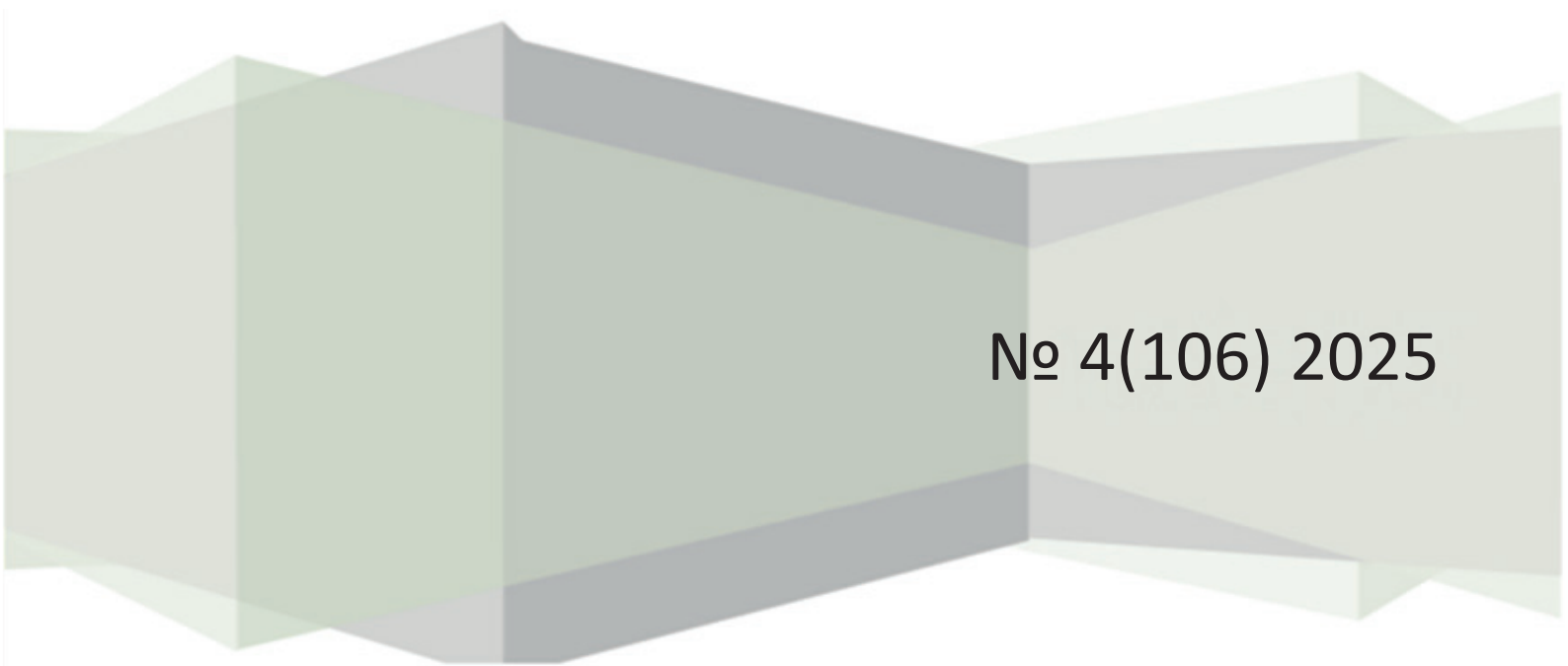


ISSN 1997-9347

Components of Scientific and Technological Progress

SCIENTIFIC AND PRACTICAL JOURNAL



№ 4(106) 2025

Paphos, Cyprus, 2025

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:
Oksana Muravyova

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)

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

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

Галибин Е.Е., Боброва М.Е., Зверева О.М. Алгоритмический подход как средство оптимизации процесса проектирования 6

Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение

Мухина А.О., Медведева Г.А. Энергоэффективные решения для поддержания микроклимата в крытом бассейне детского лагеря 15

Технология и организация строительства

Жадановский Б.В., Пахомова Л.А., Жданов Я.Р., Владимиров А.А. Особенности деятельности профессионального участника (генподрядчика) строительного процесса при реставрации объектов культурного наследия 22

Лучкина В.В., Ковалев В.В. Система управления проектами строительства жилого комплекса 30

Управление жизненным циклом объектов строительства

Клименко В.В., Гулякин Д.В., Шнурникова Е.П., Кошелева С.А. ТИМ-технологии в контексте архитектурного наследия 36

Savvin N.Yu., Lesovik R.V., Shevtsova A.G., Sheremet E.O. Features and Main Directions of Energy Saving Policy in Russia and Foreign Countries 41

Топчий Д.В., Альоода О.Д. Описание процесса создания цифрового двойника на основе возможностей строительной сферы Ирака 50

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

Хисматуллин А.С., Фахуртдинов И.Р., Сафиканов Э.И. Разработка виртуального тренажера синхронного электродвигателя 58

Мировая экономика

Ли Синь. Состояние и тенденции сотрудничества в области высшего образования между Китаем и Россией 65

Ян Дэчэн, Сюй Чи, Цао Фуцюань. Инструменты воображаемого мышления в ТРИЗ и их роль в инновационном процессе 71

Contents

Civil Structures, Buildings and Related Structures

Galibin E.E., Bobrova M.E., Zvereva O.M. Algorithmic Approach as a Tool for Design Process Optimization	6
--	---

Heating, Ventilation, Air Conditioning, Gas Supply and Lighting

Mukhina A.O., Medvedeva G.A. Energy-Efficient Solutions for Maintaining the Microclimate in the Indoor Pool of a Children's Camp	15
---	----

Construction Technology and Management

Zhadanovsky B.V., Pakhomova L.A., Zhdanov Ya.R., Vladimirov A.A. Features of the General Contractor's Role in the Construction Process during the Restoration of Cultural Heritage Sites	22
Luchkina V.V., Kovalev V.V. Project Management System for Construction of a Residential Complex	30

