = \frac{2}{l} P \sin \alpha.$$

Исходя из этого, реактивный момент будет равен:

$$M_{\text{реакт.}} = q_{\text{экв.}} \frac{l_0^2}{8}.$$

Условие прочности с учетом реактивного момента выглядит следующим образом:

$$M_{\text{внеш.}} - M_{\text{реакт.}} \leq M_{\text{ult}}$$

С учетом собственного веса балки:

$$M_{\text{внеш.}} \leq (M_{\text{ult}} - M_{\text{св}}) + M_{\text{реакт.}}$$

В окончательном варианте условие прочности принимает вид:

$$M_{\text{внеш.}} \leq R_b b x (h_0 - 0,5x) + R_s A_s (a_{sp} - a) - M_{\text{св}} + q_{\text{экв.}} \frac{l_0^2}{8}.$$

Верхняя арматура не учитывается, так как (в нашем случае)  $x < 2a'$ .

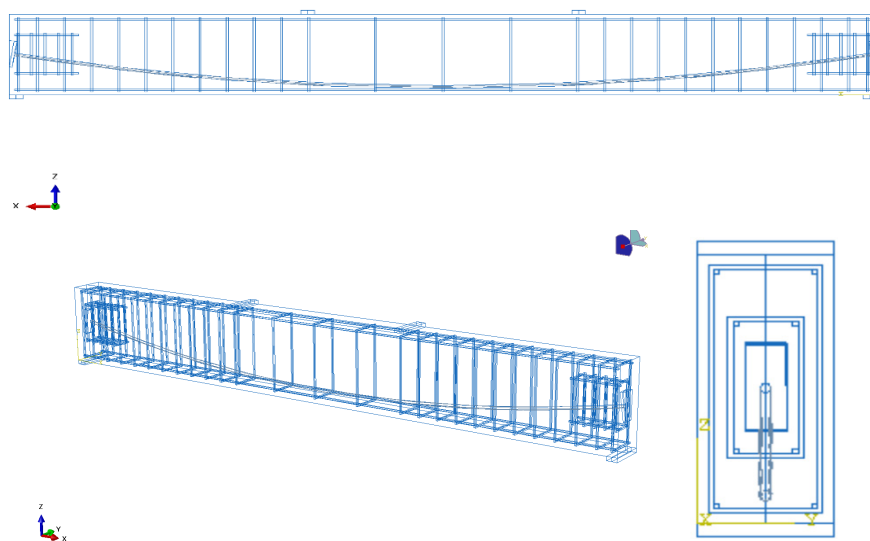


Рис. 4. Компьютерная модель балки

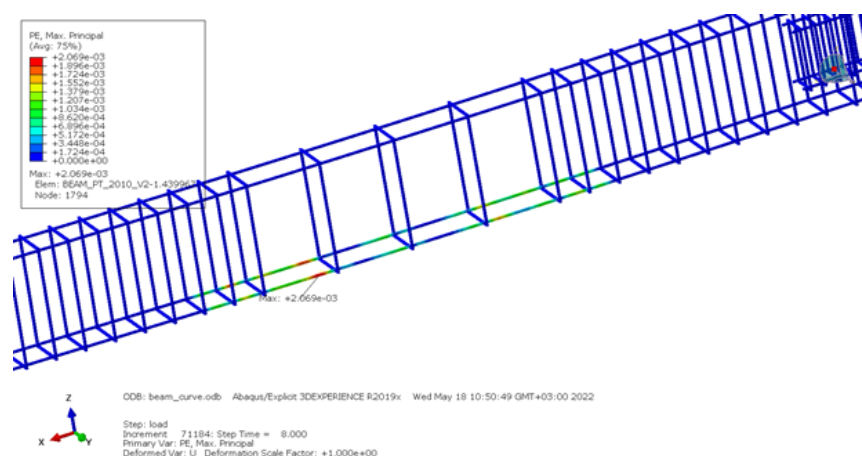


Рис. 5. Относительные деформации по арматуре

Реактивный момент при данных параметрах составил 11,87 кНм, тогда:

$$M_{\text{внеш.}} \leq (70,01 \text{ кНм} - 2,3 \text{ кНм}) + 11,87 \text{ кНм},$$

$$M_{\text{внеш.}} \leq 79,58 \text{ кНм}.$$

Используя методику, предложенную методическим пособием «Конструкции железобетонные монолитные с напрягаемой арматурой без сцепления с бетоном. Правила проектирования» [7], при тех же параметрах, с учетом реактивного момента  $M_{\text{реакт.}} = 11,87 \text{ кНм}$ , внешний момент получился равным 80,079 кНм.

### Моделирование КЭ объекта

Для подтверждения предложенной методики расчета проведено испытание модели



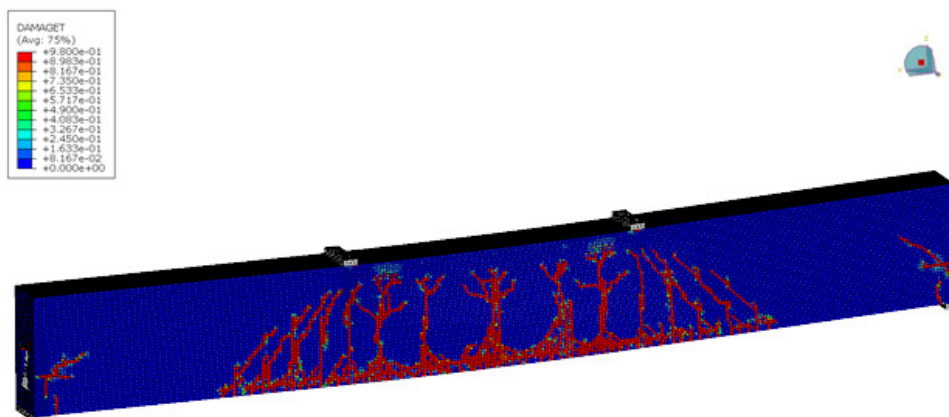


Рис. 6. Стадия разрушения

Таблица 1. Результаты расчетов

Параметр	СП 63.13330.2018 [2]	Методическое пособие [7]	ПК Abaqus
$M_{\text{внеш.}}$	67,71 кНм	68,209 кНм	80,1 кНм
% расхождения с ПК Abaqus	18,3	17,43	-
С учетом $M_{\text{реакт.}} = 11,87$ кНм	79,58 кНм	80,079 кНм	-
% расхождения с ПК Abaqus с учетом $M_{\text{реакт.}} = 11,87$ кНм	0,65	0,03	-
$M_{\text{реакт.}}$ %	17,53 %	17,4 %	-

балки в программном комплексе Abaqus в объемной постановке с учетом физической и геометрической нелинейности в работе материалов и конструкций в целом, что дает результаты, более приближенные к натурным испытаниям.

Для разрушения тела бетона была использована модель разрушения Друкера – Прагера, которая учитывает пластичность материала.

При моделировании материалов по методическим пособиям [24; 25] были использованы те же характеристики материалов (бетона и арматуры), что и в теоретических расчетах.

На этапе разрушения сжатой зоны бетона при нагрузке  $M_{\text{ult}} = 80,1$  кН пластические деформации в конструктивной арматуре составляют до 0,002069 (рис. 5).

Полные деформации составляют 0,004649, то есть деформации в арматуре превышают предел текучести 0,00174.

### Результаты исследования

Разрушение происходит по особой форме. Начинается разрушение с достижения текучести в конструктивной растянутой арматуре и заканчивается разрушением бетона сжатой зоны. При этом канатная арматура не достигает условного предела текучести.

Максимальные напряжения в канате составляют в среднем 1 600 МПа, что составляет

0,93 предела прочности. Это подтверждает нашу теорию, что при отсутствии сцепления арматуры с бетоном, даже при разрушении конструкции, высокопрочные канаты остаются в упругой стадии и продолжают упруго сопротивляться внешней нагрузке. Результаты расчетов приведены в табл. 1.

### Выводы

При применении системы «моностренд» используются типовые внешние анкеры, размеры которых не позволяют разместить напрягаемую арматуру на опорах ниже, чем на расстоянии 90 мм от нижней грани бетона. Целесообразно размещать арматуру криволинейно, опуская ее в середине пролета ближе к растянутой грани бетона, увеличивая таким образом плечо внутренней пары и, соответственно, несущую способность балки.

Существующие методы расчета предварительно напряженных железобетонных конструкций без сцепления высокопрочной арматуры с бетоном недооценивают несущую способность таких конструкций.

При проектировании изгибаемых предварительно напряженных железобетонных блоков с криволинейными арматурными канатами без сцепления с бетоном можно учитывать реактивный момент предварительного обжатия на стадии разрушения.

Учет реактивного момента повышает несущую способность данных конструкций на величину до 15 % и, соответственно, дает экономию высокопрочной арматуры на ту же величину.

### Литература

1. Деркач, В.Н. Совершенствование армирования железобетонных изгибаемых элементов с напрягаемой арматурой без сцепления с бетоном / В.Н. Деркач // Экспериментальные исследования и расчет строительных конструкций : сб. научных трудов. – М. : ЦНИИПромзданий, 1992. – С. 3–6.
2. Патент на изобретение № 2427686. Способ изготовления предварительно напряженных железобетонных конструкций и моностренд / С.Л. Ситников, Е.Ф. Мирюшенко. – М., 2011 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.freepatent.ru/patents/2427686>.
3. EN 1992-1-1:2011 Eurocode2: Design of Concrete Structures. Part1 1: General rules and rules for building.
4. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003 (с Изменениями № 1). – М. : Минстрой, 2018.
5. Конструкции железобетонные монолитные с напрягаемой арматурой без сцепления с бетоном. Правила проектирования : Методическое пособие. – М. : Минстрой, 2017. – 109 с.
6. Баркая, Т.Р. Предварительное напряжение монолитных железобетонных конструкций арматурой, не имеющей сцепления с бетоном / Т.Р. Баркая, А.В. Бровкин, А.В. Гавриленко, П.О. Скудалов // Саморазвивающаяся среда технического вуза: научные исследования и экспериментальные разработки : материалы всероссийской научно-практической конференции, 2016. – С. 41–48.
7. Вайсфельд, А.А. Исследование напряженно-деформированного состояния нормальных сечений изгибаемых железобетонных элементов при частичном или полном отсутствии сцепления арматуры с бетоном : дисс. ... канд. техн. наук / А.А. Вайсфельд. –

Владивосток, 1982. – 228 с.

8. Васильев, П.И. Исследование предварительно напряженных балок без сцепления арматуры с бетоном / П.И. Васильев, О.А. Рочняк, Л.В. Образцов // Строительство и архитектура Белоруссии. – 1981. – № 2. – С. 47–51.

9. Васильев, П.И. Рекомендации по расчету предварительно напряженных изгибаемых элементов без сцепления арматуры с бетоном / П.И. Васильев, А.С. Залесов, О.А. Рочняк, Л.В. Образцов, В.Н. Деркач. – М.; СПб.; Брест, 1993.

10. Гавриленко, А.В. Методики расчета по прочности, жесткости и трещиностойкости железобетонных балок с напрягаемой арматурой без сцепления / А.В. Гавриленко, Т.Р. Баркая // Строительство – формирование среды жизнедеятельности : сборник трудов XX международной научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых. – М. : Нац. исследоват. Моск. гос. строит. ун-т, 2017. – С. 270–272.

11. Кузнецов, В.С. К определению напряжений в арматуре без сцепления с бетоном в безбалочных перекрытиях / В.С. Кузнецов, Ю.А. Шапошникова // Промышленное и гражданское строительство. – 2015. – № 3. – С. 50–53.

12. Осипенко, Ю.Г. Влияние применения высокопрочной арматуры без сцепления с бетоном на прочность монолитных безбалочных покрытий / Ю.Г. Осипенко, В.С. Кузнецов, Ю.А. Шапошникова // Вестник МГСУ. – 2015. – Т. 12. – Вып. 7. – С. 885.

13. Пецольд, Т.М. Прогнозирование предельного состояния в предварительно напряженных конструкциях с напрягаемой арматурой, не имеющей сцепления с бетоном / Т.М. Пецольд, С.А. Тур // Вестник брестского государственного технического университета. Строительство и архитектура. – 2011. – № 1. – С. 83–94.

14. Шарипов, Р.Ш. Проблемы расчета предварительно напряженных конструкций без сцепления арматуры с бетоном по первой и второй группам предельных состояний и способы их решения / Р.Ш. Шарипов, С.А. Зенин, О.В. Кудинов // Строительные науки. – 2017. – № 1. – С. 129–132.

15. Гнеушев, И.И. Численное моделирование напряженно деформированного состояния постнапряженной конструкции без сцепления арматуры с бетоном / И.И. Гнеушев, А.Н. Топилин, Кео Ун // Актуальные проблемы строительной отрасли и образования, 2020. – С. 41–45.

16. Топилин, А.Н. Анализ прочности железобетонных конструкций без сцепления арматуры с бетоном / А.Н. Топилин, И.И. Гнеушев, Е.А. Лучкин, Кео Ун // Инновации и инвестиции. – 2021 – № 3. – С. 244–248.

17. Кео Ун. Исторические аспекты применения преднапряженного бетона в мировой и российской строительной индустрии / Кео Ун, А.Н. Топилин // Транспортные сооружения. – 2019 – Т. 1. – № 1. – С. 9.

18. ГОСТ Р 53772-2010. Канаты стальные арматурные семипроволочные стабилизированные. Технические условия (с Изменением № 1). Официальное издание. – М. : Минстрой, 2012.

19. Байков, В.Н. Железобетонные конструкции / В.Н. Байков, Д.Е. Сигалов. – М. : Стройиздат, 1977. – С. 782.

20. Бардышева, Ю.А. Конструктивные решения безбалочных безкапитальных перекрытий с предварительно напряженной арматурой / Ю.А. Бардышева, В.С. Кузнецов, Ю.А. Талызова // Вестник МГСУ. – 2014. – № 6. – С. 44–51.

21. Кодыш, Э.Н. Железобетонные конструкции. Часть 1. Расчет конструкций / Э.Н. Кодыш, Н.Н. Трекин, В.С. Федоров, И.А. Терехов. – М. : Бумажник, 2018. – 394 с.

22. Кодыш, Э.Н. Железобетонные конструкции. Часть 2. Проектирование сооружений

Э.Н. Кодыш, Н.Н. Трекин, В.С. Федоров, И.А. Терехов. – М. : Бумажник, 2018. – 394 с.

23. Кремнев, В.А. Особенности распределения напряжений в плите безбалочного перекрытия от усилия преднапряжения / В.А. Кремнев, В.С. Кузнецов, Ю.А. Талызова // Вестник МГСУ. – 2014. – № 9. – С. 48–53.

24. Лавриненков, А.Д. SIMULIA Abaqus. Решение прикладных задач : метод. пособие / А.Д. Лавриненков, И.Д. Якимов, Е.В. Левадный, А.Б. Бойко, А.В. Остапов, Н.В. Зигинов. – М. : ТЕСИС, 2021. – С. 121.

25. Крючков, А.Э. SIMULIA Abaqus. Решение прикладных задач. Часть 2 : метод. пособие / А.Э. Крючков, Л.И. Арсланова, К.А. Дияров, П.В. Маликов, М.Г. Мальгин, Л.Г. Самигуллина, Т.И. Черкашина. – М. : ТЕСИС, 2021.

## References

1. Derkach, V.N. Sovershenstvovanie armirovaniya zhelezobetonnykh izgibaemykh elementov s napryagaemoj armaturoj bez stsepleniya s betonom / V.N. Derkach // Eksperimentalnye issledovaniya i raschet stroitelnykh konstruksij : sb. nauchnykh trudov. – М. : TSNIIPromzdaniy, 1992. – S. 3–6.

2. Patent na izobretenie № 2427686. Sposob izgotovleniya predvaritelno napryazhennykh zhelezobetonnykh konstruksij i monostrend / S.L. Citnikov, E.F. Miryushenko. – М., 2011 [Electronic resource]. – Access mode : <http://www.freepatent.ru/patents/2427686>.

3. EN 1992-1-1:2011 Eurocode2: Design of Concrete Structures. Part1 1: General rules and rules for building.

4. SP 63.13330.2018. Betonnye i zhelezobetonnye konstruksii. Osnovnye polozheniya. Aktualizirovannaya redaktsiya SNIIP 52-01-2003 (s izmeneniyami № 1). – М. : Minstroj, 2018.

5. Konstruksii zhelezobetonnye monolitnye s napryagaemoj armaturoj bez stsepleniya s betonom. Pravila proektirovaniya : Metodicheskoe posobie. – М. : Minstroj, 2017. – 109 s.

6. Barkaya, T.R. Predvaritelnoe napryazhenie monolitnykh zhelezobetonnykh konstruksij armaturoj, ne imeyushchej stsepleniya s betonom / T.R. Barkaya, A.V. Brovkin, A.V. Gavrilenko, P.O. Skudalov // Samorazvivayushchayasya sreda tekhnicheskogo vuza: nauchnye issledovaniya i eksperimentalnye razrabotki : materialy vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferentsii, 2016. – S. 41–48.

7. Vajsfeld, A.A. Issledovanie napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya normalnykh sechenij izgibaemykh zhelezobetonnykh elementov pri chastichnom ili polnom otsutstvii stsepleniya armatury s betonom : diss. ... kand. tekhn. nauk / A.A. Vajsfeld. – Vladivostok, 1982. – 228 s.

8. Vasilev, P.I. Issledovanie predvaritelno napryazhennykh balok bez stsepleniya armatury s betonom / P.I. Vasilev, O.A. Rochnyak, L.V. Obratsov // Stroitelstvo i arkhitektura Belorussii. – 1981. – № 2. – S. 47–51.

9. Vasilev, P.I. Rekomendatsii po raschetu predvaritelno napryazhennykh izgibaemykh elementov bez stsepleniya armatury s betonom / P.I. Vasilev, A.S. Zalesov, O.A. Rochnyak, L.V. Obratsov, V.N. Derkach. – М.; SPb.; Brest, 1993.

10. Gavrilenko, A.V. Metodiki rascheta po prochnosti, zhestkosti i treshchinostojkosti zhelezobetonnykh balok s napryagaemoj armaturoj bez stsepleniya / A.V. Gavrilenko, T.R. Barkaya // Stroitelstvo – formirovanie sredy zhiznedeyatel'nosti : sbornik trudov XX mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov, magistrantov, aspirantov i molodykh uchenykh. – М. : Nats. issledovat. Mosk. gos. stroit. un-t, 2017. – S. 270–272.

11. Kuznetsov, V.S. K opredeleniyu napryazhenij v armature bez stsepleniya s betonom

v bezbalochnykh perekrytiyakh / V.S. Kuznetsov, YU.A. SHaposhnikova // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo. – 2015. – № 3. – S. 50–53.

12. Osipenko, YU.G. Vliyanie primeneniya vysokoprochnoj armatury bez stsepleniya s betonom na prochnost monolitnykh bezbalochnykh pokrytij / YU.G. Osipenko, V.S. Kuznetsov, YU.A. SHaposhnikova // Vestnik MGSU. – 2015. – T. 12. – Vyp. 7. – S. 885.

13. Petsold, T.M. Prognozirovaniye predelnogo sostoyaniya v predvaritelno napryazhennykh konstruktsiyakh s napryagaemoj armaturoj, ne imeyushchej stsepleniya s betonom / T.M. Petsold, S.A. Tur // Vestnik brestskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Stroitelstvo i arkhitektura. – 2011. – № 1. – S. 83–94.

14. SHaripov, R.SH. Problemy rascheta predvaritelno napryazhennykh konstruktsij bez stsepleniya armatury s betonom po pervoj i vtoroj gruppam predelnykh sostoyanij i sposoby ikh resheniya / R.SH. SHaripov, S.A. Zenin, O.V. Kudinov // Stroitelnye nauki. – 2017. – № 1. – S. 129–132.

15. Gneushev, I.I. CHislennoe modelirovaniye napryazhenno deformirovannogo sostoyaniya postnapryazhennoj konstruktsii bez stsepleniya armatury s betonom / I.I. Gneushev, A.N. Topilin, Keo Un // Aktualnye problemy stroitelnoj otrasli i obrazovaniya, 2020. – S. 41–45.

16. Topilin, A.N. Analiz prochnosti zhelezobetonnykh konstruktsij bez stsepleniya armatury s betonom / A.N. Topilin, I.I. Gneushev, E.A. Luchkin, Keo Un // Innovatsii i investitsii. – 2021 – № 3. – S. 244–248.

17. Keo Un. Istoricheskie aspekty primeneniya prednapryazhennogo betona v mirovoj i rossijskoj stroitelnoj industrii / Keo Un, A.N. Topilin // Transportnye sooruzheniya. – 2019 – T. 1. – № 1. – S. 9.

18. GOST R 53772-2010. Kanaty stalnye armaturnye semiprovolochnye stabilizirovannyye. Tekhnicheskie usloviya (s izmeneniyem № 1). Ofitsialnoe izdanie. – M. : Minstroy, 2012.

19. Bajkov, V.N. ZHelezobetonnye konstruktsii / V.N. Bajkov, D.E. Sigalov. – M. : Strojizdat, 1977. – S. 782.

20. Bardysheva, YU.A. Konstruktivnyye resheniya bezbalochnykh bezkapitelnykh perekrytij s predvaritelno napryazhennoj armaturoj / YU.A. Bardysheva, V.S. Kuznetsov, YU.A. Talyzova // Vestnik MGSU. – 2014. – № 6. – S. 44–51.

21. Kodysh, E.N. ZHelezobetonnye konstruktsii. CHast 1. Raschet konstruktsij / E.N. Kodysh, N.N. Trekin, V.S. Fedorov, I.A. Terekhov. – M. : Bumazhnik, 2018. – 394 s.

22. Kodysh, E.N. ZHelezobetonnye konstruktsii. CHast 2. Proektirovaniye sooruzhenij / E.N. Kodysh, N.N. Trekin, V.S. Fedorov, I.A. Terekhov. – M. : Bumazhnik, 2018. – 394 s.

23. Kremnev, V.A. Osobennosti raspredeleniya napryazhenij v plite bezbalochnogo perekrytiya ot usiliya prednapryazheniya / V.A. Kremnev, V.S. Kuznetsov, YU.A. Talyzova // Vestnik MGSU. – 2014. – № 9. – S. 48–53.

24. Lavrinenkov, A.D. SIMULIA Abaqus. Reshenie prikladnykh zadach : metod. posobie / A.D. Lavrinenkov, I.D. YAkimov, E.V. Levadnyj, A.B. Bojko, A.V. Ostapov, N.V. Ziginov. – M. : TESIS, 2021. – S. 121.

25. Kryuchkov, A.E. SIMULIA Abaqus. Reshenie prikladnykh zadach. CHast 2 : metod. posobie / A.E. Kryuchkov, L.I. Arslanova, K.A. Diyarov, P.V. Malikov, M.G. Malgin, L.G. Samigullina, T.I. CHerkashina. – M. : TESIS, 2021.

## Calculation of Prestressed Structures Using Reinforcement without Concrete-to-Steel Bond and Located Curvedly

A.N. Topilin, M.A. Verkeenko, A.D. Varlamova

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

**Key words and phrases:** prestressed structures; without concrete-to-steel bond; monostrand; Abaqus.

**Abstract.** The purpose of this study is to research the proposals for the calculation of a reinforced concrete beam without concrete-to-steel bond curvilinearly located cable reinforcement (monostrand), taking into account a positive analysis of the reactive time of precompression on its bearing capacity.

In accordance with the goal, the following tasks were set:

- to investigate the hypersensitivity to prestressed elements without reinforcement bonding with a specific comparison using normal calculations of such structures;
- to take into account the study of the reactive moment of prestressing as an external bite of strength along the normal section of the beam.

Scientific and technical research is based on the premise of a positive analysis of the reactive moment, the possibility of using a curvilinear arrangement on prestressing reinforcement, on the bearing capacity of bent reinforced concrete structures without adhesion between prestressing reinforcement and concrete.

For the emergence of assumptions, numerical simulation was carried out in the Abaqus software package, a feeling of a deformable state, similar to a beam, serious before violation. An analysis of the results and calculations of the results for structures of this type were carried out.

---

© А.Н. Топилин, М.А. Веркеенко, А.Д. Варламова, 2023

УДК 620.91

## Современные методы математического моделирования работы солнечных панелей в условиях эксплуатации

К.П. Зубарев<sup>1, 2, 3</sup>, П.К. Туровец<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский  
Московский государственный строительный университет»;

<sup>2</sup> ФГБУ «Научно-исследовательский институт  
строительной физики

Российской академии архитектуры и строительных наук»;

<sup>3</sup> ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов»,  
г. Москва (Россия)

**Ключевые слова и фразы:** искусственный интеллект; математическое моделирование; производительность; солнечная энергия; солнечные панели; фотоэлектрическая система; эффективность.

**Аннотация.** В исследовании изучены современные методы математического моделирования работы солнечных панелей в условиях эксплуатации. Целью статьи являлось проведение литературного обзора по современным исследованиям принципов оптимизации работы фотоэлектрических систем. Проанализированы способы математического моделирования производительности фотоэлектрической системы. Проведена оценка применения искусственного интеллекта в работе солнечных панелей для повышения эффективности их работы в конкретных климатических условиях. Рассмотрены технологии повышения оптимизация расположения солнечных панелей для достижения максимально возможного коэффициента полезного действия солнечных батарей.

### Введение

Доступ к электричеству является важным фактором для быстрорастущего экономического и технологического развития любой страны. Научно доказано, что спрос на энергию быстро растет с развитием технологий и увеличением численности населения во всем мире, но существующие ресурсы могут удовлетворить этот спрос лишь на очень короткое время. Солнечная энергия – один из самых перспективных возобновляемых источников энергии. В последние годы фотоэлектрическая энергия стала популярной альтернативой традиционным ископаемым видам топлива благодаря своей возобновляемой природе, а стимулы, предоставляемые странами для поощрения исследований и разработок в этой

области, ускорили внедрение фотоэлектрических крыш. Таким образом, для удовлетворения потребностей быстрорастущего населения мира использование различных источников энергии, включая возобновляемые источники энергии, является одним из способов решения проблемы нехватки энергии во всем мире [1–15].

Кроме того, увеличение выбросов из-за увеличения плотности населения и спроса на энергию вызывает загрязнение воздуха и изменение климата. Если это воздействие на окружающую среду продолжится, температура во всем мире повысится, что приведет к глобальному потеплению: ледники растают и произойдет повышение уровня моря. Для того, чтобы нивелировать отрицательное воздействие на окружающую среду и удовлетворить постоянно растущий спрос на энергию во всем мире, использование солнечных батарей стало необходимостью [1–15].

### Математическое моделирование производительности фотоэлектрической системы

Большая часть солнечной энергии, достигающей поверхности фотоэлектрической панели, преобразуется в тепло, нагревающее батарею. Данное явление снижает эффективность ее работы. Проблема охлаждения фотоэлектрических панелей и снижение их энергопотребления изучена в исследовании М.Г. Аджель с соавторами. В работе проведен анализ производительности плоского коллектора с открытым потоком, улучшающего процесс охлаждения фотоэлектрической панели с использованием экспериментальных и численных методов. Результаты показали влияние конструкции коллектора (формы ребер) на производительность фотоэлектрической системы и температуру панели: производительность батареи увеличилась до 25,3 % [16].

В турбулентных и стационарных условиях модель была сформулирована в трех измерениях декартовых координат для уравнения непрерывности, Навье – Стокса и тепловой энергии [16].

Уравнение неразрывности получается путем выражения каждого члена в терминах составляющих скорости:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(\rho u) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho v) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho w) = 0. \quad (1)$$

Уравнение импульса:

$$\rho \frac{DV}{Dt} = \rho g - \nabla p + \frac{1}{3} \mu \nabla (\nabla \cdot V) + \mu \nabla^2 V, \quad (2)$$

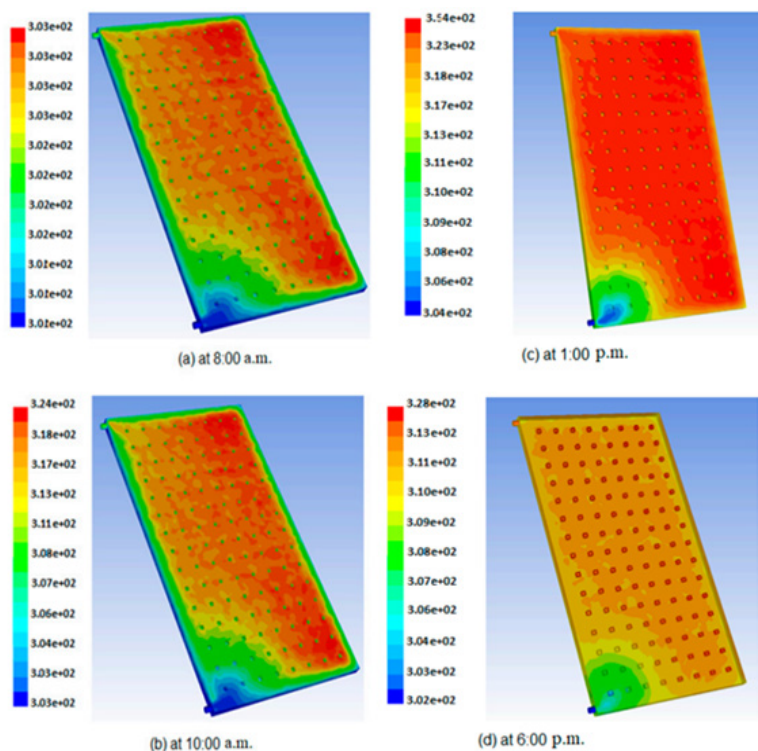
где  $V$  – вектор скорости;  $g$  – сила тяжести;  $\mu$  – вязкость.

Уравнение энергии:

$$\rho c_p \frac{Dp}{Dt} = \nabla \cdot k \nabla T + \beta T \frac{Dp}{Dt} + \mu \Phi, \quad (3)$$

где  $k$  – теплопроводность;  $p$  – давление;  $\Phi$  – источник тепловой энергии и коэффициент теплового расширения, определяемый по формуле:





**Рис. 1.** Распределение температуры для коллектора модели: (а) в 8 часов утра, (б) в 10 часов утра, (с) в 13 часов дня и (д) в 18 часов вечера; по данным М.Г. Аджель с соавторами [16]

$$\beta = -\frac{1}{\rho} \left[ \frac{\partial p}{\partial T} \right]_p. \quad (4)$$

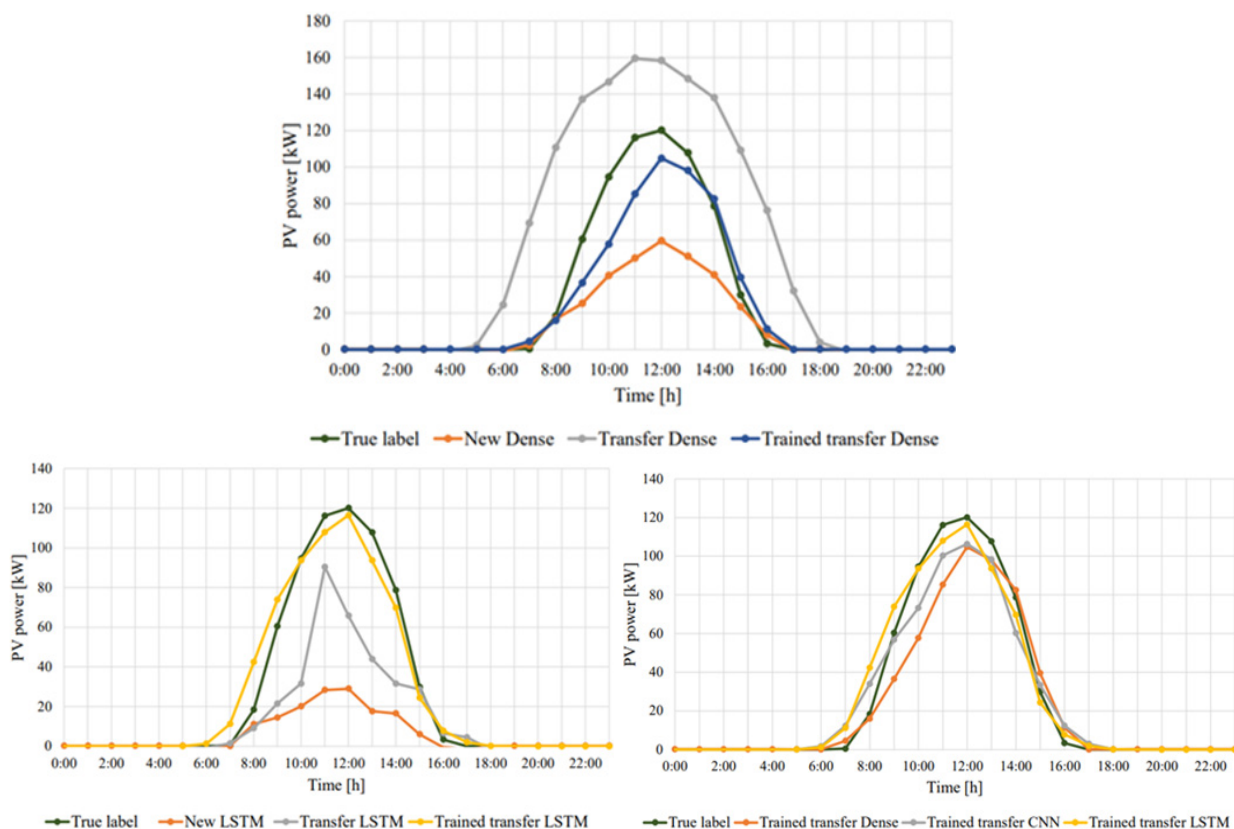
Кроме того, функция рассеивания  $\varnothing$  связана с рассеиванием энергии из-за трения. Это важно при высокоскоростном течении и для очень вязких жидкостей. В декартовых координатах  $S$  задается:

$$\begin{aligned} \varnothing = & 2 \left[ \left( \frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 + \left( \frac{\partial w}{\partial z} \right)^2 \right] + \\ & + \left[ \left( \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right)^2 \right] - \frac{2}{3} \left( \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \right)^2. \end{aligned} \quad (5)$$

Из результатов следует, что при охлаждении водой и поступлении жидкости в коллектор наблюдалось снижение температуры на входе, но на выходе температура жидкости повышается из-за процесса поглощения жидкостью тепла [16].

Иллюстрация распределения температуры солнечной панели представлена на рис. 1 [16].

В работе М.Г. Аджель с соавторами описан экспериментальный и численный анализ для изучения влияния расхода воды через коллектор охлаждения с открытым потоком с использованием двух новых моделей, разработанных для охлаждения. Результаты иссле-



**Рис. 2.** Графики прогнозирования выходной мощности фотоэлектрической системы на день вперед на случайную дату в тестовом наборе для моделей, по данным С.М. Миратабаде с соавторами [17]

дования М.Г. Аджелъ с соавторами показывают влияние конструкции коллектора (форма выпуклости) на производительность фотоэлектрической системы и температуру фотоэлектрической панели. Процент разницы температур с неохлаждаемой фотоэлектрической панелью составил 8,4 % и 9,8 % для модели-С и модели-S в 13:00, в то время как производительность фотоэлектрической панели увеличилась до 23,9 % и 25,3 % для обеих моделей соответственно на 13:00 [16].

### **Применение искусственного интеллекта в работе солнечных панелей для повышения их эффективности работы в конкретных климатических условиях**

Изменение климата и глобальное потепление побудили С.М. Миратабаде с соавторами исследовать новые возобновляемые и «зеленые» источники энергии. Особое внимание ученые уделили технологиям солнечных панелей, поскольку солнечная энергия считается одним из основных возобновляемых источников, и солнечные панели могут быть установлены в жилых кварталах. Прогнозирование фотоэлектрической мощности имеет важное значение для обеспечения стабильности сети. Однако фотоэлектрическая система требует передовых методов применения искусственного интеллекта. В исследовании представлена структура, основанная на методе трансфертного обучения, для использования надежных обученных моделей глубокого обучения старых фотоэлектрических установок во вновь установленных фотоэлектрических установках в тех же районах. Численные

результаты показывают эффективность искусственного интеллекта при прогнозировании фотоэлектрической энергии на день вперед на современных фотоэлектрических системах. Среди всех моделей, рассмотренных в исследованиях, LSTM обладает лучшей производительностью при прогнозировании фотоэлектрической мощности [17]. Представлены графики прогнозирования выходной мощности фотоэлектрической системы (рис. 2). В последние годы современные модели позволили добиться надежной и точной экстраполяции и прогнозирования в области прогнозирования солнечной энергии. В рассмотренном исследовании С.М. Миратабзаде с соавторами представлена система, основанная на обучении передаче и глубокой нейронной сети для прогнозирования выработки фотоэлектрической энергии на сутки вперед для солнечных станций. Результаты показывают, что модели, прошедшие переподготовку с использованием нового набора данных, работают лучше предшествующих [17].

### Оптимизация расположения солнечных панелей

Учитывая важность возобновляемых источников энергии в системах энергопотребления, в статье Ф. Цзишань с соавторами рассматривается проблема определения местоположения и мощности, а именно ветряных турбин и солнечных панелей. Для решения поставленной задачи оптимизации используется новый алгоритм интеллектуального счетчика, следствием работы которого является снижение потерь, улучшение профилей напряжения и понижение затрат на возобновляемые источники энергии [18].

Во многих случаях целевые функции, определенные в задаче многоцелевой оптимизации, конфликтуют друг с другом. В таком случае говорят, что будут существовать “оптимальные по Парето решения” для многоцелевой задачи оптимизации (теоретически, может быть бесконечное количество оптимальных по Парето решений для многоцелевой задачи оптимизации). В системах решения задач многоцелевой оптимизации существует концепция, называемая недоминируемым решением. Улучшение значений, полученных с помощью одной или нескольких целевых функций этой задачи (путем помещения возможного решения в целевые функции и получения выходных значений), вызывает снижение качества значений, получаемых другими целевыми функциями той же задачи, решение-кандидат для задачи многоцелевой оптимизации называется “недоминируемым”. Такие ответы называются “оптимальными по Парето”. Без дополнительной информации все оптимальные решения по Парето одинаково хороши и считаются равными друг другу. Результаты показывают, что при увеличении количества точек выборки результаты существенно не изменились [18].

Распределительные системы имеют большое значение, поскольку они являются низшим звеном в распределении электрической энергии. Поэтому улучшение условий эксплуатации, снижение потерь и улучшение профилей напряжения особенно актуальны. В статье Ф. Цзишань с соавторами был предложен метод определения местоположения, мощности и количества возобновляемых источников энергии в системах распределения. В этом методе профиль нагрузки и источники энергии ветра и солнца рассматриваются в течение 24-часового интервала. Проблема распределения рассматривается как многоцелевая задача оптимизации, функциями которой являются уменьшение потерь, улучшение профиля напряжения и снижение стоимости возобновляемых источников энергии. Предложенный метод был применен в стандартной испытательной системе, и результаты показали эффективность алгоритма при определении местоположения и размера возобновляемых источников энергии в распределительных системах с несколькими моделями нагруз-

ки (промышленной, коммерческой и бытовой), с уменьшенными потерями и улучшенными профилями напряжения [18].

### Заключение

На основе изученных исследований можно прийти к выводу, что использование фотоэлектрических панелей экономически и экологически выгодно. Существует ряд современных методов оптимизации работы солнечных батарей. Математическое моделирование производительности фотоэлектрической системы позволяет составить точный анализ характеристик функционирования системы. Согласно оценке применения искусственного интеллекта в работе солнечных панелей, выяснена их эффективность для оптимизации работы в конкретных климатических условиях. Аналитические технологии повышения эффективности солнечных панелей позволяют достигать максимально возможный коэффициент полезного действия солнечных батарей. Развитие науки в области совершенствования использования возобновляемых источников энергии приведет к улучшению торгового баланса на рынке электроэнергии и экологической ситуации в мире.

### Литература

1. Bepalov, V.I. Features of the negative impact of modern infrastructure facilities in urbanized areas on the environment / V.I. Bepalov, E.V. Kotlyarova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2021. – Vol. 937(4).
2. Bepalov, V.I. Methodological bases for assessing the level of environmental safety of dynamically developing urbanized territories / V.I. Bepalov, E.V. Kotlyarova // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering International Scientific and Practical Conference Environmental Risks and Safety in Mechanical Engineering (ERSME-2020). – 2020. – No. 012101.
3. Мусорина, Т.А. Определение активного и реактивного сопротивления для однослойного стенового ограждения / Т.А. Мусорина, М.Р. Петриченко, Д.Д. Заборова, О.С. Гамаюнова // Вестник МГСУ. – 2020. – Т. 15. – № 8. – С. 1126–1134.
4. Musorina, T. Boundary Layer of the Wall Temperature Field / T. Musorina, O. Gamayunova, M. Petrichenko, E. Soloveva // Advances in Intelligent Systems and Computing. – 2020. – 1116 AISC. – P. 429–437.
5. Kochev, A. Ways of heat losses reduction in the structural elements of unique buildings / A. Kochev, M. Sokolov, E. Kocheva, K. Lushin // MATEC Web of Conferences, International Conference on Research in Mechanical Engineering Sciences. – 2018. – No. 04022.
6. Apatenko, A. Tensometry of interfaces of the working body of technology machines for reclamation works / A. Apatenko, N. Sevryugina // Smart Innovation, Systems and Technologies. – 2022. – Vol. 247. – P. 73–81.
7. Мусорина, Т.А. Улучшение свойств бетонного композита, армированного сухой растительной добавкой / Т.А. Мусорина, М.Р. Петриченко, Д.Д. Заборова, О.С. Гамаюнова, М.И. Куколев // Строительство и техногенная безопасность. – 2021. – № 22(74). – С. 57–65.
8. Lushin, K.I. Trends analysis in the efficiency of thermal energy sources use for heating in the regions of central Russia / K.I. Lushin // Natural and technical sciences. – 2014. – Vol. 9–10(77). – P. 394–396.
9. Huang, J. Building energy management and forecasting using artificial intelligence: advance technique / J. Huang, D.D. Koroteev, M. Rynkovskaya // Computers & Electrical

Engineering. – 2022. – Vol. 99. – No. 107790.

10. Hinz, M. On the existence of optimal shapes in architecture / M. Hinz, F. Magoulès, A. Rozanova-Pierrat, M. Rynkovskaya, A. Teplyaev // *Applied Mathematical Modelling*. – 2021. – Vol. 94. – P. 676–687.

11. Sevryugina, N. Triad model: simulation – functional tensometry – information database in the assessment of the reliability of technological machines / N. Sevryugina, P. Kapyrin // *E3S Web of Conferences*. – 2021. – Vol. 263. – No. 04063.

12. Vorobyeva, I.V. The prognosis of the diabetic retinopathy using computer science and biotechnology / I.V. Vorobyeva // *E3S Web of Conferences*. – 2020. – Vol. 203. – No. 01028.

13. Vorobyeva, I.V. Mathematical modeling in diabetic retinopathy / I.V. Vorobyeva // *E3S Web of Conferences*. – 2020. – Vol. 224. – No. 03020.

14. Vorobyeva, I.V. Prediction of the course of primary open-angle glaucoma in combination with diabetic retinopathy using a mathematical model / I.V. Vorobyeva // *E3S Web of Conferences*. – 2020. – Vol. 224. – No. 03021.

15. Vorobyeva, I.V. Assessment of the development of primary open-angle glaucoma and diabetic retinopathy using digital medicine / I.V. Vorobyeva // *Web of Conferences*. – 2020. – Vol. 224. – No. 03022.

16. Ajel, M.G. Performance Analysis of an Open-Flow Photovoltaic/Thermal (PV/T) Solar Collector with Using a Different Fins Shapes / M.G. Ajel, E. Gedik, H.A. Abdul Wahhab, B.A. Shallal // *Sustainability*. – 2023. – Vol. 15. – No. 3877 [Electronic resource]. – Access mode : <https://doi.org/10.3390/su15053877>.

17. Miraftabzadeh, S.M. A Day-Ahead Photovoltaic Power Prediction via Transfer Learning and Deep Neural Networks / S.M. Miraftabzadeh, C.G. Colombo, M. Longo, F. Foadelli // *Forecasting*. – 2023. – Vol. 5. – P. 213–228 [Electronic resource]. – Access mode : <https://doi.org/10.3390/forecast5010012>.

18. Zishan, F. Allocation of Renewable Energy Resources in Distribution Systems While considering the Uncertainty of Wind and Solar Resources via the Multi-Objective Salp Swarm Algorithm / F. Zishan, S. Mansouri, F. Abdollahpour, L.F. Grisales-Noreña, O.D. Montoya // *Energies*. – 2023. – Vol. 16. – P. 474 [Electronic resource]. – Access mode : <https://doi.org/10.3390/en16010474>.

## References

3. Musorina, T.A. Opredelenie aktivnogo i reaktivnogo soprotivleniya dlya odnoslojnjogo stenovogo ograzhdeniya / T.A. Musorina, M.R. Petrichenko, D.D. Zaborova, O.S. Gamayunova // *Vestnik MGSU*. – 2020. – T. 15. – № 8. – S. 1126–1134.

7. Musorina, T.A. Uluchshenie svojstv betonno kompozita, armirovannogo sukhoj rastitelnoj dobavkoj / T.A. Musorina, M.R. Petrichenko, D.D. Zaborova, O.S. Gamayunova, M.I. Kukolev // *Stroitelstvo i tekhnogennaya bezopasnost*. – 2021. – № 22(74). – S. 57–65.

## Modern Methods of Mathematical Modeling of the Operation of Solar Panels in Operating Conditions

K.P. Zubarev<sup>1, 2, 3</sup>, P.K. Turovets<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *National Research Moscow State University of Civil Engineering;*

<sup>2</sup> *Research Institute of Building Physics of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences;*

<sup>3</sup> *Peoples' Friendship University of Russia, Moscow (Russia)*

**Key words and phrases:** solar panels; efficiency; solar energy; productivity; mathematical modeling; artificial intelligence; photovoltaic system.

**Abstract.** The study examines modern methods of mathematical modeling of the operation of solar panels under operating conditions. The purpose of the article was to conduct a literary review of modern research on the principles of optimizing the operation of photovoltaic systems. The methods of mathematical modeling of the performance of a photovoltaic system are analyzed. An assessment of the use of artificial intelligence in the operation of solar panels to increase their efficiency in specific climatic conditions was carried out. The technologies of increasing the optimization of the location of solar panels to achieve the maximum possible efficiency of solar panels are considered.

---

© К.П. Зубарев, П.К. Туровец, 2023

УДК 62.186.4

## Исследование материалов и процессов обогрева и теплоизоляции трубопроводов горячего и холодного водоснабжения, тепловых сетей, газопроводов

Е.В. Мельников, А.В. Ковылин

*ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный  
технический университет»,  
г. Волгоград (Россия)*

**Ключевые слова и фразы:** арматура; изоляция; оборудование; подогрев; температура; тепло; труба.

**Аннотация.** Цель статьи заключается в рассмотрении различных материалов, а также технологий обогрева и теплоизоляции трубопроводов горячего и холодного водоснабжения, тепловых сетей, газопроводов. Задачи: выявить проблемы в теплоизоляции трубопроводов различного назначения, проанализировать наиболее эффективные на сегодняшний день материалы, используемые для теплоизоляции, обозначить особенности современных технологий обогрева труб. Методы: обобщение, систематизация, анализ, сравнение. Результаты: в процессе исследования рассмотрены возможности и сферы применения изоляции из вспененного нитрилового каучука, вспененного каучука EPDM, минеральных волокон с фольгированным покрытием. Кроме того, описаны особенности прямого электронагрева труб, технологии электрической трассировки тепла, электрического обогрева трассы, а также перспективы использования электронагревательных гибких лент. Выводы: выбор материала теплоизоляции и технологии обогрева трубопровода зависит от условий его прокладки, технологических особенностей и имеющихся ресурсов.

В ряде отраслей промышленности трубопроводы различного диаметра и назначения часто выходят из строя из-за закупорки, сужения проходного сечения и высокой вязкости транспортируемых жидкостей. Для продуктов, транспортируемых по трубопроводным сетям, характерна значительная зависимость кинематической вязкости от температуры. При определенных условиях внешней среды возможно осаждение твердых фракций, а также затвердевание продукта, что приводит к полной остановке трубопровода и значительным затратам на его восстановление [1]. В данном случае надежные системы изоляции защищают трубы для перекачки жидкостей от засорения или кристаллизации вещества, чрезмерного загустевания продуктов, а обогрев обеспечивает поддержание температуры в за-

данном диапазоне.

Немаловажную роль системы изоляции и обогрева играют для водопроводов и теплосетей, проложенных в неблагоприятных условиях – по улице, в холодных подвалах. Если замерзшие водопроводные трубы лопнут, это повлечет за собой перебои в подаче воды, затопление помещений и, как следствие, значительный материальный ущерб.

На сегодняшний день существует большое количество теплоизоляционных материалов, которые доступны для использования при строительстве систем тепло-, водо- и газоснабжения. Их технические характеристики совершенствуются и расширяются, развиваются технологии изготовления новых материалов. Также широкое применение на практике нашли различные технологии обогрева труб, в зависимости от перекачиваемых в них веществ и условий, в которых проложены трубы.

С учетом отмеченного выше, изучение существующих материалов теплоизоляции, их возможностей и особенностей использования, а также технологий обогрева трубопроводов имеет на сегодняшний день высокую актуальность и научно-практическую значимость, что и обуславливает выбор темы данной статьи, а также ее целевую направленность.

Тепловая изоляция представляет собой конструкцию из материалов, размещенных на наружной поверхности трубопроводов для уменьшения потерь теплоты при транспортировке теплоносителя. Применение оптимальной конструкции тепловой изоляции позволяет снизить потери теплоты при надземной прокладке трубопроводов в 10–15 раз, а при подземной – в 3–5 раз по сравнению с неизолированными трубопроводами [2].

Чаще всего для теплоизоляции трубопроводов разного назначения используют минеральную вату, стекловату, пенополиуретан, вспененный каучук, пенопластовую изоляцию, причем теплоизоляционные материалы могут быть как в виде рулонов различной толщины и длины, так и в виде теплоизоляционных оболочек – скорлуп для различных наружных диаметров трубопроводов, различной толщины и с возможным металлизированным покрытием. Кроме того, существуют съемные теплоизоляционные изделия: термочехлы и термобоксы, которые устанавливаются на трубопроводные фитинги для уменьшения потерь тепла, кроме того, они позволяют проводить периодический осмотр и техническое обслуживание.

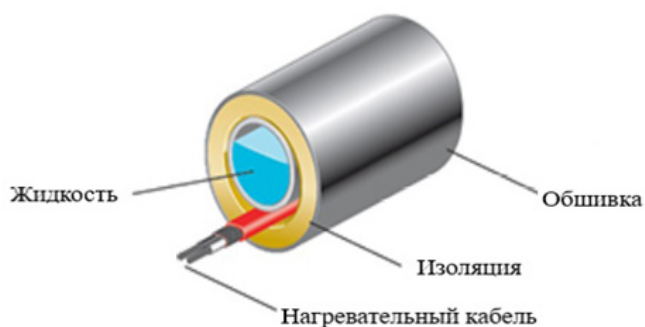
Охарактеризуем некоторые наиболее популярные типы теплоизоляционных материалов, которые нашли свое применение на практике.

*Изоляция из вспененного нитрилового каучука.* Это гибкая, с закрытыми ячейками эластомерная изоляция из нитрилового каучука, которая обеспечивает надежную защиту от конденсата и эффективно предотвращает потерю энергии. Она выпускается в нескольких форматах, включая двухметровые неразрезанные трубки, длинные рулоны, листы, а также в виде предварительно разрезанной самогерметизирующейся трубки, что сокращает время монтажа до 30 %. Данный тип изоляции применим на горячих трубах при температуре до 105 градусов Цельсия.

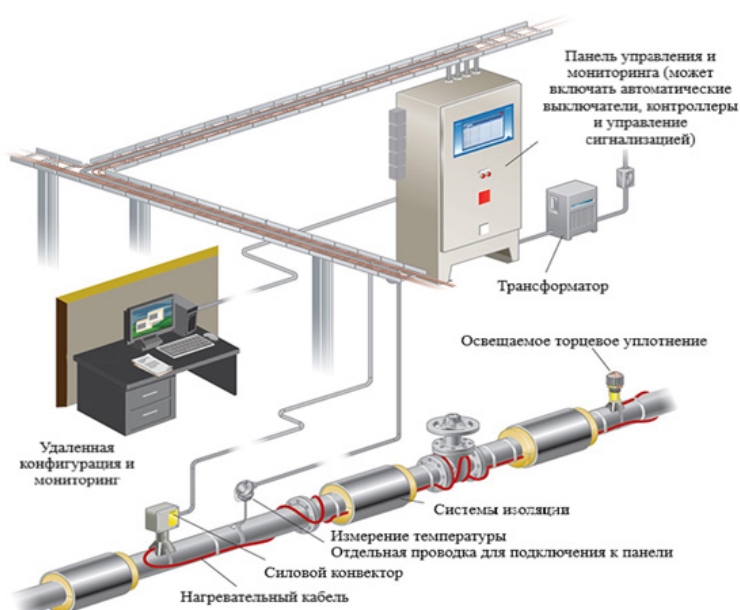
*Изоляция из вспененного каучука EPDM.* Каучуковая изоляция хорошо подходит для наружных высокотемпературных трубопроводов. Изоляция имеет встроенный защитный слой от УФ-излучения, это означает, что ее можно устанавливать снаружи без дополнительной обработки или покрытия. Эта изоляция также подходит для высокотемпературных трубопроводов (до 150 градусов Цельсия).

*Изоляция из минеральных волокон с фольгированным покрытием.* Она предназначена для использования в системах отопления и газопроводах, может выдерживать температуру до 700 градусов Цельсия. Изоляция поставляется в виде секций из минерального





**Рис. 1.** Типичное поперечное сечение трубопровода с электрической тепловой трассировкой



**Рис. 2.** Технология электрической трассировки тепла для трубопровода

волокна с нанесенным на заводе фольгированным покрытием со встроенным клеевым слоем. Эта особенность значительно ускоряет время монтажа.

Система обогрева трубопроводов решает широкий круг задач, в том числе: предотвращает засоры и образование конденсата, компенсирует потери тепла, обогревает арматуру, задвижки и насосное оборудование [3].

Наиболее простым методом обогрева трубопроводов является прямой электронагрев. Суть его заключается в том, что однофазный электрический ток подается для нагрева содержимого трубы (рис. 1).

Для контроля, компенсации и балансировки однофазной электрической нагрузки, которую составляют трубопровод и контрейлерный кабель, используются специальные системы управления. Каждая из систем настраивается в соответствии с требованиями к мощности и электрическими свойствами указанной нагрузки на трубопровод как в режиме «нагрев», так и в режиме «поддержание тепла». Системы управления должны быть спроектированы таким образом, чтобы их можно было оптимально настроить при любых нагрузках, это позволит обеспечить наиболее приемлемый коэффициент мощности, низкую

гармоническую обратную связь и низкий ток обратной последовательности [4].

Другой технологией обогрева трубопровода является электрическая трассировка тепла/электрический обогрев трассы (ЕНТ/ЕТН), в которой используются трехфазные кабельные цепи. Электрическая тепловая трассировка позволяет обеспечить процесс контроля и поддержания температуры на емкостях, резервуарах, трубах, клапанах, приборных панелях и т.д. Система ЕНТ/ЕТН – это гораздо больше, чем просто нагревательный кабель. Она включает в себя трансформаторы, панели управления и контроля, силовые соединения, греющий кабель, концевые заделки и сопутствующие аксессуары (рис. 2).

Отличительной особенностью технологии ЕНТ/ЕТН является то, что она позволяет распределять электроэнергию по нескольким нагрузкам.

Также к числу новых технологий обогрева трубопроводов относится использование электронагревательных гибких лент. Гибкие ленточные нагреватели изготовлены из гибкого стекловолокна, чаще всего это восемь нагревательных нитей из нихрома. Внешняя оболочка сделана из силиконовой резины, благодаря чему становится водонепроницаемой. Концевые зажимы также водонепроницаемы, так как выполнены из того же силиконового каучука.

Благодаря эластичности и соответствующей форме лент их можно использовать для обогрева сложных форм в труднодоступных местах и в сложных условиях. Следует отметить, что нагревательные ленты также подходят для использования совместно с термостатом с целью достижения оптимального температурного режима, предотвращения перегрева и экономии электроэнергии. Эластичные ленточные нагреватели обладают высокой теплопроводностью и удельной мощностью, поэтому при их использовании происходит быстрый прогрев и поддержание необходимого тепла с помощью терморегуляторов.

Таким образом, подводя итоги проведенного исследования, можно отметить, что выбор конкретного теплоизоляционного материала и технологий подогрева трубопроводов зависит от вещества, которое перекачивается, условий прохождения трассы, а также имеющихся в распоряжении финансовых и трудовых ресурсов.

### Литература

1. Шарапов, Р.В. К расчету тепловых потерь трубопровода / Р.В. Шарапов // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. – 2021. – № 1(42). – С. 74–77.
2. Апкарьян, А.С. Исследование теплофизических свойств стеклокерамического материала при теплоизоляции трубопроводов теплотрасс и инженерных коммуникаций / А.С. Апкарьян, С.Н. Кульков // Перспективные материалы. – Тамбов : ТМБпринт. – 2020. – № 11. – С. 45–51.
3. Волков, И.Д. Инновационный теплоизоляционный неорганический материал для трубопроводов / И.Д. Волков, М.В. Конюхов, Л.В. Закревская // Нефть. Газ. Новации. – 2020. – № 9(238). – С. 53–57.
4. Кузьбожев, А.С. Совершенствование конструктивных решений по теплоизоляции газопроводов на мерзлых грунтах / А.С. Кузьбожев // Научно-технический сборник Вести газовой науки. – 2020. – № S1(43). – С. 67–72.

### References

1. SHarapov, R.V. K raschetu teplovykh poter truboprovoda / R.V. SHarapov // Mashinostroenie i bezopasnost zhiznedeyatel'nosti. – 2021. – № 1(42). – S. 74–77.

2. Apkaryan, A.S. Issledovanie teplofizicheskikh svojstv steklokeramicheskogo materiala pri teploizolyatsii truboprovodov teplotrass i inzhenernykh kommunikatsij / A.S. Apkaryan, S.N. Kulkov // Perspektivnye materialy. – Tambov : TMBprint. – 2020. – № 11. – S. 45–51.

3. Volkov, I.D. Innovatsionnyj teploizolyatsionnyj neorganicheskij material dlya truboprovodov / I.D. Volkov, M.V. Konyukhov, L.V. Zakrevskaya // Neft. Gaz. Novatsii. – 2020. – № 9(238). – S. 53–57.

4. Kuzbozhev, A.S. Sovershenstvovanie konstruktivnykh reshenij po teploizolyatsii gazoprovodov na merzlykh gruntakh / A.S. Kuzbozhev // Nauchno-tehnicheskij sbornik Vesti gazovoj nauki. – 2020. – № S1(43). – S. 67–72.

---

### The Study of Materials and Processes for Heating and Thermal Insulation of Pipelines for Hot and Cold Water Supply, Heating Networks, Gas Pipelines

E.V. Melnikov, A.V. Kovylin

*Volgograd State Technical University,  
Volgograd (Russia)*

**Key words and phrases:** pipe; heating; insulation; temperature; heat; equipment; fittings.

**Abstract.** The purpose of the article is to consider various materials and processes of heating and insulation of pipelines of hot and cold water supply, heating networks, gas pipelines. Objectives to identify the problems in the insulation of pipelines for various purposes, to analyze the most effective to date materials used for insulation, to identify the features of modern technologies of pipe heating. The methods of research are generalization, systematization, analysis, comparison. As a result of the study, the possibilities of application areas of insulation made of nitrile rubber, EPDM foam rubber, mineral fibers with foil coating have been reviewed in the course of the study. The features of direct electric heating of labor, electric heat tracing/ electric trace heating technologies and the prospects for the use of electric heating flexible tapes are also described. It is concluded that the choice of a particular heat insulation material and pipeline heating technology, depends on the conditions of its laying, goals and available resources.

---

© E.B. Мельников, А.В. Ковылин, 2023

УДК 620.91

## Исследование современных методов оптимизации работы фотоэлектрических панелей в условиях эксплуатации

П.К. Туровец<sup>1</sup>, К.П. Зубарев<sup>1, 2, 3</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»;

<sup>2</sup> ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук»;

<sup>3</sup> ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», г. Москва (Россия)

**Ключевые слова и фразы:** загрязнение панелей; интеллектуальная система; инфракрасная термография; искусственный интеллект; наножидкость; производительность; пыль; солнечная энергия; солнечные панели; фотоэлектрические панели; эффективность.

**Аннотация.** В исследовании рассмотрены современные методы оптимизации работы солнечных панелей в условиях эксплуатации. Целью статьи стало проведение литературного обзора по исследованиям наблюдений за эффективностью функционирования генераторов солнечных батарей. Проведено исследование солнечного излучения и тепловой конвекции гибридных наножидкостей для оптимизации солнечного коллектора. Изучены методы диагностики работы фотоэлектрических панелей с помощью инфракрасной термографии. Рассмотрена технология системы искусственного интеллекта для обнаружения пыли на фотоэлектрических панелях.

Фотоэлектрические панели являются одним из самых перспективных способов генерации возобновляемой энергии. С ростом населения и развития технологий возрастает актуальность вопроса о методах повышения эффективности работы солнечных батарей для достижения наиболее возможного коэффициента их полезного действия. В современных исследованиях выявлены основные проблемы снижения производительности солнечных панелей. К ним относится чрезмерный нагрев батареи в процессе выработки фотоэлектрической энергии, недостаточная степень конвекции воздуха и загрязнение слоем пыли, который препятствует поступлению солнечных лучей на кристаллическую решетку [1–15].

### Солнечное излучение и тепловая конвекция гибридных наножидкостей для оптимизации солнечного коллектора

В исследовании С. Мухтар с соавторами продемонстрирована роль теплового пото-

ка в точке застоя в солнечной оптимизации, возможной в случае управления солнечной энергией с подходящим покрытием коллектора и тепловой визуализацией. Исследования солнечной энергии и тепловой конвекции наночастиц оксида алюминия ( $Al_2O_3$ ) на основе гликоля ( $C_3H_8O_2$ ) и меди (Cu) были использованы для солнечного коллектора и теоретически изучены с точки зрения потока в точке застоя. Застой относится к состоянию солнечной тепловой системы, при котором поток изменяется в контуре сбора для управления дополнительным нагревом. Был использован код программного обеспечения на основе уравнений частных производных FEA-Tools multiple physics для анализа потока в случае застоя. Были детально изучены обтекаемые модели и энергетические контуры для различных случаев. Уравнения преобразования обработаны вычислительным методом, показав сильное совпадение физических результатов, соответствующих начальным условиям. Результаты доказали, что гибридные наножидкости обладают более широким спектром способностей к повышению тепловых характеристик базового растворителя и обеспечению равномерного распределения по солнечной панели [16].

С. Мухтар с соавторами представляют термомеханическую математическую модель для исследования воздействия солнечной радиации на свободную поверхность с учетом застоя потока. При этом наночастицы Cu и  $Al_2O_3$  находились в тепловом балансе с основными жидкостями. Источник энергии, эффекты рассеивания и тепловое излучение послужили для изменения тепловых уравнений. Учитывалось также нестационарное движение жидкости, температура свободного потока и поверхность пластины соответственно. Данная математическая модель представлена для решения проблемы теплопередачи и механики жидкости:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = \frac{\partial u_e}{\partial t} + u_e \frac{\partial u_e}{\partial x} + \nu_{hnf} \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{8(\beta_T \rho)_{hnf} (T - T_\infty)}{\rho_{hnf}} + \left( \frac{\pi j_0 M_0}{8 \rho_{hnf}} \right) e^{\left( \frac{-\pi y_1}{\rho} \right)}, \quad (1)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} + u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} = \frac{k_{hnf}}{(\rho c_p)_{hnf}} \left( \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) - \frac{1}{(\rho c_p)_{hnf}} \left( \frac{\partial q}{\partial y} \right) + \frac{\mu_{nf}}{(\rho c p)_{nf}} \left( \frac{\partial u}{\partial y} \right)^2. \quad (2)$$

Физические условия были скорректированы следующим образом:

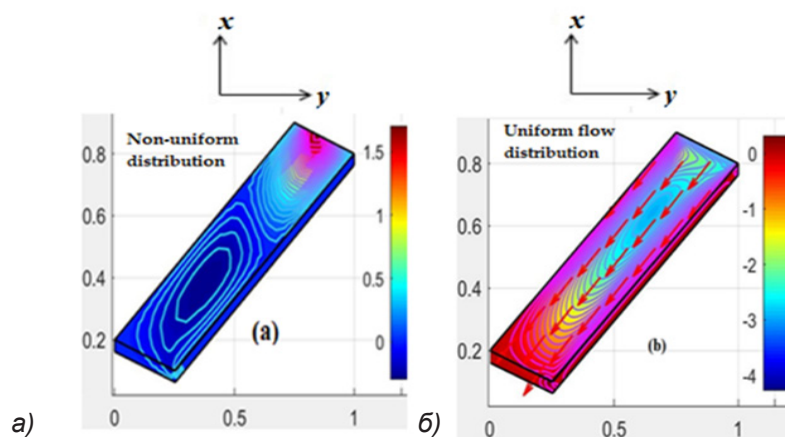
$$u = u_0, v = 0, T - T_w = 0, y \rightarrow 0, u - u_e = 0, T - T_\infty = 0, y \rightarrow \infty. \quad (3)$$

Плотность наножидкости, динамическая вязкость, электропроводность, теплоемкость и теплопроводность в существующей литературе представлены как  $\rho_{nf}$ ,  $\mu_{nf}$ ,  $\sigma_{nf}$ ,  $(c_p)_{nf}$ ,  $k_{nf}$ . Величина «солнечное излучение» определяется следующим образом:

$$q = -\frac{4 \sigma^*}{3 k^*} \frac{\partial T^4}{\partial y}, \quad (4)$$

где  $\sigma^*$  и  $k^*$  используются для представления постоянной Стефана-Больцмана и среднего коэффициента поглощения [16].

Визуальные эффекты на рисунке иллюстрируют влияние движения жидкости и магнитного поля. Результаты оптимизации фотоэлектрической энергии и равномерного теплового расширения отображаются графически на рис. 1 [16].



**Рис. 1.** Контур потока распределения жидкости по солнечной панели:  
а) неравномерный; б) равномерный, по данным С. Мухтар с соавторами [16]

Из-за вязких взаимодействий между слоями жидкости тепло от трения рассеивается, повышая температуру жидкости. Число Эккерта – это отношение кинетической энергии к удельному изменению энтальпии между стенкой и жидкостью. Следовательно, увеличение значения Эккерта вызывает преобразование кинетической энергии во внутреннюю энергию за счет работы, которая совершается вопреки ограничениям вязкой жидкости.

Число Эккерта используется для описания влияния самонагрева жидкости под воздействием рассеивающих эффектов. Для высокой скорости потока рассеивание вызвано внутренними коллоидными силами жидкости, в результате тепловое поле жидкостной системы увеличивается ввиду внутреннего нагрева жидкостей. Кроме того, температурные градиенты управляют тепловым полем, и, соответственно, самонагрев приводит к тому, что изменения в температурном профиле улучшаются с увеличением числа Эккерта. Аналогично, отрицательные значения для числа Эккерта обеспечивают производительность охлаждения и снижение температурного профиля. Это колебание теплового профиля позволяет оптимизировать и стабилизировать солнечный коллектор. Соответственно подразумевается, что функция теплового излучения и концентрации наночастиц является возрастающей.

Солнечное излучение улучшает тепловой профиль. Выбранный диапазон параметра излучения был скорректирован для стабилизации и сходимости задачи предложенной модели. Увеличивающееся количество объемной доли твердых наночастиц улучшает тепловую эффективность базовой жидкости и, следовательно, усилят тепловое поле [17].

### Диагностика солнечной панели с помощью инфракрасной термографии

Согласно исследованиям У. Ахмед с соавторами, фотоэлектрические элементы подвержены экологическим и эксплуатационным нагрузкам из-за их работы в открытой атмосфере. Раннее выявление и устранение дефектов предотвращает возникновение горячих точек и полный выход из строя солнечных панелей. Предложено несколько подходов, каждый из которых имеет свои ограничения, такие как высокие требования к системе обработки, большие объемы памяти, длительное время выполнения, меньшее количество диагностируемых типов ошибок, неспособность извлечь соответствующие функции. Таким образом, в рассмотренном исследовании предлагается быстрая схема с наименьшим объ-

Condition	Healthy	Bird Drop	Single	Patchwork	String	Block
Thermograph						
Grayscale						
Schematic (Probable)						
Possible Cause	-	Bird drop	Shadow due to vicinal objects, dust, etc.			Undetected hotspot leading to complete failure
Surface Temperature (Approx.)	50–60° Celsius		65 to 80° Celsius			Above 80° Celsius

**Рис. 2.** Неисправности фотоэлектрических панелей, по данным У. Ахмед с соавторами [17]

емом памяти и вычислительной системой требования к шести различным неисправностям солнечной панели. Инфракрасные термографы от солнечных панелей подаются в интенсивные и сложные сети, способные разделить миллион изображений на 1 000 классов. Функции рассчитаны таким образом, чтобы сократить время выполнения. Предлагаемый подход обеспечивает тестирование примерно за 13 секунд с точностью до 95,5 % [17].

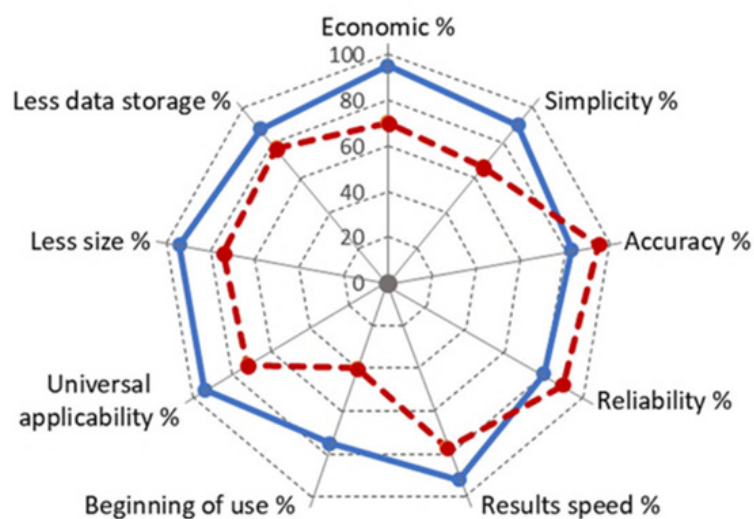
Подход проверяется путем ручного извлечения характеристик термографа и передачи изученных подходов глубокой нейронной сети с точки зрения точности и скорости. Предлагаемый способ также сравнивается с другими существующими методами [17].

Инфракрасные термографы были получены на 8 фотоэлектрических колоннах с 22 фотоэлектрическими модулями на колонну, фотоэлектрической системе мощностью 42,24 кВт. Тепловизионная камера использовалась в ясный день при температуре окружающей среды 32–40 °С, скорости ветра 6,9 м/с и уровне освещенности 700 Вт/м<sup>2</sup>. Термограф имеет 8-битный объем с пространственным разрешением 640 × 512 пикселей. Набор данных разделяется на шесть классов. Термографы преобразуются в оттенки серого для визуализации состояния фотоэлектрической системы путем усреднения каналов аддитивной цветовой КЗС-модели (красный, зеленый, синий) [17].

Возможные неисправности фотоэлектрических панелей представлены на рис. 2.

Наиболее важные функции значительно различаются по классу и помогают достичь более высокой точности тестирования. Более того, функции сильно отличаются в зависимости от набора данных.

Мониторинг фотоэлектрической системы имеет первостепенное значение для поддержания производительности, потенциала снижения выбросов и времени окупаемости



**Рис. 3.** Сравнение различных аспектов фотоэлектрических установок для очистки (синим цветом) без использования дополнительного устройства и (красным пунктиром) с использованием дополнительных устройств по данным Ф.Е. Альфарис [18]

на оптимальном уровне. Состояние фотоэлектрических панелей контролируется путем отслеживания таких параметров, как ток, напряжение, освещенность и температура поверхности. Предложенный метод инфракрасной термографии значительно быстрее, чем глубоких нейронных сетей, использующих графические процессоры, классифицируя неисправности фотоэлектрических панелей с точностью 95,5 % [17].

### Интеллектуальная система для обнаружения пыли на фотоэлектрических панелях

Наиболее существенным препятствием, ограничивающим распространение фотоэлектрических приложений, является пыль, скапливающаяся на поверхностях фотоэлектрических панелей, особенно в пустынных регионах. Многочисленные исследования предполагали использование камер, датчиков, наборов данных о мощности для обнаружения пыли на фотоэлектрических панелях; однако эти методы сложны в обслуживании и затратны. В статье Ф.Е. Альфарис предлагается интеллектуальная система для отслеживания загрязненности фотоэлектрических панелей для оптимальной работы подключенных устройств пылеочистки [18].

Исследование показало, что по мере уменьшения размера частиц загрязнения, покрывающих панель, выходное напряжение панели линейно уменьшается, что негативно сказывается на эффективности фотоэлектрической панели. Следовательно, использование детекторных камер или фотодиодных датчиков может оказаться недостаточным в тех случаях, когда размер загрязненных частиц не может быть точно измерен [18].

На основе вышеупомянутых методов обнаружения пыли, выяснено, что использование камер, датчиков и других элементов обнаружения для измерения пыли на фотоэлектрических панелях неизбежно создает больше проблем и затрат, поскольку дополнительные устройства имеют высокую стоимость и нуждаются в очистке и калибровке помимо доступа к электричеству. Все результаты были нормализованы в процентном отношении к каждому отдельному аспекту [18].



Сравнительное исследование фотоэлектрических очистных установок представлено на рис. 3 [18].

Интеллектуальная модель прогнозирования разработана на основе искусственного интеллекта для определения количества пыли, скопившейся на фотоэлектрических панелях, управляя подключенными блоками очистки с помощью оптимальной стратегии без использования камер, датчиков, наборов данных о мощности и других элементов обнаружения. В исследовании Ф.Е. Альфарис была предпринята попытка определить уровень запыленности, используя расширенные знания о моделях солнечного излучения и интеллектуальном вычислительном анализе. Вычислительная система экспертного искусственного интеллекта обеспечивает высокий уровень обработки данных и размещения большего количества входных/выходных данных. Предложенная стратегия обнаружения пыли была исследована с использованием фактических полевых данных при всех возможных погодных условиях. Результаты подтвердили способность блока обнаружения управлять системой очистки в оптимальное время, а также возможность определения степени загрязнения [18].

Предлагаемая стратегия способствует упрощению прилагаемого блока обнаружения пыли с точки зрения снижения стоимости и большей гибкости использования. Система должна быть исследована с учетом различных сценариев использования фотоэлектрических систем в различных условиях эксплуатации, чтобы соответствовать требованиям к точности и надежности. Допустимый уровень пыли в исследовании Ф.Е. Альфарис составляет  $0,15 \text{ г/м}^2$  соответствует снижению фотоэлектрической мощности на 12 % во время солнечного дня согласно данным интеллектуального вычислительного анализа [18].

### Заключение

Согласно рассмотренным исследованиям, существует необходимость оптимизации работы солнечных батарей. Современные методы предлагают решение актуальных проблем повышения эффективности фотоэлектрических панелей. Выяснено, что наночастицы обладают ограниченной способностью усиливать тепловое поле по сравнению с гибридной наножидкостью, которая имеет более высокие тепловые характеристики, являясь более эффективной в области теплотехники. Инфракрасная демография позволяет провести точную диагностику теплового нагрева панели, снижающего коэффициент ее полезного действия. Интеллектуальная система анализа и обнаружения пыли на фотоэлектрических панелях способствует оптимизации генерации фотоэлектрической энергии и повышению эффективности ее работы.

### Литература

1. Bepalov, V.I. Features of the negative impact of modern infrastructure facilities in urbanized areas on the environment / V.I. Bepalov, E.V. Kotlyarova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2021. – Vol. 937(4).

2. Bepalov, V.I. Methodological bases for assessing the level of environmental safety of dynamically developing urbanized territories / V.I. Bepalov, E.V. Kotlyarova // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering International Scientific and Practical Conference Environmental Risks and Safety in Mechanical Engineering (ERSME-2020). – 2020. – No. 012101.

3. Мусорина, Т.А. Определение активного и реактивного сопротивления для

однослойного стенового ограждения / Т.А. Мусорина, М.Р. Петриченко, Д.Д. Заборова, О.С. Гамаюнова // Вестник МГСУ. – 2020. – Т. 15. – № 8. – С. 1126–1134.

4. Musorina, T. Boundary Layer of the Wall Temperature Field / T. Musorina, O. Gamayunova, M. Petrichenko, E. Soloveva // Advances in Intelligent Systems and Computing. – 2020. – 1116 AISC. – P. 429–437.

5. Kochev, A. Ways of heat losses reduction in the structural elements of unique buildings / A. Kochev, M. Sokolov, E. Kocheva, K. Lushin // MATEC Web of Conferences, International Conference on Research in Mechanical Engineering Sciences. – 2018. – No. 04022.

6. Apatenko, A. Tensometry of interfaces of the working body of technology machines for reclamation works / A. Apatenko, N. Sevryugina // Smart Innovation, Systems and Technologies. – 2022. – Vol. 247. – P. 73–81.

7. Мусорина, Т.А. Улучшение свойств бетонного композита, армированного сухой растительной добавкой / Т.А. Мусорина, М.Р. Петриченко, Д.Д. Заборова, О.С. Гамаюнова, М.И. Куколев // Строительство и техногенная безопасность. – 2021. – № 22(74). – С. 57–65.

8. Lushin, K.I. Trends analysis in the efficiency of thermal energy sources use for heating in the regions of central Russia / K.I. Lushin // Natural and technical sciences. – 2014. – Vol. 9–10(77). – P. 394–396.

9. Huang, J. Building energy management and forecasting using artificial intelligence: advance technique / J. Huang, D.D. Koroteev, M. Rynkovskaya // Computers & Electrical Engineering. – 2022. – Vol. 99. – No. 107790.

10. Hinz, M. On the existence of optimal shapes in architecture / M. Hinz, F. Magoulès, A. Rozanova-Pierrat, M. Rynkovskaya, A. Teplyaev // Applied Mathematical Modelling. – 2021. – Vol. 94. – P. 676–687.

11. Sevryugina, N. Triad model: simulation – functional tensometry – information database in the assessment of the reliability of technological machines / N. Sevryugina, P. Kapyrin // E3S Web of Conferences. – 2021. – Vol. 263. – No. 04063.

12. Vorobyeva, I.V. The prognosis of the diabetic retinopathy using computer science and biotechnology / I.V. Vorobyeva // E3S Web of Conferences. – 2020. – Vol. 203. – No. 01028.

13. Vorobyeva, I.V. Mathematical modeling in diabetic retinopathy / I.V. Vorobyeva // E3S Web of Conferences. – 2020. – Vol. 224. – No. 03020.

14. Vorobyeva, I.V. Prediction of the course of primary open-angle glaucoma in combination with diabetic retinopathy using a mathematical model / I.V. Vorobyeva // E3S Web of Conferences. – 2020. – Vol. 224. – No. 03021.

15. Vorobyeva, I.V. Assessment of the development of primary open-angle glaucoma and diabetic retinopathy using digital medicine / I.V. Vorobyeva // Web of Conferences. – 2020. – Vol. 224. – No. 03022.

16. Mukhtar, S. Solar Radiation and Thermal Convection of Hybrid Nanofluids for the Optimization of Solar Collector / S. Mukhtar, T. Gul // Mathematics. – 2023. – Vol. 11. – No. 1175.

17. Ahmed, W. A Comparison and Introduction of Novel Solar Panel's Fault Diagnosis Technique Using Deep-Features Shallow-Classifer through Infrared Thermography / W. Ahmed, M.U. Ali, M.A.P. Mahmud, K.A.K. Niazi, A. Zafar, T. Kerekes // Energies. – 2023. – Vol. 16. – No. 1043.

18. Alfaris, F.E. A Sensorless Intelligent System to Detect Dust on PV Panels for Optimized Cleaning Units / F.E. Alfaris // Energies. – 2023. – Vol. 16. – No. 1287.

## References

3. Musorina, T.A. Opredelenie aktivnogo i reaktivnogo soprotivleniya dlya odnoslojnogo stenovogo ograzhdeniya / T.A. Musorina, M.R. Petrichenko, D.D. Zaborova, O.S. Gamayunova // Vestnik MGSU. – 2020. – T. 15. – № 8. – S. 1126–1134.

7. Musorina, T.A. Uluchshenie svojstv betonnoho kompozita, armirovannogo sukhoj rastitelnoj dobavkoj / T.A. Musorina, M.R. Petrichenko, D.D. Zaborova, O.S. Gamayunova, M.I. Kukolev // Stroitelstvo i tekhnogennaya bezopasnost. – 2021. – № 22(74). – S. 57–65.

---

### The Study of Modern Methods for Optimizing the Operation of Photovoltaic Panels in Operating Conditions

P.K. Turovets<sup>1</sup>, K.P. Zubarev<sup>1, 2, 3</sup>

<sup>1</sup> *National Research Moscow State University of Civil Engineering;*

<sup>2</sup> *Research Institute of Building Physics of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences;*

<sup>3</sup> *Peoples' Friendship University of Russia, Moscow (Russia)*

**Key words and phrases:** solar panels; efficiency; solar energy; panel pollution; dust; performance; infrared thermography; intelligent system; artificial intelligence; nanofluid; photovoltaic panels.

**Abstract.** The study considers modern methods of optimizing the operation of solar panels under operating conditions. The purpose of the article was to conduct a literary review on the research of observations of the efficiency of the functioning of solar cell generators. A study of solar radiation and thermal convection of hybrid nanofluids has been carried out to optimize the solar collector. Methods of diagnostics of photovoltaic panels using infrared thermography have been studied. The technology of an artificial intelligence system for detecting dust on photovoltaic panels is considered.

---

© П.К. Туровец, К.П. Зубарев, 2023

УДК 621.926; 004.942

## Подготовка и планирование трехфакторного эксперимента при проведении исследования процесса измельчения в конусной вибрационной мельнице

П.С. Иванов

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

**Ключевые слова и фразы:** дробление; мельница; эксперимент.

**Аннотация.** Целью экспериментального исследования является определение значений производительности конусной вибрационной мельницы при механоактивации строительного песка с учетом варьирования основных факторов, влияющих на процесс измельчения, и выявление наиболее значимых из них.

В задачи экспериментальных исследований входит: выбор строительных сыпучих материалов; предварительная подготовка материала; расчет коэффициентов, влияющих на процесс измельчения.

Для решения поставленных задач было предусмотрено проведение исследований на экспериментальной установке конусной мельницы.

В мире остро стоит проблема энергопотребления и, соответственно, стоимости рабочих процессов, в частности в горной промышленности работы по измельчению горных пород. В данной статье рассматривается создание и проведение трехфакторного эксперимента новой модели конусной вибрационной мельницы, данные которого будут использоваться для дальнейшего получения математических моделей и определения оптимальных параметров измельчения.

Механоактивация кварцевого песка позволяет значительно повысить его структурообразующую роль. На месте выхода дислокаций на поверхности кристаллов кварцевого песка идет закрепление зародышей новообразований продуктов гидратации цемента за счет увеличения рабочей поверхности в 2–3 раза. При этом повышается химическая активность песка при нормальных условиях.