Life Cycle Management of Construction Objects

Klimenko V.V., Gulyakin D.V., Shnurnnikova E.P., Kosheleva S.A. TIM-Technologies in the Context of Architectural Heritage.....	36
Саввин Н.Ю., Лесовик Р.В., Шевцова А.Г., Шеремет Е.О. Особенности и основные направления энергосберегающей политики в России и зарубежных странах.....	41
Topchiy D.V., Alyooda O.J. Description of the Process of Creating a Digital Twin Based on the Capabilities of the Iraqi Construction Industry	50

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

Khismatullin A.S., Fahurtdinov I.R., Safikanov E.I. Development of a Virtual Simulator of a Three-phase Synchronous Electric Motor	58
---	----

World Economy

Li Xin. The Current Status and Trends of Higher Education Cooperation between China and Russia.....	65
Yang Decheng, Xu Chi, Cao Fuquan. Imaginative Thinking Tools in Theory of Solving Inventive Problems and their Role in the Innovation Process	71

УДК 069

Алгоритмический подход как средство оптимизации процесса проектирования

Е.Е. Галибин, М.Е. Боброва, О.М. Зверева

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

Ключевые слова и фразы: алгоритмический подход (**AD**); параметризация; многокритериальная оптимизация; **BIM**-технологии (**ТИМ**); автоматизация; структурирование данных; цифровизация процессов.

Аннотация. Цель: анализ принципов алгоритмического подхода при проектировании строительных конструкций.

Задачи: изучение современных методов применения алгоритмических решений в строительной отрасли и оценка их влияния на эффективность проектирования.

Гипотеза: использование алгоритмических методов позволяет оптимизировать проектный процесс, сократить сроки разработки и повысить точность документации.

Методы: теоретический анализ научных источников, систематизация данных, эмпирическое исследование.

Достигнутые результаты: изучены и предложены возможности применения алгоритмического подхода в проектировании, доказана его роль в оптимизации рабочих процессов и улучшении качества технической документации.

Введение

Проектирование строительных конструкций – сложная задача, требующая синтеза эмпирического опыта и теоретических знаний. Специалисты отрасли активно внедряют технологии автоматизированного проектирования, для того чтобы оптимизировать процессы и обеспечить успешную реализацию проектов.

В последние годы наблюдается устойчивая тенденция внедрения **BIM**-технологий (сейчас чаще употребляют русскоязычный термин – **ТИМ**), сопряженная с переходом отрасли на отечественные цифровые решения [1]. Распространенность этого процесса закономерна. Для того чтобы соответствовать динамично развивающейся инженерной среде, интеграция эффективных цифровых практик становится не просто стратегическим выбором компаний, а насущной потребностью. Однако эволюция отрасли неизбежно сопряжена с рисками, которые в условиях отечественной специфики усугубляются системными проблемами.

Ключевой из этих проблем является скачкообразный характер технологической трансформации. Осуществляя точечные прорывы, отрасль игнорирует этапные исследования, что приводит к формированию пробелов в проектировании и управлении [2]. Дефицит методологической базы и ретроспективного опыта препятствует реализации целостного подхода, способного обеспечить не только рост производительности, но и прорывные инновации в отрасли.

В качестве универсального разрешения сложившихся проблем предлагается алгоритмический подход к проектированию (**AD**). Его ключевые преимущества – гибкость и адаптивность позволяют решать многокомпонентные задачи различной сложности, включая организацию процессов, параметрическое моделирование, многокритериальную оптимизацию и цифровизацию рабочих потоков.

Тем не менее сохраняется значительный пробел в систематизации разработки и применения AD. Анализ существующих исследований демонстрирует фрагментарность научных результатов, отсутствие комплексных методик и растущие барьеры для новых участников. Эти факторы сдерживают прогресс в развитии алгоритмического подхода к проектированию строительных конструкций.

Целью данной работы является систематический анализ принципов и преимуществ алгоритмического подхода при проектировании строительных конструкций, а также формирование методологической базы для дальнейших исследований в данной области.

Алгоритмический подход

Под алгоритмом, в общем случае, понимается последовательность четко определенных правил, описывающих порядок действий исполнителя для достижения конкретного результата.

Алгоритмический подход, унаследовав базовые принципы своего термина-основы, представляет собой методологию, которая формализует параметры и правила, позволяя системно описывать, кодировать и структурировать взаимосвязи между творческим замыслом автора и технической реализацией проекта. В строительной отрасли такой подход предполагает:

- 1) гибкое параметрическое описание геометрии через скрипты;
- 2) привязку переменных величин и ограничений к геометрическим объектам;
- 3) установление логических зависимостей между элементами модели;
- 4) определение правил трансформации объектов при изменении исходных условий.

Алгоритмы обеспечивают динамическое управление компонентами системы, позволяя проектировщику параллельно анализировать множественные сценарии решения сложных задач [3].

В свою очередь, данный подход имеет свои требования, строго ограничивающие структуру применяемых методов:

- 1) дискретность – алгоритм должен представлять из себя процесс решения задачи, выполнение некоторых шагов;
- 2) детерминированность – каждый последующий шаг работы должен определяться состоянием системы;
- 3) понятность – алгоритм должен состоять только из тех команд, которые доступны исполнителю или среде разработки;
- 4) завершаемость – алгоритм должен завершать работу и выдавать результат за определенное ему число шагов;
- 5) результативность – завершение алгоритма определенным результатом.