### Экспериментальное оборудование

Для проведения экспериментальных исследований производительности конусной вибрационной мельницы от различных факторов была разработана экспериментальная

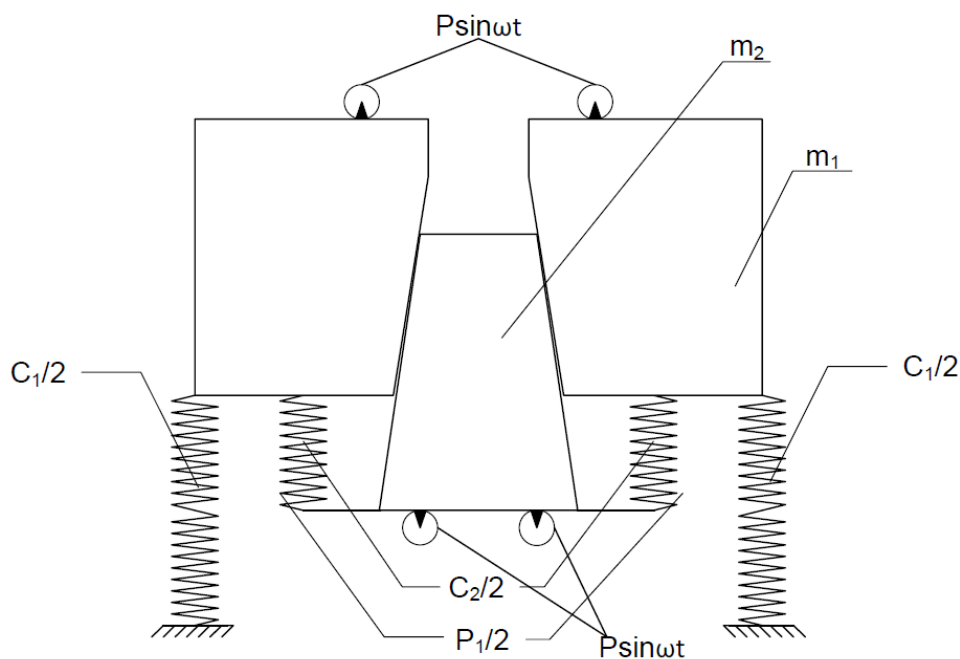


Рис. 1. Вибрационная мельница

установка.

Установка состоит из следующих элементов:

- корпус;
- внешний конус;
- вибровозбудители внешнего конуса;
- пружины внешнего конуса;
- пружины внутреннего конуса;
- внутренний конус;
- дебалансы внутреннего конуса.

Подготовка сыпучих строительных материалов для проведения экспериментальных исследований по измельчению осуществляется с помощью сит для просеивания. Процентное содержание гранул свыше 1,25 мм не должно превышать 10 %. Для каждого опыта подготавливается отдельный образец весом 1 кг. Опытные образцы не должны содержать посторонних примесей.

При работе установка обеспечивает направленное вертикальное динамическое движение. Нагрузка создается четырьмя вибровозбудителями мощностью по 1 кВт. Два вибровозбудителя находятся на наружной броне, еще два – на внутреннем конусе.

Для экспериментального определения производительности вибрационной мельницы был отобран песок со следующими свойствами: песок (ГОСТ 8736-93), плотность в насыщенном состоянии 1500–1550 кг/м<sup>3</sup>, в уплотненном состоянии – 1600–1750 кг/м<sup>3</sup>.

Проведение экспериментальных исследований по определению производительности вибрационной мельницы состоит из двух этапов:

- измельчение песка и замер показаний времени;
- сбор продукта измельчения и запись параметров дробления.

После проведения лабораторных исследований и записи показаний необходимо провести анализ данных и построить математическую модель опыта для определения значи-

мых коэффициентов [2].

### Принцип работы экспериментальной установки

Экспериментальная установка работает следующим образом: дробление материала производится посредством взаимного вертикального перемещения внутреннего 6 и наружного 2 конусов под действием вибраторов 3 и 7. Т.к. вибраторы 3 и 7 колеблются в противофазе, то при отходе конусов друг от друга происходит накопление потенциальной энергии в сжатых пружинах 4 и 5. В это же время в пространство между конусами поступает порция исходного материала. На фазе сближения конусов происходит их соударение, причем энергия удара создается за счет возбуждающей силы дебалансов вибраторов плюс энергия сжатых пружин 4 и 5, накопленная на предыдущей фазе (фазе отхода конусов). Измельченная в результате удара порция материала выгружается из межконусного пространства на следующей фазе отхода конусов [4].

### Контрольно-измерительное оборудование

Для проведения экспериментальных исследований, снятия показаний и обработки данных было предусмотрено следующее оборудование:

- набор сит, ГОСТ;
- секундомер.

### Планирование эксперимента

С целью получения достоверных и оптимальных результатов процесса измельчению песка использовалась теория планирования эксперимента.

Под планированием эксперимента понимается выбор и обоснование числа опытов и выбор параметров, необходимых для проведения экспериментальных исследований с требуемой точностью.

В эксперименте имеются управляемые параметры, позволяющие вносить изменения во время опытов, при которых выходной параметр достигает оптимального значения, называемые факторами. К факторам, характеризующим параметр оптимизации, при проведении опытов предъявляется ряд требований, которые нужно учитывать:

- факторы должны быть управляемыми, это значит, что выбранное нужное значение фактора можно поддерживать постоянным в течение всего времени опыта;
- факторы должны быть однозначными, т.е. они должны быть независимыми друг от друга, поскольку крайне трудно управлять фактором, который зависит от другого фактора исследования.

При планировании эксперимента одновременно могут изменяться несколько факторов, поэтому необходимо понимать требования к совместимости факторов. Прежде всего, факторы должны быть совместимы и независимы, т.е. их использование не взаимоисключает друг друга и безопасно при проведении опыта, каждый из параметров может быть изменен независимо от другого.

Параметром оптимизации называется количественная характеристика цели экспериментального исследования [1].

К параметру оптимизации предъявляются следующие требования:

- быть количественным и задаваться одним числом, допускать измерение при лю-

Таблица 1. Таблица кодирования факторов эксперимента

Характеристики плана эксперимента	Факторы эксперимента		
	Амплитуда колебаний (A), мм	Частота вращения вала дебаланса ( $\omega$ ), Гц	Сжатие пружин P, Н
Кодовое обозначение	$X_1$	$X_2$	$X_3$
Основной уровень факторов	2	60	550
Интервал варьирования факторов	1	20	50
Минимальное значение (-)	1	40	500
Максимальное значение (+)	3	80	600

Таблица 2. План проведения трехфакторного эксперимента

№ эксперимента	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_1 * X_2$	$X_1 * X_3$	$X_2 * X_3$	Вектор Y
1	-1	-1	-1	1	1	1	$Y_1$
2	1	-1	-1	-1	-1	1	$Y_2$
3	-1	1	-1	-1	1	-1	$Y_3$
4	1	1	-1	1	-1	-1	$Y_4$
5	-1	-1	1	1	-1	-1	$Y_5$
6	1	-1	1	-1	1	-1	$Y_6$
7	-1	1	1	-1	-1	1	$Y_7$
8	1	1	1	1	1	1	$Y_8$
9	-1,215	0	0	0	0	0	$Y_9$
10	1,215	0	0	0	0	0	$Y_{10}$
11	0	-1,215	0	0	0	0	$Y_{11}$
12	0	1,215	0	0	0	0	$Y_{12}$
13	0	0	-1,215	0	0	0	$Y_{13}$
14	0	0	1,215	0	0	0	$Y_{14}$

бой возможной комбинации выбранных уровней факторов;

- всесторонне характеризовать объект исследования;
- иметь простой физический смысл;
- существовать на всех стадиях проведения эксперимента;
- иметь нормальное распределение по законам математической статистики.

За параметр оптимизации, связывающий факторы в математическую модель, была взята производительность процесса измельчения песка  $Q$ , кг/с.

## Обработка результатов эксперимента

Результаты опытов обрабатываются методами математической статистики с построением алгебраического уравнения, показывающего зависимость исследуемого свойства от исходных факторов.

Для поиска математической модели будем использовать полином вида:

$$\hat{y} = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i x_i + \sum_{i=1}^n b_{ii} x_i^2 + \sum_{i < j}^n b_{ij} x_i x_j + \dots$$

Чем больше степень полинома, тем больше нужно опытов. Значит нужно найти такой полином, который содержит как можно меньше коэффициентов, но удовлетворяет требованиям, предъявляемым к модели. Модель должна предсказывать направление скорейшего улучшения параметра оптимизации.

На основании изложенного составляется план проведения эксперимента. В табл. 1 представлено кодирование факторов.

План проведения трехфакторного эксперимента приведен в табл. 2.

С помощью матрицы планирования возможно провести серию опытов и получить математическую модель, однако она будет линейной, что в свою очередь не позволяет найти максимальное значение функции отклика и описывает зависимость производительности от выбранных факторов некорректно.

Поэтому для нахождения показателей необходимой точности нам нужно построить полином хотя бы второй степени, чтобы найти экстремумы функции.

Для реализации вышеизложенных фактов необходимо провести полный факторный эксперимент. Необходимый нам план эксперимента называется центральное композиционное униформ-планирование второго порядка при  $p = 3$ .

Если рассматривать трехфакторную ситуацию, то идея центрального композиционного планирования состоит в том, что ставят серию из 8 опытов, реализуя линейный ПФЭ  $2^3 = 8$ , затем к этим точкам добавляют еще 6 звездных точек и одну центральную, таким образом, мы получаем  $8 + 6 + 1 = 15$ . В этой модели необходимо оценить 10 коэффициентов, 3 степени свободы остаются для проверки адекватности модели.

## Заключение

В ходе подготовки к проведению практического трехфакторного эксперимента была проведена работа по исследованию теоретических основ планирования, а также изучена методика планирования и проведения трехфакторного эксперимента. Данная методика может применена для исследования любых подобных трехфакторных экспериментов в разных сферах.

## Литература

1. ГОСТ 24026-80. Исследовательские испытания. Планирование эксперимента. Термины и определения.
2. ГОСТ 8736-93. Песок для строительных работ. Технические условия.
3. ГОСТ 7.32-2001. Отчет о НИР. Структура и правила оформления.
4. Иванов, П.С. Теория удара в конусной вибрационной мельнице / П.С. Иванов //



Глобальный научный потенциал. – СПб. : ТМБпринт. – 2015. – № 4(49). – С. 117–119.

5. Сапожников, А.И. Инновационные технологии измельчения строительных материалов / А.И. Сапожников, С.В. Репин, П.С. Иванов // Вестник Тувинского государственного университета. – Кызыл. – 2014. – № 3.

### References

1. GOST 24026-80. Issledovatel'skie ispytaniya. Planirovanie eksperimenta. Terminy i opredeleniya.

2. GOST 8736-93. Pesok dlya stroitelnykh rabot. Tekhnicheskie usloviya.

3. GOST 7.32-2001. Otchet o NIR. Struktura i pravila oformleniya.

4. Ivanov, P.S. Teoriya udara v konusnoj vibratsionnoj melnitse / P.S. Ivanov // Globalnyj nauchnyj potentsial. – SPb. : TMBprint. – 2015. – № 4(49). – S. 117–119.

5. Sapozhnikov, A.I. Innovatsionnye tekhnologii izmelcheniya stroitelnykh materialov / A.I. Sapozhnikov, S.V. Repin, P.S. Ivanov // Vestnik Tuvinskogo gosudarstvennogo universiteta. – Kyzyl. – 2014. – № 3.

---

### Preparation and Planning of a Three-Factor Experiment in the Study of the Grinding Process in a Cone Vibrating Mill.

P.S. Ivanov

*Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering,  
Saint-Petersburg (Russia)*

**Key words and phrases:** splitting up; mill; experiment.

**Abstract.** The purpose of the experimental study is to determine the performance values of a cone vibratory mill during the mechanical activation of building sand, taking into account the variation of the main factors affecting the grinding process, and to identify the most significant of them.

The tasks of the experimental studies include: selection of building bulk materials; preliminary preparation of the material; calculation of coefficients affecting the grinding process.

To complete the tasks set, it was envisaged to carry out research on the experimental installation of a cone mill.

---

© П.С. Иванов, 2023

УДК 69.05

## Осуществление функций технического заказчика при капитальном ремонте жилых зданий

А.А. Лapidус, Р.С. Фатуллаев, А.А. Ткаченко, Г.А. Сабанов

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

**Ключевые слова и фразы:** безопасность; жилые здания; капитальный ремонт; регулирование; технический заказчик; эффективность.

**Аннотация.** Для поддержания эксплуатационных характеристик жилых зданий и сохранения их эксплуатационной и механической безопасности все эксплуатирующие организации и собственники жилого фонда сталкиваются с необходимостью проведения их капитального ремонта. С целью повышения эффективности проектов, снижения экономических и производственных рисков, создания условий их успешной реализации, в строительной индустрии нередко прибегают к привлечению специализированных профессиональных организаций – технического заказчика. В настоящей статье авторами описаны функции технического заказчика. Помимо этого, проанализирован порядок передачи функций технического заказчика, а также основные нюансы осуществления функций технического заказчика в рамках капитального ремонта многоквартирных жилых домов. В результатах исследования приведены основные преимущества и недостатки при передаче функций технического заказчика от регионального оператора органам местного самоуправления.

В настоящее время проведение капитального ремонта в многоквартирных жилых домах (**МКД**) обеспечивает региональный оператор, который является специализированной некоммерческой организацией, функционирующей в рамках субъекта РФ. Одной из задач регионального оператора является выполнение функций технического заказчика [1–3].

В то же время каждый субъект РФ в региональном законе может предусмотреть возможность передачи функций технического заказчика органам местного самоуправления и (или) муниципальными бюджетными и казенными учреждениями по договору с региональным оператором в соответствии с ч. 4 ст. 182 Жилищного кодекса РФ. При этом на данный момент такая возможность предусмотрена не во всех субъектах РФ. В тех субъектах, где

передача функций технического заказчика возможна в соответствии с региональными законами, должны быть предусмотрены случаи для такой передачи. Наиболее часто функции технического заказчика передаются в случаях:

- согласия органа местного самоуправления на передачу;
- наличия и деятельности на территории региона только одного регионального оператора;
- предоставления за счет средств местного бюджета финансовой поддержки работ по капитальному ремонту многоквартирных домов;
- превышения установленной величины суммарной стоимости работ по капремонту на территории муниципального образования в течение очередного года реализации региональной программы капитального ремонта [4–5].

В качестве органа местного самоуправления, которому могут быть переданы функции технического заказчика, может выступать организация, на чьем счете (специальном или региональном) формируется фонд капитального ремонта. Согласно ч. 2 ст. 175 ЖК РФ и ч. 1 п. 1 ст. 180 ЖК РФ, владельцем счета, на котором формируется фонд капитального ремонта, может выступать:

- товарищество собственников жилья, которое осуществляет управление МКД;
- жилищно-строительный кооператив или другой специализированный кооператив, который осуществляет управление МКД;
- управляющая компания;
- региональный оператор.

Органы местного самоуправления, исполняя функции технического заказчика, обязаны при выборе подрядных организаций для оказания услуг и (или) выполнения работ по капитальному ремонту многоквартирных домов руководствоваться порядком, установленным Правительством РФ для регионального оператора (ч. 5 ст. 182 Жилищного кодекса РФ). Это означает соблюдение тех же конкурсных процедур и выбор подрядчиков из того же реестра квалифицированных подрядных организаций, сформированного субъектом РФ [6–8].

В процессе реализации проекта по капитальному ремонту жилого здания технический заказчик обязан изучить исходные данные, включающие в себя как имеющуюся проектную документацию на жилое здание, так и обоснованность и правильность принятия решения и согласовать его с заказчиком, руководствуясь в данном вопросе МДК 2-03.2003 «Правила и нормы технической эксплуатации жилищного фонда». В то же время технический заказчик обязан корректно определить вид капитального ремонта, поскольку данный факт напрямую влияет на выбор технологий и методов, стоимость и прочее, связанное с проведением будущих работ.

Определение фактического вида капитального ремонта, в том числе жилых зданий, зависит от их технического состояния в целом и отдельных конструкций и систем в частности, которое устанавливается согласно ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния» и СП 454.1325800.2019 «Здания жилые многоквартирные. Правила оценки аварийного и ограниченно-работоспособного технического состояния». Выполнение работ по капитальному ремонту и их необходимость определяется исключительно по результатам комплексного технического обследования, выполненного в соответствии с требованиями СП 13-102-2003 «Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений» специализированной организацией, являющейся членом СРО в области изысканий [9].

По итогам установления категории технического состояния несущих строительных

конструкций жилого здания, сетей и коммуникаций как аварийного, ограниченно-работоспособного или работоспособного, руководствуясь имеющимися данными и ст. 166 Жилищного кодекса РФ, технический заказчик определяет по результатам их анализа оптимальный алгоритм реализации проекта по капитальному ремонту жилого здания [10–12].

Основной целью работы технического заказчика при любом виде строительства, равно и при капитальном ремонте жилых зданий, является успешная реализация проекта при условии максимального снижения рисков с сохранением требуемого качества и достижения высоких технико-экономических и технико-эксплуатационных показателей.

Таким образом, проведя анализ функций технического заказчика рамках капитального ремонта, можно выделить ряд факторов, которые могут оказывать влияние на качество выполнения техническим заказчиком своих обязательств.

К основным факторам, которые могут оказывать влияние на деятельность органов местного самоуправления при выполнении функций технического заказчика, можно отнести:

- организация работ в условиях ограничений, вызванных производством работ без отселения жильцов;
- недостаточное финансирование;
- нехватка исполнителей;
- недостаточная компетенция.

Организация работ в условиях ограничений, вызванных производством работ без отселения, накладывает на технического заказчика определенные обязанности, связанные с организацией работ в рамках разработанной организационно-технологической документации, что обусловлено необходимостью соблюдать шумовой режим в городской застройке, а также с использовать грузоподъемные механизмы совместно с жильцами.

При передаче функций технического заказчика орган местного самоуправления может столкнуться с проблемой нехватки исполнителей работ, так как у органа местного самоуправления по сравнению с региональным оператором могут быть созданы более благоприятные условия для выполнения работ в условиях ограниченного финансирования, региональный оператор может привлечь подрядчиков большим объемом работ.

При передаче органам местного самоуправления функций технического заказчика договоры с исполнителями услуг и работ по капитальному ремонту заключаются от имени регионального оператора. Услуги и выполненные работы оплачивает региональный оператор. Таким образом, органы местного самоуправления выполняют функции технического заказчика на безвозмездной основе. Таким образом, основным выгодоприобретателем в подобной схеме является региональный оператор.

Учитывая тот факт, что функции технического заказчика не являются основной деятельностью органов местного самоуправления, компетентность сотрудников в большинстве случаев не соответствует специализированной организации, осуществляющей данные функции профессионально.

Органы местного самоуправления не в полной мере соответствуют определению технического заказчика. Тем не менее возможность осуществления функций технического заказчика предусмотрена только для регионального оператора и органов местного самоуправления. На сегодняшний день привлечение органов местного самоуправления большинства муниципальных образований не способно обеспечить должный уровень осуществления функций технического заказчика на предлагаемых регионами условиях.

## Литература

1. Невмержицкий, В.Л. Технический заказчик / В.Л. Невмержицкий // Научное издание. – М. : Фундаментальные и прикладные исследования: проблемы и результаты, 2016. – С. 6–10.
2. Шемякина, Т.Ю. Управление качеством (в строительстве) производственный менеджмент : учеб. пособие / Т.Ю. Шемякина, М.Ю. Селивохин. – М. : Альфа-М; ИНФРА-М, 2013. – 272 с.
3. Чайка, Ю.О. Совершенствование системы планирования, контроля и регулирования строительных проектов на основе модели зрелости / Ю.О. Чайка // Промышленное и гражданское строительство. – 2014. – № 6. – С. 59–60.
4. Король, Е.А. Обеспечение безопасных условий труда при обустройстве бытовых городков капитально ремонтируемых зданий / Е.А. Король, Р.С. Петросян // Вестник МГСУ. – 2022. – Т. 17. – № 8. – С. 1046–1053. – DOI: 10.22227/1997-0935.2022.8.1046-1053.
5. Петросян, Р.С. Резервы повышения технологичности производства работ при капитальном ремонте зданий / Р.С. Петросян, О.А. Король // БСТ: Бюллетень строительной техники. – 2020. – № 3(1027). – С. 36–37.
6. Лapidус, А.А. Классификация и определение типов многоквартирных домов, подлежащих капитальному ремонту / А.А. Лapidус, С.И. Экба, С.А. Кормухин, Е. Билонда Трегубова // Строительное производство. – 2022. – № 4. – С. 58–64. – DOI: 10.54950/26585340\_2022\_4\_58.
7. Лapidус, А.А. Анализ недостатков нормативно-технической и законодательной базы проектирования капитального ремонта жилых зданий / А.А. Лapidус, Е. Билонда Трегубова, В.А. Комаров // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2022. – № 7. – С. 218–224. – DOI: 10.24412/2071-6168-2022-7-218-225.
8. Ганзен, Е.В. Актуальные вопросы организации работ по капитальному ремонту и реконструкции общественных зданий / Е.В. Ганзен, А.А. Лapidус // Строительное производство. – 2020. – № 4. – С. 44–50.
9. Фатуллаев, Р.С. Организационно-технологические решения, обосновывающие проведение внеплановых работ по капитальному ремонту многоквартирных домов / Р.С. Фатуллаев, А.А. Лapidус // Вестник МГСУ. – 2017. – № 3(102). – С. 304–307.
10. Теличенко, В.И. Информационное моделирование технологий и бизнес-процессов в строительстве / В.И. Теличенко, А.А. Лapidус, А.А. Морозенко. – М. : АСВ, 2008. – 138 с.
11. Fatullaev, R.S. Organizational and technological methods for unscheduled repair works / R.S. Fatullaev // Components of Scientific and Technological Progress. – 2017. – No. 3(33). – P. 17–22.
12. Фатуллаев, Р.С. Потребительское качество многоквартирного жилого дома как параметр, влияющий на состав организационно-технологических решений при проведении капитального ремонта / Р.С. Фатуллаев // Наука и бизнес: пути развития. – М. : ТМБпринт. – 2019. – № 2(92). – С. 149–155.

## References

1. Nevmerzhitskij, V.L. Tekhnicheskij zakazchik / V.L. Nevmerzhitskij // Nauchnoe izdanie. – M. : Fundamentalnye i prikladnye issledovaniya: problemy i rezultaty, 2016. – S. 6–10.
2. SHemyakina, T.YU. Upravlenie kachestvom (v stroitelstve) proizvodstvennyj menedzhment : ucheb. posobie / T.YU. SHemyakina, M.YU. Selivokhin. – M. : Alfa-M; INFRA-M,

2013. – 272 s.

3. CHajka, YU.O. Sovershenstvovanie sistemy planirovaniya, kontrolya i regulirovaniya stroitelnykh proektov na osnove modeli zrelosti / YU.O. CHajka // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo. – 2014. – № 6. – S. 59–60.

4. Korol, E.A. Obespechenie bezopasnykh uslovij truda pri obustrojstve bytovykh gorodkov kapitalno remontiruemykh zdaniy / E.A. Korol, R.S. Petrosyan // Vestnik MGSU. – 2022. – T. 17. – № 8. – S. 1046–1053. – DOI: 10.22227/1997-0935.2022.8.1046-1053.

5. Petrosyan, R.S. Rezervy povysheniya tekhnologichnosti proizvodstva rabot pri kapitalnom remonte zdaniy / R.S. Petrosyan, O.A. Korol // BST: Byulleten stroitelnoj tekhniki. – 2020. – № 3(1027). – S. 36–37.

6. Lapidus, A.A. Klassifikatsiya i opredelenie tipov mnogokvartirnykh domov, podlezhashchikh kapitalnomu remontu / A.A. Lapidus, S.I. Ekba, S.A. Kormukhin, E. Bilonda Tregubova // Stroitelnoe proizvodstvo. – 2022. – № 4. – S. 58–64. – DOI: 10.54950/26585340\_2022\_4\_58.

7. Lapidus, A.A. Analiz nedostatkov normativno-tekhnicheskoy i zakonodatelnoj bazy proektirovaniya kapitalnogo remonta zhilykh zdaniy / A.A. Lapidus, E. Bilonda Tregubova, V.A. Komarov // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki. – 2022. – № 7. – S. 218–224. – DOI: 10.24412/2071-6168-2022-7-218-225.

8. Ganzen, E.V. Aktualnye voprosy organizatsii rabot po kapitalnomu remontu i rekonstruktsii obshchestvennykh zdaniy / E.V. Ganzen, A.A. Lapidus // Stroitelnoe proizvodstvo. – 2020. – № 4. – S. 44–50.

9. Fatullaev, R.S. Organizatsionno-tekhnologicheskie resheniya, obosnovyvyayushchie provedenie vneplanovykh rabot po kapitalnomu remontu mnogokvartirnykh domov / R.S. Fatullaev, A.A. Lapidus // Vestnik MGSU. – 2017. – № 3(102). – S. 304–307.

10. Telichenko, V.I. Informatsionnoe modelirovanie tekhnologiy i biznes-protsessov v stroitelstve / V.I. Telichenko, A.A. Lapidus, A.A. Morozenko. – M. : ASV, 2008. – 138 s.

12. Fatullaev, R.S. Potrebitelskoe kachestvo mnogokvartirnogo zhilogo doma kak parametr, vliyayushchij na sostav organizatsionno-tekhnologicheskikh reshenij pri provedenii kapitalnogo remonta / R.S. Fatullaev // Nauka i biznes: puti razvitiya. – M. : TMBprint. – 2019. – № 2(92). – S. 149–155.

---

### Implementation of the Functions of a Technical Customer during the Overhaul of Residential Buildings

A.A. Lapidus, R.S. Fatullaev, A.A. Tkachenko, G.A. Sabanov

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

**Key words and phrases:** residential buildings security; overhaul; regulation; technical customer; efficiency.

**Abstract.** To maintain the operational characteristics of residential buildings and maintain their operational and mechanical safety, all operating organizations and owners of the housing stock are faced with the need to carry out their overhaul. In order to increase the efficiency of projects, reduce economic and production risks and create conditions for their successful implementation, the construction industry often resorts to attracting specialized professional

organizations – a technical customer. In this article, the authors describe the functions of a technical customer. In addition, the procedure for transferring the functions of a technical customer, as well as the main nuances of the implementation of the functions of a technical customer as part of the overhaul of apartment buildings, was analyzed. The results of the study show the main advantages and disadvantages when transferring the functions of a technical customer from a regional operator to local governments.

---

© А.А. Лapidус, Р.С. Фатуллаев, А.А. Ткаченко, Г.А. Сабанов, 2023

УДК 504.064.36

## Информационно-алгоритмическое обеспечение многоуровневого мониторинга выбросов парниковых газов

В.В. Брижанин<sup>1</sup>, С.В. Остах<sup>1, 2</sup>, Е.В. Сударикова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Российский экономический университет  
имени Г.В. Плеханова»;

<sup>2</sup> ФГАОУ ВО «Российский государственный университет  
нефти и газа (национальный исследовательский университет)  
имени И.М. Губкина»,  
г. Москва (Россия)

**Ключевые слова и фразы:** анализ; выброс; модель; мониторинг; наблюдение; парниковые газы; прогноз.

**Аннотация.** Цель исследования – формализация информационно-алгоритмического обеспечения многоуровневого мониторинга выбросов парниковых газов, учитывающего качественную и количественную оценку парниковых газов и их поглощение. Для достижения этой цели предложена прогнозно-аналитическая модель многоуровневого мониторинга выбросов парниковых газов и интерактивной аналитической обработки данных.

В оценке выбросов парниковых газов (ВПГ), несмотря на значительные достижения в этой области (совершенствование приборной базы и методов мониторинговых исследований, дистанционного зондирования Земли, совершенствование необходимой научно-методической базы и программно-информационного обеспечения), до сих пор основным способом получения необходимых данных является использование расчетных методик, основанных на применении удельных коэффициентов эмиссии для различных промышленных и сельскохозяйственных процессов, а также других видов деятельности [1].

Под мониторингом ВПГ понимается система оценки антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов [2].

Данные многоуровневого мониторинга, учитывающие качественную и количественную оценку состояния загрязнения окружающей среды, являются информационной основой для лиц, принимающих управленческие решения (ЛПР), расстановки приоритетов в области природоохранной деятельности, а также проведения прогностических расчетов последствий изменения климата.

Указанная комплексная система реализуема по научно обоснованным моделям и критериям оценки взаимосвязанных экспертно-аналитических мероприятий, в состав которых входит предоставление своевременной, регулярной и достоверной информации о состоянии окружающей природной среды и изучаемых производственных систем, а также прогнозов их изменения [2–4].

В соответствии с «Концепцией формирования системы мониторинга, отчетности и про-



верки объема ВПГ в РФ» [2], экологические системы мониторинга и контроля могут быть использованы для сбора значимой информации и оперативного управления ВПГ, для того чтобы:

- определить текущее состояние и изменчивость климата;
- выявить воздействия естественного и антропогенного происхождения на основные компоненты национального климатического мониторинга;
- идентифицировать причинно-следственные связи в климатических изменениях;
- прогнозировать региональные и глобальные изменения климата;
- установить экстремальные экоклиматические явления, оказывающие значительное влияние на хозяйственную деятельность;
- определить состояние природных экосистем, прямого и косвенного ущерба от изменения климата и оценить потенциальные социально-экономические и экологические риски, а также управляемость ими.

Необходимость своевременного автоматизированного решения задач оценки масштабов антропогенных воздействий обусловлена следующими основными причинами [4; 5]:

- сложностью решаемых задач, обусловленной особенностью мониторинговых исследований с большим числом взаимосвязанных автоматизированных систем и возрастающими объемами обрабатываемой информации;
- скоростью обработки информации и необходимостью обеспечения оперативности контроля согласно быстрым алгоритмам;
- иерархичностью систем наблюдения за негативным воздействием на окружающую среду;
- ограниченностью автоматизированного решения задач с целью обеспечения нормативного уровня реализации климатических проектов;
- потребностью своевременного контроля и работоспособности большого количества специальных технических систем оперативного отслеживания ВПГ предприятиями и регионами;
- возможностью обеспечения своевременного обмена данными и функционального взаимодействия автоматизированных информационных систем.

К основным сложностям анализа непротиворечивых предметно-ориентированных данных в рассматриваемой сфере деятельности следует отнести:

- объективные ограничения измерительного оборудования первичных и региональных пунктов наблюдения;
- информационные ограничения для обработки и анализа данных относительно существующих модельных представлений;
- схематичность интерпретации аналитических материалов и ограничения по глубине прогнозирования.

Создание автоматизированных систем мониторинга ВПГ и соответствующего информационного обеспечения управления природоохранной деятельностью и экологической безопасностью является весьма сложной, трудоемкой, затратной в реализации, но, безусловно, актуальной задачей в составе природоохранных мероприятий.

Рассматриваемая задача мониторинговых исследований природно-антропогенного комплекса предполагает формирование алгоритмов ее решения с учетом недостаточности исходных данных и степени их достоверности. При этом важно совместное развитие и углубление методологической базы предельных оценок загрязнений окружающей среды [6] и адаптация апробированных технологий исследований природно-антропогенных комплексов [7] к складывающимся проблемным ситуациям в интересах информационной под-

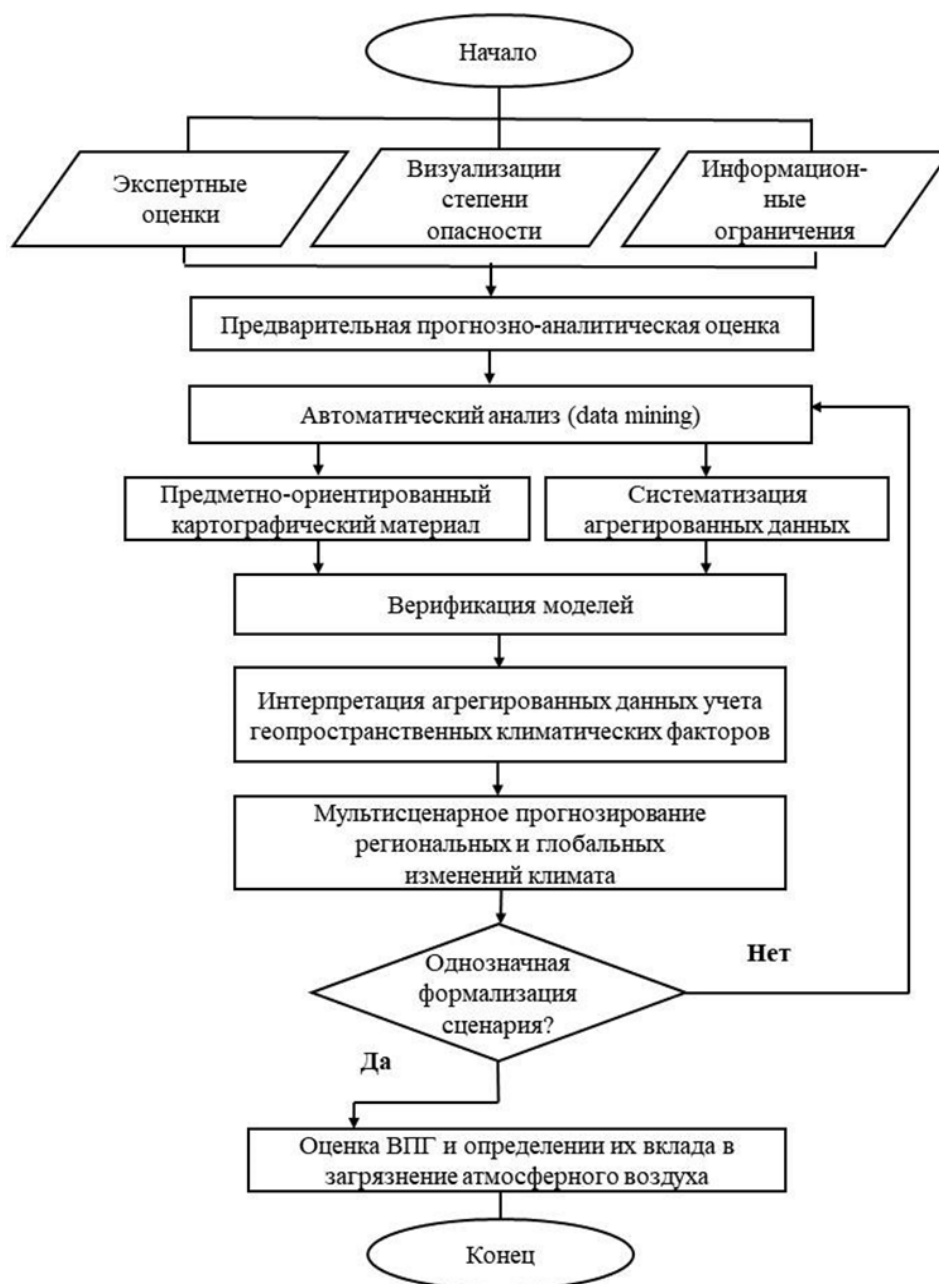


Рис. 1. Блок-схема прогнозно-аналитической модели многоуровневого мониторинга ВПГ

держки климатических проектов.

Рассматриваемый многоуровневый мониторинг предполагает сочетание в себе комплексного иерархического использования всех доступных информативных методов (по отдельности или в совокупности), необходимых для системы наблюдения и составления результирующего отчета о сокращении ВПГ или увеличении их удаления.

Стратегия многоуровневых наблюдений (климат, геология, почвы), включающих спутниковые, авиационные, а также мобильные приземные измерения атмосферного воздуха, является эффективной в обнаружении мощных производителей ВПГ и определении их вклада в загрязнение атмосферного воздуха [8].

Каждый инструментальный способ или прием из перечисленных видов по отдельности позволяет получить требуемую информацию относительно сценариев ВПГ. При этом достаточность планирования мероприятий будет иметь место только в том случае, если реализация будет базироваться на известных или изученных гидрометеорологических характеристиках и данных наблюдения непосредственно за ВПГ.

В рассматриваемой схеме многоуровневого мониторинга необходимо выделить алгоритмически выверенную информационную систему в составе «Постоянные режимные наблюдения» – «количественное определение выбросов» – «прогнозно-аналитическая модель» – «контроль удаления парниковых газов».

Общий вид прогнозно-аналитической модели мониторинга с использованием интегрированной автоматизированной системы приема и анализа геопространственных климатических факторов (**АИС**) представлен на рис. 1.

Формирование и развитие информационно-алгоритмического обеспечения может быть основано на использовании известной информации трехуровневого формата: «данные» – «информация» – «знания» [9], слабо зависящей от реализуемой базовой структуры данных или их предполагаемого набора.

Преодоление вероятных пределов и информационных барьеров в развитии мониторинговых исследований возможно за счет применения непрерывно развиваемых методов искусственного интеллекта (*artificial intelligence*) [10; 11], позволяющих решать сложную неструктурированную задачу [12].

Указанная задача может быть решена, например, с задействованием интеллектуального анализа данных (*data mining*) и использованием соответствующих интерфейсов систем их хранения и обработки.

Интеллектуальный анализ данных основывается на практическом опыте экспертов и алгоритмах, необходимых для реализации специализированных инструментов ЛПП с помощью АИС.

Независимо от формы и структуры источника данных, информация структурируется и организуется в соответствии с технологией *OLAP* (*online analytical processing*), которая позволяет выполнять интерактивную аналитическую обработку с максимально эффективной моделью.

Интеллектуальный анализ изучаемых данных предполагает реализацию логических последовательных методов, основанных на поэтапном обучении на эталонах и разделении анализируемого пространства по комплексу признаков на кусочно-однородные участки и процедуры распознавания образов. В этом случае априорная вероятность измерима на основе устанавливаемой модели комплексных наблюдений за состоянием окружающей среды.

С учетом методологии сценарного исследования сложных технических систем [13; 14] агрегированную прогнозно-аналитическую модель целесообразно представить в формате метанабора ( $M$ ):

$$M = (M_{sc}; M_{if}; M_{eq}; M_{ce}; M_{as}; M_{le}),$$

включающего в себя следующие модели (индивидуальные модули  $M$ ) для ЛПП: изменения состояния –  $M_{sc}$ ; идентификации и прогнозирования –  $M_{if}$ ; качества окружающей среды –  $M_{eq}$ ; комплексных наблюдений за состоянием окружающей среды –  $M_{ce}$ ; оценки фактического состояния и построения *OLAP*-отчетов –  $M_{as}$ ; выбора метода снижения уровня воздействия –  $M_{le}$ .

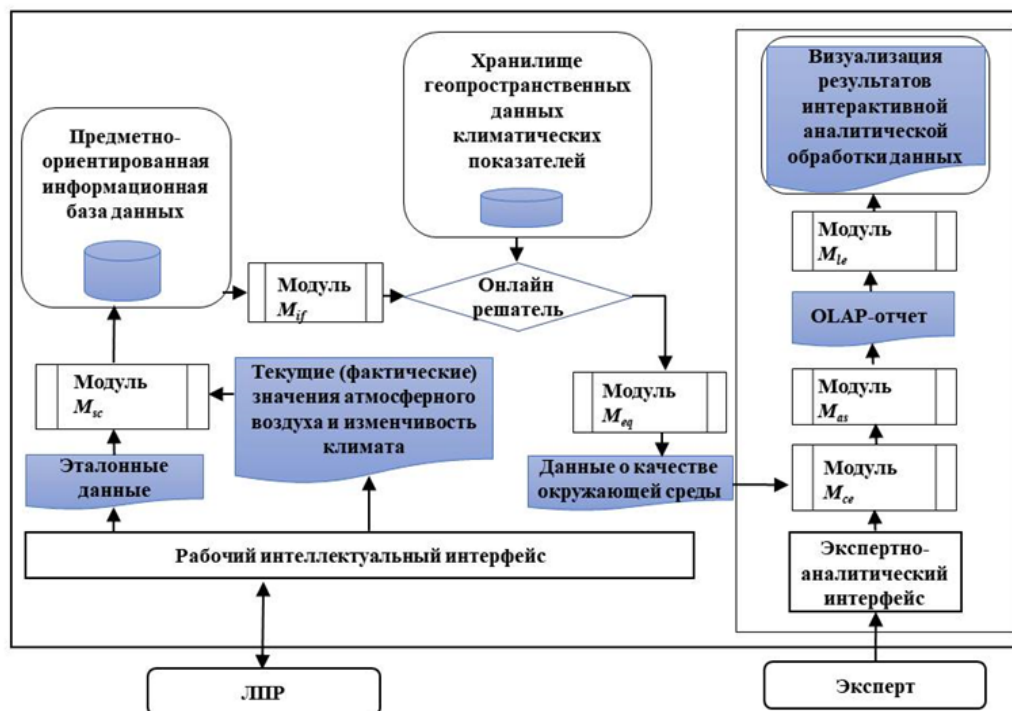


Рис. 2. Модель интерактивной аналитической обработки данных многоуровневого мониторинга ВПГ

С использованием элементов  $M$ , отображаемых алгоритмическим способом (рис. 2), могут быть построены формализованные сценарии управления климатическими проектами. При этом одной АИС обеспечивается поиск источников данных, их набор, а также предварительная обработка и интеллектуальный анализ геопространственных данных климатических показателей, их классификация, сопоставление с прогнозно-аналитической моделью. Это позволяет извлекать агрегированную информацию из актуализируемой базы данных непосредственно в итоговый отчет.

Наилучших результатов в сфере минимизации эколого-экономического ущерба позволяют добиваться системы непрерывного многоуровневого мониторинга, учитывающие качественную и количественную оценку антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов.

Применение прогнозно-аналитической модели многоуровневого мониторинга ВПГ и интерактивной аналитической обработки данных позволит наглядно отображать территории, к которым необходимо повышенное внимание ЛПР, а также будет способствовать прогрессу в сокращении выбросов и/или увеличении удаления парниковых газов. Это обеспечит своевременный алгоритмический учет всех необходимых факторов окружающей среды в процессе осуществления организациями хозяйственной деятельности.

## Литература

1. Распоряжение Правительства РФ от 29.10.2021 № 3052-р «Об утверждении стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года».
2. Распоряжение Правительства РФ от 22 апреля 2015 г. № 716-р «Об утверждении

Концепции формирования системы мониторинга, отчетности и проверки объема выбросов парниковых газов в Российской Федерации».

3. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 27.05.2022 № 371 «Об утверждении методик количественного определения объемов выбросов парниковых газов и поглощений парниковых газов» (Зарегистрирован 29.07.2022 № 69451).

4. Приказ Минприроды России от 30.07.2020 № 524 «Об утверждении требований к проведению наблюдений за состоянием окружающей среды, ее загрязнением» (Зарегистрировано в Минюсте России 14.12.2020 № 61430).

5. Шахин, Д.А. Оценка современного состояния окружающей среды в рамках экологического сопровождения проектов / Д.А. Шахин, В.Е. Пинаев. – М. : МАКС Пресс, 2013. – 216 с.

6. Казанская, А.Н. Оценка социально-эколого-экономического состояния территорий как инструмент устойчивого развития муниципальных образований / А.Н. Казанская, Т.Н. Мясоедова, В.А. Гаджиева // Технологии техносферной безопасности. – 2015. – № 1(59). – С. 216–224.

7. Ostakh, S.V. Methodological Basis of Ecological zoning of Disturbed and Contaminated Areas using SMART Technologies / S.V. Ostakh // Components scientific and technological progress – 2022. – № 5(71). – P. 11–17.

8. Бердин, В.Х. Парниковые газы – глобальный экологический ресурс : справ. пособие / В.Х. Бердин, И.Г. Грицевич, А.О. Кокорин, Ю.Н. Федоров. – М. : Всемирный фонд природы России, НОППУ, 2004. – 137 с.

9. Kendal S.L. An introduction to knowledge engineering / S.L. Kendal, M. Green. – London : Springer, 2007. – 287 p.

10. Самсонович, О.О. Искусственный интеллект – новые реалии / О.О. Самсонович, Е.А. Фокина // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2018. – № 5–1. – С. 257–263.

11. Околеснова, О.А. Информационные барьеры в сфере общественного контроля / О.А. Околеснова // Право и государство: теория и практика. – 2014. – № 6(114). – С. 150–152.

12. Цветков, В.Я. Преодоление информационных барьеров / В.Я. Цветков, В.М. Маркелов, И.А. Романов // Дистанционное и виртуальное обучение. – 2012. – № 11. – С. 4–7.

13. Шульц, В.Л. Управление региональной безопасностью на основе сценарного подхода / В.Л. Шульц, В.В. Кульба, А.Б. Шелков, И.В. Чернов. – М. : ИПУ РАН, 2014. – 163 с.

14. Кононов, Д.А. Стойкость сложных технических систем: сценарный взгляд на проблему / Д.А. Кононов, А.А. Кочкаров, Н.О. Пономарев // Труды НИИСИ РАН. – М., 2012. – С. 80–86.

## References

1. Rasporyazhenie Pravitelstva RF ot 29.10.2021 № 3052-r «Ob utverzhdenii strategii sotsialno-ekonomicheskogo razvitiya Rossijskoj Federatsii s nizkim urovnem vybrosov parnikovyx gazov do 2050 goda».

2. Rasporyazhenie Pravitelstva RF ot 22 aprelya 2015 g. № 716-r «Ob utverzhdenii Kontseptsii formirovaniya sistemy monitoringa, otchetnosti i proverki obema vybrosov parnikovyx gazov v Rossijskoj Federatsii».

3. Prikaz Ministerstva prirodnykh resursov i ekologii Rossijskoj Federatsii ot 27.05.2022

№ 371 «Ob utverzhdenii metodik kolichestvennogo opredeleniya obemov vybrosov parnikovyykh gazov i pogloshchenij parnikovyykh gazov» (Zaregistrovan 29.07.2022 № 69451).

4. Prikaz Minprirody Rossii ot 30.07.2020 № 524 «Ob utverzhdenii trebovanij k provedeniyu nablyudenij za sostoyaniem okruzhayushchej sredy, ee zagryazneniem» (Zaregistrovano v Minyuste Rossii 14.12.2020 № 61430).

5. SHakhin, D.A. Otsenka sovremennogo sostoyaniya okruzhayushchej sredy v ramkakh ekologicheskogo soprovozhdeniya proektov / D.A. SHakhin, V.E. Pinaev. – M. : MAKS Press, 2013. – 216 s.

6. Kazanskaya, A.N. Otsenka sotsialno-ekologo-ekonomicheskogo sostoyaniya territorij kak instrument ustojchivogo razvitiya munitsipalnykh obrazovanij / A.N. Kazanskaya, T.N. Myasoedova, V.A. Gadzhieva // Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti. – 2015. – № 1(59). – S. 216–224.

7. Ostakh, S.V. Methodological Basis of Ecological zoning of Disturbed and Contaminated Areas using SMART Technologies / S.V. Ostakh // Somponents scientific and technological progress – 2022. – № 5(71). – P. 11–17.

8. Berdin, V.KH. Parnikovyе gazy – globalnyj ekologicheskij resurs : sprav. posobie / V.KH. Berdin, I.G. Gritsevich, A.O. Kokorin, YU.N. Fedorov. – M. : Vsemirnyj fond prirody Rossii, NOPPPU, 2004. – 137 s.

9. Kendal S.L. An introduction to knowledge engineering / S.L. Kendal, M. Green. – London : Springer, 2007. – 287 p.

10. Samsonovich, O.O. Iskusstvennyj intellekt – novye realii / O.O. Samsonovich, E.A. Fokina // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnykh i fundamentalnykh issledovanij. – 2018. – № 5–1. – S. 257–263.

11. Okolesnova, O.A. Informatsionnye barery v sfere obshchestvennogo kontrolya / O.A. Okolesnova // Pravo i gosudarstvo: teoriya i praktika. – 2014. – № 6(114). – S. 150–152.

12. TSvetkov, V.YA. Preodolenie informatsionnykh barerov / V.YA. TSvetkov, V.M. Markelov, I.A. Romanov // Distantcionnoe i virtualnoe obuchenie. – 2012. – № 11. – S. 4–7.

13. SHults, V.L. Upravlenie regionalnoj bezopasnostyu na osnove stsennarnogo podkhoda / V.L. SHults, V.V. Kulba, A.B. SHelkov, I.V. CHernov. – M. : IPU RAN, 2014. – 163 s.

14. Kononov, D.A. Stojkost slozhnykh tekhnicheskikh sistem: stsennarnyj vzglyad na problemu / D.A. Kononov, A.A. Kochkarov, N.O. Ponomarev // Trudy NIISI RAN. – M., 2012. – S. 80–86.

---

### Information and Algorithmic Support for Multilevel Monitoring of Greenhouse Gas Emissions

V.V. Brizhanin<sup>1</sup>, S.V. Ostakh<sup>1,2</sup>, E.V. Sudarikova<sup>1</sup>

<sup>1</sup> G.V. Plekhanov Russian University of Economics;  
<sup>2</sup> National University of Oil and Gas “Gubkin University”,  
Moscow (Russia)

**Key words and phrases:** analysis; ejection; model; monitoring; observation; greenhouse gases; forecast.

**Abstract.** The purpose of the study is to formalize the information and algorithmic support for multilevel monitoring of greenhouse gas emissions, taking into account the qualitative and

quantitative assessment of greenhouse gases and their absorption. To achieve this goal, a predictive-analytical model for multilevel monitoring of greenhouse gas emissions and interactive analytical data processing is proposed.

---

© В.В. Брижанин, С.В. Остах, Е.В. Сударикова, 2023

УДК 323.22/28

## Экологическая политика России

Е.С. Старчикова, А.С. Прилипов

*ФГБОУ ВО «Московский государственный университет  
имени М.В. Ломоносова»,  
г. Москва (Россия)*

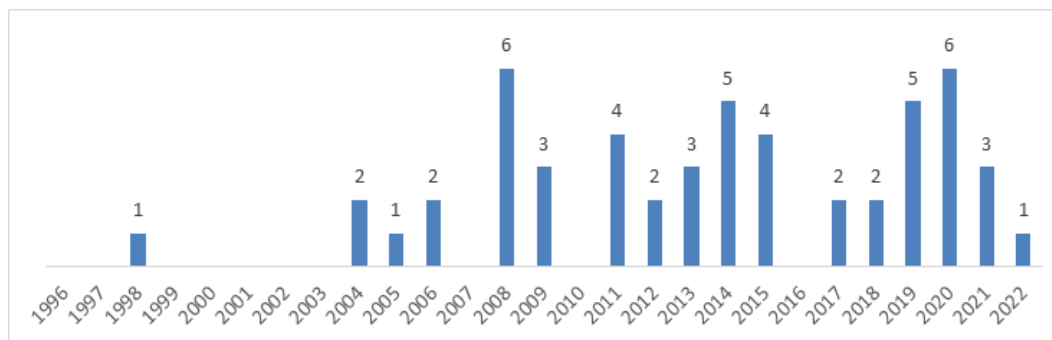
**Ключевые слова и фразы:** окружающая среда; природные ресурсы; природоохранное законодательство; экологическая политика; экология.

**Аннотация.** Целью данной статьи является рассмотрение вопросов, связанных с экологической политикой в Российской Федерации и фундаментом ее формирования и развития. Задачей исследования является рассмотрение проблем экологической политики, выявление вопросов, связанных с развитием природоохранного законодательства в России, и факторов, влияющих на торможение реализации экологических мероприятий в современную эпоху. Гипотеза исследования предполагает, что текущий этап государственной экологической политики России характеризуется сменой концептуальных основ государственного управления охраной окружающей среды, т.е. наличествует так называемый переход на принципиально новую «платформу» государственного регулирования. Методы исследования: поисковый, компаративный, дескриптивный, метод анализа, систематизации и обобщения. В результате исследования был сделан вывод, что экологическая политика в Российской Федерации развивается, базируясь на мировом опыте и лучших практиках природоохранного регулирования, но, несмотря на вышесказанное, при принятии решений экологический аспект не всегда является определяющим фактором.

В результате своей продолжительной истории развития экологическая политика России приобрела множество уникальных и неповторимых черт, заметно выделяющих ее среди зарубежных стран. В настоящее время отечественная экологическая политика является очень гибким и стремительно развивающимся инструментом, однако не во всем подобные характеристики способны ее охарактеризовать с положительной стороны.

Прежде всего необходимо понимать контекст развития природоохранного законодательства в России, с которым неразрывно связана экологическая политика. Мероприятия по охране природы проводились еще во времена царской России, что в основном было связано с охраной царских лесных охотничьих угодий. Наибольшее развитие экологическая политика получила во времена СССР, в частности, когда в 1989 г. был сформирован





**Рис. 1.** Количество изменяющихся документов ФЗ «Об экологической экспертизе» от 23.11.1995 № 174-ФЗ с 1996 по 2022 гг.

Госкомприроды, ответственный за охрану практически всех природных объектов [2, с. 75]. Тем не менее, развитие экологической политики в советские времена носило скорее стихийный характер, который сильно зависел, прежде всего, от руководителей СССР. После распада Советского Союза началась реорганизация природоохранных структур, которая создала путаницу в функциях ведомств. Итогом реорганизации стало образование в 2008 г. единого Министерства природных ресурсов и экологии РФ.

Главная особенность современной отечественной экологической политики – это определяющее значение государственной власти, в то время как влияние бизнеса, организаций гражданского общества и населения ограничено. Современное природоохранное законодательство можно охарактеризовать как нестабильную систему принятия решений, что связано с большим количеством заинтересованных сторон. Обычно вопросы охраны окружающей среды отходят на второй план, если они идут вразрез с некоторыми экономическими и политическими целями. С этим связано большое количество изменений, регулярно вносимых в экологическое законодательство Российской Федерации. Так, например, за 27 лет существования Федерального закона № 174-ФЗ «Об экологической экспертизе» он насчитывает более 52 изменяющихся документов [8]. Наибольшее количество изменений было внесено в 2008 и в 2020 гг., а также в 2014 и 2019 гг. (рис. 1), исходя из чего можно предположить, что наибольшая потребность в редакции ФЗ возникала в кризисные времена. Таким образом, можно утверждать, что российское экологическое законодательство носит адаптивный характер.

Тем не менее, в последние годы наблюдаются не только отрицательные, но и положительные изменения в области экологической политики РФ. Среди них, в частности, можно отметить утверждение в 2021 г. Стратегии социально-экономического развития России с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г. [7], принятие в 2021 г. Критериев проектов устойчивого (в том числе зеленого) развития в РФ [5], а также начало подготовки в 2022 г. отраслевых и региональных планов адаптации к изменениям климата [3; 6].

Также в России продолжают развиваться принципы *ESG* (*Environmental, Social and Corporate Governance* – экологическое, социальное и корпоративное управление) на региональных уровнях, в основном за счет взаимосвязей с национальными проектами (в частности, с Национальным проектом «Экология»). Однако в этой области есть куда стремиться. Так, например, отдельные региональные долгосрочные *ESG*-стратегии на данный момент есть только у Сахалинской и Нижегородской области, а большая часть мероприятий, проводимых регионами в рамках *ESG*-стратегий, сводится к проведению экологических акций по озеленению региона и/или уборке отходов [4].

Таким образом, экологическая политика России продолжает развиваться и следовать мировым трендам, однако она, как правило, не является определяющим фактором при принятии решений.

### Литература

1. Белова, С.Б. Углеродный след: проблемы и пути решения / С.Б. Белова, И.Ю. Старчикова, Е.С. Старчикова // Наука и бизнес: пути развития. – М. : ТМБпринт. – 2020. – № 3(105). – С. 19–21.
2. Блоков, И.П. Окружающая среда и ее охрана в России. Изменения за 25 лет / И.П. Блоков. – М. : ОМННО «Совет Гринпис», 2018. – 422 с.
3. В России завершена разработка отраслевых планов адаптации к изменению климата. Министерство экономического развития Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://www.economy.gov.ru/material/news/v\\_rossii\\_zavershena\\_razrabotka\\_otraslevykh\\_planov\\_adaptatsii\\_k\\_izmeneniyam\\_klimata.html](https://www.economy.gov.ru/material/news/v_rossii_zavershena_razrabotka_otraslevykh_planov_adaptatsii_k_izmeneniyam_klimata.html).
4. Исследование региональной ESG-повестки. SBS Consulting [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.sbsconsulting.ru/upload/iblock/fbe/fbe91408c4db4af3484365fbae377851.pdf>.
5. Критерии проектов устойчивого (в том числе зеленого) развития в Российской Федерации. Правительство России [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://static.government.ru/media/files/3hAvrI8rMjp19BApLG2cchmt35YBPH8z.pdf>.
6. Старчикова, Е.С. К вопросу о переходе с угля на альтернативные источники энергии / Е.С. Старчикова, А.С. Прилипов // Наука и бизнес: пути развития. – М. : ТМБпринт. – 2022. – № 4(130). – С. 151–153.
7. Стратегия социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года. Правительство России [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://static.government.ru/media/files/ADKkCzp3fWO32e2yA0BhtIpyzWfHaiUa.pdf>.
8. Федеральный закон «Об экологической экспертизе» // Консорциум Кодекс [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://docs.cntd.ru/document/9014668?section=text>.

### References

1. Belova, S.B. Uglerodnyj sled: problemy i puti resheniya / S.B. Belova, I.YU. Starchikova, E.S. Starchikova // Nauka i biznes: puti razvitiya. – M. : TMBprint. – 2020. – № 3(105). – S. 19–21.
2. Blokov, I.P. Okruzhayushchaya sreda i ee okhrana v Rossii. Izmeneniya za 25 let / I.P. Blokov. – M. : OMNNO «Sovet Grinpis», 2018. – 422 s.
3. V Rossii zavershena razrabotka otraslevykh planov adaptatsii k izmeneniyu klimata. Ministerstvo ekonomicheskogo razvitiya Rossijskoj Federatsii [Electronic resource]. – Access mode : [https://www.economy.gov.ru/material/news/v\\_rossii\\_zavershena\\_razrabotka\\_otraslevykh\\_planov\\_adaptatsii\\_k\\_izmeneniyam\\_klimata.html](https://www.economy.gov.ru/material/news/v_rossii_zavershena_razrabotka_otraslevykh_planov_adaptatsii_k_izmeneniyam_klimata.html).
4. Issledovanie regionalnoj ESG-povestki. SBS Consulting [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.sbsconsulting.ru/upload/iblock/fbe/fbe91408c4db4af3484365fbae377851.pdf>.
5. Kriterii proektov ustojchivogo (v tom chisle zelenogo) razvitiya v Rossijskoj Federatsii. Pravitelstvo Rossii [Electronic resource]. – Access mode : <http://static.government.ru/media/files>

/3hAvrl8rMjp19BApLG2cchmt35YBPH8z.pdf.

6. Starchikova, E.S. K voprosu o perekhode s uglya na alternativnye istochniki energii / E.S. Starchikova, A.S. Prilipov // Nauka i biznes: puti razvitiya. – M. : TMBprint. – 2022. – № 4(130). – S. 151–153.

7. Strategiya sotsialno-ekonomicheskogo razvitiya Rossijskoj Federatsii s nizkim urovnem vybrosov parnikovyx gazov do 2050 goda. Pravitelstvo Rossii [Electronic resource]. – Access mode : <http://static.government.ru/media/files/ADKkCzp3fWO32e2yA0BhtlpyzWfHaiUa.pdf>.

8. Federalnyj zakon «Ob ekologicheskoy ekspertize» // Konsortsium Kodeks [Electronic resource]. – Access mode : <https://docs.cntd.ru/document/9014668?section=text>.

---

### Environmental Policy of Russia

E.S. Starchikova, A.S. Prilipov

*Lomonosov Moscow State University,  
Moscow (Russia)*

**Key words and phrases:** environment; natural resources; environmental legislation; environmental policy; ecology.

**Abstract.** The purpose of this article is to consider issues related to environmental policy in the Russian Federation and the foundation for its formation and development. The objective of the study is to consider the problems of environmental policy, to identify issues related to the development of environmental legislation in Russia and the factors affecting the inhibition of the implementation of environmental measures in the modern era. The hypothesis of the study assumes that the current stage of the state environmental policy of Russia is characterized by a change in the conceptual foundations of the state management of environmental protection, i.e. there is a so-called transition to a fundamentally new “platform” of state regulation. The research methods are search, comparison, description, method of analysis, systematization and generalization. As a result of the study, it was concluded that being based on international experience and best practices in environmental regulation the environmental policy in the Russian Federation is developing, but despite the foregoing, when making decisions, the environmental aspect is not always the determining factor.

---

© E.C. Старчикова, А.С. Прилипов, 2023

УДК 72

## Сочетание объектов культуры с окружающей застройкой (на примере отдельных зданий Москвы, Санкт-Петербурга и Пекина)

О.А. Бекузаров

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

**Ключевые слова и фразы:** единство архитектурно-го ландшафта; объекты культуры; окружающая застройка; элементы сочетания.

**Аннотация.** Цель работы – изучить особенности сочетания объектов культуры с окружающей застройкой. В соответствии с целью поставлены задачи: рассмотреть процесс интеграции архитектурных объектов с окружающей городской средой, изучить практические аспекты такой интеграции на примере исследования трех зданий, находящихся в трех крупных городах: в Москве, Санкт-Петербурге и Пекине. Была выдвинута гипотеза о том, что при возведении или глобальной реконструкции культурных объектов специалистами разных стран в приоритетном порядке учитываются особенности окружающей городской среды для преодоления архитектурного диссонанса. В процессе исследования были применены аналитические и сравнительные методы исследования. Был сделан вывод, что сочетание объектов культуры с окружающей застройкой имеет большое значение для сохранения культурного наследия и создания уникального и привлекательного городского пейзажа, который может способствовать экономическому развитию региона, а также помогать привлекать туристов и укреплять имидж региона как места с богатой культурной и исторической идентичностью.

Комплекс объектов культуры и окружающей застройки – это интеграция архитектурных и культурных элементов для создания единого пространства, которое сочетает в себе культурные ценности и архитектурный стиль. Данный процесс может происходить на различных уровнях – от создания нового здания в контексте уже существующего городского пейзажа до изменения окружающей застройки, чтобы лучше соответствовать культурному контексту. Он может включать в себя создание архитектурных элементов, которые соответствуют традициям и историческому наследию данного региона или культуры террито-

рии в целом.

Цель сочетания объектов культуры с окружающей застройкой – сохранение и продвижение культурных ценностей и традиций в сочетании с современным дизайном и технологиями. Это помогает сохранять и укреплять уникальную культурную и архитектурную идентичность местности и привлекать туристов, которые интересуются историческими и культурными достопримечательностями.

Еще один пример сочетания объектов культуры с окружающей застройкой – это сохранение и реставрация старых зданий и памятников архитектуры. При этом имеет место как историческая, так и культурная ценность здания, а также учитываются требования современного общества и технологический прогресс. Таким образом, сохранение старых зданий не только служит на благо культурного наследия, но и становится экономически выгодным, поскольку реставрированные здания и памятники архитектуры могут стать туристическими достопримечательностями, привлекающими туристов из разных стран.

Одним из примеров сочетания объектов культуры с окружающей застройкой является знаменитый музей Лувра в Париже. Здание музея было построено в XII в. как крепость, затем оно было преобразовано в резиденцию королей Франции. В настоящее время музей Лувра является одним из главных музеев мира и является примером того, как архитектурное наследие может быть сохранено и использовано в качестве культурной достопримечательности, привлекающей туристов [1].

Еще одним примером сочетания объектов культуры с окружающей застройкой являются парки и сады, созданные в городах, которые отражают историческую и культурную значимость данного региона. Например, Центральный парк в Нью-Йорке является одним из самых известных парков в мире, который был создан в 1858 г. и стал символом города. Он сочетает в себе архитектурные элементы, культурные достопримечательности и природные ландшафты, которые отражают историю города и его культурную идентичность.

Сочетание объектов культуры с окружающей застройкой также имеет социальное значение, поскольку это может помочь создать привлекательное и комфортное городское пространство для жителей. Например, музеи, театры, парки и другие культурные объекты могут создавать уникальную атмосферу и способствовать развитию культурной жизни в городе, что, в свою очередь, может привлекать новых жителей и укреплять экономику региона [2].

Рассмотрим особенности сочетания объектов культуры и окружающей застройки на примере МХАТ имени М. Горького (г. Москва, Россия), Концертного зала Мариинского театра (г. Санкт-Петербург, Россия) и Национального большого театра (г. Пекин, Китай).

МХАТ имени М. Горького, расположенный в центре Москвы, является одним из наиболее известных театров в России и мире. Этот знаменитый театр сочетает в себе культурное наследие и современную архитектуру, что делает его особенным и интересным как для жителей, так и для туристов. Авторами проекта являются архитекторы В. Кубасов и В. Уляшов [4].

Строительство существующего здания МХАТа имени М. Горького происходило в особых условиях, поскольку было необходимо достроить объект, который планировался к строительству еще в предвоенное время и должен был именоваться Музыкальным театром имени В.И. Немировича-Данченко.

Окружающая застройка МХАТа тесно связана с исторической и культурной значимостью Москвы. Она сочетает в себе архитектурные элементы разных эпох и стилей, такие как старинные московские особняки, советские здания, музеи, парки и т.д. Эта многоликая окружающая среда создает особую атмосферу и уникальный образ города [4].

Сочетание здания МХАТа с окружающей застройкой не только отражает культурную и историческую значимость Москвы, но и создает уникальный архитектурный облик города, который привлекает туристов со всего мира. Кроме того, благодаря своему расположению в центре города, МХАТ имени Горького является одним из центров культурной жизни Москвы, привлекая театралов зрителей, артистов, искусствоведов и других участников культурной жизни.

В целом сочетание здания МХАТ имени Горького с окружающей застройкой является примером того, как архитектура и культура могут взаимодействовать друг с другом, создавая уникальность и привлекательность урбанизированной среды. Театр, окружающие здания и достопримечательности создают совокупную культурную и архитектурную среду, которая представляет интерес как для местных жителей, так и для гостей города.

Кроме того, МХАТ имени Горького постоянно совершенствует свои методы работы и использует современные технологии, чтобы оставаться в тренде современного театрального искусства. Это позволяет театру привлекать не только поклонников традиционной русской драмы, но и любителей современного театра и экспериментальных форм искусства [4]. В целом МХАТ имени Горького с успехом сочетает традиции и инновации, классику и современность, что делает его одним из наиболее привлекательных театров в России и мире.

Нельзя не отметить наличие мнения о том, что данный объект из-за своей масштабности не гармонирует с окружающей застройкой по причине несвойственного для города фасада. Несомненно, такой неординарный вид стал привычен, но масштабность здания все же является сомнительной. Речь идет именно о масштабе, а не о физической величине.

Концертный зал на 1 000 мест Мариинского театра был построен в 2006 г. архитекторами Ксавье Фабром (Франция), Рафаэлем Даяновым (С.-Петербург). Технологию и акустику разработал Ясухиса Тойота (Япония).

История строительства здания необычна. После пожара, который имел место в сентябре 2003 г. в Декорационном складе-магазине Мариинского театра по ул. Писарева, г. Санкт-Петербург, встал вопрос, целесообразно ли сохранять и использовать стены здания, которое было создано на основе проекта В.А. Шретера в 1900 г. Именно в указанный период было возведено первое современное здание профессионального театрального склада-магазина с мастерскими. Вопрос о необходимости сохранения здания был обусловлен тем, что в процессе пожара были разрушены металлические фермы безусловно ценного в историческом и эстетическом плане образце архитектуры рубежа XIX–XX вв., а также были деформированы и частично разрушены кирпичные стены, выгорели межэтажные перекрытия, были уничтожены двери и оконные рамы и пр. Но целым остался фасад с улицы Писарева [5].

С целью сохранения данного объекта культуры были приглашены иностранные и российские специалисты, которые разработали проект нового концертного зала, а руководителем известной японской компании *Nagata Acustics Inc.* Ясухиса Тойота была разработана акустическая система, которая была основана на использовании высокотехнологичных акустических панелей, способных трансформировать геометрию пространства и распределять акустические волны.

Особенности проводимой реконструкции позволили сохранить часть подлинных фасадов В.А. Шретера, также осталась в неизменном виде уникальная кирпичная кладка на главном фасаде на ул. Писарева. Новый концертный зал был встроен в остов здания на противоположной стороне навстречу потоку зрителей. Данный зал обладает профессио-

нальными и технологическими особенностями, чем заслужил высокую оценку специалистов. Данный проект стал еще одним архитектурным украшением Санкт-Петербурга, сохранив при этом исторический колорит и удачно вписавшись в историческое окружение в системе сложившихся улиц [5].

Национальный большой театр в Пекине является одним из самых удивительных сооружений современной архитектуры и гордостью китайской культуры. Он был открыт в 2007 г. и стал местом проведения важнейших культурных мероприятий Китая.

О необходимости постройки театра заговорили еще в 1959 г. в рамках подготовки празднования годовщины создания КНР. Однако одобренный на тот момент проект остался только на бумаге.

История строительства Национального большого театра в Пекине началась в 2001 г. Перед этим, в 1998–1999 гг., был проведен конкурс проектов, в котором участвовало 36 архитектурных бюро и свыше 60 проектов. Место расположения будущего театра было знаковым. Конкурс выиграл французский архитектор Поль Андре со смелым в конструктивном отношении проектом, подобным гигантскому пузырю на поверхности озера [3].

Территория для строительства была освобождена от старой застройки и трущоб. Необходимо сказать, что нестандартная форма будущего театра вызывала множество вопросов у именитых архитекторов и общественности, поскольку было высказано мнение, что такое здание может испортить исторический облик города. Однако при подготовке к проведению Олимпийских игр в 2001 г. для Пекина стала актуальной современная архитектура, которая смогла бы продемонстрировать открытость города всему миру. И именно здание Национального театра, напоминающее каплю или звездный корабль, выступило одним из таких символов.

Строительство здания театра началось в 2005 г., а уже в 2007 г. театр открыл свои двери для посетителей.

В ходе строительства театра были преодолены многие технические и инженерные проблемы. Одна из главных сложностей заключалась в том, что здание было построено на земле, которая сильно плыла и подвержена оползням. Чтобы решить эту проблему, была разработана специальная технология, которая позволяет защитить здание от сейсмических воздействий и сохранить его устойчивость [3].

Еще одна сложность заключалась в том, что здание театра имеет очень сложную форму. Оно состоит из трех больших залов, которые имеют различные геометрические формы и размеры. Кроме того, все залы расположены под землей, что сделало строительство еще более технически сложным.

Однако благодаря высокому профессионализму и креативности архитекторов, строительство театра было завершено в срок, и здание стало ярким символом культуры и искусства в Китае. С тех пор Национальный большой театр стал одной из самых популярных туристических достопримечательностей в Пекине и является главным местом проведения многих культурных мероприятий в Китае.

Одной из особенностей Национального театра является его архитектурное решение, которое сочетает в себе современные технологии и традиционную китайскую культуру. Здание театра представляет собой огромный круглый комплекс, выполненный в виде птичьего гнезда. Он впечатляет своими размерами и оригинальной формой, которая идеально сочетается с окружающей застройкой.

В оперном зале находится огромная круглая сцена, которая вращается на 360 градусов. Это позволяет зрителям видеть все действие, происходящее там. Балетный зал имеет форму яйца и выполнен в белых тонах, что создает атмосферу нежности и легкости. А

в драматическом зале, где проходят спектакли традиционной китайской оперы, используются яркие и насыщенные цвета, чтобы передать настроение и эмоции персонажей.

Театр был спроектирован с учетом традиционных китайских принципов фэн-шуй, которые помогли создать гармоничное сочетание архитектурных форм и ландшафта. Здание было построено из стали, стекла и титановых панелей, которые придают ему современный и эстетичный вид. Однако при этом были сохранены традиционные китайские элементы внутри театра, такие как красный цвет и китайские узоры на обоях [3].

Здание расположено в парке Тяньаньмень и со всех сторон окружено искусственным озером, что, несмотря на присутствие рядом оживленных кварталов, создает особую атмосферу уединения и спокойствия. Большой театр смотрится гармонично в этом окружении, дополняя красоту природы и являясь одним из самых впечатляющих архитектурных сооружений не только в Пекине, но и в мире. В то же время его инновационная архитектура и технологии привлекают внимание профессионалов и ценителей искусства со всего мира.

Таким образом, Национальный большой театр в Пекине является примером того, как сочетание современной архитектуры и традиционной культуры может создать уникальное и красивое сооружение, которое восхищает всех, кто его видит.

Кроме того, Национальный театр в Пекине является примером того, как архитектура может быть приспособлена к климатическим условиям. Здание построено таким образом, чтобы минимизировать использование энергии на кондиционирование воздуха внутри театра. Оно имеет систему естественной вентиляции, которая использует воздушные потоки для охлаждения и обогрева здания в зависимости от сезона [3].

Несмотря на спорное соседство с историческими культурными объектами, обширное пространство вокруг театра, водная гладь и размеры самого здания театра нивелируют архитектурный резонанс и приносят свежесть в городской пейзаж [3].

Таким образом, сочетание объектов культуры и окружающей застройки чрезвычайно важно, поскольку это позволяет сохранить органичный облик городских кварталов. Однако важно учитывать, что сочетание объектов культуры с окружающей застройкой должно быть осуществлено с уважением к историческому и культурному наследию данного региона. Необходимо избегать несоответствия между архитектурными элементами и культурой, а также соблюдать баланс между сохранением культурного наследия и развитием современных технологий и требований общества. В итоге, сочетание объектов культуры с окружающей застройкой должно быть создано в тесном сотрудничестве между культурными и архитектурными экспертами, а также участниками общества, чтобы обеспечить создание гармоничного и уникального пространства.

## Литература

1. Берестовская, Д.С. Архитектурное пространство города: семиотический подход / Д.С. Берестовская, А.П. Петренко // Урбанистика. – 2017. – № 1.
2. Орлова, В.Д. Осмысление исторической наукой пространственного фактора формирования городской культуры в России во второй половине XIX – начале XX вв. / В.Д. Орлова // Вестник ТГУ. – 2015. – № 7(147).
3. Большой национальный театр Китая [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://fregataero.ru/stati/dostoprimechatelnosti/136-gosudarstvennyj-bolshoj-teatr-kitaya>.
4. МХАТ им. Горького. Официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://art-theatre.ru>.



5. Концертный зал Мариинского театра (Мариинка-3) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://archi.ru/projects/world/634/koncertnyi-zal-mariinskogo-teatra-mariinka-3>.

### References

1. Berestovskaya, D.S. Arkhitekturnoe prostranstvo goroda: semioticheskij podkhod / D.S. Berestovskaya, A.P. Petrenko // Urbanistika. – 2017. – № 1.
2. Orlova, V.D. Osmyslenie istoricheskoy naukoj prostranstvennogo faktora formirovaniya gorodskoj kultury v Rossii vo vtoroj polovine XIX – nachale XX vv. / V.D. Orlova // Vestnik TGU. – 2015. – № 7(147).
3. Bolshoj natsionalnyj teatr Kitaya [Electronic resource]. – Access mode : <https://fregataero.ru/stati/dostoprimechatelnosti/136-gosudarstvennyj-bolshoj-teatr-kitaya>.
4. MKHAT im. Gorkogo. Ofitsialnyj sajt [Electronic resource]. – Access mode : <https://art-theatre.ru>.
5. Kontsertnyj zal Mariinskogo teatra (Mariinka-3) [Electronic resource]. – Access mode : <https://archi.ru/projects/world/634/koncertnyi-zal-mariinskogo-teatra-mariinka-3>.

---

### The Combination of Cultural Objects with the Surrounding Buildings (through the Example of Individual Buildings in Moscow, St. Petersburg and Beijing)

O.A. Bekuzarov

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

**Key words and phrases:** cultural objects; surrounding buildings; elements of combination; unity of the architectural landscape.

**Abstract.** The purpose of the paper is to study the peculiarities of combining cultural objects with the surrounding buildings. In accordance with the goal, the tasks are set: to consider the process of integration of architectural objects with the surrounding urban environment, to study the practical aspects of such integration by the example of a study of three buildings located in three major cities: Moscow, St. Petersburg and Beijing. It was hypothesized that when constructing or reconstructing cultural objects globally, specialists from different countries take into account the peculiarities of the surrounding urban environment in order to overcome architectural dissonance. In the course of the study, analytical and comparative research methods were applied. It was concluded that the combination of cultural objects with the surrounding buildings is of great importance for the preservation of cultural heritage and the creation of a unique and attractive urban landscape. It can contribute to the economic development of the region, as well as help attract tourists and strengthen the image of the region as a place with a rich cultural and historical identity.

---

© O.A. Бекузаров, 2023

УДК 338.27

## **Sip Math Modeler Tools как метод определения рисков при строительстве промышленных объектов**

И.Л. Абрамов, В.С. Ратомская

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

**Ключевые слова и фразы:** *SIP-Math*; анализ; инструменты; метод Монте-Карло; моделирование; риски; строительство промышленных объектов.

**Аннотация.** Данная статья содержит анализ метода выявления рисков на примере этапов планирования, проектирования и возведения промышленных строительных объектов. Анализу подлежат ключевые подходы к надстройкам в программе *MS Excel* наименования *SIP-Math*. Данный подход основывается на математических вычислениях ситуаций, способствующих возникновению рисков. Цель статьи заключается в определении рисков при строительстве промышленных объектов с помощью *SIP-Math*. Задачи исследования: проанализировать строительные риски, определить расчетно-аналитические методы оценки, представить инструменты моделирования *SIP-Math*. Гипотеза исследования: надстройка *SIP-Math* в программе *MS Excel* предполагает применение стохастической информации, отражающей вероятностную/частотную дифференциацию в качестве информационного механизма, включающего массив показателей/данных.

В статье рассмотрены фундаментальные теоретические положения, изложенные в зарубежных и отечественных источниках. В процессе исследования были применены методы анализа и синтеза данных, системный подход, обобщение и группировка, а также собственный опыт автора.

Достигнутые результаты: надстройка *SIP-Math*, используемая в *MS Excel*, дает возможность моделировать потенциальные угрозы в программе *MS Excel*. Подобные средства способствуют вычислению вероятности наступления угрозы в строительных проектах. Результаты вычисления позволяют оперативно предотвращать потенциальные риски.

Анализ строительных рисков представляет собой комплексный метод оперативного обнаружения и изучения потенциальных рисков реализуемого проекта, расчета степени влияния этих рисков, воздействия данных аспектов на проектную стоимость, сроки исполнения.

Контроль рисков базируется на актуальных данных, быстрой реакции на различные преобразования, оперативном принятии эффективных решений. По данной причине особую важность приобретает оснащение строительного предприятия такими средствами, как плано-фактический анализ реализации строительных процессов, возможность составления и передачи руководителю отчетной документации, отражающей строительные объекты, затраты на них, ресурсные расходы [1; 2].

На сегодняшний момент анализ рисков и их оценка являются основополагающими элементами строительства. Как правило, в ходе планирования строительства специалисты обращают внимание на такие показатели, как сроки исполнения, стоимость, качество работы. На основании этих показателей проводится исследование потенциальных угроз.

В ходе реализации проекта возникают обстоятельства, предугадать которые невозможно. Среди ключевых факторов воздействия следует выделить:

- 1) общую экономическую неустойчивость;
- 2) действие коронавирусных ограничений;
- 3) ресурсное обеспечение (рабочая сила, строительные материалы, техническое оснащение);
- 4) минимизация льготных ипотечных отчислений;
- 5) корректировки законодательных сводов;
- 6) кадровый дефицит, отсутствие требуемой квалификации.

Также необходимо отметить риски, возникающие вне зависимости от влияния перечисленных факторов: ошибки на этапах планирования и проектирования, неграмотный расчет оценки стоимости работ, объема материалов, выход за пределы бюджета, несвоевременное оформление закрывающей документации, задержки по начислениям, низкое качество выполненной работы и т.д.

Контроль проектных рисков предполагает не только этап прогнозирования. В ходе контроля непрерывно осуществляются процессы анализа проектных показателей, в план вносятся корректировки при изменении текущей ситуации. Данные операции совершаются в течение всего строительного проекта: от первичного до заключительного этапа [3].

Использование метода моделирования наиболее оптимально для анализа строительных рисков в отношении объектов промышленности. Он базируется на игровой теории: предполагается, что участники определяют поведенческую модель вне зависимости от каких-либо факторов. Данная игра ориентирована на определение стратегии, обеспечивающей наивысшие результаты и, соответственно, более глобальные угрозы. Метод моделирования позволяет оперативно определить наиболее подходящий вариант из всего перечня. При этом оценка рисков производится посредством математических вычислений. Таким образом, появляется возможность минимизировать или вовсе предотвратить угрозы финансово-хозяйственной деятельности [4].

При использовании расчетно-аналитических оценочных методов предприниматель имеет возможность произвести количественный анализ потенциальных угроз собственной деятельности. При этом в арсенале будут присутствовать лишь локальные данные. Таким образом, плановые финансовые показатели функционирования предприятия определяют вероятность наступления угрозы.

Рис. 1, представленный ниже, отражает ключевые разновидности описанной методики.

Анализ чувствительности	Изучается взаимосвязь итогового показателя и вариации значений показателей, включенных в его определение, то есть как изменится итоговый показатель при изменении начальных параметров
Метод корректировки нормы дисконта с учетом риска	Изменение базовой нормы дисконта, оцениваемой как минимально рискованная. Регулирование происходит посредством прибавления величины требуемой премии за риск
Метод анализа устойчивости	Определяется изменение основных экономических показателей проекта при неблагоприятном изменении различных факторов. Например, исследуется величина возможной прибыли при изменении цен на сырье и материалы, необходимые для производства продукта

Рис. 1. Расчетно-аналитические методы оценки

В целях оперативного определения потенциальных угроз, в процессе возведения промышленных объектов посредством метода моделирования программные инструменты представляют наибольшую эффективность. Совокупность программной продукции для выявления, анализа, контроля производственных угроз имеет схожие признаки и функции, а также методы реализации математических моделей. Учитывая данный аспект, необходимо брать в расчет данные продукты в качестве основных инструментов, использование которых обусловлено внешним воздействием. На сегодняшний момент уровень функционального развития программных компонентов для анализа производственных угроз сохраняет прежние значения [5].

Настройка *SIP-Math* в программе *MS Excel* предполагает применение стохастической информации, отражающей вероятностную/частотную дифференциацию в качестве информационного механизма, включающего массив показателей/данных.

*SIP-Math* обеспечивает возможность взаимодействия прошлых и дальнейших имитационных моделей. Данная модель также позволяет брать в расчет конкретные неопределенности. Она носит реалистичный характер, подвержена проверке [6].

Модель *SIP* дает возможность учета неопределенности по четырем индикаторам. Кроме того, они обладают аддитивными и агностическими характеристиками.

Метод Монте-Карло способствует закреплению моделирующей функции, обеспечению контроля и проверки модели [7].

Упрощенное совмещение интерактивного моделирования посредством метода Монте-Карло осуществляется посредством инновационных инструментов *Enterprise SIP-Math Modeler Tools* для *Windows*. Сценарный анализ предусматривает прогнозирование политических/экономических подвижек посредством сбалансированных нарративов касательно недалекого будущего.

Функции *Enterprise SIPmath Modeler Tools* представлены в табл. 1.

Табл. 1 демонстрирует все функции, позволяющие моделировать потенциальные угрозы посредством метода Монте-Карло. Иными словами, *SIP-Math* является инструментом моделирования на основании метода Монте-Карло. Исключения составляют показатели  $x$

Таблица 1. Инструменты моделирования SIPmath

Инструменты моделирования SIPmath	Версия «Предприятие 4.0»
Формирование интерактивных симуляций в MS Excel, осуществляемых без надстройки и макроса, посредством применения информационной таблицы. Реализация тысячи тестов через одно нажатие	✓
Генератор случайных значений в текущем режиме, задействующий базовые выражения Excel от Hubbard Decision Research (HDR)	✓
Обновленный многомерный генератор случайных значений HDR, способствующий статистической автономии/зависимости согласно модельным требованиям	✓
16 дистрибутивов, среди которых Metalog Пуассона и Тома Килина	✓
Применение факторизации Холецкого в целях разработки коррелированных стандартных/однородных переменных. Допускается сочетание последнего с другими переменными (Пуассон и так далее)	✓
Режим экспериментального множества: активизация нескольких тестов моделирования с одной выходной ячейкой для тестов с основными модельными показателями	✓
Моделирование со сценарным множеством: активизация нескольких тестов в различных мировых сценариях, закрепление результатов в библиотеке	✓
Детализированный анализ чувствительности: сохранение, упразднение листов PMTable. Обеспечение возможности перемещения между симуляцией с множеством выходов и множеством тестов без вторичной инициализации модели	✓
Импорт/экспорт SIP-библиотеки в различных форматах в целях обмена с R, Matlab или иной средой, взаимодействующей с массивом	✓
Показатели рассеивания входных/выходных элементов. Функция определения чувствительности нелинейных связей посредством точечных диаграмм	✓
Совершенствование форматирования диаграммных осей X (к примеру, научный, валюта)	✓

и у из аддитивной зависимости, формируемые заранее, сохраняемые в массивах подобно выходному тестированию:

$$SIP(x \cdot \cos(y)) = SIP(x) \cdot \cos(SIP(y)).$$

В процессе применения формулы = *Index* в программе следует опираться на моделирование посредством метода Монте-Карло с одной ячейкой, что способствует реализации оперативного вероятностного анализа сразу нескольких неизвестных значений. Также это дает возможность без труда выполнить сложные процессы посредством подхода к моделированию Монте-Карло. Учитывая тот факт, что результаты фиксируются в качестве выходных тестирований, *SIP-Math* способствует проведению проверочных методов формирования/использования решений, что представляет особую значимость в экспертном анализе, применяемом для проектирования уникальных зданий и сооружения. Векторы *SIP-Math* подлежат упрощенному оформлению и передаче в различных форматах. Таким образом обеспечивается гарантия сохранения постоянного вектора значений на всех платформах, что способствует устойчивости результатов.