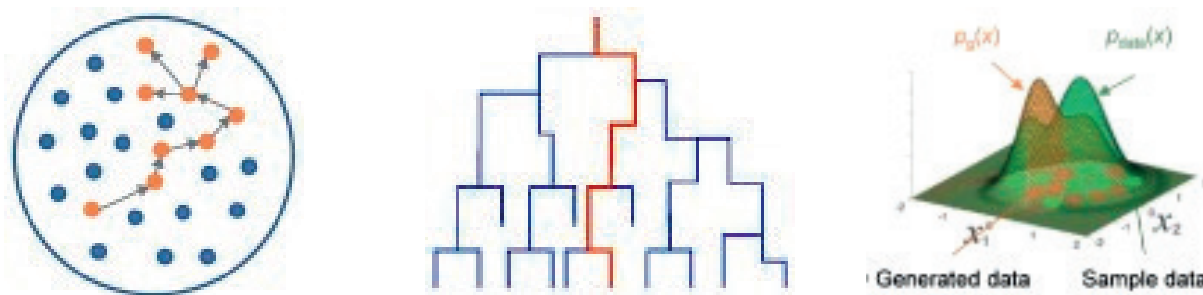


Рис. 1. Методы оптимизации на основе генетических алгоритмов, грамматика-генеративного проектирования и генеративных состязательных сетей соответственно [6]

Несмотря на универсальность алгоритмического подхода, его принято делить на методы, отвечающие конкретным запросам современного проектирования. Чаще всего выделяют следующие ключевые направления:

- 1) параметризация;
- 2) оптимизация;
- 3) организация процессов;
- 4) генерация элементов модели;
- 5) структурирование данных;
- 6) оценка эффективности решений;
- 7) расчет устойчивости и надежности структур.

Параметризация

Суть метода заключается в установлении функциональных зависимостей между входными переменными и выходными параметрами модели. После установления взаимосвязи система приобретает способность прогнозировать выходные значения на основе изменения входных данных, что формирует основу для автоматизации вычислительных процессов и оптимизации проектных решений [4].

Данный подход лег в основу современных BIM-технологий, заменив трудоемкое ручное моделирование форм интуитивной работой с параметрами (высота, ширина и т.д.). Однако адаптация алгоритмических решений для массового применения и усложнение архитектурно-инженерных задач выявили системные ограничения типовых параметрических систем:

- 1) снижение адаптивности, свойственной алгоритмическим методам;
- 2) диссонанс между функционалом системы и требованиями к реализации уникальных проектных решений.

Оптимизация

Оптимизация в контексте AD представляет собой систематический процесс поиска наилучшего решения в рамках заданных ограничений и критериев эффективности. В отличие от классических инженерных методов, где оптимизация часто сводится к ручному перебору параметров, алгоритмический подход позволяет автоматизировать этот процесс, используя математические модели и вычислительные алгоритмы (рис. 1) [5; 11].

В настоящее время существует множество математических методов, включая подходы, реализующие традиционную оптимизацию, однако специфика строительной отрасли существенно ограничивает выбор эффективных алгоритмов. Процесс оптимизации кон-

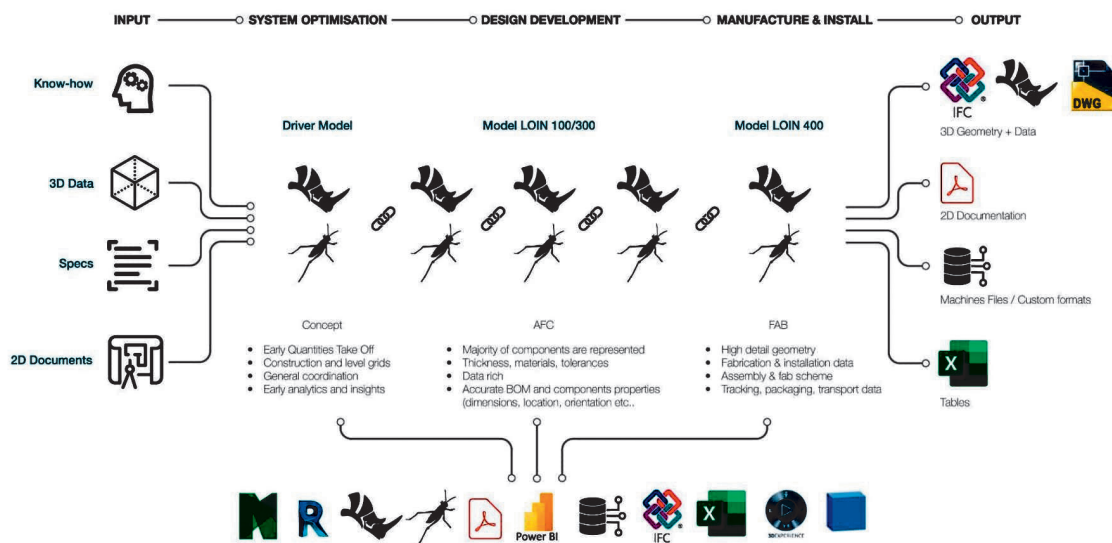


Рис. 2. Схема организации бесшовного процесса проектирования [7]

струкций, как правило, требует учета множества конкурирующих критериев, что обуславливает активное применение метаэвристических алгоритмов для решения многокритериальных задач. Использование традиционных методов в таких условиях сопряжено с выполнением ресурсоемких вычислений, повышающих риск ошибок и снижающих точность результатов. Тем не менее на этапе концептуального проектирования сохраняют актуальность однокритериальные модели, обеспечивающие простоту интерпретации данных.

В строительном проектировании принято выделять следующие типы оптимизации:

- 1) топологическая – определение оптимального распределения материала в заданном пространстве;
- 2) параметрическая – поиск идеальных значений управляющих переменных;
- 3) структурная – минимизация напряжений и деформаций при заданных нагрузках;
- 4) многокритериальная – поиск баланса между конфликтующими требованиями.

Организация процессов

Организация процессов представляет собой один из ключевых критериев эффективного управления предприятием, подразумевающий систематизацию и автоматизацию рабочих потоков для повышения согласованности между этапами и участниками проекта. Однако традиционные методы координации задач демонстрируют ряд системных ограничений: фрагментацию данных, задержки в коммуникации между дисциплинами и высокую вероятность ошибок [7].

Эти недостатки преодолеваются внедрением алгоритмических инструментов, которые формализуют взаимодействие между дисциплинами за счет цифровизации рабочих процессов. В отличие от ручной координации, алгоритмизация обеспечивает непрерывность передачи данных и минимизирует субъективное вмешательство.