Метод Монте-Карло дает возможность устранить вероятностные проблемы с помо-

щью статистических инструментов [8].

Данный метод получил наименование Монте-Карло из-за того, что в этом городе легализовано казино-рулетка (механическое устройство выпадает случайных числовых значений), служащее основой описываемого метода. ЭВМ также способствуют упрощенному получению случайных числовых значений, используемых в процессе решения задач. Появление инновационных вычислительных инструментов позволило распространить метод Монте-Карло в других научных отраслях в целях исследования разнообразных механизмов и систем.

Методическая концепция довольно элементарна. Вместо описания случайной операции посредством аналитического инструмента осуществляется разыгрывание случайного события посредством комплекса процессов, обеспечивающих случайный результат. Реализация случайного события происходит каждый раз по-разному, что выдает все новые и новые варианты. При количестве повторений  $N = 100$  метод обеспечивает статистическую устойчивость соответствия результата. Кроме того, формирование массива случайных значений показателей основано на указанной базовой информации.

Далее следует рассмотреть образец метода оценки инновационных проектных угроз посредством Монте-Карло, осуществляемого в следующей последовательности.

1. Выявление основных показателей инвестиционного проекта, интервалов их изменения. Как правило, определение наиболее существенных факторов направлено на анализ угроз инвестиционных строительных проектов, среди них:

- угроза провала, неэффективности новой продукции/технологии;
- коммерческая угроза;
- угроза неграмотного прогнозирования событий, получения неверной исходной информации;
- угроза невозврата долга;
- эксплуатационный риск;
- риск развития конкурентных преимуществ;
- различные форс-мажоры.

Затем определяется диапазон корректировки показателя (минимум и максимум предела изменения).

2. Определение потенциальных показателей установленных факторов через применение математических функций. Метод Монте-Карло предусматривает существенное технологическое оснащение. Случайные значения индикаторов определяются посредством стандартных инструментов *Excel*. Воссоздание неопределенности рыночных взаимодействий обеспечивается за счет программы. Экономическая модель вычисления предусматривает применение случайных индикаторов, отражающих экономическую эффективность.

3. Выявление потенциальных путей развития ситуации с расчетом того, что индикаторы, воздействующие на эффективность, расцениваются в качестве случайных числовых значений.

4. Каждый путь развития событий предполагает вычисление уровня эффективности инвестиционного проекта – чистая актуальная стоимость проекта, на основании чего достигается массив показателей *NPV*.

5. Статистические подходы оптимальны для исследования полученных массивов.

Стандартная таблица применяется для отражения результатов статистического исследования (табл. 2). В процессе оценки рисков в качестве статистического индикатора используется вариативный коэффициент.

Таблица 2. Количественная оценка инвестиционного риска

Показатели	Значения
Усредненный показатель ( $NPV_{cp}$ )	
Приемлемый перекокс ( $\sigma$ )	
Вариативный коэффициент	
Минимум ( $NPV_{min}$ )	
Максимум ( $NPV_{max}$ )	
Количество ситуаций, чистая актуальная стоимость $< 0$	
Вероятность выявления минусовых значений от проектной реализации (в процентах)	

Таблица 3. Классы проектных рисков

Уровень риска	Коэффициент вариации	Класс риска
Минимальная угроза.	0,5	4

Интервалы отражают показатель  $NPV$  в зависимости от статистических стандартов.

Диапазон  $NPV_{cp} - \sigma \leq NPV_{cp} \leq NPV_{cp} + \sigma$  – вероятность 68,2 %.

Диапазон  $NPV_{cp} - 2\sigma \leq NPV_{cp} \leq NPV_{cp} + 2\sigma$  – вероятность 95,4 %.

Диапазон  $NPV_{cp} - 3\sigma \leq NPV_{cp} \leq NPV_{cp} + 3\sigma$  – вероятность 99,7 %.

Распределение проектных угроз, в результате которого формируются их различные категории, осуществляется на основании критерия вариативного коэффициента (табл. 3).

Учитывая вышеизложенное, можно сделать вывод, что надстройка *SIP-Math*, используемая в *MS Excel*, дает возможность моделировать потенциальные угрозы в программе *MS Excel*. Подобные средства способствуют вычислению вероятности наступления угрозы в строительных проектах. Результаты вычисления позволяют оперативно предотвращать потенциальные риски.

### Литература

1. Авдеева, Л.А. Методический подход к оценке совокупного риска строительного предприятия / Л.А. Авдеева, М.В. Герасимова // Наукоедение. – 2015. – № 3.
2. Булгаков, С.Н. Снижение рисков в строительстве при чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера / С.Н. Булгаков. – М. : Ассоциация строительных вузов (АСВ), 2019. – 315 с.
3. Инструменты моделирования SIPmath [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.probabilitymanagement.org/sipmath-modeler-tools>.
4. Макарова, В.О. Методические подходы к оценке строительных рисков / В.О. Макарова, Е.А. Арламов // Молодой ученый. – 2017. – № 3(137). – С. 364–367 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://moluch.ru/archive/137/38576>.
5. Рыхтикова, Н.А. Анализ и управление рисками организации / Н.А. Рыхтикова. – М. : Форум, 2017. – 240 с.
6. ТОП 5 программ для риск-менеджмента 2, моделирования рисков и принятия ре-

шений с учетом рисков [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://clck.ru/33aDW3>.

7. Харченко, С.Г. Механизмы Управления Риском / С.Г. Харченко, Р.В. Ананьева. – М. : СИНТЕГ, 2020. – 232 с.

8. Харченко, С.Г. Организация управления рисками на строительном предприятии / С.Г. Харченко, Е.Ю. Дорохина. – М. : РГГУ, 2018. – 143 с.

### References

1. Avdeeva, L.A. Metodicheskiy podkhod k otsenke sovokupnogo riska stroitel'nogo predpriyatiya / L.A. Avdeeva, M.V. Gerasimova // Naukovedenie. – 2015. – № 3.

2. Bulgakov, S.N. Snizhenie riskov v stroitelstve pri chrezvychajnykh situatsiyakh prirodnoho i tekhnogennogo kharaktera / S.N. Bulgakov. – М. : Assotsiatsiya stroitelnykh vuzov (ASV), 2019. – 315 с.

3. Instrumenty modelirovaniya SIPmath [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.probabilitymanagement.org/sipmath-modeler-tools>.

4. Makarova, V.O. Metodicheskie podkhody k otsenke stroitelnykh riskov / V.O. Makarova, E.A. Arlamov // Molodoj uchenyj. – 2017. – № 3(137). – S. 364–367 [Electronic resource]. – Access mode : <https://moluch.ru/archive/137/38576>.

5. Rykhtikova, N.A. Analiz i upravlenie riskami organizatsii / N.A. Rykhtikova. – М. : Forum, 2017. – 240 с.

6. TOP 5 programm dlya risk-menedzhmenta 2, modelirovaniya riskov i prinyatiya reshenij s uchetom riskov [Electronic resource]. – Access mode : <https://clck.ru/33aDW3>.

7. KHarchenko, S.G. Mekhanizmy Upravleniya Riskom / S.G. KHarchenko, R.V. Ananeva. – М. : SINTEG, 2020. – 232 с.

8. KHarchenko, S.G. Organizatsiya upravleniya riskami na stroitel'nom predpriyatii / S.G. KHarchenko, E.YU. Dorokhina. – М. : RGGU, 2018. – 143 с.

---

### Sip Math Modeler Tools as a Method for Determining Risks in the Construction of Industrial Facilities

I.L. Abramov, V.S. Ratomskaya

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

**Key words and phrases:** construction of industrial facilities; risks; analysis; Monte Carlo method; SIP-Math; tools; modeling.

**Abstract.** This article contains an analysis of the method of identifying risks on the example of the stages of planning, design and construction of industrial construction facilities. Key approaches to add-ons in the MS Excel program named SIP-Math are subject to analysis. This approach is based on mathematical calculations of situations that contribute to the occurrence of risks. The purpose of the article is to determine the risks in the construction of industrial facilities using SIP-Math. The objectives of the study are to analyze construction risks, determine computational and analytical assessment methods, and present SIP-Math modeling tools. The research hypothesis is the assumption that the SIP-Math add-in in MS Excel involves the use of stochastic information reflecting probabilistic/frequency differentiation as an information



mechanism that includes an array of indicators/data.

The article discusses the fundamental theoretical provisions set forth in foreign and domestic sources. In the course of the research, methods of data analysis and synthesis, a systematic approach, generalization and grouping, as well as the author's own experience were applied.

The results of the study are as follows: the SIPmath add-in used in Excel makes it possible to simulate potential threats in MS Excel. Such tools help to calculate the probability of a threat in construction projects. The results of the calculation allow us to quickly prevent potential risks.

---

© И.Л. Абрамов, В.С. Ратомская, 2023

УДК 69.059.7

## Будущие аспекты использования современных технологий при реконструкции зданий

Даюб Нбрас, М.А. Фахратов, А.Ф. Требухин, В.М. Фахратов

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

**Ключевые слова и фразы:** 3D-печать; беспилотные аппараты; дополненная и виртуальная реальность; информационное моделирование зданий; реконструкция; технологические методы при реконструкции.

**Аннотация.** Цель статьи – исследовать современные технологии, которые можно применять при выполнении строительно-монтажных работ при реконструкции зданий и сооружений. Были исследованы несколько современных технологий. Гипотеза состоит в том, что применение современные технологии повысит эффективность строительных монтажных работ при реконструкции зданий и сооружений. В результате существует несколько современных технологий, у которых есть большой потенциал, так как информационное моделирование зданий (BIM), дополненная (AR) и виртуальная реальность (VR), 3D-печать и беспилотные летательные аппараты, а также применение данных технологий ведет к сокращению расходов и сроков проекта реконструкции, повышению его безопасности, энергоэффективности и устойчивости.

### Введение

Реконструкция зданий на протяжении веков была неотъемлемой частью восстановления архитектуры. Однако с развитием технологий процесс реконструкции претерпел значительные изменения. С целью повышения эффективности строительно-монтажных работ в проектах реконструкции зданий и сооружений были изучены как организационно-технологические решения [1], так и надежность используемых материалов и бетонной смеси [2]. Современные методы, такие как информационное моделирование зданий (*Building Information Modeling*, **BIM**), 3D-печать, лазерное сканирование, дополненная реальность (**AR**), виртуальная реальность (**VR**) и беспилотные аппараты, произвели революцию в процессе реконструкции объектов строительства. Будущие аспекты этих технологий включают повышение эффективности, точности и устойчивости, а также расширение сотрудничества, внедрение инноваций и усиление вовлеченности между участниками проекта. Ожидается, что объединение этих технологий принесет еще более инновационные реше-

ния в области реконструкции зданий.

### Информационное моделирование зданий

Информационное моделирование зданий – это технология, революционизировавшая строительную отрасль и позволившая архитекторам, инженерам и подрядчикам создавать виртуальные модели зданий, моделировать их производительность и обнаруживать потенциальные проблемы до начала строительства. В настоящее время *BIM* все чаще используется при реконструкции зданий, что позволяет быстрее и точнее реконструировать существующие объекты.

Одним из реальных примеров применения информационного моделирования при реконструкции зданий в России является реконструкция Большого театра в Москве. Большой театр – историческое сооружение, построенное в XIX в. и являющееся одним из самых знаковых в стране. Проект реконструкции был направлен на сохранение исторического характера здания, а также на модернизацию его инфраструктуры и улучшение функциональности.

Одним из преимуществ использования *BIM* в реконструкции Большого театра стала возможность управлять сложным комплексом систем и компонентов. Такая цифровая модель позволила группе по проекту скоординировать между собой механические, электрические и сантехнические системы весьма действенным образом. Это помогло сократить количество ошибок и ускорить принятие решений, что в конечном итоге привело к более успешному проекту реконструкции [3].

Еще одной отличительной чертой использования *BIM* в этом проекте стала оптимизация расхода материалов и ресурсов. Цифровая модель позволила спроектировать различные сценарии строительства и проанализировать потенциальное воздействие различных проектных решений на общий бюджет и сроки реконструкции. Это помогло определить потенциальную экономию средств и оптимизировать использование ресурсов, что в конечном итоге привело к повышению эффективности и экономичности.

В результате применение *BIM* сыграло решающую роль в успешной реконструкции Большого театра. Команда проекта использовала данное программное обеспечение для создания подробной цифровой модели театра, что позволило им визуализировать и анализировать существующие условия очень точным и подробным образом. Эта информация была применена для выявления потенциальных проблем и возможностей проекта реконструкции, а также для разработки комплексного плана восстановления и модернизации объекта [3].

В будущем технология *BIM* может быть использована для проектирования и моделирования сборных компонентов зданий, что позволит наладить их эффективное производство и монтаж на месте [4]. Сборные и модульные конструкции становятся все более популярными в строительной отрасли из-за сокращения времени строительства, улучшения контроля качества и снижения отходов.

Интеграция *BIM* с системой автоматизации зданий (**BAS**) позволит моделировать работу систем объекта и оптимизировать их проектирование с точки зрения энергоэффективности и производительности [5]. *BAS* используются для контроля и мониторинга отопления, вентиляции и кондиционирования, освещения и пожаробезопасности.

*BIM* может быть применен для создания детализированных и точных 3D-моделей фасада здания, позволяя архитекторам и инженерам проектировать и моделировать различные варианты реставрации, удовлетворяющие эстетическим и функциональным требова-

ниям. Фасад здания является наиболее заметным и важным компонентом, а его проектирование и реставрация играют решающую роль в процессе реконструкции.

В будущем одним из важных аспектов *BIM* при реконструкции зданий является интеграция этого программного обеспечения с другими технологиями, такими как дополненная и виртуальная реальность. Такая интеграция позволит заинтересованным сторонам рассматривать реконструируемый объект интерактивно, обеспечивая лучшее понимание его конструкции и функциональности. Технологии *AR* и *VR* также могут быть использованы для создания виртуальных прохождений реконструированного здания, позволяя участникам видеть объект, как если бы они находились внутри него. В связи с усилением внимания к вопросам устойчивости и замкнутой экономики растет спрос на адаптивное повторное использование существующих объектов [6]. *BIM* может быть применен для моделирования различных сценариев адаптации и повторного использования здания под новые нужды, например, для перестройки объектов оборонного комплекса в гражданские заводы или склады, позволяя участникам оценить выполнимость и устойчивость такой перестройки. Все вышеперечисленные положительные достоинства *BIM* служат главным образом для обеспечения устойчивости и энергоэффективности объекта, снижения его эксплуатационных расходов и воздействия на окружающую среду.

### Дополненная и виртуальная реальность

Технологии дополненной и виртуальной реальности уже начали оказывать значительное влияние на строительную отрасль. *AR* и *VR* могут продемонстрировать варианты дизайна и предоставить виртуальные экскурсии по зданию до начала процесса реконструкции, позволяя участникам принимать обоснованные решения о концепции дизайна. Главным преимуществом *AR* и *VR* является их потенциал для улучшения процесса проектирования и визуализации. Технологии *AR* и *VR* позволяют архитекторам и инженерам создавать интерактивные 3D-модели зданий, визуализирующие и демонстрирующие их проекты с высокой реалистичностью и детализацией. Это помогает выявить конструктивные недостатки и возможности для совершенствования.

Технологии *AR* и *VR* позволяют проектным группам работать вместе в виртуальной среде с высокой степенью интерактивности и погружения, улучшая коммуникацию и сотрудничество между ними. Это способствует уменьшению количества ошибок, улучшению координации и ускорению принятия решений в проектах реконструкции зданий.

Другим аспектом *AR* и *VR* является использование этих технологий для дистанционного мониторинга и управления строительными площадками в режиме реального времени, позволяя руководителям проектов отслеживать ход работ, выявлять проблемы и принимать обоснованные решения дистанционно. Это может помочь сократить путевые расходы, повысить эффективность и безопасность. В будущем применение *AR* и *VR* возможно для обучения строителей, которые могут развивать свои навыки и опыт в безопасной и контролируемой среде [7]. Такой подход снизит риск несчастных случаев и травм на строительных площадках, а также повысит качество и эффективность строительных работ.

Наконец, *AR* и *VR* могут быть использованы для маркетинга и улучшения продаж реконструируемых зданий, повышения удовлетворенности клиентов и их вовлеченности. Создание и демонстрация реалистичных и захватывающих виртуальных туров позволит потенциальным покупателям и инвесторам исследовать здания в интерактивном и увлекательном ключе [8].

### 3D-печать

3D-печать – это способ изготовления объемных изделий на основе их цифровых моделей. Создание цифровой модели невозможно без лазерного сканирования, в котором с помощью лазерного излучения измеряются расстояния и углы между объектом и сканером, создавая высокодетализированное облако точек. С помощью этого облака точек можно воссоздать 3D-модель объекта, необходимую для реконструкции. Такой способ позволяет архитекторам и инженерам изготавливать компоненты здания с высокой степенью индивидуализации, разработанные специально для конкретного объекта.

Одним из примеров применения 3D-печати при реконструкции зданий в России является реставрация исторического Спасо-Преображенского собора в городе Переславль-Залесский. Реставраторы использовали 3D-печать для создания сложных деталей фасада собора, таких как молдинги, колонны и декоративные элементы. Эти детали были напечатаны из прочного материала, а затем установлены на внешней стороне собора. Применение 3D-печати позволило создавать точные копии оригинальных элементов, которые со временем были утрачены или повреждены. Помимо фасада, 3D-печать была востребована и для имитации интерьера прошлых лет [9]. Команда реставраторов воссоздала копии отсутствующих декоративных элементов, таких как резьба и рельефы, которые затем были установлены в их оригинальных местах.

Отличительной чертой 3D-печати является возможность создавать индивидуальные и персонализированные компоненты здания, которые могут удовлетворить конкретные потребности и предпочтения жильцов, покупателей, инвесторов. Данное преимущество согласуется с растущим спросом на персонализированный и ориентированный на пользователя дизайн в строительной отрасли. Другой отличительной чертой технологии 3D-печати является изготовление детально проработанных и настраиваемых компонентов здания, которые невозможно создать с помощью традиционных методов строительства.

Как и *BIM*, технология 3D-печати будет использована и для модульного строительства. Модульная конструкция и предварительное изготовление все чаще используются в строительной отрасли благодаря уже перечисленным выше преимуществам. С помощью 3D-печати можно создавать запчасти для восстановления и ремонта поврежденных компонентов здания [10]. Это позволяет значительно сократить затраты и время, необходимые для реставрации объекта, а также повысить точность и качество процесса.

Метод 3D-печати может быть использован для быстрого и эффективного создания временных сооружений и укрытий в районах, пострадавших от стихийных бедствий, обеспечивая пострадавшим людям столь необходимое жилье и минимальную инфраструктуру [11].

В будущем у метода 3D-печати есть потенциал для сокращения отходов строительства, а использование переработанных материалов снижает воздействие на окружающую среду. Этот аспект 3D-печати согласуется с растущим спросом на устойчивые и экологически чистые строительные технологии [12].

### Использование беспилотных аппаратов

Следующий новейший метод при реконструкции зданий – это использование беспилотных летательных аппаратов, или, как их еще называют, дронов. Дроны могут захватывать аэрофотосъемку зданий, которая также применяется для создания 3D-моделей и обнаружения потенциальных структурных проблем. С помощью камер, установленных на

беспилотниках, можно осматривать труднодоступные части зданий, такие как крыши и высотные фасады, где традиционные методы осмотра будут сложными, трудоемкими и даже невозможными без такой техники. Одним из реальных примеров использования беспилотников в проектах реконструкции зданий в России является восстановление Успенского собора в Московском Кремле. Успенский собор входит в список Всемирного наследия ЮНЕСКО и является одним из старейших и самых значительных зданий Московского Кремля. В 2013 г. был начат крупномасштабный проект по восстановлению здания, чтобы решить проблему ухудшения его состояния и вернуть его былую славу [13].

В рамках проекта реставрации для проведения аэрофотосъемки собора и его окрестностей использовались беспилотники. Дроны были оснащены камерами высокого разрешения и датчиками, которые позволили реставраторам собрать подробные данные о состоянии крыши, фасадов и других конструкций. Информация была получена быстрее и точнее, чем это было бы возможно с помощью традиционных методов обследования. Беспилотные летательные аппараты также имели доступ в труднодоступные районы здания, такие как купола и шпили, доступ в которые затруднен для инспекторов. Помимо сбора данных, беспилотники также использовались для мониторинга хода восстановительных работ. Благодаря регулярным полетам над собором, аппараты могли в режиме реального времени предоставлять обновленные данные об осуществляемой деятельности, что позволило повысить эффективность координации и управления проектом.

Главным преимуществом использования беспилотников при реконструкции зданий является повышение уровня безопасности. Беспилотные летательные аппараты могут применяться для осмотра труднодоступных или опасных для человека строений и районов, например, аварийных или ветхих домов, высотных зданий и местности с нестабильными условиями. Это поможет снизить риск несчастных случаев на стройплощадках при реконструкции зданий и сооружений. Другой особенностью применения беспилотников является возможность повысить точность в строительных проектах. Дроны оснащены камерами и датчиками высокого разрешения, которые захватывают подробные изображения и данные строительных площадок, позволяя проводить мониторинг хода строительных работ в режиме реального времени, предоставляя руководителям ценную информацию о состоянии их проектов. Это помогает уменьшить количество ошибок, улучшить координацию, ускорить принятие решений и повысить качество и эффективность строительных работ при одновременном сокращении расходов. Беспилотные летательные аппараты могут выполнять превентивную функцию, помогая в осмотре и техническом обслуживании зданий, выявляя потенциальные проблемы. Это поможет сократить эксплуатационные расходы и продлить срок службы зданий. В будущем беспилотные аппараты могут быть применены для доставки строительных материалов, что снижает необходимость в традиционных методах транспортировки. Таким образом повысится скорость реализации строительных проектов, а также сократятся выбросы углерода [14].

Использование беспилотных летательных аппаратов в сфере реконструкции зданий в последние годы становится все более популярным. Использование беспилотников предполагает широкий спектр преимуществ, в том числе повышение безопасности, эффективности и точности в строительных проектах.

## Результаты

В статье рассмотрены 4 прогрессивных технологии, применение которых ведет к сокращению расходов и сроков проекта реконструкции, повышению его безопасности, энер-

гоэффициентности и устойчивости. Рассмотренными методами являются информационное моделирование зданий, дополненная и виртуальная реальность, 3D-печать и беспилотные летательные аппараты.

BIM – технология, которая трансформирует способ реконструкции здания. Поскольку BIM продолжает развиваться и интегрироваться с другим программным обеспечением, мы можем ожидать еще более инновационных решений в этой области. Технологии AR и VR обладают потенциалом для визуализации методов реконструкции, а 3D-печать и дроны способны существенно изменить способы осуществления строительных работ.

### Литература

1. Муря, В.А. Влияние комплексного показателя качества организационно-технологических решений на конструктивные элементы многоэтажных железобетонных зданий / В.А. Муря, А.А. Лapidус // Перспективы науки. – Тамбов : ТМБпринт. – 2018. – № 9(108). – С. 27–30.
2. Фахратов, М.А. Преимущества и недостатки самоуплотняющихся бетонных смесей / М.А. Фахратов, А.Р. Эртуев // Перспективы науки. – Тамбов : ТМБпринт. – 2020. – № 2(125). – С. 26–29.
3. Козлякова, И.В. Оценка инженерно-геологических условий при реконструкции Большого театра в Москве / И.В. Козлякова, О.Н. Еремина, Н.Г. Анисимова, И.А. Кожевникова // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. – 2020. – № 4. – С. 29–35.
4. Мышков, Е.С. Применении BIM-технологий в контроле качества при монтаже сборных строительных конструкций / Е.С. Мышков, Д.А. Елин // Молодые ученые – развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК). – 2021. – № 1. – С. 215–217.
5. Quinn, C. Building automation system – BIM integration using a linked data structure / C. Quinn, A. Shabestari, T. Mistic // Automation in Construction. – 2020. – Vol. 118. – No. 103257.
6. Sanchez, B. A framework for BIM-based disassembly models to support reuse of building components / B. Sanchez, C. Rausch, C. Haas, T. Hartmann // Resources, Conservation and Recycling. – 2021. – Vol. 175. – No. 105825.
7. Alizadehsalehi, S. From BIM to extended reality in AEC industry / S. Alizadehsalehi, A. Hadavi, J. Huang // Automation in Construction. – 2020. – Vol. 116. – No. 103254.
8. Chylinski, M. Augmented Reality Marketing: A Technology-Enabled Approach to Situated Customer Experience / M. Chylinski, J. Heller, T. Hilken, D. Keeling // Australasian Marketing Journal. – 2020. – Vol. 28(4). – P. 374–384.
9. Беляев, Л.А. Спасо-Преображенский собор Твери XIII–XIV веков: опыт объемной реконструкции / Л.А. Беляев, О.Г. Ким, В.А. Рябов, А.Н. Хохлов // Вестник сектора древнерусского искусства. – 2019. – № 1(1). – С. 53–67.
10. Hossain, M. A Review of 3D Printing in Construction and its Impact on the Labor Market / M. Hossain, A. Zhumabekova, S. Paul, J. Kim // Sustainability. – 2020. – Vol. 12(20). – No. 8492.
11. Sanjayan, J. 3D Concrete Printing Technology / J. Sanjayan, B. Nematollahi // Elsevier, 2019. – P. 1–11.
12. Han, Y. Environmental and economic assessment on 3D printed buildings with recycled concrete / Y. Han, Z. Yang, T. Ding, J. Xiao // Journal of Cleaner Production. – 2021. – Vol. 278. – No. 123884.
13. Мосунов, Ю.П. Успенский собор в Перемышле: исследования и реконструкция / Ю.П. Мосунов // Архитектурное наследие. – 2006. – № 46. – С. 58–70.

14. Fan, J. Applications of drones in infrastructures: Challenges and opportunities / J. Fan, M. Sa // *International Journal Mech Mechatron.* – 2019. – Vol. 13. – P. 649–655.

### References

1. Murya, V.A. Vliyanie kompleksnogo pokazatelya kachestva organizatsionno-tekhnologicheskikh reshenij na konstruktivnye elementy mnogoetazhnykh zhelezobetonnykh zdaniy / V.A. Murya, A.A. Lapidus // *Perspektivy nauki.* – Tambov : TMBprint. – 2018. – № 9(108). – S. 27–30.
2. Fakhratov, M.A. Preimushchestva i nedostatki samouplotnyayushchikhsya betonnykh smesey / M.A. Fakhratov, A.R. Ertuev // *Perspektivy nauki.* – Tambov : TMBprint. – 2020. – № 2(125). – S. 26–29.
3. Kozlyakova, I.V. Otsenka inzhenerno-geologicheskikh uslovij pri rekonstruktsii Bolshogo teatra v Moskve / I.V. Kozlyakova, O.N. Eremina, N.G. Anisimova, I.A. Kozhevnikova // *Geoekologiya. Inzhenernaya geologiya, gidrogeologiya, geokriologiya.* – 2020. – № 4. – S. 29–35.
4. Myshkov, E.S. Primenenii BIM-tekhnologij v kontrole kachestva pri montazhe sbornykh stroitelnykh konstruksij / E.S. Myshkov, D.A. Elin // *Molodye uchenye – razvitiyu Natsionalnoj tekhnologicheskoy initsiativy (POISK).* – 2021. – № 1. – S. 215–217.
9. Belyaev, L.A. Spaso-Preobrazhenskij sobor Tveri XIII–XIV vekov: opyt obemnoj rekonstruktsii / L.A. Belyaev, O.G. Kim, V.A. Ryabov, A.N. KHokhlov // *Vestnik sektora drevnerusskogo iskusstva.* – 2019. – № 1(1). – S. 53–67.
13. Mosunov, YU.P. Uspenskij sobor v Peremyshle: issledovaniya i rekonstruktsiya / YU.P. Mosunov // *Arkhitekturnoe nasledstvo.* – 2006. – № 46. – S. 58–70.

---

### Future Aspects of the Use of Modern Technologies in the Reconstruction of Buildings

Dayoub Nbras, M.A. Fakhratov, A.F. Trebukhin, V.M. Fakhratov

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

**Key words and phrases:** reconstruction; technological methods in reconstruction; information modeling of buildings; 3D printing; augmented and virtual reality; unmanned vehicles.

**Abstract.** The purpose of the article is to explore modern technologies that can be adopted when performing construction and installation work during the reconstruction of buildings and structures. Several modern technologies have been explored. The hypothesis is that the use of modern technologies will increase the efficiency of construction and installation work in the reconstruction of buildings and structures. As a result, there are several modern technologies that have great potential, as Building Information Modeling, Augmented Reality and Virtual Reality, 3D printing and drones and the application of these technologies lead to cost reduction and the timing of the reconstruction project, improving its safety, energy efficiency and sustainability.

---

© Даюб Нбрас, М.А. Фахратов, А.Ф. Требухин, В.М. Фахратов, 2023



УДК 69.057

## Особенности подготовительного периода строительства АЭС с учетом контрактных ограничений

А.С. Кабанов, А.Д. Евсеев, А.Д. Прутян

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

**Ключевые слова и фразы:** атомная электростанция (АЭС); международные контракты; подготовительный период строительства; строительство АЭС.

**Аннотация.** Целью исследования является изменение ряда основных факторов, зависящих от комплексной взаимосвязи контрактов и инфраструктуры района строительства, и их влияние на подготовительный период строительства АЭС.

Задачи для достижения поставленной цели: анализ условий изменения подготовительного периода строительства АЭС при комплексном влиянии условий заключенного контракта и внешней инфраструктуры вокруг района строительства; создание модели взаимосвязей этих факторов для определения характера и состава подготовительного периода.

Методы исследования: методологическую основу составляет метод моделирования, моделью рассматривается взаимосвязь параметров влияния условий контрактов и состояния внешней вспомогательной инфраструктуры и ее влияние на подготовительный период, в дальнейшем обеспечивающий бесперебойный процесс возведения АЭС.

Достигнутые результаты: исследованы и рассмотрены основные виды контрактов и их факторы взаимосвязи с существующей инфраструктурой, их взаимное влияние на проектирование и производство подготовительного периода возведения АЭС.

В условиях развития международного сотрудничества при строительстве серийных атомных электростанций (АЭС) важнейшей задачей является соответствие срокам строительства – 40 месяцев для серийных блоков [2; 4; 6]. Данный срок достигается за счет своевременного и структурированного выполнения подготовительного периода строительства. Существенное влияние на данный период оказывает два параметра: вид контракта и совокупность условий развитости и географического расположения района строитель-

Таблица 1. Международные контракты

№ п/п	Название контракта	Основные понятия и особенности контракта
1	Multilot (multiprime)	При заключении данного типа контракта заказчик самостоятельно выстраивает взаимоотношения с каждым подрядчиком и заключает с каждым в отдельности договор, контролирует исполнение силами собственного внутреннего подразделения и несет все риски
2	EPC	Сооружение объекта на основе данного договора отвечает принципам «одного окна» и «полного цикла». Заказчик заключает договор только с EPC-подрядчиком, который отвечает за-за проектирование, поставки, строительство, пусконаладку и ввод объекта в эксплуатацию
3	EPC(M)	Данная структура заключения контрактов является решением, которое, с точки зрения распределения рисков, лежит посередине между моделями Multilot и договора EPC, в связи с ответственностью EPC(M)-подрядчика в области проектирования, поставки оборудования и материалов и участие в управлении в период строительно-монтажных работ

Таблица 2. Общая взаимосвязь внешней инфраструктуры и видов контрактов

Факторы Контрактование	Время			Капиталовложения		
	Multilot	EPC	EPC(M)	Multilot	EPC	EPC(M)
Индустриализация						
Отсутствие автомобильных, железнодорожных путей и водных маршрутов, связывающих места доставки и строительную площадку	Увеличение временных затрат из-за проведение тендера для найма подрядчиков, обучения персонала по необходимости, нахождения и доставки необходимого оборудования, проведения соответствующих работ.	Увеличение временных затрат из-за доставки оборудования, при необходимости - обучения персонала, проведения соответствующих работ.	Увеличение временных затрат из-за проведения тендера для найма подрядчиков, поставки оборудования, управления проведением соответствующих работ.	Увеличение затраченных ресурсов Multilot-подрядчика, что является экономически невыгодным, так как в данной модели Заказчик является Multilot-подрядчиком.	Увеличение стоимости контракта имеет положительное влияние на EPC-подрядчика из-за экономической выгоды.	Увеличение стоимости контракта имеет положительное влияние на EPC(M)-подрядчика, но меньше чем для EPC-подрядчика.
Отсутствие близкорасположенных инженерных сетей						
Отсутствие производственных и складских помещений в непосредственной близости к району строительства АЭС						
Отсутствие возможности размещения персонала в жилых комплексах или свободных поселениях						

ства. Отсутствие систематического учета контрактных ограничений на типовые проекты влияет на определение взаимосвязи между выбранными параметрами, а также их влияние на факторы времени и капиталовложений, что приводит к необходимости систематизировать влияние контрактов для получения более ранних на предпроектном этапе и в целом ускорения проведения подготовительного периода строительства.

Для определения взаимосвязи между данными параметрами на первом этапе необходимо выделить основные контракты, используемые при строительстве АЭС (табл. 1) [7].

Рассматривается влияние основных условий инфраструктуры и географического расположения района строительства [3] на факторы времени и капиталовложений подготови-

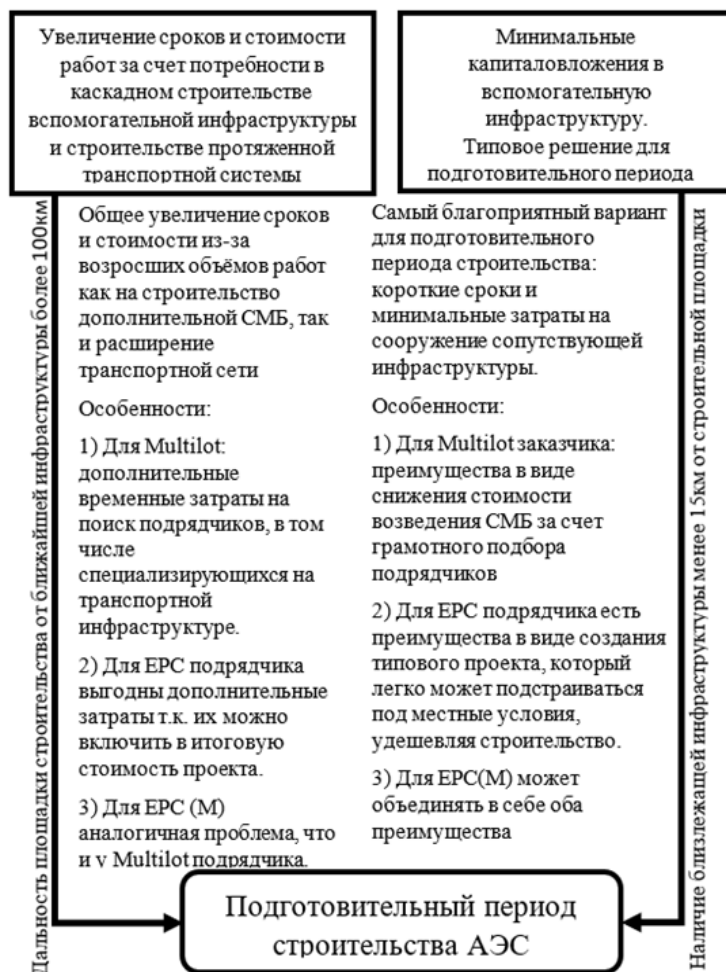


Рис. 1. Модель влияния фактора отдаленности площадки строительства АЭС от ближайшей развитой производственной и транспортной инфраструктуры

тельного этапа строительства в зависимости от различных видов контрактов (табл. 2).

Анализируя существующую практику, данные взаимосвязи параметров условий внешней индустриализации и заключаемого контракта наблюдается непропорциональное увеличение объемов работ. При выполнении работ по схеме *Multilot* объем работ является наибольшим при условии отсутствия у Заказчика собственной строительной мощности, в связи с этим фактор времени в данной зависимости будет наибольшим, в то время как в системах ERC и ERC(М) увеличение фактора времени является сравнительно низким из-за пониженного количества требуемых параметров. Капиталовложения также увеличиваются, но имеют различное отражение на подрядчика. При использовании контракта *Multilot* Подрядчик является Заказчиком, вследствие чего контракт является экономически невыгодным для Подрядчика, в отличие от ERC и ERC(М)-подрядчика, где сложность контракта увеличивает стоимость контракта.

Необходимо рассматривать индивидуально и во взаимосвязи факторы и их влияние на модель. Моделью является типовой состав работ и действий во время подготовительного периода и вариации ее изменений, а также воздействие каждого изменения на подготовительный период строительства АЭС, а именно на строительно-монтажную базу.

Отдаленность от имеющихся транспортных сетей при строительстве АЭС имеет боль-

шую роль: огромное количество материалов и строительной продукции постоянно поставляется на склады и саму площадку сооружения АЭС. Условия доставки зависят от уже имеющейся дорожно-транспортной и производственной инфраструктуры. На рис. 1 представлена модель развития в зависимости от вида контракта и имеющейся инфраструктуры.

Отсутствие вспомогательной и транспортной инфраструктуры в радиусе 100 км от площадки строительства АЭС значительно увеличивает объемы работ в подготовительный период, вследствие чего растет как стоимость, так и сроки подготовительного периода вне зависимости от вида контракта.

В случае использования схемы *Multilot* данный фактор образует существенные дополнительные временные затраты на поиск и оформление контрактов с подрядчиками, специализирующимися на транспортной инфраструктуре, и повышение их квалификации при необходимости, поиску и аренде необходимого оборудования. Проблема аналогичного характера также возникает в системе EPC(M) контракта.

В случае заключения EPC контракта данный фактор не является существенным, так как он принадлежит зоне ответственности только EPC-подрядчика, который силами собственного подряда организует данные работы в порядке заключенного с ним контракта. Отрицательной стороной условий EPC контракта для Заказчика является более высокая цена, в отличие от схемы *Multilot*, а плюсом – более короткие сроки, так как процесс подготовительных работ в таких условиях уже должен быть заранее проработан.

При наличии развитой инфраструктуры в радиусе 15 км от проектируемой строительной площадки общие объемы работ сокращаются, вследствие чего снижаются капиталовложения. Контрактная особенность *Multilot* Заказчика заключается в таких аспектах, как грамотный подбор подрядчиков, легко осуществимый в условиях обычного строительства строительной-монтажной базы, и наличие развитой дорожно-транспортной сети. А в случае EPC-Подрядчика появляется возможность создания модели типового проекта подготовительного периода, которая будет достаточно гибкой и способной подстраиваться под небольшой спектр местных условий. В схеме EPC(M) контракта возможно учесть оба этих преимущества.

В настоящей работе рассмотрен подход, основанный на комплексном влиянии условий заключаемых контрактов и внешней оснащенности района строительства на модель, позволяющий аналитически оценить сроки проведения подготовительного периода строительства АЭС, а также подобрать под соответствующие условия наиболее экономически выгодный контракт.

В связи с отсутствием систематического учета влияния условий контрактов на подготовительный этап строительства, зависящих от условий внешней инфраструктуры района, необходимо производить дальнейшие исследования, заключенные в:

- более глубокой проработке каждого параметра индустриальной оснащенности и отражении на факторы времени и капиталовложений в соответствующих контрактах;
- нахождении и рассмотрении дополнительных параметров индустриализации района;
- приведении к численным значениям продолжительности работ и капиталовложений;
- проработке детального анализа возможного комплексного влияния условий контрактов и оснащенности района строительства и применении данных влияний в дальнейшей разработке предлагаемого подхода с теорией графов.

## Литература

1. Доможилов, Ю.Н. Организация и технология строительства атомных станций : учебник / Ю.Н. Доможилов, Э.Л. Кокосадзе, О.В. Колотун, А.Л. Крыжановский, А.А. Морозенко, А.С. Павлов, Б.К. Пергаменщик, В.И. Теличенко, Р.Р. Темишев; под ред. В.И. Теличенко; М-во образования и науки Росс. Федерации, Нац. исследоват. Моск. гос. строит. ун-т. – М. : МГСУ, 2012. – 400 с.
2. Егоров, С. Системный подход / С. Егоров // PРоATOM [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&thold=-1&mode=flat&order=1&sid=4446>.
3. Кабанов, А.С. Исследования влияния инфраструктуры района строительства на вспомогательные сооружения при строительстве АЭС / А.С. Кабанов // Наука и бизнес: пути развития. – М. : ТМБпринт. – 2022. – № 5(131). – С. 169–174.
4. Морозенко, А.А. Организационно-технологические и компоновочные решения строительно-монтажной базы АЭС : учеб. пособие / А.А. Морозенко, В.В. Белов, А.С. Кабанов; М-во науки и высшего образования Рос. Федерации, Нац. исследоват. Моск. гос. строит. ун-т. – М. : Изд-во МИСИ – МГСУ, 2019. – 136 с.
5. Морозенко, А.А. Исследование функционально-технологических ограничений при крупноблочном строительстве атомных электростанций / А.А. Морозенко, В.В. Белов, И.Е. Воронков, А.С. Кабанов // Актуальные проблемы строительной отрасли и образования. Секция 3.– М. : МИСИ – МГСУ, 2020. – С. 341–348.
6. СТО СРО-С 60542960 00032-2014. Стандарт организации объекты использования атомной энергии. Организация строительства. Часть 1. Подготовительный период строительства. Часть 2. Основной период строительства. – М. : Центр технических компетенций атомной отрасли, 2014. – 48 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://sro-atomstroy.ru/wp-content/uploads/file/1STROY/Documents/Standarts/Period\\_stroy\\_STO.pdf](http://sro-atomstroy.ru/wp-content/uploads/file/1STROY/Documents/Standarts/Period_stroy_STO.pdf).
7. Структурирование, заключение и исполнение ЕРС и ЕРС(М)-контрактов. Версия 2.0 // OST Legal [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://ostlegal.ru/wp-content/uploads/2020/08/ost-book-web\\_1.pdf](https://ostlegal.ru/wp-content/uploads/2020/08/ost-book-web_1.pdf).

## References

1. Domozhilov, YU.N. Organizatsiya i tekhnologiya stroitelstva atomnykh stantsij : uchebnik / YU.N. Domozhilov, E.L. Kokosadze, O.V. Kolotun, A.L. Kryzhanovskij, A.A. Morozenko, A.S. Pavlov, B.K. Pergamenshchik, V.I. Telichenko, R.R. Temishev; pod red. V.I. Telichenko; M-vo obrazovaniya i nauki Ross. Federatsii, Nats. issledovat. Mosk. gos. stroit. un-t. – M. : MGSU, 2012. – 400 s.
2. Egorov, S. Sistemnyj podkhod / S. Egorov // PРоATOM [Electronic resource]. – Access mode : <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&thold=-1&mode=flat&order=1&sid=4446>.
3. Kabanov, A.S. Issledovaniya vliyaniya infrastruktury rajona stroitelstva na vspomogatelnye sooruzheniya pri stroitelstve AES / A.S. Kabanov // Nauka i biznes: puti razvitiya. – M. : TMBprint. – 2022. – № 5(131). – S. 169–174.
4. Morozenko, A.A. Organizatsionno-tekhnologicheskie i komponovochnye resheniya stroitelno-montazhnoj bazy AES : ucheb. posobie / A.A. Morozenko, V.V. Belov, A.S. Kabanov; M-vo nauki i vysshego obrazovaniya Ros. Federatsii, Nats. issledovat. Mosk. gos. stroit. un-t. – M. : Izd-vo MISI – MGSU, 2019. – 136 s.

5. Morozenko, A.A. Issledovanie funktsionalno-tehnologicheskikh ogranichenij pri krupnoblochnom stroitelstve atomnykh elektrostantsij / A.A. Morozenko, V.V. Belov, I.E. Voronkov, A.S. Kabanov // Aktualnye problemy stroitelnoj otrasli i obrazovaniya. Sektsiya 3. – M. : MISI – MGSU, 2020. – S. 341–348.

6. STO SRO-S 60542960 00032-2014. Standart organizatsii obekty ispolzovaniya atomnoj energii. Organizatsiya stroitelstva. CHast 1. Podgotovitelnyj period stroitelstva. CHast 2. Osnovnoj period stroitelstva. – M. : TSentr tekhnicheskikh kompetensij atomnoj otrasli, 2014. – 48 s. [Electronic resource]. – Access mode : [http://sro-atomstroy.ru/wp-content/uploads/file/1STROY/Documents/Standarts/Period\\_stroy\\_STO.pdf](http://sro-atomstroy.ru/wp-content/uploads/file/1STROY/Documents/Standarts/Period_stroy_STO.pdf).

7. Strukturirovanie, zaklyuchenie i ispolnenie EPC i EPC(M)-kontraktov. Versiya 2.0 // OST Legal [Electronic resource]. – Access mode : [https://ostlegal.ru/wp-content/uploads/2020/08/ost-book-web\\_1.pdf](https://ostlegal.ru/wp-content/uploads/2020/08/ost-book-web_1.pdf).

---

### Features of the Preparatory Period for the Construction of a Nuclear Power Plant Given the Contractual Features

A.S. Kabanov, A.D. Evseev, A.D. Prutyanyan

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

**Key words and phrases:** Nuclear Power Plant (NPP); international contracts; preparatory period of construction; NPP construction.

**Abstract.** The purpose of the study is to change a number of key factors that depend on the complex relationship of contracts and infrastructure of the construction area, and their impact on the preparatory period of NPP construction.

The research tasks involve analyzing analysis of the conditions for changing the preparatory period for the construction of a nuclear power plant under the complex influence of the conditions of the concluded contract and the external infrastructure around the construction area, creating a model of the interrelationships of these factors to determine the nature and composition of the preparatory period.

The research methods are as follows: the methodological basis is the modeling method, the model considers the relationship between the parameters of the impact of contract terms and the state of the external auxiliary infrastructure and its impact on the preparatory period, which further ensures an uninterrupted process of NPP construction.

The study resulted in the investigation of the main factors of the existing infrastructure, types of contracts and their mutual influence on the design and production of the preparatory period for the construction of nuclear power plants.

---

© A.S. Кабанов, А.Д. Евсеев, А.Д. Прутян, 2023

УДК 674.8

## Обоснование целесообразности переработки отдельных частей биомассы дерева

М.А. Зырянов, П.В. Ступак, В.С. Непомнящий,  
С.О. Сергаев

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

**Ключевые слова и фразы:** биомасса дерева; лесозаготовительные работы; лесопромышленный комплекс; отходы лесозаготовки.

**Аннотация.** В лесопромышленном комплексе в ходе лесозаготовительных работ наблюдается большое количество отходов как при сортиментной, так и при хлыстовой схеме лесозаготовки. В ходе работ лесозаготовитель обязан либо утилизировать, либо вывозить отходы лесозаготовки с делян, таким образом появляются лишние финансовые затраты, которые в свою очередь влияют на возрастание цены транспортных расходов и приводят к увеличению стоимости конечного продукта, а также ухудшается экологическая обстановка, поскольку для прохождения большего количества пути приходится сжигать больший объем топлива при транспортировке лесосечных отходов. Таким образом, рассмотрим решение данной проблемы на примере использования мобильных терминалов, которые позволяют сократить как транспортное расстояние, так и расстояние от сырья до конечного продукта, а также сократят количество рабочих мест при производстве продукции, что в свою очередь снизит стоимость конечного продукта. Для достижения данной цели необходимо изучить мобильные терминалы по переработке лесосечных отходов. Основное направление исследования – изучить научную литературу по данной теме. Итог данного исследования заключается в том, что мобильные терминалы найдут свое применение в местах, где затруднен вывоз лесосечных отходов, что позволит с минимальными затратами получать продукцию для дальнейшего сбыта.

На данный момент транспортное расстояние от лесосеки до лесопромышленного комплекса по переработке древесины и лесосечных отходов составляет около 300

километров, что вынуждает лесозаготовителей все чаще пользоваться вахтовым методом для организации лесозаготовительных работ.

Лесосечные отходы на лесосеках после лесозаготовки утилизируют несколькими способами. В первом случае лесосечные отходы сгребают в кучи или валы и оставляют их на делянках для дальнейшего перегнивания. Во втором же случае лесосечные отходы распределяют равномерно по территории лесосеки и приминают специализированной техникой, затем отходы перегнивают. По сути своей все способы утилизации сводятся к тому, что лесосечные отходы распределяются каким-либо из способов и перегнивают, не принося никакой пользы. Альтернативой утилизации лесосечных отходов является установка на лесосеке мобильного лесного терминала по переработке порубочных остатков, поскольку лесосечные отходы можно переработать с помощью мобильных терминалов в готовую продукцию, такую как пеллеты для отопления, эфирные масла и т.д. После чего транспортировать уже готовую продукцию с лесосеки на склад или напрямую заводу-изготовителю для получения прибыли [3].

Рассмотрим один из терминалов для получения пеллет. Мобильный терминал работает следующим образом: в бункер для сырья загружают определенный объем сырья, откуда он поступает при помощи шнекового транспорта в сушильный барабан роторного типа. Сушильный барабан, в свою очередь, оснащен пеллетной горелкой. Далее сырье в сухом виде поступает в молотковую дробилку, после дробления сырье поступает в пресс, откуда выходит готовый пеллет, который в последующем разделяется на сортименты. Полученная продукция после производства транспортируется на склады коммерческих организаций с целью последующего сбыта [5].

Рассмотрим следующий мобильный терминал для производства эфирного масла. Он состоит из пары дистилляторов, парогенератора, ящика для отходов и флорентины. Работа установки основывается на замкнутом цикле использования воды, в свою очередь, флорентинная вода предназначена для производства пара, за счет чего снижаются энергетические затраты и повышается концентрация эфирного масла на выходе. Один цикл работы терминала занимает около 3 часов. Время цикла зависит от большого количества факторов, таких как качество исходного материала, установленный режим терминала, качество обслуживания терминала, физическое состояние оператора установки и т.д. После производства эфирные масла транспортируются с целью сбыта фармацевтическим компаниям и производителям лекарственных средств, которые в последующем фасуют продукцию мелкими партиями и сбывают конечному потребителю [6].

Таким образом, на основании рассмотренных мобильных терминалов приходим к выводу, что производство готовой продукции из лесосечных отходов в условиях лесосеки, а не утилизация или их вывоз с лесосеки может частично перекрыть транспортные расходы за счет продажи произведенной продукции.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Краевого фонда науки и ООО «Красресурс 24» в рамках научного проекта № 2022052708731.*

## Литература

1. Утилизация лесных отходов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://vuzlit.com/1698986/utilizatsiya\\_lesnyh\\_othodov](https://vuzlit.com/1698986/utilizatsiya_lesnyh_othodov).
2. Бизнес на переработке древесины: производство продукции из опилок из других отходов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://rcycle.net/drevesina/drevesnyi-biznes>.



3. переработка лесосечных отходов технологическую щепу [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.activestudy.info/pererabotka-lesosechnyx-otkhodov-na-technologicheskuyu-shhepu>.

4. Оценка эффективности внедрения мобильных компрессорных установок в условиях массивной газовой залежи сеноманского комплекса [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=18142>.

5. Модульные и мобильные пеллетные заводы [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=4773&ysclid=lfk0bqq9yg640651007>.

6. Автономное энергоснабжение лесных терминалов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=6232&ysclid=lfjqy51edw106828585>.

## References

1. Utilizatsiya lesnykh otkhodov [Electronic resource]. – Access mode : [https://vuzlit.com/1698986/utilizatsiya\\_lesnyh\\_otkhodov](https://vuzlit.com/1698986/utilizatsiya_lesnyh_otkhodov).

2. Biznes na pererabotke drevesiny: proizvodstvo produktsii iz opilok iz drugikh otkhodov [Electronic resource]. – Access mode : <https://rcycle.net/drevesina/drevesnyi-biznes>.

3. pererabotka lesosechnykh otkhodov tekhnologicheskuyu shchepu [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.activestudy.info/pererabotka-lesosechnyx-otkhodov-na-technologicheskuyu-shhepu>.

4. Otsenka effektivnosti vnedreniya mobilnykh kompressornykh ustanovok v usloviyakh massivnoj gazovoj zalezhi senomanskogo kompleksa [Electronic resource]. – Access mode : <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=18142>.

5. Modulnye i mobilnye pelletnye zavody [Electronic resource]. – Access mode : <https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=4773&ysclid=lfk0bqq9yg640651007>.

6. Avtonomnoe energosnabzhenie lesnykh terminalov [Electronic resource]. – Access mode : <https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=6232&ysclid=lfjqy51edw106828585>.

---

## Justification of the Feasibility of Processing Individual Parts of Wood Biomass

M.A. Zyryanov, P.V. Stupak, V.S. Nepomnyashchiy, S.O. Sergaev

*Lesosibirsk Branch of Reshetnev Siberian State University,  
Lesosibirsk (Russia)*

**Key words and phrases:** tree biomass; logging work; timber industry complex; logging waste.

**Abstract.** In the timber industry complex, during logging operations, a large amount of waste is produced both with cut-to-length and tree-length logging. In the course of logging, the logger is obliged to either dispose of or remove logging waste from the plots, which causes undesired financial costs. Which, in turn, affect the increase in the price of transport costs, and lead to an increase in the cost of the final product, as well as the environmental situation worsens, since in order to pass more of the way, it is necessary to burn more fuel during the transportation of logging waste. Thus, the paper considers the solution to this problem using the example of using mobile terminals, which can reduce both the transportation distance and the distance from raw materials to the final product, as well as reduce the number of jobs in the production

of products, which in turn will reduce the cost of the final product. To achieve this goal, it is necessary to study mobile terminals for processing logging waste. This area of research is to study the scientific literature on this topic. The result of this study is that mobile terminals will find their application in places where the removal of logging waste is difficult, which will allow obtaining products for further marketing at minimal cost.

---

© М.А. Зырянов, П.В. Ступак, В.С. Непомнящий, С.О. Сергаев, 2023

УДК 665.765

## **Анализ влияния климатических условий Крайнего Севера на работоспособность лесозаготовительного и деревоперерабатывающего оборудования**

М.А. Зырянов, И.Г. Швецова, В.Л. Сурничев,  
Е.А. Семененко

*Лесосибирский филиал*

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

**Ключевые слова и фразы:** Крайний Север; лесозаготовка; моторное масло; низкая температура; обслуживание; сезонная подготовка.

**Аннотация.** В настоящее время остро стоит проблема лесозаготовительных работ на территориях Крайнего Севера по причине затрудненного использования лесозаготовительного оборудования в тяжелых климатических и территориальных условиях. Целью настоящего исследования являлся анализ климатических особенностей Крайнего Севера, а также выполнено исследование в области предсезонной подготовки лесозаготовительного оборудования. Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи: приведены площади лесного фонда и запасы древесины в регионах Крайнего Севера, описана карта зонирования территории в соответствии с показателями минимальной температуры воздуха, рассмотрены способы обслуживания и эксплуатации техники при воздействии низких температур. Гипотезой исследования являлось обоснование эффективности способов обслуживания и эксплуатации техники в арктическом и субарктическом климате, характеризующемся низкими и сверхнизкими температурами. В ходе исследований был реализован аналитический метод, позволивший выполнить анализ воздействия климатических условий на работоспособность лесозаготовительного оборудования. В результате данного исследования были выбраны основные методы технического обслуживания и эксплуатации, которые позволят продлить срок службы машин и сохранить их производительность в сложных климатических условиях Крайнего Севера.

Крайний Север – это большая доля территории России, находящаяся в основном к северу от Северного полярного круга. Крайний Север состоит из Арктической зоны, тундры, лесотундры и районов северной тайги [1].

В районах Крайнего Севера сосредоточено 6,9 млрд м<sup>3</sup> запасов древесины. В регионе четыре чередующиеся с севера на юг почвенно-растительные зоны и подзоны: тундра, лесотундра, хвойная тайга и смешанные леса. Мелколиственные леса покрывают немалую часть площади Крайнего Севера, несмотря на широкое распространение хвойных пород.

В табл. 1 приведены площади лесного фонда и запасы древесины в регионах Крайнего Севера за 2020 г.

Из табл. 1 видно, что наибольшая лесистость территории (72,1 %) в Красноярском крае, наименьшая – в Камчатском крае (30 %). В 2020 г. в Красноярском крае заготовлено 25,6 млн м<sup>3</sup> древесины, а в Камчатском крае – 132,8 тыс. м<sup>3</sup> [2]. Исходя из этого, следует вывод, что на территории Крайнего Севера имеются большие запасы неосвоенной древесины, сложность заготовки которой заключается в климатических особенностях территории.

Погодные условия на Крайнем Севере складываются под влиянием арктического и субарктического климата. Для северных территорий характерны суровые морозные зимы, когда температура достигает отметки в минус 40 градусов и ниже, при этом происходят сильные снегопады и метели. Длительность зимнего периода составляет 8–9 месяцев.

На рис. 1 представлена карта зонирования территории Российской Федерации в соответствии с показателями минимальной температуры воздуха в январе 2020 г.

Температура воздуха представлена за январь не случайно, это связано с тем, что лесозаготовительная работа имеет сезонный характер, так как осенне-зимний и весенне-летний периоды резко различаются по условиям осуществления лесозаготовительного производства.

Сезон лесозаготовок на Крайнем Севере начинается, когда промерзнет почва и установится крепкий снежный покров, а заканчивается, когда происходит обильное таяние снега. Зимой на Крайнем Севере можно производить лесозаготовки во всех типах лесов.

Замерзшая почва меньше подвержена деформации, а снежный покров обеспечивает хороший защитный слой. В сезон лесозаготовок 70 % ежегодного объема древесины заготавливается, начиная с ноября и заканчивая мартом, оставшиеся 30 % заготовок приходится на оставшиеся семь месяцев.

Из рис. 1 следует, что температура на территориях Крайнего Севера варьируется от –30 до –58 °С, поэтому оборудование, используемое на лесозаготовках, должно быть тщательно подготовлено и использоваться в щадящем режиме [3].

Исходя из этого, целью исследования было определить наиболее эффективные способы обслуживания и эксплуатации техники в арктическом и субарктическом климате, характеризующемся низкими и сверхнизкими температурами.

Специализированное техническое обслуживание – это тщательная проверка всех систем лесозаготовительного оборудования. Например, все гидравлические шланги оборудования перед началом эксплуатации следует проверить на наличие утечек или трещин и, если есть сомнения, заменить на новые. Оптимально вся гидравлическая система также должна быть проверена на наличие течи и поврежденных уплотнений.

Замена масла в системах имеет ключевое значение в рамках предсезонной подготовки. Масло представляет собой жидкость с хорошими смазывающими и эксплуатационными свойствами. Масло состоит из нескольких элементов: базовое масло, которое получают различными методами, например, гидрокрекингом; второй элемент – пакет присадок,

Таблица 1. Площади лесного фонда и запасы древесины в регионах Крайнего Севера

Почвенно-растительные зоны и подзоны	Лесопокрытая, тыс. га	Общий запас древесины, млн. м <sup>3</sup>	Лесистость территории, %
Тундра (Камчатский Край)	74167	1799,3	30
Лесотундра (Мурманская область)	9832,2	207	36,3
Хвойная тайга (Красноярский Край)	164072,4	11939,8	72,1
Смешанные леса (Республика Саха (Якутия))	255610,8	8934,1	46,7

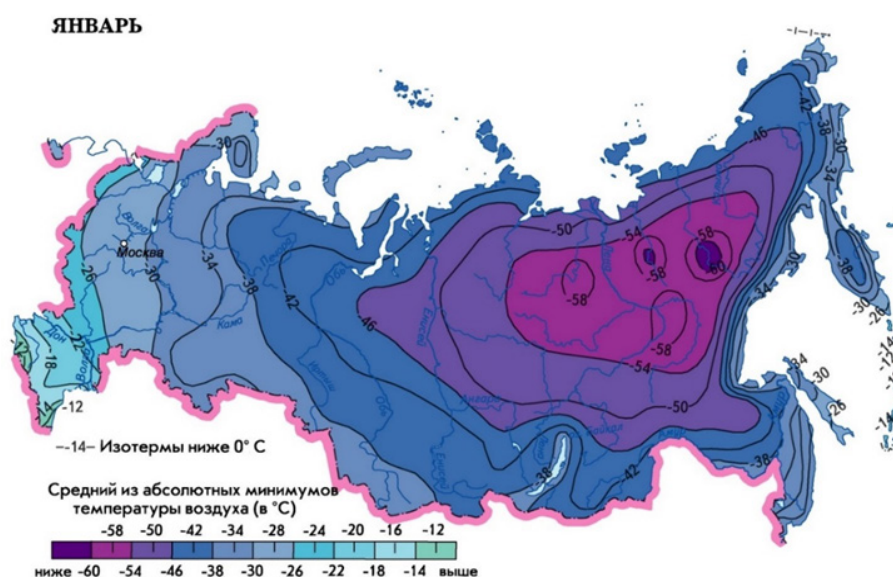


Рис. 1. Карта зонирования территории Российской Федерации в соответствии с показателями минимальной температуры воздуха

придающий маслу определенные химические и физические свойства. Масла делятся на три категории в зависимости от того, где они используются: моторные, редукторные и гидравлические [4].

В качестве основного способа исследования взят пассивный эксперимент, базирующийся на основе статистической оценки лесозаготовительного опыта.

Вследствие воздействия низких температур необходимо выбирать жидкий смазочный материал, который позволит системе оборудования работать на холостых оборотах до рабочей температуры. Например, рекомендуется использовать моторное масло с вязкостью SAE 10W30 при температуре ниже  $-20$  °C, а для гидравлической системы используется масло ISO WG 32, которое также рекомендуется использовать при температуре ниже  $-20$  °C [5].

Поскольку температура на местах проведения лесозаготовок чаще всего находится в температурном диапазоне от  $-35$  до  $-55$  °C, в гидросистеме, а также в системе охлаждения ДВС монтируется предпусковая установка подогрева для упрощения запуска и уменьшения нагрузки на оборудование при первоначальном запуске [6].

Специализированное техническое обслуживание предполагает использование низко-

Температура окружающего воздуха, °C						
-20	-10	0	10	20	30	40
			SAE 30			
SAE 10W						
SAE 10W-30						
SAE 15W-40						

**Рис. 2.** Температурный диапазон использования моторных масел

Температура окружающего воздуха, °C						
-20	-10	0	10	20	30	40
ISO VG 32						
ISO VG 46						
ISO VG 68						

**Рис. 3.** Температурный диапазон использования гидравлических масел

температурных рукавов высокого давления, которые позволяют эксплуатировать технику при температуре до  $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$  [7].

Однако помимо вышеупомянутой специализированной предсезонной подготовки, оборудование, работающее при низких температурах, имеет эксплуатационные ограничения.

Например, при увеличении вязкости гидравлического масла, производительность системы снижается, а риск образования протечек в местах уплотнений возрастает. По этой причине двигатель следует использовать не на полную мощность, пока масло не достигнет рабочей температуры.

По правилам эксплуатации лесозаготовительной техники, лесозаготовка не должна производиться при температуре ниже  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  [8]. Причиной, помимо высокой вязкости гидравлической жидкости, которая в этих условиях не достигает рабочей температуры, является снижение прочностных свойств металла при очень низких температурах. Воздействие низких температур увеличивает хрупкость металлических конструкций.

Немаловажным ограничением при работе лесозаготовительной техники является тяжелый запуск. Даже если при очень низких температурах лесозаготовка приостановлена, технику стараются не глушить. Это связано со спецификой эксплуатации дизельного двигателя. Если двигатель остановлен на продолжительное время, вторичный запуск будет возможен только при температуре окружающей среды выше  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  [9].

Эксплуатационные условия лесозаготовительной техники при резко отрицательных температурах являются крайне тяжелыми.

Влияние низких температур оказывает определенные воздействия в слабых местах конструкции, одним из которых является навесное оборудование.

Низкие температуры вызывают обледенение навесного оборудования многофункциональной головки, что также снижает производительность лесозаготовительного оборудования в результате выхода из строя или неправильной работы [10].

Существует несколько способов решения этой проблемы. Первый – использование технологии механического оттаивания, минусом данной технологии является затрудненный доступ к зоне оттаивания, в результате чего можно легко повредить электроуправляющие блоки из-за термического воздействия. Второй – оснащение лесозаготовительной головки системой защиты от обмерзания и образования наледи [11].

Таким образом, зимняя заготовка и вывозка древесного сырья определяется территориальными условиями. Зимние климатические условия требуют повышенного контроля за техникой, специализированной подготовки оборудования перед зимой и ограниченного режима работы.

В результате данного исследования были выбраны основные методы технического обслуживания и эксплуатации, которые позволят продлить срок службы машин и сохранить их производительность в сложных климатических условиях Крайнего Севера.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Красноярского краевого фонда поддержки научной и научно-технической деятельности в рамках реализации научного проекта № 2022110509022 «Разработка инновационной технологии и оборудования для переработки древесной зелени хвойных пород в условиях лесозаготовительных работ Крайнего Севера».*

### Литература

1. Zyryanov, M.A. Computer simulation modeling of the operation of mobile woodworking equipment in the climatic conditions of the far north / M.A. Zyryanov, S.O. Medvedev, I.G. Milyaeva, E.V. Petrova // Components of scientific and technological progress. – 2022. – № 71. – P. 29–33.
2. Зырянов, М.А. Анализ особенностей эксплуатации лесозаготовительного и деревоперерабатывающего оборудования в климатических условиях крайнего севера / М.А. Зырянов, С.О. Медведев, А.Г. Салтанов // UNIVERSUM: технические науки. – 2022. – № 98. – С. 54–57.
3. Зырянов, М.А. Анализ древесных ресурсов районов Крайнего Севера / М.А. Зырянов, С.О. Медведев, И.Г. Миляева // Наука и бизнес: пути развития. – М. : ТМБпринт. – 2022. – № 5(131). – С. 166–168.
4. Швецов, В.Ю. Инновационная конструкция устройства для переработки порубочных остатков / В.Ю. Швецов, С.О. Медведев, И.Г. Миляева, Е.А. Семенов // Наука и бизнес: пути развития. – М. : ТМБпринт. – 2021. – № 119. – С. 55–59.
5. Зырянов, М.А. Исследование отдельных подходов к конструированию устройства для переработки порубочных остатков / М.А. Зырянов, В.Ю. Швецов, А.П. Мохирев, С.О. Медведев // UNIVERSUM: технические науки. – 2020. – № 80. – С. 60–63.
6. Швецов, В.Ю. Исследование процесса переработки порубочных остатков в условиях лесозаготовительных работ / В.Ю. Швецов, М.А. Зырянов, И.Г. Миляева, Е.Н. Дождев // Наука и бизнес: пути развития. – М. : ТМБпринт. – 2021. – № 118. – С. 56–59.
7. Зырянов, М.А. Компьютерное моделирование процесса работы мобильного деревоперерабатывающего оборудования в климатических условиях крайнего севера / М.А. Зырянов, С.О. Медведев, И.Г. Миляева, Е.А. Семенов // Наука и бизнес: пути развития. – М. : ТМБпринт. – 2022. – № 131. – С. 106–109.
8. Зырянов, М.А. Повышение эффективности процесса технологических машин в условиях рационального экологического применения / М.А. Зырянов, А.П. Мохирев, А.Н. Давыденко, А.В. Госман // IOPConf. Ser.: EarthEnviron. – 2021. – № 677. – С. 5207.
9. Зырянов, М.А. Основные тенденции развития конструкции лесозаготовительной техники в условиях совершенствования технологических процессов / М.А. Зырянов, А.Г. Салтанов, А.Н. Давыденко // Наука и бизнес: пути развития. – М. : ТМБпринт. – 2021. – № 119. – С. 48–51.
10. Караваев, М.А. К вопросу зарубежного опыта технического сервиса машин и оборудования / М.А. Караваев // Наука без границ. – 2021. – № 61. – С. 23–28.
11. Ковалев, А.С. Повышение работоспособности гидрооборудования лесозаготовительных машин / А.С. Ковалев, Г.А. Пилушина // Актуальные проблемы лесного комплек-

ca. – 2020. – № 52. – С. 9–13.

### References

2. Zyryanov, M.A. Analiz osobennostej ekspluatatsii lesozagotovitel'nogo i derevopererabatyvayushchego oborudovaniya v klimaticheskikh usloviyakh krajnego severa / M.A. Zyryanov, S.O. Medvedev, A.G. Saltanov // UNIVERSUM: tekhnicheskie nauki. – 2022. – № 98. – С. 54–57.
3. Zyryanov, M.A. Analiz drevesnykh resursov rajonov Krajnego Severa / M.A. Zyryanov, S.O. Medvedev, I.G. Milyaeva // Nauka i biznes: puti razvitiya. – M. : TMBprint. – 2022. – № 5(131). – С. 166–168.
4. SHvetsov, V.YU. Innovatsionnaya konstruktsiya ustrojstva dlya pererabotki porubochnykh ostatkov / V.YU. SHvetsov, S.O. Medvedev, I.G. Milyaeva, E.A. Semenenko // Nauka i biznes: puti razvitiya. – M. : TMBprint. – 2021. – № 119. – С. 55–59.
5. Zyryanov, M.A. Issledovanie otdelnykh podkhodov k konstruirovaniyu ustrojstva dlya pererabotki porubochnykh ostatkov / M.A. Zyryanov, V.YU. SHvetsov, A.P. Mokhirev, S.O. Medvedev // UNIVERSUM: tekhnicheskie nauki. – 2020. – № 80. – С. 60–63.
6. SHvetsov, V.YU. Issledovanie protsessa pererabotki porubochnykh ostatkov v usloviyakh lesozagotovitel'nykh rabot / V.YU. SHvetsov, M.A. Zyryanov, I.G. Milyaeva, E.N. Dozhdev // Nauka i biznes: puti razvitiya. – M. : TMBprint. – 2021. – № 118. – С. 56–59.
7. Zyryanov, M.A. Kompyuternoe modelirovanie protsessa raboty mobilnogo derevopererabatyvayushchego oborudovaniya v klimaticheskikh usloviyakh krajnego severa / M.A. Zyryanov, S.O. Medvedev, I.G. Milyaeva, E.A. Semenenko // Nauka i biznes: puti razvitiya. – M. : TMBprint. – 2022. – № 131. – С. 106–109.
8. Zyryanov, M.A. Povyshenie effektivnosti protsessa tekhnologicheskikh mashin v usloviyakh ratsionalnogo ekologicheskogo primeneniya / M.A. Zyryanov, A.P. Mokhirev, A.N. Davydenko, A.V. Gosman // IOPConf. Ser.: EarthEnviron. – 2021. – № 677. – С. 5207.
9. Zyryanov, M.A. Osnovnye tendentsii razvitiya konstruktsii lesozagotovitel'noy tekhniki v usloviyakh sovershenstvovaniya tekhnologicheskikh protsessov / M.A. Zyryanov, A.G. Saltanov, A.N. Davydenko // Nauka i biznes: puti razvitiya. – M. : TMBprint. – 2021. – № 119. – С. 48–51.
10. Karavaev, M.A. K voprosu zarubezhnogo opyta tekhnicheskogo servisa mashin i oborudovaniya / M.A. Karavaev // Nauka bez granits. – 2021. – № 61. – С. 23–28.
11. Kovalev, A.S. Povyshenie rabotosposobnosti gidrooborudovaniya lesozagotovitel'nykh mashin / A.S. Kovalev, G.A. Pilyushina // Aktualnye problemy lesnogo kompleksa. – 2020. – № 52. – С. 9–13.

---

### The Analysis of the Influence of Climatic Conditions of the Far North on the Efficiency of Logging and Wood Processing Equipment

M.A. Zyryanov, I.G. Shvetsova, V.L. Surnichev, E.A. Semenenko

*Lesosibirsk Branch of Reshetnev Siberian State University,  
Lesosibirsk (Russia)*

**Key words and phrases:** Far North; logging; engine oil; low temperature; maintenance; seasonal preparation.



**Abstract.** Currently, the problem of logging operations in the territories of the Far North is acute, due to the difficult use of logging equipment in severe climatic and territorial conditions in the regions of the Far North. As a result, the purpose of these studies was to analyze the climatic features of the Far North, and also, the study was carried out in the field of pre-season preparation of logging equipment. To achieve this goal, such tasks were completed as: the areas of the forest fund and wood reserves in the regions of the Far North are given, a map of the zoning of the territory is described in accordance with the indicators of the minimum air temperature, methods of maintenance and operation of equipment under the influence of low temperatures are considered. The hypothesis of the study was to substantiate the effectiveness of methods of maintenance and operation of equipment in the Arctic and subarctic climates characterized by low and ultra-low temperatures. In the course of the research, an analytical method was implemented that made it possible to analyze the impact of climatic conditions on the performance of logging equipment. As a result of this study, the main methods of maintenance and operation were selected, which will extend the service life of machines and maintain their performance in difficult climatic conditions of the Far North.

---

© М.А. Зырянов, И.Г. Швецова, В.Л. Сурничев, Е.А. Семенов, 2023

УДК 004.4

## Проектирование конструкции ротора установки для измельчения хвои

М.А. Зырянов, И.Г. Швецова, В.Л. Сурничев,  
Е.А. Семенов

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

**Ключевые слова и фразы:** деталь; древесина; модель; нож; ротор; хвоя.

**Аннотация.** В работе представлены результаты проектирования конструкции ротора установки для измельчения хвои. Теоретически обоснована конструкция рабочих органов. В процессе исследования были использованы метод моделирования и аналитический метод. Практическая значимость исследований позволит повысить качество выполняемой конструкторской документации, моделировать сложное оборудование с возможностью разработки полного комплекта конструкторской документации в соответствии с требованиями ГОСТ.

В Красноярском крае леса занимают 116 млн га площади лесного фонда. Деловая древесина оценивается в 14,4 млрд м<sup>3</sup>, что составляет около 25 % от всех запасов древесины в России. Большую часть лесов составляют лиственные леса, 17 % – пихтовые и еловые, 12 % – сосновые, свыше 9 % – кедровые. Наличие большой ресурсной базы оказывает благоприятное влияние на деревоперерабатывающую промышленность.

Увеличение объемов выпуска продукции при уменьшении отходов лесозаготовительного и деревоперерабатывающего производств требует постоянного внедрения инновационных технологий и оборудования.

Одним из наиболее перспективных направлений научно-технического прогресса в области деревопереработки можно считать разработку, внедрение и совершенствование процесса проектирования конструкции оборудования с помощью программного комплекса системы автоматизированного проектирования (САПР). Это связано с тем, что индустриальная мощь зависит не только от ее возможности производить новейшие технологии в огромных количествах, но и от возможности моментально их развивать. Продвижение программного комплекса САПР в области проектирования современного оборудования на системной основе поможет сократить сроки и повысить качество разработки современного оборудования.

Целью проводимых исследований является оценка программного комплекса САПР для автоматизации проектирования деревоперерабатывающего оборудования.

Система автоматизированного проектирования – это программа, базирующаяся на

двух ключевых подсистемах: моделирования и сопровождения. Первая используется для создания схем и чертежей, вторая отвечает за управление первой [1].

Существует два типа программного комплекса САПР: первый – для дизайн-проектов, второй – для конструирования. С помощью дизайн-проектов можно графически изобразить технологический процесс лесозаготовок, спроектировать деляну, расставить на ней технику, симитировать процесс погрузки сортиментов в прицеп.

Программы для конструирования предоставляют огромный спектр возможностей. С их помощью можно модернизировать или разрабатывать новое оборудование, они обеспечивают большую точность чертежей, позволяют спроектировать установку до самой мельчайшей детали.

Программный комплекс делится на такие типы, как:

- базовые программы, включающие программный комплекс на базе AutoCAD, Компас-3D и Solidworks;
- специализированные программы: bCAD, CADWork, Pro100 и Visio и т.д.

Для проведения исследования была выбрана программа САПР SolidWorks, позволяющая проектировать 3D-модели, которые могут быть использованы для создания конструкций и проведения исследований.

Комплексные решения SolidWorks основаны на современных технологиях гибридного параметрического моделирования и разнообразных пользовательских модулях.

Спроектированное деревоперерабатывающее оборудование состоит из огромного спектра элементов и сборок. В процессе проектирования конструктор сталкивается с двумя принципиальными подходами:

- 1) проектирование методом «деталировка-сборка»;
- 2) проектирование методом упрощенного моделирования.

Среда проектирования выбирается в зависимости от того, какие задачи и проблемы ставятся перед проектировщиком.

Первый способ используется для:

- типовых видов конструкторских решений;
- выполнения дизайн-проектов индивидуальной мебели;
- выполнения модернизации оборудования или определенных узлов;
- выполнения детального проектирования;
- дальнейшего осуществления имитационного моделирования;
- оптимального выбора материала конструкции;
- получения данных о спецификациях.

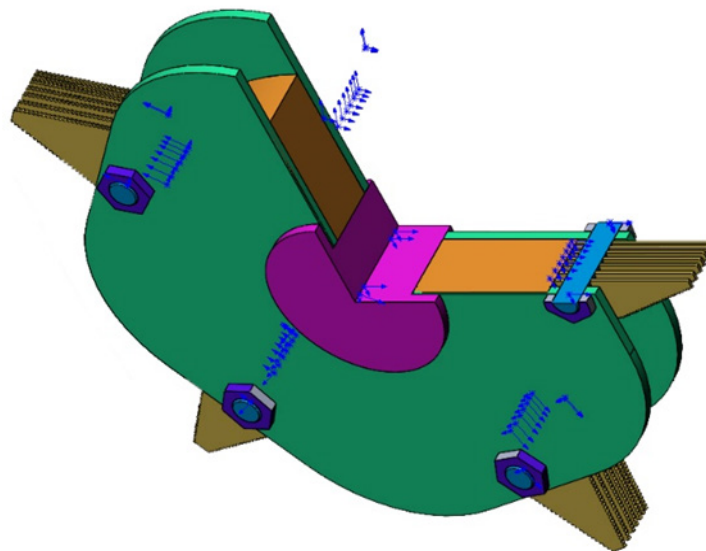
Второй способ используется для:

- проведения быстрого моделирования;
- расчета нагрузок на ключевую единицу оборудования;
- демонстрации готового оборудования или узла;
- оптимизации модели;
- средства связи вида и формы оборудования.

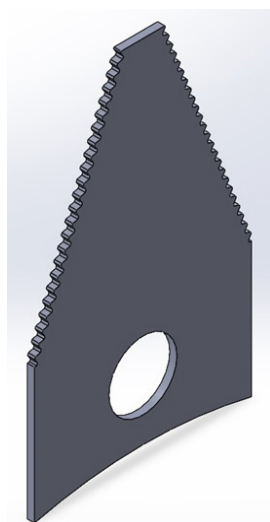
Первый метод заключается в сборке предварительно построенных деталей посредством сопряжения (рис. 1).

Основным элементом установки, выполняющим работу по измельчению древесной зелени, является роторный нож. Ножи установки имеют заточку режущих граней, в результате процесс измельчения значительно ускоряется. Нож ротора, смоделированный в Solidworks, представлен на рис. 2.

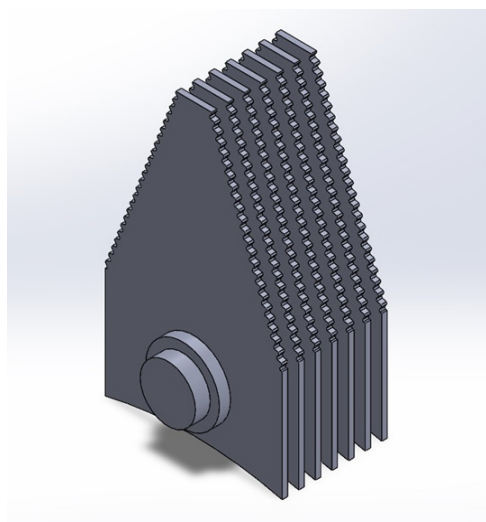
Кассета из ножей ротора, смоделированная в сборке Solidworks, представлена на



**Рис. 1.** Ротор мобильной установки для измельчения древесной зелени хвойных пород, спроектированный методом «деталировка-сборка»



**Рис. 2.** Роторный нож мобильной установки



**Рис. 3.** Сборка роторно-ножевой кассеты мобильной установки

рис. 3. Данный узел устанавливается в ротор в количестве пяти штук и закрывается верхней пластиной, фиксируется болтовым соединением. Ножи в кассете держатся за счет болтового соединения и концевых шайб, упираясь внутренней частью в сам ротор, что позволяет надежно закрепить их. Кассета устанавливается в ротор и закрывается верхней пластиной.

Расстояние между ножами регулируется шириной ступиц. Передача крутящего момента ротору, закрепленному на валу, происходит за счет ременной передачи.

Статорные ножи играют роль контрножей. Наличие статорных ножей в размольной камере установки необходимо для обеспечения вторичного размола. Статорный нож, смоделированный в Solidworks, представлен на рис. 4.

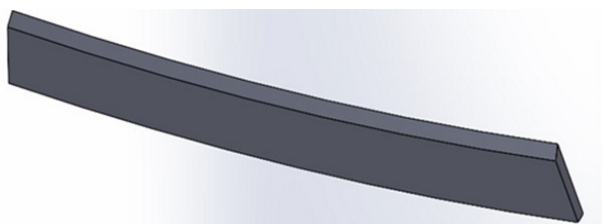


Рис. 4. Статорный нож мобильной установки

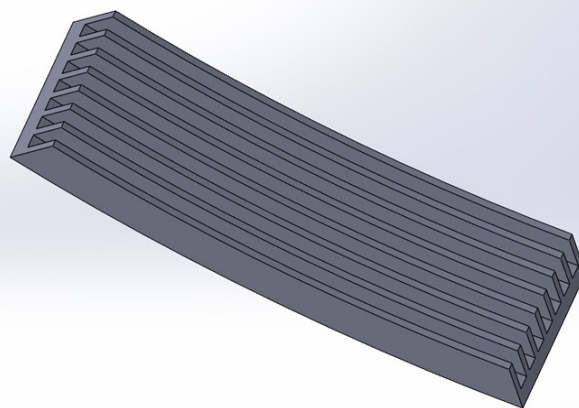


Рис. 5. Сборка статорно-ножевой кассеты мобильной установки

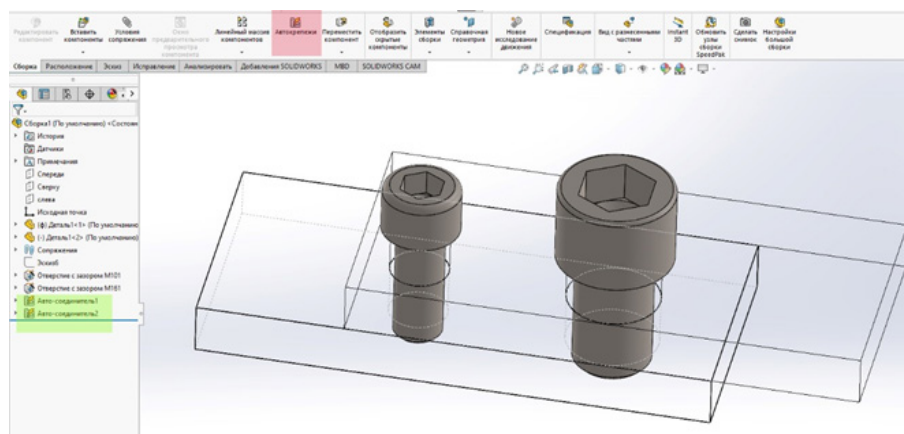


Рис. 6. Модель болтового соединения

Кассета из ножей статора смоделирована в сборке Solidworks и представлена на рис. 5. Данный узел устанавливается в жесткую часть корпуса мобильной установки, во все четыре секции размола.

Библиотеки, шаблоны и автоматизированные компоненты используются в САПР для сокращения времени проектирования. Разработка шаблонов и форматов позволяет сократить время моделирования за счет автоматизации многих общих задач с использованием шаблонов, нескольких форматов, связанных блоков и пользовательских свойств [4].