Алгоритмическая организация процессов не может функционировать автономно – ее реализация базируется на интеграции специализированных программных продуктов через **API** (Application Programming Interface). Данная технология позволяет установить взаимосвязи между разнородными техническими решениями на уровне программных интерфейсов, разрешая проблему разрозненности ПО. Как показано на рис. 2, такой подход

обеспечивает пользователям независимость от конкретных платформ, унифицируя доступ к геометрическим и аналитическим данным для всех участников проекта. Этот принцип не только реализует идею сквозной автоматизации, заложенную в определении организации процессов, но и создает основу для масштабируемости системы при изменении требований.

Генерация элементов модели (моделирование)

Моделирование строительных конструкций требует значительных временных ресурсов. Ручные методы, предполагающие изменение элементов при корректировке параметров, увеличивают риск ошибок, ввиду частого повторения однотипных операций. На объектах с высокой сложностью проектирования эти ограничения становятся критическими, замедляя процесс и снижая общую эффективность работы. Данные вызовы создают потребность в принципиально новых подходах к данному процессу.

Решением обозначенных проблем выступает алгоритмический подход, основанный на параметризации и автоматизации процессов. Экспериментальная апробация метода проведена при разработке модели уникального объекта в Ленинградской области (на примере генерации переходных пластин для однотипных узлов сопряжения балок), которая подтвердила его эффективность в рамках описанных ограничений. Внедрение параметрического алгоритма сократило время создания одного узла с 3–5 мин. до 15–20 сек. благодаря устранению ручных операций. Динамическая взаимосвязь геометрических параметров обеспечила гибкость при изменении исходных данных, а автоматическая проверка корректности минимизировала ошибки, характерные для ручного ввода. Таким образом, временные затраты на моделирование узлов сократились в 10 раз, а количество корректировок составило лишь 8 % от значений, полученных традиционными методами для объектов данного типа. Результаты демонстрируют системное устранение ключевых недостатков ручного подхода.

Полученные результаты не только подтверждают эффективность подхода, но и формируют четкие критерии его преимуществ:

- 1) снижение временных затрат в 10–15 раз за счет автоматизации повторяющихся процессов;
- 2) повышение точности моделирования благодаря исключению человеческого фактора;
- 3) обеспечение адаптивности проектных решений при изменении требований.

Однако выявленные преимущества сталкиваются с существенным ограничением: основным барьером для внедрения остается дефицит кадров с междисциплинарными компетенциями. Технология, призванная упростить проектирование, требует специалистов, способных совмещать инженерные знания с навыками алгоритмического моделирования. Даже использование визуальных языков программирования (например, Grasshopper) требует понимания математических основ параметризации, что указывает на более масштабную проблему — необходимость оптимизации не только процессов моделирования, но и системы подготовки кадрового потенциала отрасли.

Структурирование данных

Структурирование данных – это систематизация, классификация и организация численных и метаданных проекта в форматы, пригодные для анализа, хранения и автоматизированной обработки. Этот процесс включает не только фильтрацию и очистку данных, но и создание связей между ними, что обеспечивает их целостность и доступность на всех

этапах жизненного цикла проекта. Однако традиционные методы работы с информацией сталкиваются с фундаментальным противоречием: ручное структурирование данных, особенно в условиях их разнородности и большого объема, часто приводит к фрагментации информации и потере ее актуальности при динамичном изменении требований.

Для преодоления указанных ограничений наиболее эффективным решением является применение алгоритмического подхода. В отличие от изолированных программных решений, он обеспечивает интеграцию данных через API и языки программирования общего назначения, что напрямую устраняет проблему фрагментации, упомянутую ранее. Данный подход позволяет не только оперативно редактировать и систематизировать данные из разнородных источников, но и синхронизировать их в динамическом режиме, сохраняя целостность системы даже при масштабировании проекта. Этот принцип становится основополагающим для обеспечения доступности и согласованности информации на всех этапах проектирования.

Оценка эффективности решений

Оценка эффективности решений представляет собой комплексный анализ достижения проектных целей на основе установленных критериев. Данный процесс выступает ключевым инструментом для обоснования выбора оптимальных стратегий в условиях растущих требований к экономичности и рациональности проектирования.

Однако традиционные методы оценки сталкиваются с рядом системных ограничений. Ручной анализ данных, зависимость от экспертных оценок и сложность учета взаимовлияния параметров затрудняют формирование объективных выводов. Особенно критично это проявляется в условиях дефицита релевантных исторических данных или при работе с инновационными проектами, где эмпирическая база отсутствует. Кроме того, антропогенные факторы (субъективные предубеждения, когнитивные ошибки) ставят под сомнение достоверность результатов.

Указанные проблемы актуализируют применение алгоритмического подхода, предлагающего принципиально иной механизм работы с данными. За счет автоматической генерации решений с заданными параметрами и ограничениями, а также их последующей оптимизации метод минимизирует зависимость от исторических данных. Алгоритмы не только формируют эталонные решения для сравнения с принятыми, но и моделируют их влияние на ключевые критерии эффективности еще на предпроектной стадии. Этот процесс устраняет противоречие между необходимостью прогнозирования и недостатком эмпирической информации, обеспечивая объективность анализа за счет исключения антропогенных искажений.

Расчет устойчивости и надежности структур

Процесс архитектурного проектирования характеризуется итеративным характером, предполагающим систематический анализ альтернативных решений на каждом этапе разработки проекта. Данная особенность обусловлена необходимостью согласования порой противоречивых требований между дисциплинами: архитекторы и конструкторы вынуждены обеспечивать непрерывный обмен верифицируемыми данными для сохранения баланса между эстетикой, функциональностью и безопасностью объекта [8–9]. Ключевой проблемой остаются трудности при расчете конструкций, связанные с отсутствием инструментов для оперативного анализа множества сценариев в условиях междисциплинарных ограничений [10].

Эти расчетные сложности напрямую влияют на оценку надежности проектных решений. Современные методы, несмотря на технологические достижения, требуют ручного сопоставления десятков параметров (нагрузки, материалы, геометрия), что замедляет процесс расчета конструкций и провоцирует конфликты между технической рациональностью и архитектурной выразительностью.

В качестве альтернативы традиционным методам предлагаются алгоритмический подход, интегрирующий параметризованные геометрические модели, расчеты методом конечных элементов (МКЭ) и алгоритмы оптимизации в единый цифровой контур. Данный подход обеспечивает:

- 1) автоматизацию расчета конструкций – динамическое обновление расчетной модели при изменении нагрузок, материалов и ограничений;
- 2) многокритериальный анализ надежности – одновременную оценку решений по показателям прочности, деформативности и долговечности;
- 3) адаптацию к изменяющимся условиям – корректировку параметров конструкции без нарушения устойчивости системы.

Таким образом, интеграция алгоритмических инструментов трансформирует процесс расчета строительных конструкций, заменяя линейные этапы на непрерывный итерационный цикл. Это позволяет минимизировать риски критических ошибок, обеспечивая соблюдение нормативов и достижение компромисса между техническими требованиями и архитектурной выразительностью.

Заключение

Проведенное исследование подтвердило ключевую гипотезу о том, что алгоритмический подход является эффективным инструментом, способным оптимизировать процесс строительного проектирования. На основе теоретического анализа принципов AD, систематизации современных методов и эмпирической апробации установлено, что алгоритмизация позволяет:

- 1) рационализировать процессы за счет автоматизации рутинных операций (генерация элементов, параметризация, многокритериальная оптимизация);
- 2) повысить точность и адаптивность проектных решений через динамическую связь параметров и минимизацию человеческого фактора;
- 3) интегрировать разнородные данные в единый цифровой рабочий поток, преодолевая разрозненность BIM-инструментов.

Результаты показали, что AD не только сокращает сроки разработки, но и улучшает качество документации за счет строгой формализации правил и ограничений. Однако внедрение метода сталкивается с системными барьерами, такими как дефицит специалистов, способных совмещать инженерные и программистские компетенции, а также фрагментированность методологической базы в отечественной практике.

Практическая значимость работы заключается в разработке рекомендаций по применению алгоритмических методов для ключевых задач проектирования: от оптимизации до организации междисциплинарных процессов. Для массовой интеграции AD необходимы:

- 1) создание образовательных программ, объединяющих строительное проектирование и программирование;
- 2) развитие открытых библиотек алгоритмов, адаптированных к требованиям российской нормативной базы;
- 3) стандартизация взаимодействия между BIM-платформами и алгоритмическими средами.

Литература

1. Жарков, Д.И. Перспективы развития BIM-технологий / Д.И. Жарков // Инженерные исследования. – 2021. – № 2 (2). – С. 9–15.
2. Рукинов, М.В. Векторы технологических трансформаций и перспективы безопасного развития экономики России в условиях нового технологического уклада / М.В. Рукинов // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. – 2020. – № 1. – С. 7–15.
3. Casini, M. Construction 4.0 Advanced Technology, Tools and Materials for the Digital Transformation of the Construction Industry / M. Casini. – London : Woodhead Publishing, 2022. – P. 263–334.
4. Theodoridis, S. Machine Learning: A Bayesian and Optimization Perspective / S. Theodoridis. – Netherlands : Elsevier Science, 2015. – P. 53–103.
5. Afzal, M. Reinforced concrete structural design optimization: A critical review / M. Afzal, Y. Liu, J.C.P. Cheng, V.J.L. Gan // Journal of Cleaner Production. – 2020. – Vol. 260. – 120623. – DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.120623.
6. Liao, W. Generative AI design for building structures / W. Liao, X. Lu, Y. Fei, Y. Gu, Y. Huang, // Automation in Construction. – 2024. – Vol. 157. – 105187. – DOI: 10.1016/j.autcon.2023.105187.
7. Bridging the Gap Between Design and Construction With Speckle [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.speckle.systems/case-studies/bridging-the-gap-between-design-and-construction-with-speckle>.
8. Шумилов, К.А. Моделирование малых архитектурных форм сложной геометрии с использованием визуального (параметрического) программирования / К.А. Шумилов, Ю.А. Гурьева // Вестник ЮУрГУ. – Серия «Строительство и архитектура». – 2023. – Т. 23. – № 3. – С. 70–79.
9. Шумилов, К.А. Пластичные формы архитектуры в Dynamo-Revit и Grasshopper-Rhino-Archicad / К.А. Шумилов, Ю.А. Гурьева // Омский научный вестник. – 2023. – № 2. – С. 82–90.
10. Loos, L. Data Visualisation as a Tool for Informed Structural Design / L. Loos, K. Verbeeck, L. De Laet // Computer-Aided Design. – 2019. – Vol. 115. – P. 267–276. – DOI: 10.1016/j.cad.2019.06.003.
11. Точилкин, Д.С. Сравнительный анализ ПО для автоматического расчета теплопотерь зданий на основе его информационной модели / Д.С. Точилкин, С.В. Придвижкин, О.М. Зверева, П.С. Ганова // Components of Scientific and Technological Progress. – 2024. – № 5(95). – С. 16–23.

References

1. Zharkov, D.I. Perspektivy razvitiia BIM-tekhnologii / D.I. Zharkov // Inzhenernye issledovaniia. – 2021. – № 2 (2). – S. 9–15.
2. Rukinov, M.V. Vektory tekhnologicheskikh transformatsii i perspektivy bezopasnogo razvitiia ekonomiki Rossii v usloviakh novogo tekhnologicheskogo uklada / M.V. Rukinov // Izvestiia Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta. – 2020. – № 1. – S. 7–15.
8. Shumilov, K.A. Modelirovanie malykh arkhitekturnykh form slozhnoi geometrii s ispolzovaniem vizualnogo (parametricheskogo) programmirovaniia / K.A. Shumilov,

Iu.A. Gureva // Vestnik IuUrGU. – Seriya “Stroitelstvo i arkhitektura”. – 2023. – T. 23. – № 3. – S. 70–79.