Автокомпоненты – это детали или узлы, которые можно разместить на верхнем уровне сборки вместе с требуемыми монтажными действиями и элементами (вырезы, пазы, отверстия, крепежные элементы и т.д.). Так, в качестве автокомпонента может выступать болтовое соединение (рис. 6), которое создано методом «детализовка-сборка».

Завершающим этапом проектирования оборудования является получение общего вида изделия. На панели свойств вводятся обозначения, наименования, материал и другие важные свойства. Габаритные размеры снимаются автоматически с помощью функции граничной рамки. Пример чертежа общего вида представлен на рис. 7.

Таким же способом можно получить рабочие чертежи оборудования, узлов, конкрет-

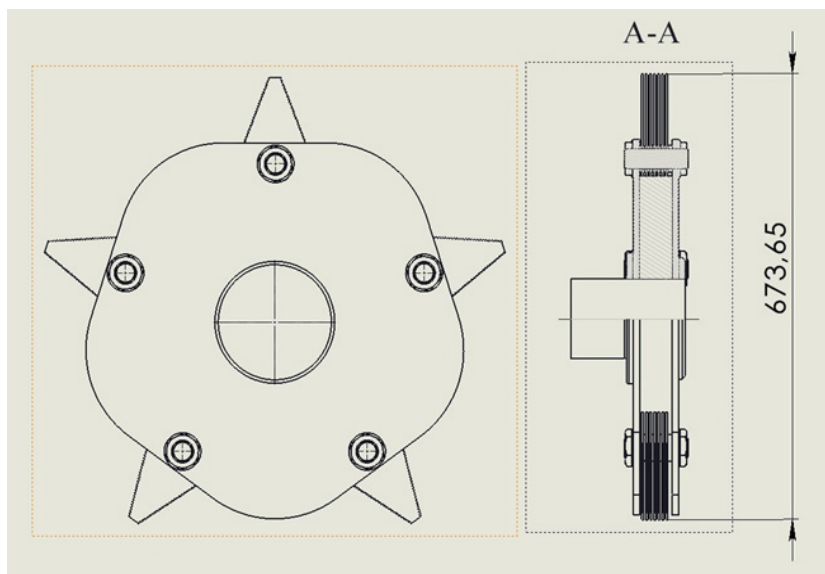


Рис. 7. Общий вид ротора мобильной установки

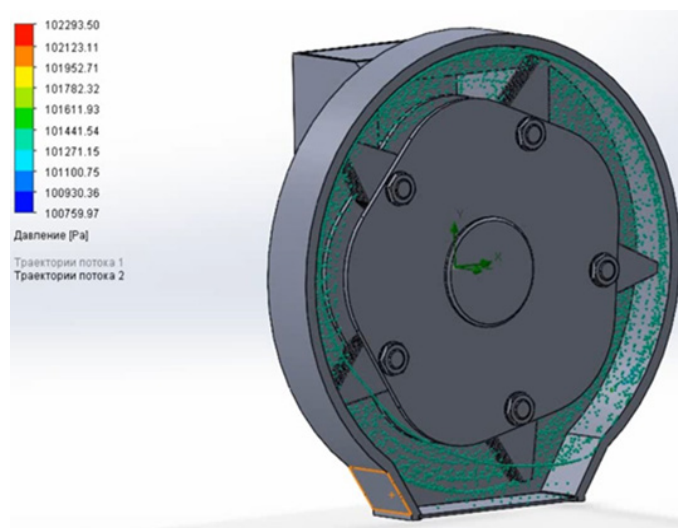
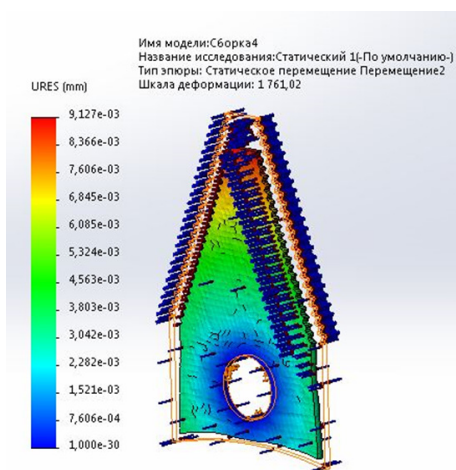


Рис. 8. Имитационная модель мобильной установки

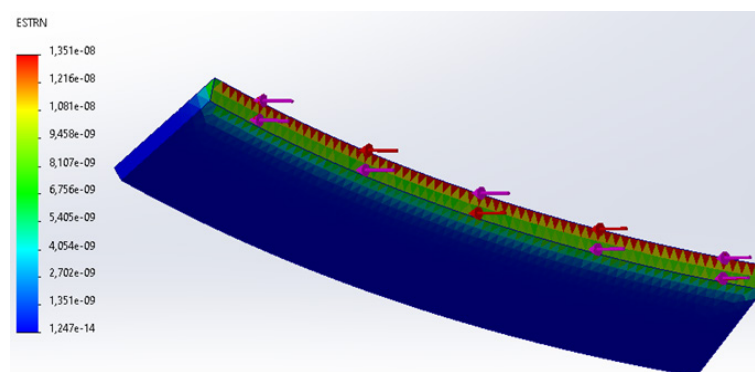
ных деталей с указанием всех необходимых видов, разрезов и сечений.

Важно, чтобы проектная документация, подлежащая внедрению, соответствовала действующим стандартам. Поэтому в рамках программного комплекса САПР существует возможность создавать уникальные редакционные стандарты, соответствующие таким стандартам, как ISO, ANSI, ГОСТ и т.д.

В ходе имитационного моделирования (рис. 8) было выявлено, что в процессе работы измельчителя под действием центробежной силы ножи принимают рабочее положение и воздействуют на древесную зелень, чтобы наблюдалось измельчение, сила резания ножа должна быть больше силы сопротивления древесной зелени, а подача сырья была равномерной и не превосходила силу инерции ножей, в противном случае ножи будут отклоняться от своей оси и процесс измельчения прекратится.



**Рис. 9.** Расчет нагрузок на роторный нож мобильной установки



**Рис. 10.** Расчет нагрузок на статорный нож мобильной установки

Также ввиду того, что в процессе измельчения древесная зелень не фиксируется, а перемещается в воздушно-продуктовом слое, для преодоления силы сопротивления резанию необходимо поддерживать радиус затупления в диапазоне  $\rho = 5\text{--}20$  мкм. При выполнении расчета нагрузок (рис. 9) было выявлено, что в результате воздействия силовых нагрузок за определенное количество времени происходит затупление радиуса, в результате чего наблюдается снижение выхода продукции, так как размер измельченных частиц не соответствует размеру ячеек сепаратора. То же самое относится и к статорному ножу (рис. 10).

Внедрение систем автоматизированного проектирования в деревоперерабатывающую промышленность имеет важное значение. Программный комплекс САПР позволяет повысить качество выполняемой конструкторской документации. САПР позволяет моделировать сложное оборудование с возможностью разработки полного комплекта конструкторской документации в соответствии с требованиями ГОСТ. Допускается использование разработанной трехмерной модели оборудования для имитации различных условий эксплуатации вместо долгосрочного и дорогостоящего физического проектирования.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Красноярского краевого фонда поддержки научной и научно-технической деятельности в рамках реализации научного проекта № 2022110509022 «Разработка инновационной технологии и оборудования для переработки древесной зелени хвойных пород в условиях лесозаготовительных работ Крайнего Севера».*

## Литература

1. Грекул, В.И. Автоматизация деятельности предприятия розничной торговли с использованием информационной системы Microsoft Dynamics NAV / В.И. Грекул, Н.Л. Коровкина, Д.А. Богословцев, Н.Н. Синайская. – М. : Бинوم. Лаборатория знаний, 2009. – 184 с.
2. Черемных, О.С. Компьютерные технологии в инвестиционном проектировании / О.С. Черемных, С.В. Черемных, О.В. Широкова. – М. : Финансы и статистика, Инфра-М,

2010. – 192 с.

3. Калитеевский, Р.Е. Лесопиление в XXI веке. Технология, оборудование, менеджмент / Р.Е. Калитеевский. – М. : ПрофиКС, 2008. – 504 с.

4. Катсигрис, К. Учебник ресторатора. Проектирование, оборудование, дизайн / К. Катсигрис, К. Томас. – М. : Ресторанные ведомости, 2008. – 592 с.

5. Zyryanov, M.A. Computer simulation modeling of the operation of mobile woodworking equipment in the climatic conditions of the far north / M.A. Zyryanov, S.O. Medvedev, I.G. Milyaeva, E.V. Petrova // Components of scientific and technological progress. – 2022. – № 71. – P. 29–33.

6. Зырянов, М.А. Анализ особенностей эксплуатации лесозаготовительного и деревоперерабатывающего оборудования в климатических условиях крайнего севера / М.А. Зырянов, С.О. Медведев, А.Г. Салтанов // UNIVERSUM: технические науки. – 2022. – № 98. – С. 54–57.

7. Зырянов, М.А. Анализ древесных ресурсов районов Крайнего Севера / М.А. Зырянов, С.О. Медведев, И.Г. Милыева // Наука и бизнес: пути развития. – М. : ТМБпринт. – 2022. – № 5(131). – С. 166–168.

8. Швецов, В.Ю. Инновационная конструкция устройства для переработки порубочных остатков / В.Ю. Швецов, С.О. Медведев, И.Г. Милыева, Е.А. Семенов // Наука и бизнес: пути развития. – М. : ТМБпринт. – 2021. – № 119. – С. 55–59.

9. Зырянов, М.А. Исследование отдельных подходов к конструированию устройства для переработки порубочных остатков / М.А. Зырянов, В.Ю. Швецов, А.П. Мохирев, С.О. Медведев // UNIVERSUM: технические науки. – 2020. – № 80. – С. 60–63.

10. Швецов, В.Ю. Исследование процесса переработки порубочных остатков в условиях лесозаготовительных работ / В.Ю. Швецов, М.А. Зырянов, И.Г. Милыева, Е.Н. Дождев // Наука и бизнес: пути развития. – М. : ТМБпринт. – 2021. – № 118. – С. 56–59.

11. Зырянов, М.А. Компьютерное моделирование процесса работы мобильного деревоперерабатывающего оборудования в климатических условиях крайнего севера / М.А. Зырянов, С.О. Медведев, И.Г. Милыева, Е.А. Семенов // Наука и бизнес: пути развития. – М. : ТМБпринт. – 2022. – № 131. – С. 106–109.

12. Зырянов, М.А. Повышение эффективности процесса технологических машин в условиях рационального экологического применения / М.А. Зырянов, А.П. Мохирев, А.Н. Давыденко, А.В. Госман // IOPConf. Ser.: Earth Environ. – 2021. – № 677. – С. 5207.

13. Зырянов, М.А. Основные тенденции развития конструкции лесозаготовительной техники в условиях совершенствования технологических процессов / М.А. Зырянов, А.Г. Салтанов, А.Н. Давыденко // Наука и бизнес: пути развития. – М. : ТМБпринт. – 2021. – № 119. – С. 48–51.

14. Караваев, М.А. К вопросу зарубежного опыта технического сервиса машин и оборудования / М.А. Караваев // Наука без границ. – 2021. – № 61. – С. 23–28.

15. Ковалев, А.С. Повышение работоспособности гидрооборудования лесозаготовительных машин / А.С. Ковалев, Г.А. Пилюшина // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2020. – № 52. – С. 9–13.

## References

1. Grekul, V.I. Avtomatizatsiya deyatel'nosti predpriyatiya roznichnoj trgovli s ispolzovaniem informatsionnoj sistemy Microsoft Dynamics NAV / V.I. Grekul, N.L. Korovkina, D.A. Bogoslov'tsev, N.N. Sinaj'skaya. – М. : Binom. Laboratoriya znaniy, 2009. – 184 s.



2. CHERemnykh, O.S. Kompyuternye tekhnologii v investitsionnom proektirovanii / O.S. CHERemnykh, S.V. CHERemnykh, O.V. SHirokova. – M. : Finansy i statistika, Infra-M, 2010. – 192 s.
3. Kaliteevskij, R.E. Lesopilenie v XXI veke. Tekhnologiya, oborudovanie, menedzhment / R.E. Kaliteevskij. – M. : ProfIKS, 2008. – 504 s.
4. Katsigris, K. Uchebnik restoratora. Proektirovanie, oborudovanie, dizajn / K. Katsigris, K. Tomas. – M. : Restorannye vedomosti, 2008. – 592 s.
5. Zyryanov, M.A. Computer simulation modeling of the operation of mobile woodworking equipment in the climatic conditions of the far north / M.A. Zyryanov, S.O. Medvedev, I.G. Milyaeva, E.V. Petrova // Components of scientific and technological progress. – 2022. – № 71. – P. 29–33.
6. Zyryanov, M.A. Analiz osobennostej ekspluatatsii lesozagotovitel'nogo i derevopererabatyvayushchego oborudovaniya v klimaticheskikh usloviyakh krajnego severa / M.A. Zyryanov, S.O. Medvedev, A.G. Saltanov // UNIVERSUM: tekhnicheskie nauki. – 2022. – № 98. – S. 54–57.
7. Zyryanov, M.A. Analiz drevesnykh resursov rajonov Krajnego Severa / M.A. Zyryanov, S.O. Medvedev, I.G. Milyaeva // Nauka i biznes: puti razvitiya. – M. : TMBprint. – 2022. – № 5(131). – S. 166–168.
8. SHvetsov, V.YU. Innovatsionnaya konstruktsiya ustrojstva dlya pererabotki porubochnykh ostatkov / V.YU. SHvetsov, S.O. Medvedev, I.G. Milyaeva, E.A. Semenenko // Nauka i biznes: puti razvitiya. – M. : TMBprint. – 2021. – № 119. – S. 55–59.
9. Zyryanov, M.A. Issledovanie otdelnykh podkhodov k konstruirovaniyu ustrojstva dlya pererabotki porubochnykh ostatkov / M.A. Zyryanov, V.YU. SHvetsov, A.P. Mokhirev, S.O. Medvedev // UNIVERSUM: tekhnicheskie nauki. – 2020. – № 80. – S. 60–63.
10. SHvetsov, V.YU. Issledovanie protsessa pererabotki porubochnykh ostatkov v usloviyakh lesozagotovitel'nykh rabot / V.YU. SHvetsov, M.A. Zyryanov, I.G. Milyaeva, E.N. Dozhdev // Nauka i biznes: puti razvitiya. – M. : TMBprint. – 2021. – № 118. – S. 56–59.
11. Zyryanov, M.A. Kompyuternoe modelirovanie protsessa raboty mobilnogo derevopererabatyvayushchego oborudovaniya v klimaticheskikh usloviyakh krajnego severa / M.A. Zyryanov, S.O. Medvedev, I.G. Milyaeva, E.A. Semenenko // Nauka i biznes: puti razvitiya. – M. : TMBprint. – 2022. – № 131. – S. 106–109.
12. Zyryanov, M.A. Povyshenie effektivnosti protsessa tekhnologicheskikh mashin v usloviyakh ratsionalnogo ekologicheskogo primeneniya / M.A. Zyryanov, A.P. Mokhirev, A.N. Davydenko, A.V. Gosman // IOPConf. Ser.: Earth Environ. – 2021. – № 677. – S. 5207.
13. Zyryanov, M.A. Osnovnye tendentsii razvitiya konstruktsii lesozagotovitel'noj tekhniki v usloviyakh sovershenstvovaniya tekhnologicheskikh protsessov / M.A. Zyryanov, A.G. Saltanov, A.N. Davydenko // Nauka i biznes: puti razvitiya. – M. : TMBprint. – 2021. – № 119. – S. 48–51.
14. Karavaev, M.A. K voprosu zarubezhnogo opyta tekhnicheskogo servisa mashin i oborudovaniya / M.A. Karavaev // Nauka bez granits. – 2021. – № 61. – S. 23–28.
15. Kovalev, A.S. Povyshenie rabotosposobnosti gidrooborudovaniya lesozagotovitel'nykh mashin / A.S. Kovalev, G.A. Pilyushina // Aktualnye problemy lesnogo kompleksa. – 2020. – № 52. – S. 9–13.

## Designing Constructions of the Rotor of the Plant for Crushing Pine Needle

M.A. Zyryanov, I.G. Shvetsova, V.L. Surnichev, E.A. Semenenko

*Lesosibirsk Branch of Reshetnev Siberian State University,  
Lesosibirsk (Russia)*

**Key words and phrases:** pine needles; model; rotor; knife; detail; wood.

**Abstract.** The paper presents the results of the design of the rotor structure of the plant for crushing needles. The design of the working bodies is theoretically justified. In the course of the study, the modeling method and the analytical method were used. The practical significance of the research will improve the quality of the design documentation performed, simulate complex equipment with the possibility of developing a complete set of design documentation, in accordance with the requirements of GOST – the Russian standard..

---

© М.А. Зырянов, И.Г. Швецова, В.Л. Сурничев, Е.А. Семенов, 2023

УДК 621.822.17

## **Разработка математической модели для анализа экономического эффекта и его прогнозирования для модифицированной конструкции радиального подшипника скольжения**

А.В. Морозова, М.А. Мукутадзе

*ФГБОУ ВО «Ростовский государственный  
университет путей сообщения»,  
г. Ростов-на-Дону (Россия)*

**Ключевые слова и фразы:** адаптированный профиль; гидродинамика; математическая модель; радиальный подшипник; экономический эффект.

**Аннотация.** Работа машин и механизмов, их долговечность, экономичность и надежность зависят от конструкции и качества подшипниковых узлов. Для обеспечения высокой несущей способности и увеличения продолжительности гидродинамического режима и, следовательно, экономического эффекта подшипников скольжения применяются различного вида антифрикционные покрытия на поверхности опорного профиля подшипниковой втулки, а также некруговой адаптированный к условиям трения опорный профиль. В исследовании осуществляется разработка и развитие математических моделей радиального подшипника скольжения с нестандартным опорным профилем, адаптированным к условиям трения антифрикционным полимерным покрытием опорной поверхности, содержащим канавку. Ключевую роль здесь играет методика аналитического прогнозирования, определяющего механизм трения и условия его перехода от граничного к жидкостному.

Целью исследования является разработка математической модели радиального подшипника скольжения с некруговым опорным профилем и полимерным покрытием опорной поверхности подшипниковой втулки, содержащей осевую канавку, для прогнозирования экономического эффекта.

Задачей исследования является разработка новых математических моделей и проведение анализа движения смазочного материала в рабочем зазоре радиального подшипника скольжения с учетом конструктивных особенностей для прогнозирования экономического эффекта.

Методы исследования. С помощью уравнения движения смазочного материала и уравнения неразрывности получены новые математические модели, учитывающие конструктивные особенности поверхности подшипниковой втулки – полимерное покрытие, ширину канавки и адаптированный профиль. По результатам экспериментального исследования на машине трения ИИ 5018 на образцах в виде частичных вкладышей выполнен расчет экономической эффективности чистого дисконтированного дохода.

Достигнутые результаты: разработаны новые математические модели для инженерных расчетов, позволяющие прогнозировать эффективность, надежность и продолжительность гидродинамического режима смазывания, а также определять основные триботехнические параметры. Чистый дисконтированный доход по результатам теоретического и экспериментального исследования оценивается в размере 0,4 млн руб.

### Введение

В современных экономических условиях экономико-математическое моделирование работы трибоузлов и их прогнозирование при применении на поверхности подшипниковой втулки различных антифрикционных композиционных полимерных покрытий, содержащих осевую канавку, а также нестандартного адаптированного к условиям трения опорного профиля для образования гидродинамического клина с учетом реологических свойств применяемых смазочных материалов являются стратегически значимой задачей для обеспечения экономической эффективности поддержания должного уровня готовности высокотехнологичной продукции длительных периодов эксплуатации.

В работах [2–4] подробно описаны экспериментальные данные о влиянии полимерных композиционных покрытий на работу трибоузлов без жидкого смазочного материала.

Детали трибоузлов, работающих в условиях повышенного трения, все чаще изготавливаются с покрытиями поверхности опорного профиля из различных композиционных материалов, позволяющих эффективно управлять показателями надежности и долговечности. Исследования подшипников скольжения, смазываемых различными антифрикционными покрытиями [1; 3; 7–9; 11–13; 15], представляют значительный интерес. Однако применительно к конкретным узлам в условиях повышенных эксплуатационных и низких климатических температур возникает необходимость разработки математических моделей для анализа экономических процессов [5–6] и их прогнозирования с учетом целого ряда особенностей подшипников скольжения.

### Концепция проведения исследования

Рассматривается ламинарное движение смазочного материала в рабочем зазоре радиального подшипника с адаптированным опорным профилем, имеющим полимерное покрытие с осевой канавкой. При этом вал вращается с угловой скоростью  $\Omega$ , а нестандартная втулка вращается со скоростью, равной 0 (рис. 1).

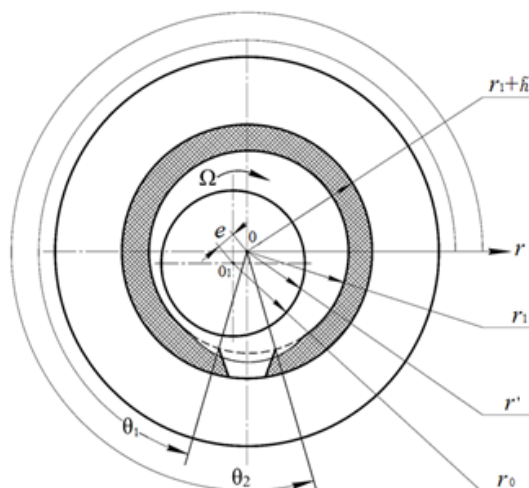


Рис. 1. Расчетная схема трибоконтакта

Уравнения контуров в полярной системе координат с полюсом в центре подшипниковой втулки, уравнение контуров вала, подшипниковой втулки без покрытия с некруговым профилем опорной поверхности и подшипниковой втулки с полимерным покрытием и некруговым опорным профилем запишем в виде:

$$r' = r_0(1+H), \quad r' = r_1 - a'\sin\omega\theta, \quad r' = r_1 - \tilde{h}(\theta) - a'\sin\omega\theta. \quad (1)$$

Для достижения поставленной цели используем безразмерные уравнения движения истинно вязкого смазочного материала для «тонкого слоя» и уравнение неразрывности:

$$\frac{\partial p_i}{\partial r} = 0, \quad \frac{\partial^2 v_i}{\partial r^2} = \frac{dp_i}{d\theta}, \quad \frac{\partial u_i}{\partial r} + \frac{dv_i}{d\theta} = 0 \quad (2)$$

с граничными условиями:  $v = 1$ ,  $u = -\eta\sin\theta$  ( $r = 1 - \eta\cos\theta$ ) на поверхности вала;  $v = 0$ ,  $u = 0$  при  $r = \eta_1\sin\omega\theta$  на поверхности подшипниковой втулки;  $v = v^*(\theta)$ ,  $u = u^*(\theta)$  при  $r = \eta_2 + \eta_1\sin\omega\theta$  на поверхности полимерного покрытия;  $p(0) = p(\theta_1) = p(\theta_2) = p(2\pi) = \frac{p_g}{p_a}$ .

Для получения математической модели используем известный метод [10; 14] точного решения задачи:

$$\begin{aligned} v_i &= \frac{\partial \psi_i}{\partial r} + V_i(r, \theta); & u_i &= -\frac{\partial \psi_i}{\partial \theta} + U_i(r, \theta); \\ \psi_i(r, \theta) &= \tilde{\psi}(\xi_i); & \xi_2 &= \frac{r}{h(\theta)} \text{ при } \theta_1 \leq \theta \leq \theta_2; \\ V_i(r, \theta) &= \tilde{v}_i(\xi_i); & U_i(r, \theta) &= -\tilde{u}_i(\xi_i) \cdot h'(\theta); \\ \xi_{1,3} &= \frac{r - \eta_2}{h(\theta) - \eta_2} \quad \text{ï ð} \text{è } 0 \leq \theta \leq \theta_1 \quad \text{è } \theta_2 \leq \theta \leq 2\pi, \end{aligned} \quad (3)$$

где  $h(\theta) = 1 - \eta\cos\theta - \eta_1\sin\omega\theta$ .

В результате для гидродинамического давления и поля скоростей получим:

$$\begin{aligned}
 \tilde{\psi}'_1(\xi_1) &= a_1 \frac{\xi_1^2}{2} - a_1 \frac{\xi_1}{2}, \quad \tilde{v}_1(\xi_1) = b_1 \frac{\xi_1^2}{2} + \left(1 - \frac{b_1}{2}\right) \xi_1 + 1, \\
 p_1 &= 6 \left( -\tilde{\eta} \sin \theta + \frac{\tilde{\eta}_1}{\omega} (\cos \omega \theta - 1) + \frac{\tilde{\eta}_1 \theta}{2\pi \omega} (\cos 2\pi \omega - 1) \right) + \frac{p_g}{p^*}; \\
 \tilde{\psi}'_2(\xi_2) &= a_2 \frac{\xi_2^2}{2} - a_2 \frac{\xi_2}{2}, \quad \tilde{v}_2(\xi_2) = b_2 \frac{\xi_2^2}{2} + \left(1 - \frac{b_2}{2}\right) \xi_2 + 1, \\
 p_2 &= 6 \left[ (\theta - \theta_1) \left( \frac{\theta_1^2}{4\pi^2} - \left(1 - \frac{5\theta_1}{2\pi}\right) \left( \frac{\eta_1}{2\pi \omega} (\cos 2\pi \omega - \cos \omega \theta_1) + \frac{\eta}{2\pi} \sin \theta_2 \right) \right) + \left(1 - \frac{3\theta_1^2}{4\pi^2}\right) \times \right. \\
 &\quad \left. \times \left( \frac{\eta_1}{\omega} (\cos \omega \theta - \cos \omega \theta_1) - \eta (\sin \theta - \sin \theta_1) \right) \right] + \frac{p_g}{p^*}; \\
 \tilde{\psi}'_3(\xi_3) &= a_3 \frac{\xi_3^2}{2} - a_3 \frac{\xi_3}{2}, \quad \tilde{v}_3(\xi_3) = b_3 \frac{\xi_3^2}{2} + \left(1 - \frac{b_3}{2}\right) \xi_3 + 1, \\
 p_3 &= 6 \left[ (\theta - \theta_2) \left( \frac{\theta_2^2}{4\pi^2} - \left(1 - \frac{5\theta_2}{2\pi}\right) \left( \frac{\tilde{\eta}_1}{2\pi \omega} (\cos 2\pi \omega - \cos \omega \theta_2) + \frac{\tilde{\eta}}{2\pi} \sin \theta_2 \right) \right) + \right. \\
 &\quad \left. + \left(1 - \frac{3\theta_2^2}{4\pi^2}\right) \left( \frac{\tilde{\eta}_1}{\omega} (\cos \omega \theta - \cos \omega \theta_2) - \tilde{\eta} (\sin \theta - \sin \theta_2) \right) \right] + \frac{p_g}{p^*}. \tag{4}
 \end{aligned}$$

Для определения несущей способности и силы трения используем формулы:

$$\begin{aligned}
 R_x &= \frac{6\mu\omega r_0^3}{\delta^2} \left[ \int_0^{\theta_1} p_1 \cos \theta d\theta + \int_{\theta_1}^{\theta_2} p_2 \cos \theta d\theta + \int_{\theta_2}^{2\pi} p_3 \cos \theta d\theta \right], \\
 R_y &= \frac{6\mu\omega r_0^3}{\delta^2} \left[ \int_0^{\theta_1} p_1 \sin \theta d\theta + \int_{\theta_1}^{\theta_2} p_2 \sin \theta d\theta + \int_{\theta_2}^{2\pi} p_3 \sin \theta d\theta \right], \\
 L_{\text{об}} &= \mu\Omega r_0^2 \left[ \int_0^{\theta_1} \left( \frac{\tilde{\psi}''_1(0)}{(h(0) - \eta_2)^2} + \frac{\tilde{v}'_1(0)}{h(0) - \eta_2} \right) d\theta + \int_{\theta_1}^{\theta_2} \left( \frac{\tilde{\psi}''_2(0)}{h^2(0)} + \frac{\tilde{v}'_2(0)}{h(0)} \right) d\theta + \right. \\
 &\quad \left. + \int_{\theta_2}^{2\pi} \left( \frac{\tilde{\psi}''_3(0)}{(h(0) - \eta_2)^2} + \frac{\tilde{v}'_3(0)}{h(0) - \eta_2} \right) d\theta \right]. \tag{5}
 \end{aligned}$$

### Анализ полученных математических моделей

Проверочные расчеты полученной математической модели проведены с использованием параметров в следующих диапазонах их численных значений: ширина канавки  $\theta_2 - \theta_1 = 2,86^\circ - 14,33^\circ$  [1–5 мм], радиус подшипника  $r = 20$  мм; скорость  $V = 1 \dots 3$  м/с;  $\sigma = 6 \dots 30$  МПа;  $\mu_0 = 0,0707 \dots 0,0076$  Нс/м<sup>2</sup>.

Исследование изменения коэффициента трения от ширины осевой канавки на опор-

**Таблица 1.** Исследование изменения коэффициента трения от ширины осевой канавки на опорной поверхности подшипниковой втулки с полимерным покрытием при скорости  $V = 1$  м/с

№ п/п	$\theta_2 - \theta_1, ^\circ$	2,86	5,73	8,59	11,46	14,33
	$\sigma, \text{МПа}$					
1	6	0,01973	0,01812	0,01771	0,01673	0,01561
2	12	0,0087	0,00723	0,00682	0,00573	0,00481
3	18	0,00091	0,000831	0,000921	0,000931	0,000912
4	24	0,00071	0,000731	0,000791	0,000842	0,000821
5	30	0,00052	0,000432	0,000492	0,000691	0,000631

**Таблица 2.** Сравнение величины коэффициентов трения полученных математических моделей разработанного подшипника при ширине канавки равной 0 или 3 мм

№ п/п	Режим		Радиальный подшипник			
	$\sigma, \text{МПа}$	$V, \text{м/с}$	стандартная опорная поверхность	стандартное полимерное покрытие	стандартное полимерное покрытие с канавкой	адаптирован. полимерное покрытие с канавкой
1	6	1	0,0215	0,0190	0,0177	0,0087
2	12	1	0,0158	0,0133	0,0118	0,0028
3	18	1	0,0140	0,0115	0,0096	0,0006
4	24	1	0,0155	0,0130	0,0106	0,0016
5	30	1	0,0195	0,0170	0,0139	0,0049

ной поверхности подшипниковой втулки с полимерным покрытием и адаптированным профилем при скорости  $V = 1$  м/с приведено в табл. 1.

### Экспериментальное исследование

Для верификации разработанных математических моделей триботехнические экспериментальные исследования радиальных подшипников проводились на машине трения ИИ 5018 на образцах в виде частичных вкладышей, имеющих рабочую поверхность, выполненную по специальному некруговому контуру. Покрытие поверхности колодки представляло собой полимерный композит. Канавка вдоль оси образца имела глубину 0,53...0,56 мм и ширину, равную  $\theta_2 - \theta_1 = 0...22,92^\circ$ ,  $\sigma = 6...30$  МПа,  $V = 0,3...3$  м/с. Результаты экспериментального исследования коэффициента трения при  $V = 1$  м/с сведены в табл. 3.

### Расчет экономической эффективности

Расчет экономической эффективности от использования результатов теоретического и экспериментального исследования имеет следующие направления.

1. Определение вида эффекта от использования результатов разработок.

**Таблица 3.** Сравнение величин коэффициента трения, полученных в результате экспериментальных исследований радиального подшипника при ширине канавки равной ( $\theta_2 - \theta_1 = 3$  мм)

№ п/п	Режим		Радиальный подшипник с опорной поверхностью			
	$\sigma$ , МПа	$V$ , м/с	стандартной	стандартной + покрытие	стандартной + покрытие + канавка	адаптирован. + покрытие + канавка
1	6	1	0,0315	0,0195	0,018	0,0090
2	12	1	0,0258	0,0138	0,0123	0,0033
3	18	1	0,0240	0,012	0,01101	0,0011
4	24	1	0,0255	0,0135	0,0111	0,0021
5	30	1	0,0295	0,0175	0,0144	0,0054

2. Выявление эффектообразующих показателей исследований.
3. Расчет фактического изменения эффектообразующих показателей в натуральном выражении.
4. Определение результатов от использования разработок.
5. Расчет единовременных затрат.
6. Расчет фактического экономического эффекта от использования разработок.

Важнейшим показателем эффективности разработанных математических моделей является чистый дисконтированный доход (ЧДД), представляющий собой накопленный дисконтированный эффект за срок полезного использования усовершенствованного оборудования. Ожидаемое значение чистого дисконтированного дохода находим как

$$\text{ЧДД} = (P - Z) \alpha, \text{ руб.}, \quad (6)$$

где  $P$  – стоимостная оценка результатов теоретических и экспериментальных исследований, руб.;  $Z$  – отток денежных средств на затраты, связанные с усовершенствованием подшипниковой втулки (нанесение полимерного покрытия с канавкой).

Приток денежных средств:

$$P(t) = C_t \cdot V_t \cdot A_t, \text{ руб.}, \quad (7)$$

где  $C_t$  – цена единицы продукции, производимой с использованием предложенной конструкции радиального подшипника в течение года  $t$ , руб.;  $V_t$  – производительность новой конструкции;  $A_t$  – объем применения новой усовершенствованной конструкции подшипника, ед.

При усовершенствовании разработок, цены на которые не устанавливаются, приток денежных средств рассчитывается как

$$P_t = Z'_{m(t)} - Z_{m(t)}, \text{ руб.}, \quad (8)$$

где  $Z'_{m(t)}$ ,  $Z_{m(t)}$  – текущие изменяющиеся затраты соответственно до и после разработки, руб.

Величина ежегодных амортизационных отчислений:



Таблица 4. Исходные данные

Показатели	До разработок	После разработок
Количество замен подшипников скольжения, шт.	1250	800
Стоимость замен подшипников скольжения, руб.	890	958
Количество закупаемых комплектов, шт.		67

Таблица 5. Расчет экономической эффективности (ЧДД) применения усовершенствованных радиальных подшипников скольжения, млн руб.

Операционная деятельность	
<i>Приток денежных средств</i>	
1. Снижение текущих затрат	0,59
2. Амортизационные отчисления	0,16
3. Всего притоки	0,69
4. Налог на имущество	0,04
5. Налог на прибыль	0,21
Инвестиционная деятельность	
<i>Отток денежных средств</i>	
6. Затраты, связанные с использованием результатов разработок	0,19
7. Всего оттоки	0,27
<i>Денежный поток</i>	
8. Чистый доход	0,44
9. Чистый дисконтированный доход	0,29
9.1 Чистый дисконтированный доход с нарастающим итогом	0,31
10. Коэффициент дисконтирования	0,76
11. Индекс инфляции (примерно)	3
12. Чистый дисконтированный доход	0,4

$$AO_{\text{нтр}} = K_p \cdot 1/T, \text{ руб.}, \quad (9)$$

где  $K_p$  – капитальные вложения, связанные с разработкой, руб.;  $1/T$  – норма амортизации, где  $T$  – срок полезного использования разработанной конструкции подшипника, лет.

Единовременные затраты ( $K$ ), связанные с использованием результатов разработок, определяем по формуле:

$$K = \sum_{i=1}^T K_i, \quad (10)$$

где  $K_i$  – капитальное вложение разработок в году, руб.

Годовой экономический эффект определяется по формуле:

$$\Xi_r = P_r - Z_{mr} - H_p - K/T, \text{ руб.}, \quad (11)$$

где  $P_r$  – годовой приток денежных средств;  $Z_{mr}$  – годовые текущие затраты;  $H_p$  – налог на прибыль;  $K$  – ожидаемые затраты на создание и внедрение разработок на расчетный период  $T$ , руб.

Налог на прибыль  $H_p$  рассчитывается по формуле:

$$H_p = (P(t) - Z_{m(t)}) \cdot P, \text{ руб.}, \quad (12)$$

где  $Z_{m(t)}$  – текущие расходы в году  $t$ ;  $P$  – ставка налога на прибыль.

На основании полученных результатов экспериментальных исследований радиальных подшипников скольжения с антифрикционным полимерным покрытием поверхности подшипниковой втулки, содержащим канавку, а также с адаптированным к условиям трения опорным профилем рассчитывается экономический эффект.

Исходные данные и расчет экономического эффекта представлены в табл. 4 и 5.

Чистый дисконтированный доход теоретических разработок и экспериментального исследования оценивается в размере 0,4 млн руб.

### Заключение

1. В процессе исследования проведено теоретическое и экспериментальное моделирование радиальных подшипников со стандартной опорной поверхностью, со стандартной опорной поверхностью с антифрикционным полимерным покрытием, со стандартной опорной поверхностью, имеющей полимерное покрытие осевой канавки и с адаптированным опорным профилем, имеющим антифрикционное полимерное покрытие осевой канавки.

2. В результате исследования установлено, что разработанные новые математические модели для инженерных расчетов позволяют прогнозировать эффективность, надежность и продолжительность гидродинамического режима смазывания, а также определять основные триботехнические параметры.

3. Полученные математические модели значительно повышают нагрузочную способность и снижают коэффициент трения.

4. Чистый дисконтированный доход по результатам экспериментального исследования оценивается в размере 0,4 млн руб.

### Литература

1. Негматов, С.С. Исследование вязкоупругих и адгезионно-прочностных свойств и разработка эффективных вибропоглощающих композиционных полимерных материалов и покрытий машиностроительного назначения / С.С. Негматов [и др.] // Пластические массы. – 2020. – № 7–8. – С. 32–36.

2. Кохановский, В.А. Трение полимерных покрытий в жидких смазочных средах / В.А. Кохановский, Э.А. Камерова // Трение и смазка в машинах и механизмах. – 2014. – № 4. – С. 17–20.

3. Кохановский, В.А. Фторопластсодержащие композиционные покрытия в смазочных средах / В.А. Кохановский, Э.А. Камерова // Трение и смазка в машинах и механизмах. – 2014. – № 1. – С. 34–37.

4. Камерова, Э.А. Методика исследования влияния жидких сред на фторопластосо-державшие антифрикционные покрытия / Э.А. Камерова [и др.] // Уральский научный вестник. – 2014. – № 21(100). – С. 137–142.
5. Зарубина, Е.М. Снижение себестоимости продукции использованием композитных материалов при ремонте оборудования / Е.М. Зарубина, О.А. Никитина // Глобальный научный потенциал. – СПб. : ТМБпринт. – 2016. – № 10(67). – С. 13–16.
6. Фирова, И.П. Использование современных технологий для повышения эффективности деятельности компании / И.П. Фирова, Т.М. Редькина, А.В. Осипова // Глобальный научный потенциал. – 2021. – СПб. : ТМБпринт. – № 3(120). – С. 250–252.
7. Павлычева, Е.А. Разработка полимерной композиции для получения защитного покрытия на металлических поверхностях / Е.А. Павлычева // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2022. – № 2. – С. 33–36.
8. Кондрашов, С.В. Полимерные композиционные материалы конструкционного назначения с функциональными свойствами / С.В. Кондрашов [и др.] // Авиационные материалы и технологии. – 2017. – № 5. – С. 405–419.
9. Иваночкин П.Г. Применение антифрикционных полимерных композиционных полимерных покрытий в тормозной рычажной передаче локомотивов / П.Г. Иваночкин [и др.] // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2022. – № 1(85). – С. 16–22.
10. Хасьянова, Д.У. Повышение износостойкости радиального подшипника скольжения, смазываемого микрополярными смазочными материалами и расплавами металлического покрытия / Д.У. Хасьянова, М.А. Мукутадзе // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2022. – № 4. – С. 46–53. – DOI: 10.31857/S0235711922040101.
11. Zinoviev, V.E. Analysis of factors affecting the strength of fixed bonds assembled using metal-polymer compositions / V.E. Zinoviev [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2020. – Vol. 900(1). – No. 012009.
12. Wen, S.-Z. Experimental and theoretical investigation on the hydrochromic property of Ni(II)-containing coordination polymer with an inclined 2D→3D polycatenation architecture / S.-Z. Wen [et al.] // Journal of Molecular Structure. – 2022. – Vol. 1269. – No. 133753.
13. Jin, L. Interconnected MXene/Graphene network constructed by soft template for multi-performance improvement of polymer composites / L. Jin [et al.] // Nano-Micro Letters. – 2022. – Vol. 14(1). – No. 133.
14. Khasyanova, D.U. Mathematical model for a lubricant in a sliding bearing with a fusible coating in terms of viscosity depending on pressure under an incomplete filling of a working gap / D.U. Khasyanova [et al.] // Journal of machinery manufacture and reliability. – 2021. – Vol. 50. – No. 5. – P. 405–411.
15. Robertson, B.P. Evaporation-controlled dripping-onto-substrate (DoS) extensional rheology of viscoelastic polymer solutions / B.P. Robertson, M.A. Calabrese // Scientific Reports. – 2022. – Vol. 12(1). – No. 4697.
16. Ivanochkin, P.G. Study on the effect of the sealers on the steel surface layer modified by electrical discharge machining / P.G. Ivanochkin [et al.] // Solid State Phenomena. – 2021. – Vol. 316. – P. 713–719.

## References

1. Negmatov, S.S. Issledovanie vyzkouprugikh i adgezionno-prochnostnykh svoystv i razrabotka effektivnykh vibropogloshchayushchikh kompozitsionnykh polimernykh materialov

i pokrytij mashinostroitel'nogo naznacheniya / S.S. Negmatov [i dr.] // *Plasticheskie massy*. – 2020. – № 7–8. – S. 32–36.

2. Kokhanovskij, V.A. Trenie polimernykh pokrytij v zhidkikh smazochnykh sredakh / V.A. Kokhanovskij, E.A. Kamerova // *Trenie i smazka v mashinakh i mekhanizmaxh*. – 2014. – № 4. – S. 17–20.

3. Kokhanovskij, V.A. Ftoroplastsoderzhashchie kompozitsionnye pokrytiya v smazochnykh sredakh / V.A. Kokhanovskij, E.A. Kamerova // *Trenie i smazka v mashinakh i mekhanizmaxh*. – 2014. – № 1. – S. 34–37.

4. Kamerova, E.A. Metodika issledovaniya vliyaniya zhidkikh sred na ftoroplastsoderzhashchie antifriktsionnye pokrytiya / E.A. Kamerova [i dr.] // *Uralskij nauchnyj vestnik*. – 2014. – № 21(100). – S. 137–142.