9. Shumilov, K.A. Plastichnye formy arkhitektury v Dynamo-Revit i Grasshopper-Rhino-Archicad / K.A. Shumilov, Iu.A. Gureva // Omskii nauchnyi vestnik. – 2023. – № 2. – S. 82–90.

10. Loos, L. Data Visualisation as a Tool for Informed Structural Design / L. Loos, K. Verbeeck, L. De Laet // Computer-Aided Design. – 2019. – Vol. 115. – P. 267–276. – DOI: 10.1016/j.cad.2019.06.003.

11. Tochilkin, D.S. Sravnitelnyi analiz PO dlia avtomaticheskogo rascheta teplopoter zdanii na osnove ego informatcionnoi modeli / D.S. Tochilkin, S.V. Pridvizhkin, O.M. Zvereva, P.S. Ganova // Components of Scientific and Technological Progress. – 2024. – № 5(95). – S. 16–23.

Algorithmic Approach as a Tool for Design Process Optimization

E.E. Galibin, M.E. Bobrova, O.M. Zvereva

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

Key words and phrases: algorithmic approach (**AD**); parametrization; multi-criteria optimization; BIM technologies (**CIM**); automation; data structuring; digitalization of workflows.

Abstract. The study aims to analyze the principles of the algorithmic approach in the design of building structures.

The tasks are to study modern methods of applying algorithmic solutions in the construction industry and assess their impact on design efficiency.

The hypothesis suggests that the use of algorithmic methods optimizes the design process, reduces development timelines, and improves the accuracy of documentation.

Methods included theoretical analysis of scientific literature, systematization of data, and empirical research.

The results are as follows: The study explored and proposed potential applications of the algorithmic approach in design, proving its role in optimizing workflows and enhancing the quality of technical documentation.

© E.E. Галибин, М.Е. Боброва, О.М. Зверева, 2025

УДК 62-932.2

Энергоэффективные решения для поддержания микроклимата в крытом бассейне детского лагеря

А.О. Мухина, Г.А. Медведева

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

Ключевые слова и фразы: энергоэффективность; тепловая энергия; общественный бассейн; обработка воздуха; вентиляция помещений; эксплуатационные затраты.

Аннотация. Микроклимат в помещении крытого бассейна очень влияет на комфорт человека, его удобство и самочувствие. Данные аспекты особенно важны для общественных бассейнов, так как они напрямую влияют на количество посетителей и прибыльность общественных бассейнов. Поэтому для любого закрытого бассейна очень важен правильный выбор параметров воздуха и приточно-вытяжного оборудования. От выбора технического решения обработки воздуха зависит объем эксплуатационных затрат на содержание системы вентиляции, поэтому вентиляционное оборудование должно быть энергоэффективным. Энергоэффективность крытого бассейна – это процесс использования энергосберегающих технологий и инновационного оборудования для уменьшения количества энергии, используемой для нагрева, охлаждения и циркуляции воды и воздуха в бассейне. Это включает в себя использование оборудования, которое работает для оптимизации количества используемой энергии. В то же время предполагается, что владельцы бассейнов могут предпринять шаги для уменьшения потерь воды из-за испарения и других причин с помощью покрытий для бассейнов. Бассейны входят в число крупных потребителей тепловой энергии, особенно в условиях холодного климата, поскольку вместе с подогревом воды в них требуется устройство интенсивной вентиляции для зала бассейна. Отсутствие должной вентиляции грозит тем, что влага, испаряющаяся с больших поверхностей зеркала воды, может создавать конденсат на ограждающих конструкциях бассейна и привести к образованию сырости и разрушению этих конструкций.

Результатом исследования является изучение энерго-сберегающего оборудования систем вентиляции, режимов их работы в разных условиях и экономическое сравнение капитальных и эксплуатационных затрат при установке различных систем.

Введение

Эксплуатирование бассейнов приводит к ряду особенностей и трудностей. Одна из основных проблем – повышение уровня влажности воздуха. Это приводит к образованию конденсата на поверхности строительных конструкций, что приводит к коррозии, износу материалов. Конденсат может образовываться также на наружной поверхности несущих стен, которые покрываются трещинами в результате попеременного промерзания и оттаивания влаги. Это может привести к разрушению стен за 5–7 лет эксплуатации здания. Эффективная вентиляция бассейна позволяет избежать подобных явлений. Она также выполняет традиционную задачу по обеспечению людей в помещениях достаточного количества свежего воздуха.

Основная часть

Максимально допустимая температурная разница между водой и воздухом – 2 °С. При этом температура воздуха не должна быть более 35 °С. Если говорить о бассейнах частных домов, то рекомендуемая температура воды – 28 °С, соответственно, воздух должен быть прогрет до 29–30 °С. Если это условие не соблюдается, вода испаряется в слишком больших объемах. Вода в плавательном бассейне может изменяться в температурных пределах от 26 до 31 °С [1].

Влажность в бассейне определяется температурой. Если температура снижается на градус, то влажность вырастает на 3,5 %. Допускать чрезмерного повышения влажности нельзя, так как она разрушает отделочные материалы, провоцирует коррозию металлических элементов, распространение плесени. Максимально допустимое значение абсолютной влажности в бассейне не должно превышать 14 г/кг [2]. В зимнее время максимально допустимое значение влажности – 45 %, в летнее – 65. Микроклимат в помещении бассейна нужно проектировать так, чтобы температуры поверхностей внутренних конструкций не были ниже точки росы. Это необходимо для избегания конденсации на них влаги из воздуха. Движение воздуха обязано соответствовать определенным требованиям, воздухообмен должен быть постоянным. Его отключение даже в ночное время недопустимо, так как мгновенно начинается образование конденсата. Рекомендуемая скорость движения воздуха – 0,15 м/с [3]. Если система вентиляции совмещена с воздушным отоплением, то подачу уличного воздуха надлежит организовывать на уровне пола. Вытяжные решетки, при этом, должны быть расположены под потолком.