5. Zarubina, E.M. Snizhenie sebestoimosti produkcii ispol-zovaniem kompozitnykh materialov pri remonte oborudovaniya / E.M. Zarubina, O.A. Nikitina // *Globalnyj nauchnyj potentsial*. – SPb. : TMBprint. – 2016. – № 10(67). – S. 13–16.

6. Firova, I.P. Ispolzovanie sovremennykh tekhnologij dlya povysheniya effektivnosti deyatel'nosti kompanii / I.P. Firova, T.M. Redkina, A.V. Osipova // *Globalnyj nauchnyj potentsial*. – 2021. – SPb. : TMBprint. – № 3(120). – S. 250–252.

7. Pavlycheva, E.A. Razrabotka polimernoj kompozitsii dlya polucheniya zashchitnogo pokrytiya na metallicheskich poverkhnostyakh / E.A. Pavlycheva // *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnykh i fundamentalnykh issledovanij*. – 2022. – № 2. – S. 33–36.

8. Kondrashov, S.V. Polimernye kompozitsionnye materialy konstruksionnogo naznacheniya s funktsionalnymi svojstvami / S.V. Kondrashov [i dr.] // *Aviatsionnye materialy i tekhnologii*. – 2017. – № 5. – S. 405–419.

9. Ivanochkin P.G. Primenenie antifriktsionnykh polimernykh kompozitsionnykh polimernykh pokrytij v tormoznoj rychazhnoj peredache lokomotivov / P.G. Ivanochkin [i dr.] // *Vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobshcheniya*. – 2022. – № 1(85). – S. 16–22.

10. KHAsyanova, D.U. Povyshenie iznosostojkosti radialnogo podshipnika skolzheniya, smazyvaemogo mikropolyarnymi smazochnymi materialami i rasplavami metallicheskogo pokrytiya / D.U. KHAsyanova, M.A. Mukutadze // *Problemy mashinostroeniya i nadezhnosti mashin*. – 2022. – № 4. – S. 46–53. – DOI: 10.31857/S0235711922040101.

---

### The Development of a Mathematical Model for the Analysis of the Economic Effect and its Prediction for a Modified Design of a Radial Sliding Bearing

A.V. Morozova, M.A. Mukutadze

*Rostov State University of Railways,  
Rostov-on-Don (Russia)*

**Key words and phrases:** adapted profile; economic effect; hydrodynamics; mathematical model; radial bearing.

**Abstract.** The operation of machines and mechanisms, their durability, economy and reliability depend on the design and quality of bearing units.

To ensure high load-bearing capacity and increase the duration of the hydrodynamic regime,

and, consequently, the economic effect of sliding bearings, various types of antifriction coatings are used on the surface of the bearing profile of the bearing sleeve, as well as a non-circular support profile adapted to friction conditions.

In the study, the development of mathematical models of a radial sliding bearing with a non-standard support profile adapted to friction conditions by an antifriction polydimensional coating of the support surface containing a groove is carried out. The key role here is played by the method of analytical forecasting, which determines the mechanism of friction and the conditions of its transition from boundary to liquid.

The aim of the study is to develop a mathematical model of a radial sliding bearing with a non-circular support profile and a polymer coating of the bearing sleeve bearing surface containing an axial groove to predict the economic effect.

The objective of the study is to develop new mathematical models and analyze the movement of lubricant in the working gap of a radial sliding bearing, taking into account design features to predict the economic effect.

The research methods are as follows: with the help of the equation of motion of the lubricating material and the continuity equation, new mathematical models were obtained that take into account the design features of the bearing surface – polymer coating, groove width and adapted profile. Based on the results of an experimental study on the AI 5018 friction machine, the economic efficiency of net discounted income was calculated on samples in the form of partial inserts.

The results are as follows: new mathematical models for engineering calculations have been developed that allow predicting the efficiency, reliability and duration of the hydrodynamic lubrication regime, as well as determining the main tribotechnical parameters. Net discounted income based on the results of theoretical and experimental research is estimated at 0.4 million rubles.

---

© A.B. Морозова, М.А. Мукутадзе, 2023

УДК 338.242.2

## Higher Education or Online Courses?

Yu.E. Semenova, O.V. Voronkova, E.N. Ostrovskaya,  
S.V. Gribanovskaia

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

**Key words and phrases:** higher education; distance education; online courses; information gypsies; professional skills; career building.

**Abstract.** The article is devoted to the study of the problems of distance learning and professional development. The purpose of the article is to compare and evaluate the level of knowledge and skills of students who have completed distance learning in the format of online courses and have received higher education. The hypothesis of the study is that online courses cannot replace university education, but they are a good addition to existing higher education. The main research methods in the article are the analysis of scientific and business literature and statistical data. As a result of the conducted research, the authors identify a number of problems related to distance learning.

According to the data for 2022, almost 54 % of Russians aged 25 to 64 years old have a higher education. VTSIOM: the share of Russians noting the importance of higher education has increased by 16 percent [4]. On the other hand, about the same number believe that the importance of a university degree is greatly exaggerated. But what if education is limited to advanced training? The development of professional skills, the development of a new profession are now available on the Internet and many are wondering if it is possible to develop a career by taking only online courses?

What skills and knowledge are most often lacking for employees who have completed only online retraining courses? What is the difference between employees who have received higher education from those who have completed only online professional retraining courses? What do the second most often lack in work? Or, perhaps, on the contrary, do they have any advantages? These questions are being asked by both employers and job seekers more and more often nowadays. We will try to investigate this problem, taking into account the current situation and relying on the facts. A person with a higher education has a completely different mindset and mentality. At the same time, it does not matter what degree they have. And even if they work in careers unrelated to their degree, they have been retrained in another field, having completed 1–3 months of online courses, they will have better skills than those who do not have a fundamental education [2, p. 34; 8, p. 19]. Why did the concept of “infocygans” appear? Because these pseudo-experts have superficial knowledge in the field and it is impossible to establish the primary source of their mentors. Even if they refer to someone to

shift responsibility for knowledge, the mentor is little known. As a rule, such a mentor also does not have a specialized education.

According to S. Dembitskaya, an expert of the business club for entrepreneurs “Aristocrat”, a person with higher education has deeper knowledge that can be applied in 3D space, they have a well-built causal relationship, they generate better ideas, and also take responsibility for them, and guarantee the result, because they have a sufficient level of knowledge and expertise. At the same time, pseudo-specialists without higher education never guarantee a result, but on the contrary shift responsibility for it to the employer. This is an important and significant difference [7]. Basically, specialists who have been trained in the courses can be good executives. They will work only under a clearly formulated technical task. For example, it is very difficult to find a good copywriter right now. There are many courses on teaching copywriting. The result is zero. If a person cannot good executives, does not have cause-and-effect relationships and cannot tell a gripping story because they are not well-read, their vocabulary is scanty – these courses will not help. It should be based on a mentality, a certain knowledge base, and it is impossible to get it in a month. The same is true with specialists in creating landing pages, design packaging. It is impossible to study design, which takes five years at the college, in two lessons of courses. For comparison, the design of a profile in a social network will be better for a certified specialist than for a student who has attended the course. And marketing? How can I teach marketing in 2–4 months? Marketing specialists with a university degree are still “green” specialists. No wonder there is a hypothesis about 10 thousand hours put forward by the Canadian sociologist M. Gladwell in his book “Geniuses and Outsiders” – to become one of the best in any business, you need to practice at least 10 thousand hours. This is the necessary amount of practice that turns into experience [1, p. 148]. The main criterion for choosing a specialist for entrepreneurs and top managers is the availability of higher education and experience in this field. A specialist with a higher education will always have an advantage: they are different, more responsible, independent and they have an understanding of the final result.

V. Shumilova, an expert in the field of strategic and crisis management, team management and enterprise management, states that after 20 years in the role of CEO and operations manager of various companies (from construction to consumer services) she became convinced of the need for higher education. After all, it combines hard and soft skills: it gives fundamental knowledge that helps to structure and use your professional skills, and also teaches group work, which further allows you to effectively manage a team [7]. Online courses only help specialists improve the skills acquired through full-time higher education. From the point of view of business indicators, it is more useful for a company to have specialists with a fundamental education in the staff, rather than retrained, since they can work more comprehensively [3, p. 121; 6, p. 266]. For example, online marketers after the courses know the tools and are aimed at testing hypotheses and finding solutions by the “poke method”. While specialists with higher marketing education apply the system knowledge: segment the market, finalize a unique offer and only after that launch campaigns. In addition, online courses often deprive people of networking and the opportunity to share experiences with each other, which are available in personal communications. With such one-sided contact with the teacher, the involvement and quality of training decreases. At one time, online materials on working in 1C were developed and provided to employees for more efficient work with the system. As a result, only 10 % of specialists turned to the materials in the next two weeks, and only 1 person began to use them systematically. Therefore, in our opinion, the training must be offline. As a rule, online retraining courses are not enough to be a ready-made specialist in PR, copywriting or SMM. A PR manager needs to establish direct contact with journalists. Not every graduate of online PR programs is able to

offer ideas for publications to journalists, not to mention established contacts with the media. Some courses are useful because they have an analysis of interesting cases, explanatory tools. Some programs have practice with feedback from curators. But there is no substitute for real experience. University programs are overloaded with theory without strong reinforcement by practice. Therefore, in both the first and second cases, students need to be immersed in tasks and taught on real projects. Copywriting courses can be useful only if a person already knows how to express his thoughts competently. Online courses do not teach writing from scratch, but explain the specifics of certain texts. This is effective if they are based on humanitarian education. Although online courses teach you to identify the target audience, set up an advertising cabinet and launch targeted advertising, a person without experience may not spend the budget in the best way, and the company is at risk. Therefore, some novice specialists even offer their services for free in order to develop a portfolio. Courses cannot replace experience.

The university is a good theoretical base, the courses teach practical skills, but a lot depends on the person. The courses provide knowledge in a specific field, teachers do not teach students to think outside the box, to go beyond the set tasks. The goal is to form a set of skills necessary for work, to help implement the first projects and put them into "free swimming". At the university, everything is different: here the student develops from several sides, learns different approaches to solving problems, so it is easier for him to convey his point of view on the test task. If we talk about soft skills, then specialists with higher education have the advantage here. 4–5 years of continuous training is already an indicator of dedication, perseverance and responsibility. In the long run, university graduates work better in a team than specialists after online courses who studied without leaving home.

The importance of higher education is not exaggerated, 51 % of Russians believe. Most often, this opinion is held by people from 45 to 59 years old (56 %) and people from 60 years old (55 %). Those aged 18 to 24 years old consider the importance of higher education not exaggerated in 37 % of cases. The reverse point of view is held by 45 % of respondents. Among them are 60 % of those aged 18 to 24 years old, and 52 % of those aged 25 to 34 years old. Those who have incomplete secondary education (63 %), secondary special education (51 %) or secondary education (50 %) think so more often. This opinion is supported less often by people with incomplete higher education (38 %) [4]. Online courses can only be considered as a first approximation to the question. They give some theoretical basis and describe the process of how to do this or that. If an employee is an adult, has already managed to work and acquire some basic experience in his specialty, then online courses can help expand his capabilities. But skills cannot be learned by studying theory, and in this sense, employees who have completed online courses are akin to students who have just received a university diploma. There is some knowledge, but in what situation exactly what to apply is usually unclear. This must be taken into account when setting tasks [5, p. 75]. At the first stage, it will be necessary to "tinker" with such employees and be patient when they come with obvious questions. The plus is that an adult at a familiar job orients himself much faster than a student, so that literally after a couple of months the employee already freely fits the acquired skills into the current process exactly as the company needs, and then the benefits of the courses become noticeable.

## References

1. Гладуэл, М. Гении и аутсайдеры / М. Гладуэл. – М. : МИФ, 2023. – С. 288.
2. Десфонтейнес, Л.Г. Цифровая трансформация бизнеса в период экономической турбулентности / Л.Г. Десфонтейнес, Ю.Е. Семенова // Интеграция науки и производ-



ства. – 2019. – № 6. – С. 33–37.

3. Курочкина, А.А. Влияние современных технологий на развитие системы образования / А.А. Курочкина, Ю.Е. Семенова // Актуальные проблемы бизнес-образования. Сборник статей по материалам XVIII Международной научно-практической конференции, 2019. – С. 119–122.

4. ВЦИОМ: доля россиян, отмечающих значимость высшего образования, выросла на 16 процентов // РИА новости [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://ria.ru/20230125/obrazovanie-1847226598.html>.

5. Семенова, Ю.Е. Управление персоналом в условиях цифровизации общества / Ю.Е. Семенова // Наука на рубеже тысячелетий : Сборник материалов 11-й Всероссийской научно-практической конференции. – СПб. : Министерство образования и науки Российской Федерации; Российский государственный гидрометеорологический университет, 2018. – С. 74–76.

6. Семенова, Ю.Е. Проблемы использования цифровых технологий в образовании / Ю.Е. Семенова, А.А. Курочкина // Наука и бизнес: пути развития. – М. : ТМБпринт. – 2019. – № 11(101). – С. 265–267.

7. Что не так с онлайн-курсами, или почему работодатели выбирают высшее образование [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.e-xecutive.ru/career/planirovanie-karery/1995653-chto-ne-tak-s-onlain-kursami-ili-pochemu-rabotodateli-vybiraut-vysshee-obrazovanie#poll-list>.

8. Voronkova, O.V. Economic Security in the Context of Import Substitution and the Presence of Foreign Companies in the Russian Market / O.V. Voronkova, Yu.E. Semenova // Components of Scientific and Technological Progress. – 2021. – № 8(62). – P. 20–24.

9. Semenova, Yu.E. Main Consumer Trends in Retail in the Context of Coronavirus / Yu.E. Semenova, A.A. Kurochkina, O.V. Voronkova // Components of Scientific and Technological Progress. – 2020. – № 11(53). – P. 29–32.

10. Semenova, Yu.E. Transformation of the Labor Market in the Context of Digitalization of the Economy / Yu.E. Semenova, E.N. Ostrovskaya, A.Yu. Panova // Components of Scientific and Technological Progress. – 2020. – № 12(54). – P. 18–21.

## References

1. Gladuel, M. Genii i autsajdery / M. Gladuel. – М. : MIF, 2023. – S. 288.

2. Desfontejnes, L.G. TSifrovaya transformatsiya biznesa v period ekonomicheskoy turbulentnosti / L.G. Desfontejnes, YU.E. Semenova // Integratsiya nauki i proizvodstva. – 2019. – № 6. – S. 33–37.

3. Kurochkina, A.A. Vliyanie sovremennykh tekhnologij na razvitie sistemy obrazovaniya / A.A. Kurochkina, YU.E. Semenova // Aktualnye problemy biznes-obrazovaniya. Sbornik statej po materialam XVIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii, 2019. – S. 119–122.

4. VTSIOM: dolya rossiyan, otmechayushchikh znachimost vysshego obrazovaniya, vyrosla na 16 protsentov // RIA novosti [Electronic resource]. – Access mode : <https://ria.ru/20230125/obrazovanie-1847226598.html>.

5. Semenova, YU.E. Upravlenie personalom v usloviyakh tsifrovizatsii obshchestva / YU.E. Semenova // Nauka na rubezhe tysyacheletij : Sbornik materialov 11-j Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferentsii. – SPb. : Ministerstvo obrazovaniya i nauki Rossijskoj Federatsii; Rossijskij gosudarstvennyj gidrometeorologicheskij universitet, 2018. – S. 74–76.

6. Semenova, YU.E. Problemy ispolzovaniya tsifrovyykh tekhnologij v obrazovanii /

YU.E. Semenova, A.A. Kurochkina // Nauka i biznes: puti razvitiya. – M. : TMBprint. – 2019. – № 11(101). – S. 265–267.

7. Chto ne tak s onlajn-kursami, ili pochemu rabotodateli vybirayut vysshee obrazovanie [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.e-xecutive.ru/career/planirovanie-karery/1995653-chto-ne-tak-s-onlain-kursami-ili-pochemu-rabotodateli-vybiraut-vysshee-obrazovanie#poll-list>.

---

### Высшее образование или онлайн-курсы?

Ю.Е. Семенова, О.В. Воронкова, Е.Н. Островская, С.В. Грибановская

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

**Ключевые слова и фразы:** высшее образование; дистанционное обучение; инфоцыгане; онлайн-курсы; профессиональные навыки; построение карьеры.

**Аннотация.** Статья посвящена исследованию проблем дистанционного обучения и повышения квалификации. Целью статьи является сопоставление и оценка уровня знаний и навыков студентов, прошедших дистанционное обучение в формате онлайн-курсов и получивших высшее образование. Гипотеза исследования заключается в предположении, что онлайн-курсы не могут заменить образование в университете, но являются неплохим дополнением к уже имеющемуся высшему образованию. Основные методы исследования в статье – анализ статистических данных, научной и бизнес литературы. В качестве результата проведенного исследования авторами выделяется ряд проблем, связанных с дистанционным обучением.

---

© Yu.E. Semenova, O.V. Voronkova, E.N. Ostrovskaya, S.V. Gribanovskaia, 2023

УДК 502.131.1

## Возобновляемая энергетика Ростовской области в парадигме устойчивого развития

С.В. Ревунов

*Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт  
имени А.К. Кортунова – филиал  
ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет»,  
г. Новочеркасск (Россия);  
ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,  
г. Ростов-на-Дону (Россия)*

**Ключевые слова и фразы:** природные ресурсы; Ростовская область; устойчивое развитие; человеческий капитал; экологическая безопасность; экологическая политика; экстенсивное потребление.

**Аннотация.** Целью научного поиска является верификация ключевых детерминант развития региональной энергетики на основе возобновляемых источников. Научная новизна определена глобальными вызовами по достижению целей устойчивого развития в контексте разрешения ряда проблем: социальных, экологических, энергетических. В ходе исследования решены следующие задачи: верифицированы приоритетные национальные показатели целей устойчивого развития (ЦУР), ориентированные на экологически сбалансированное развитие регионального энергетического сектора, определены приоритетные генерирующие объекты в структуре установленной мощности, актуализированы направления декарбонизации региональной генерации. Методологическая база: анализ статистической информации, синтез, обобщение. Результаты научного поиска: верификация основных путей развития региональной энергетической инфраструктуры как фактора, обеспечивающего достижение глобального показателя ЦУР: всеохватный доступ к современным экологически чистым источникам энергии.

Устойчивое региональное развитие в контексте обеспечения продовольственной и экологической безопасности, интенсификации социально-экономического благополучия определяется уровнем развития энергетической отрасли.

Приоритетными доктринальными целями развития энергетики на национальном уровне являются изменение динамики спроса на энергоресурсы с целью замещения углеводородного сырья альтернативными источниками, интенсификация перехода на энерго- и



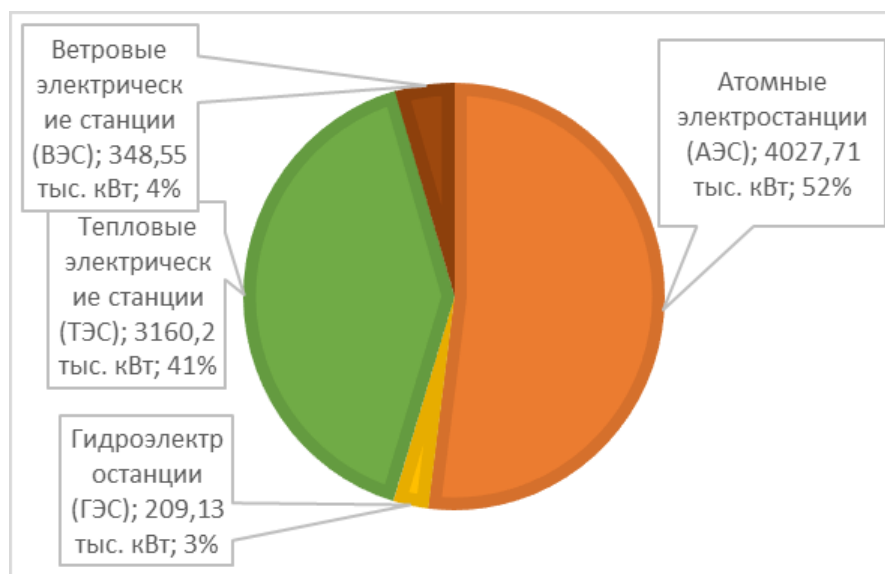
**Рис. 1.** Инвестиции в основной капитал по виду экономической деятельности «Производство электроэнергии, получаемой из возобновляемых источников энергии, включая выработанную солнечными, ветровыми, геотермальными электростанциями, в том числе деятельность по обеспечению их работоспособности», в тыс. руб.

ресурсосберегающую стратегию эксплуатации природных благ, применение передовых технологий в области использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Научную интерпретацию национальной и региональной энергетической проблематики дали в своих исследованиях Н.А. Гончарова [1], М.Ш. Гатиев [2] и др. Цели и задачи устойчивого развития на мезоэкономическом уровне актуализированы в работе Д.Ю. Савон [3].

Ростовская область относится к энергообеспеченным регионам с профицитным уровнем генерации. По данным [4, с. 124 с.], в России отмечается тенденция к увеличению потребления электроэнергии – на 32 101,9 млн киловатт-часов за период 2016–2019 г. (рост на 3 % в сравнении с 2016 г.), темпы роста энергопотребления по Ростовской области составляют за тот же период 606,6 млн киловатт-часов (3,1 %).

По данным за 2019 г., удельный вес генерации электрической энергии, приходящейся на ВИЭ, в общей структуре произведенной электроэнергии в России составил 17,6 % (+ 0,6 п.п. к 2016 г.), по Ростовской области – 1,1 % (+0,1 п.п. к 2016 г.) по состоянию на 2019 г. Данные статистики указывают на увеличение доли генерации, приходящейся на ВИЭ, в контексте национальной динамики достижения глобальных ЦУР, однако в Ростовской области общий объем генерируемых мощностей, приходящихся на ВИЭ, невелик. По общенациональному показателю мощности генерирующих объектов на основе ВИЭ отмечается следующая тенденция: +1 010,9 МВт в 2019 г. в сравнении с 2016 г. по России (+50,3 %), по Южному федеральному округу – +292,5 МВт (+35,6 %). В Ростовской области динамики приращения генерируемых мощностей за счет внедрения ВИЭ не отмечается.

Рассмотрим объем инвестиций в основной капитал по направлению инвестирования в производство электроэнергии, получаемой из возобновляемых источников. На рис. 1 представлена информация об объеме инвестиций по виду экономической деятельности «Производство электроэнергии, получаемой из возобновляемых источников энергии, включая выработанную солнечными, ветровыми, геотермальными электростанциями, в том числе



**Рис. 2.** Структура уставленной мощности электростанций в Ростовской области (по данным на 2020 г., в тыс. кВт и % от суммарной уставленной мощности)

деятельность по обеспечению их работоспособности».

Данные, представленные на рис. 1, демонстрируют следующее: объем инвестиций по Российской Федерации в производство энергии на возобновляемых источниках увеличился почти в 4 раза в сравнении с 2017 г. и составил +58 млрд руб. (+75 %). Ростовская область привлекла инвестиций в 2019 г. на 6 млрд руб., что к 2018 г. составило +5,83 млрд. (+95,6 %). Объем привлекаемых средств заметно вырос в 2019 г. и в целом за период наблюдения верифицируется инвестиционная привлекательность данного вида экономической деятельности как по России и Южному федеральному округу (ЮФО) в целом, так и по Ростовской области в частности.

На рис. 2 представлена структура уставленной мощности Ростовской области, приведенная по наиболее распространенным типам электростанций для данного региона.

Из рис. 2 видно, что из 7745,6 тыс. кВт электроэнергии, сгенерированной в 2020 г., 7187,91 тыс. кВт выработано за счет традиционной энергетики.

В заключение сформулируем ряд выводов. В целом по Ростовской области основную часть генерирующих мощностей берет на себя атомная и тепловая электростанции, что составляет 93 % областной генерации. Суммарная выработка электроэнергии на основе ВИЭ не превышает 7 %, при этом территориально-географическое расположение области позволяет применять ветровые электростанции и использовать для выработки электроэнергии потенциал малых рек и водохранилищ. На данный момент идут активные дискуссии о перспективах строительства солнечных электростанций на территории Ростовской области и развития петротермальной энергетики на территории ЮФО, обсуждается вопрос развития биоэнергетики.

Растет инвестиционная привлекательность проектов, ориентированных на эксплуатацию электростанций на основе ВИЭ, в долгосрочной перспективе реализация электростанций на основе альтернативных источников энергии приведет к увеличению доли «чистой» энергии в структуре областной генерации, развитию энергетической инфраструктуры и сохранению поступательной динамики увеличения доли декарбонизированных мощностей.

При сохранении темпов промышленного производства и роста числа потребителей по-прежнему актуален вопрос снижения энергоемкости валового регионального продукта за счет внедрения прогрессивных технологических решений в области энергосбережения.

### Литература

1. Гончарова, Н.А. Перспективы развития устойчивой энергетики России в рамках международного опыта / Н.А. Гончарова, О.Л. Соколова, Е.С. Заколюкина // Наука и бизнес: пути развития. – М. : ТМБпринт. – 2022. – № 9 (135). – С. 90–92.
2. Гатиев, М.Ш. Биогаз как альтернативный вид энергии / М.Ш. Гатиев, А.О. Пугоева, И.С. Темиев, Х.Р. Гапурхаева // Наука и бизнес: пути развития. – М. : ТМБпринт. – 2022. – № 12(138). – С. 52–55.
3. Савон, Д.Ю. Методологические подходы к решению проблем устойчивого развития региона / Д.Ю. Савон // Экологический вестник россии. – 2014. – № 1. – С. 36–40.
4. Ростовская область – движение к целям устойчивого развития: 2016–2020 // Ростов-стат. – Ростов н/Д, 2021. – 296 с.

### References

1. Goncharova, N.A. Perspektivy razvitiya ustojchivoj energetiki Rossii v ramkakh mezhdunarodnogo opyta / N.A. Goncharova, O.L. Sokolova, E.S. Zakolyukina // Nauka i biznes: puti razvitiya. – M. : TMBprint. – 2022. – № 9 (135). – S. 90–92.
2. Gatiev, M.SH. Biogaz kak alternativnyj vid energii / M.SH. Gatiev, A.O. Pugoeva, I.S. Temiev, KH.R. Gapurkhaeva // Nauka i biznes: puti razvitiya. – M. : TMBprint. – 2022. – № 12(138). – S. 52–55.
3. Savon, D.YU. Metodologicheskie podkhody k resheniyu problem ustojchivogo razvitiya regiona / D.YU. Savon // Ekologicheskij vestnik rossii. – 2014. – № 1. – S. 36–40.
4. Rostovskaya oblast – dvizhenie k tselyam ustojchivogo razvitiya: 2016–2020 // Rostov-stat. – Rostov n/D, 2021. – 296 s.

---

## Renewable Energy of the Rostov Region in the Paradigm of Sustainable Development

S.V. Revunov

*Rostov State University of Railways,  
Rostov-on-Don (Russia)*

**Key words and phrases:** sustainable development; Rostov region; environmental safety; environmental policy; natural resources; human capital; extensive consumption.

**Abstract.** The purpose of scientific research is to verify the key determinants of the development of regional energy based on renewable sources. Scientific novelty is determined by global challenges to achieve sustainable development goals in the context of solving a number of problems: social, environmental, energy. In the course of the study, the following tasks were set: priority national indicators of sustainable development goals (**SDGs**) focused on the environmentally balanced development of the regional energy sector were verified,

priority generating facilities were identified in the structure of installed capacity, and directions for decarbonization of regional generation were updated. The methodological base involves the analysis of statistical information, synthesis and generalization. The study resulted in the verification of verification of the main ways of developing regional energy infrastructure as a factor ensuring the achievement of the global SDG indicator: universal access to modern environmentally friendly energy sources.

---

© С.В. Ревунов, 2023

## List of Authors

**Fakhratov M.A.** – Doctor of Engineering, Professor, Department of Technologies and Organization of Construction, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow (Russia), E-mail: FakhratovMA@mgsu.ru

**Фахратов М.А.** – доктор технических наук, профессор кафедры технологий и организации строительства Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва (Россия), E-mail: FakhratovMA@mgsu.ru

**Sultanov I.** – Master's Student, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow (Russia), E-mail: 9201177874@mail.ru

**Султанов И.** – магистрант Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва (Россия), E-mail: Isstnv98@gmail.com

**Topilin A.N.** – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Reinforced Concrete and Stone Structures, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow (Russia), E-mail: alex-topilin@mail.ru

**Топилин А.Н.** – кандидат технических наук, доцент кафедры железобетонных и каменных конструкций Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва (Россия), E-mail: alex-topilin@mail.ru

**Verkeenko M.A.** – Master's Student, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow (Russia), E-mail: misha.verkeenko@mail.ru

**Веркеенко М.А.** – магистрант Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва (Россия), E-mail: misha.verkeenko@mail.ru

**Varlamova A.D.** – Master's Student, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow (Russia), E-mail: varlaamovaal@mail.ru

**Варламова А.Д.** – магистрант Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва (Россия), E-mail: varlaamovaal@mail.ru

**Zubarev K.P.** – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of General and Applied Physics, National Research Moscow State University of Civil Engineering; Lecturer, Department of Heat and Gas Supply and Ventilation, National Research Moscow State University of Civil Engineering; Senior Researcher, Laboratory of Building Thermal Physics, Research Institute of Building Physics, Russian Academy of Architecture and Building Sciences; Associate Professor, Construction Department of the Engineering Academy, Peoples' Friendship University of Russia; Leading Researcher, Construction Department, Engineering Academy, Peoples' Friendship University of Russia, Moscow (Russia), E-mail: zubarevkirill93@mail.ru

**Зубарев К.П.** – кандидат технических наук, доцент кафедры общей и прикладной физики Национального исследовательского Московского государственного строительного уни-



верситета; преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Национального исследовательского Московского государственного строительного университета; старший научный сотрудник лаборатории строительной теплофизики Научно-исследовательского института строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук; доцент департамента строительства инженерной академии Российского университета дружбы народов; ведущий научный сотрудник департамента строительства инженерной академии Российского университета дружбы народов, г. Москва (Россия), E-mail: zubarevkirill93@mail.ru

**Turovets P.K.** – Student, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow (Russia), E-mail: paulineturovez@gmail.com

**Туровец П.К.** – студент Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва (Россия), E-mail: paulineturovez@gmail.com

**Ivanov P.S.** – Senior Lecturer, Department of Structural Mechanics, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg (Russia), E-mail: Ivanovpavel.spb@gmail.com

**Иванов П.С.** – старший преподаватель кафедры строительной механики Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета, г. Санкт-Петербург (Россия), E-mail: Ivanovpavel.spb@gmail.com

**Lapidus A.A.** – Doctor of Engineering, Professor, Honored Builder of the Russian Federation, Laureate of the Prize of the Government of the Russian Federation in the Field of Science and Technology, Head of the Department of Technologies and Organization of Construction Production, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow (Russia), E-mail: lapidus58@mail.ru

**Лapidус А.А.** – доктор технических наук, профессор, заслуженный строитель Российской Федерации, лауреат премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники, заведующий кафедрой технологий и организации строительного производства Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва (Россия), E-mail: lapidus58@mail.ru

**Fatullaev R.S.** – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor of the Department of Technologies and Organization of Construction Production, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow (Russia), E-mail: fatullaevrs@mgsu.ru

**Фатуллаев Р.С.** – кандидат технических наук, доцент кафедры технологий и организации строительного производства Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва (Россия), E-mail: fatullaevrs@mgsu.ru

**Tkachenko A.A.** – Student, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow (Russia), E-mail: fatullaevrs@mgsu.ru

**Ткаченко А.А.** – студент Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва (Россия), E-mail: fatullaevrs@mgsu.ru

**Sabanov G.A.** – Construction Technical Support Manager, Sminex LLC, Moscow (Russia), E-mail: fatullaevrs@mgsu.ru

- Сабанов Г.А.** – менеджер по техническому сопровождению строительства, ООО «Смай-нэкс», г. Москва (Россия), E-mail: fatullaevrs@mgsu.ru
- Ostakh S.V.** – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Industrial Ecology, National University of Oil and Gas “Gubkin University”, Moscow (Russia), E-mail: ostah2009@yandex.ru
- Остах С.В.** – кандидат технических наук, доцент кафедры промышленной экологии Российского государственного университета нефти и газа (национального исследовательского института) имени И.М. Губкина, г. Москва (Россия), E-mail: ostah2009@yandex.ru
- Brizhanin V.V.** – Candidate of Science (Law), Director of the Research Institute “Low-Carbon Economy”, G.V. Plekhanov Russian University of Economics , Moscow (Russia), E-mail: Brizhanin.VV@rea.ru
- Брижанин В.В.** – кандидат юридических наук, Директор НИИ «Низкоуглеродная экономика» Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова, г. Москва (Россия), E-mail: Brizhanin.VV@rea.ru
- Sudarikova E.V.** – Candidate of Sciences (Pedagogics), Leading Researcher, Research Institute “Low-Carbon Economy”, G.V. Plekhanov Russian University of Economics , Moscow (Russia), E-mail: Sudarikova.EV@rea.ru
- Сударикова Е.В.** – кандидат педагогических наук, ведущий научный сотрудник НИИ «Низкоуглеродная экономика» Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова, г. Москва (Россия), E-mail: Sudarikova.EV@rea.ru
- Starchikova E.S.** – Master’s Student, Moscow State University, Moscow (Russia), E-mail: starchikova.e.s@gmail.com
- Старчикова Е.С.** – магистрант Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, г. Москва (Россия), E-mail: starchikova.e.s@gmail.com
- Prilipov A.S.** – Master’s Student, Moscow State University, Moscow (Russia), E-mail: andrei.prilipov@yandex.ru
- Прилипов А.С.** – магистрант Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, г. Москва (Россия), E-mail: andrei.prilipov@yandex.ru
- Bekuzarov O.A.** – Postgraduate Student, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow (Russia), E-mail: bekuzarov\_oa@mail.ru
- Бекузаров О.А.** – аспирант Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва (Россия), E-mail: bekuzarov\_oa@mail.ru
- Abramov I.L.** – Doctor of Engineering, Professor, Department of Technologies and Organization of Construction Production, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow (Russia), E-mail: AbramovIL@mgsu.ru
- Абрамов И.Л.** – доктор технических наук, профессор кафедры технологий и организации строительного производства Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва (Россия), E-mail: AbramovIL@mgsu.ru

- Ratomskaya V.S.** – Postgraduate Student, National Research Moscow State University of Civil Engineering; 2nd category engineer, Mosinzhproekt JSC, Moscow (Russia), E-mail: ratomskaya.vera@mail.ru
- Ратомская В.С.** – аспирант Национального исследовательского Московского государственного строительного университета; инженер 2 категории, АО «Мосинжпроект», г. Москва (Россия), E-mail: ratomskaya.vera@mail.ru
- Dayoub Nbras** – Postgraduate Student, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow (Russia), E-mail: nbrasdayoub@hotmail.com
- Даяуб Нбрас** – аспирант Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва (Россия), E-mail: nbrasdayoub@hotmail.com
- Trebukhin A.F.** – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Technology and Organization of Construction Production, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow (Russia), E-mail: trebuhinaf@mgsu.ru
- Требухин А.Ф.** – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и организации строительного производства Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва (Россия), E-mail: trebuhinaf@mgsu.ru
- Fakhratov V.M.** – Candidate of Science (Engineering), Engineer for Construction Control of the First Category, Department of Capital Repairs of the City of Moscow, Moscow (Russia), E-mail: fahratov@mail.ru
- Фахратов В.М.** – кандидат технических наук, инженер по строительному контролю первой категории департамента капитального ремонта города Москвы, г. Москва (Россия), E-mail: fahratov@mail.ru
- Kabanov A.S.** – Lecturer, Department of Construction of Thermal and Nuclear Energy Facilities, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow (Russia), E-mail: kabanetto13@mail.ru
- Кабанов А.С.** – преподаватель кафедры строительства объектов тепловой и атомной энергетики Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва (Россия), E-mail: kabanetto13@mail.ru
- Evseev A.D.** – Student, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow (Russia), E-mail: artemcat1501@gmail.com
- Евсеев А.Д.** – студент Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва (Россия), E-mail: artemcat1501@gmail.com
- Prutyay A.D.** – Student, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow (Russia), E-mail: a.prutyay@mail.ru
- Прутян А.Д.** – студент Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва (Россия), E-mail: a.prutyay@mail.ru
- Zuryanov M.A.** – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Information and Technical Systems, Lesosibirsk Branch of Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Lesosibirsk (Russia), E-mail: zuryanov13@mail.ru

**Зырянов М.А.** – кандидат технических наук, доцент кафедры информационных и технических систем Лесосибирского филиала Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Лесосибирск (Россия), E-mail: zuryanov13@mail.ru

**Stupak P.V.** – Student, Lesosibirsk Branch of Lesosibirsk Branch of Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Lesosibirsk (Russia), E-mail: pavel.vladimirovih01@yandex.ru

**Ступак П.В.** – студент Лесосибирского филиала Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Лесосибирск (Россия), E-mail: pavel.vladimirovih01@yandex.ru

**Непомнящий V.S.** – Student, Lesosibirsk Branch of Lesosibirsk Branch of Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Lesosibirsk (Russia), E-mail: nvs0407033@yandex.ru

**Непомнящий В.С.** – студент Лесосибирского филиала Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Лесосибирск (Россия), E-mail: nvs0407033@yandex.ru

**Sergaev S.O.** – Student, Lesosibirsk Branch of Lesosibirsk Branch of Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Lesosibirsk (Russia), E-mail: stepansergaev@mail.ru

**Сергаев С.О.** – студент Лесосибирского филиала Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Лесосибирск (Россия), E-mail: stepansergaev@mail.ru

**Shvetsova I.G.** – Student, Lesosibirsk Branch of Lesosibirsk Branch of Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Lesosibirsk (Russia), E-mail: milyaevairen@yandex.ru

**Швецова И.Г.** – студент Лесосибирского филиала Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Лесосибирск (Россия), E-mail: milyaevairen@yandex.ru

**Surnichev V.L.** – Student, Lesosibirsk Branch of Lesosibirsk Branch of Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Lesosibirsk (Russia), E-mail: valerii110699@mail.ru

**Сурничев В.Л.** – студент Лесосибирского филиала Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Лесосибирск (Россия), E-mail: valerii110699@mail.ru

**Semenenko E.A.** – Student, Lesosibirsk Branch of Lesosibirsk Branch of Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Lesosibirsk (Russia), E-mail: wolf241991@yandex.ru

**Семененко Е.А.** – студент Лесосибирского филиала Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Лесосибирск (Россия), E-mail: wolf241991@yandex.ru

**Morozova A.V.** – Candidate of Science (Economics), Associate Professor, Department of Higher

Mathematics, Rostov State University of Communications, Rostov-on-Don (Russia), E-mail: anyuta\_morozova@mail.ru

**Морозова А.В.** – кандидат экономических наук, доцент кафедры высшей математики Ростовского государственного университета путей сообщения, г. Ростов-на-Дону (Россия), E-mail: anyuta\_morozova@mail.ru

**Mukutadze M.A.** – Doctor of Engineering, Professor, Head of the Department of Higher Mathematics, Rostov State University of Communications, Rostov-on-Don (Russia), E-mail: murman1963@yandex.ru

**Мукутадзе М.А.** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой высшей математики Ростовского государственного университета путей сообщения, г. Ростов-на-Дону (Россия), E-mail: murman1963@yandex.ru

**Semenova Yu.E.** – Candidate of Science (Economics), Associate Professor, Department of Economics of the Enterprise of Environmental Management and Accounting Systems, Russian State Hydrometeorological University, St. Petersburg (Russia), E-mail: semenjulia69@mail.ru

**Семенова Ю.Е.** – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики предприятия природопользования и учетных систем Российского государственного гидрометеорологического университета, г. Санкт-Петербург (Россия), E-mail: semenjulia69@mail.ru

**Voronkova O.V.** – Doctor of Economics, Professor, Department of Economics of the Enterprise of Environmental Management and Accounting Systems, Russian State Hydrometeorological University, St. Petersburg (Russia), E-mail: nauka-bisnes@mail.ru

**Воронкова О.В.** – доктор экономических наук, профессор кафедры экономики предприятия природопользования и учетных систем Российского государственного гидрометеорологического университета, г. Санкт-Петербург (Россия), E-mail: nauka-bisnes@mail.ru

**Ostrovskaya E.N.** – Candidate of Science (Economics), Associate Professor, Department of Economics of the Enterprise of Environmental Management and Accounting Systems, Russian State Hydrometeorological University, St. Petersburg (Russia), E-mail: semenjulia69@mail.ru

**Островская Е.Н.** – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики предприятия природопользования и учетных систем Российского государственного гидрометеорологического университета, г. Санкт-Петербург (Россия), E-mail: semenjulia69@mail.ru

**Gribanovskaya S.V.** – Senior Lecturer, Department of Economics of the Enterprise of Environmental Management and Accounting Systems, Russian State Hydrometeorological University, St. Petersburg (Russia), E-mail: semenjulia69@mail.ru

**Грибановская С.В.** – старший преподаватель кафедры экономики предприятия природопользования и учетных систем Российского государственного гидрометеорологического университета, г. Санкт-Петербург (Россия), E-mail: semenjulia69@mail.ru

**Revunov S.V.** – Candidate of Science (Economics), Associate Professor, Department of Ecological Technologies of Nature Management, Novocheerkassk Engineering and Land Reclamation Institute named after A.K. Kortunov – Branch of the Don State Agrarian

University; Master's Student, Southern Federal University, Novocherkassk (Russia), E-mail: sergeirevunov25@gmail.com

**Ревунов С.В.** – кандидат экономических наук, доцент кафедры экологических технологий природопользования Новочеркасского инженерно-мелиоративного института имени А.К. Кортунова – филиала Донского государственного аграрного университета; магистрант Южного федерального университета, г. Новочеркасск (Россия), E-mail: sergeirevunov25@gmail.com

**FOR NOTES**

---

**COMPONENTS OF SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL PROGRESS**  
**№ 4(82) 2023**  
SCIENTIFIC AND PRACTICAL JOURNAL

---

Manuscript approved for print 21.04.23  
Format 60.84/8  
Conventional printed sheets 16,74  
Published pages 7.26  
200 printed copies

16+

Printed by Zonari Leisure LTD. Paphos