Если в составе бассейнового комплекса имеются смежные помещения (раздевалки, санузлы, душевые), то производительность вытяжной вентиляции из помещения бассейна должна превышать на 10–15 % производительность приточной вентиляции. Это необходимо для того, чтобы в смежные помещения не поступал воздух с избыточной влажностью. Если в помещении бассейна есть запотолочные пространства или полости, необходимо организовать их постоянное проветривание, для того чтобы избежать выпадения конденсата и роста плесени.

При обеззараживании воздуха может использоваться хлор, пары которого оказываются в воздухе. Предельная концентрация хлора – 0,1 мг на кубометр воздуха. В связи с этим все вентиляционное оборудование должно быть защищено от разрушения антикоррозионным составом.

Системы вытяжной вентиляции должны быть оборудованы запорными кранами, для слива конденсирующейся внутри воздуховодов жидкости. Наибольшую эффективность при вентиляции помещений с высоким уровнем влажности демонстрируют системы приточно-вытяжного типа. Их основная особенность заключается в том, что свежий воздух подается непрерывно, соответственно, избыток влаги оперативно удаляется [4]. Дополнительно может использоваться рекуператор, снижая эксплуатационные расходы.

Помимо снижения общих эксплуатационных расходов, системы с рекуперацией обладают следующими преимуществами:

1) возможность активации экономичного режима, который активируется в ситуациях, когда хозяева уезжают на продолжительное время, а потому система может работать на минимальной мощности [5] без ущерба для нормативных параметров воздуха;

2) все рабочие параметры легко контролируются, при необходимости контроль может осуществляться в автоматическом режиме;

3) зимой и летом не нужно ставить дополнительное оснащение.

В большинстве случаев это бассейны в частных домах и коттеджах.

Нормальные температуры воздуха в помещении достигаются за счет совместной работы систем приточно-вытяжной вентиляции и отопления. Утилизации теплоты удаляемого воздуха не предусмотрено, что позволяет экономить на капитальных вложениях. Так как частные бассейны используются не постоянно, не целесообразно организовывать сложную систему вентиляции и кондиционирования [6]. Вентиляционная установка управляется по датчику влажности, расположенному внутри помещения. Для существенной экономии тепловой энергии и электричества достаточно просто закрывать зеркало воды в нерабочее время специальным покрывалом [7].

В эту группу входят общественные и спортивные бассейны, которые эксплуатируются большую часть времени в сутках. Данный состав системы обусловлен следующим:

– позволяет нагревать, осушать, охлаждать обрабатываемый воздух. В помещении бассейна не требуется устанавливать осушители и нагреватели;

– двухступенчатая рекуперация (тепловой насос и пластинчатый рекуператор) позволяют добиться до 80 % экономии потребляемой энергии.

Обеспечивается максимальный воздухообмен. Уличный воздух проходит через байпас рекуператора, не вступая в теплообмен с удаляемым из бассейна воздухом [8]. Тепловой насос охлаждает приточный воздух, если его температура выше установленного значения. Холодный сухой воздух смешивается с рециркуляционным влажным воздухом. Уровень влажности итоговой смеси регулируется количеством подаваемого из рециркуляции воздуха. Полученная смесь сначала нагревается в пластинчатом рекуператоре за счет теплоты удаляемого воздуха, а затем в конденсаторе теплового насоса. Если температура уличного воздуха ниже -15°C , в работу включается калорифер, нагревая воздух до нужной температуры. Так как в отсутствие посетителей в ночное время испарение влаги с зеркала воды продолжается, установка работает на поддержание заданного значения влажности и температуры без подачи свежего наружного воздуха (100 % рециркуляция) [9]. Удаляемый влажный воздух проходит через испаритель теплового насоса, где конденсируется избыточная влага. Затем воздух подогревается в конденсаторе теплового насоса и подается в помещение с температурой на $2-3^{\circ}\text{C}$ выше температуры удаляемого воздуха.

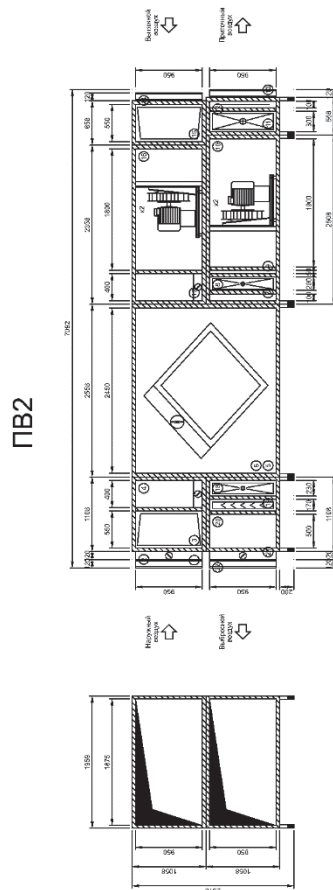


Рис. 1. Схема установки двухступенчатого возврата тепла (пластинчатый рекуператор вместе с рециркуляцией воздуха)

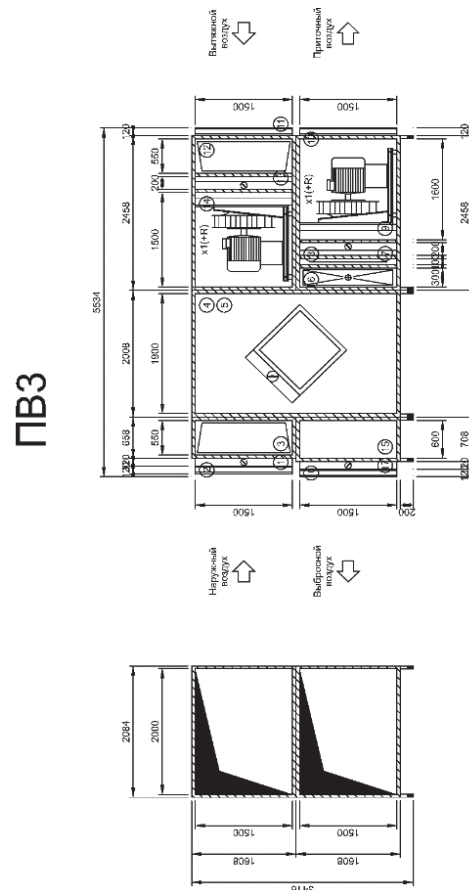


Рис. 2. Схема установки вентиляции с рекуперацией тепла

Подогрев воздуха в конденсаторе теплового насоса необходим для компенсации теплопотерь через ограждающие конструкции здания [10].

Результаты

В программном комплексе Airway разработаны две принципиальные установки для расчета. Установка подобрана в соответствии с заданными параметрами чаши бассейна и климатическими параметрами «Строительная климатология» (СП 131.13330.2020) [11] (рис. 1–2).

Для расчета примем небольшой бассейн в городе Московской области площадью 50 м.

Закупочная стоимость:

- приточно-вытяжная установка + осушитель: 617 000 + 585 800 = 1 202 800 руб.;
- установка рассматриваемой серии – 2 282 600 руб.

После вычислений и перевода в гигакалории получаем годовые затраты на тепловую энергию для установок:

- ПВ-установка + осушитель: $157,013 \text{ Гкал} \times 1750 \text{ руб./Гкал} = 274\,773 \text{ руб.};$

- установка рассматриваемой серии: $5,842 \text{ Гкал} \times 1750 \text{ руб./Гкал} = 10\,224 \text{ руб.}$

Учитывая тарифы за 2024 г., был произведен расчет годовых затрат на электрическую энергию:

- ПВ-установка + осушитель:
 $(5162 \text{ кВт}\cdot\text{ч} + 8848 \text{ кВт}\cdot\text{ч}) \times 5,38 \text{ руб. / кВт}\cdot\text{ч} = 77\,054 \text{ руб.};$
- установка рассматриваемой серии:
 $(7648 \text{ кВт}\cdot\text{ч} + 13473 \text{ кВт}\cdot\text{ч}) \times 5,38 \text{ руб. / кВт}\cdot\text{ч} = 116\,164 \text{ руб.}$

Годовые затраты на эксплуатацию установок составят:

- ПВ-установка + осушитель: $274\,773 \text{ руб.} + 77\,054 \text{ руб.} = 351\,817 \text{ руб.};$
- установка рассматриваемой серии: $10\,224 \text{ руб.} + 116\,164 \text{ руб.} = 126\,388 \text{ руб.}$

Суммарные годовые эксплуатационные затраты для установки рассматриваемой серии меньше на 225 439 руб. в год.

Через пять лет рассматриваемое решение стоит на 47 тыс. руб. меньше за счет экономии на эксплуатационных расходах. Через 20 лет работы применение установки рассматриваемой серии сэкономит более 3,4 млн руб.

Заключение

Таким образом, факторы, вызывающие ухудшение технического состояния бассейнового сооружения, – влага и некорректный подбор оборудования, вызывающие коррозию материалов. Во-первых, в залах должны использоваться материалы с высокими изоляционными свойствами. Современные технологии строительства и инженерии позволяют достичь не только энергоэффективных решений для поддержания комфортных условий для посетителей, но и сократить затраты владельцев на поддержание удовлетворительных условий внутри помещения и уменьшить стоимость эксплуатационных затрат.

По расчету времени окупаемость установок для бассейна, находящихся в одном регионе, незначительна. Делая вывод, можно сказать, что энергоэффективное решение не было принято в пользу установки двухступенчатого возврата тепла (пластинчатый рекуператор вместе с рециркуляцией воздуха).

Литература

1. Гончаров, А.А. Энергоэффективные решения для поддержания микроклимата в бассейне / А.А. Гончаров // СОК. – 2018. – № 3.
2. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 24 декабря 2020 г. № 44 «Об утверждении санитарных правил СП 2.1.3678-20 “Санитарно-эпидемиологические требования к эксплуатации помещений, зданий, сооружений, оборудования и транспорта, а также условиям деятельности хозяйствующих субъектов, осуществляющих продажу товаров, выполнение работ или оказание услуг”» (с изменениями и дополнениями) // СПС ГАРАНТ.
3. СП 60.13330.2012. Отопление, вентиляция и кондиционирование / Госстрой России. – М. : ГУП ЦПП, 2013. – 72 с.
4. Посельская, Л.А. Направления и методы энергосбережения в системах вентиляции / Л.А. Посельская // Вестник магистратуры. – 2021. – № 6. – С. 35–37.
5. Шакирова, Г.Г. Микроклимат в помещении плавательного бассейна / Г.Г. Шакирова, И.С. Хакимов // Вестник науки и образования. – 2015. – № 7. – С. 167.

6. Спирин М.А. Исследование микроклимата бассейна при применении внутрипольных конвекторов / М.А. Спирин, К.О. Суханов // Инженерный вестник Дона. – 2024. – № 6. – С. 92–102.
7. Мозгова, А.С. Определение фактической энергоэффективности работы приточной вентиляции / А.С. Мозгова, А.В. Волкова, Т.И. Степанова // Вестник науки. – 2023. – № 12. – С. 1352–1357.
8. Уляшева, В.М. Исследования состояния воздушной среды бассейнов / В.М. Уляшева, Ю.В. Иванова, А.Ю. Мартыанова // Инженерный вестник Дона. – 2023. – № 5. – С. 71–85.
9. Богосковский Л.Д. Снижение расхода энергии при работе систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха / Л.Д. Богосковский. – М. : Стройиздат, 1982. – 256 с.
10. Медведева, Г.А. Инновационное применение накипи воды в бетонных смесях: анализ свойств и перспективы использования / Г.А. Медведева, А.А. Юсупова, А.Б. Иксанова // Components of Scientific and Technological Progress. – 2024. – № 4. – С. 28–34.
11. Свод правил СП 131.13330.2020 «СНиП 23-01-99. Строительная климатология» (утв. приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 24 декабря 2020 г. № 859/пр) (с изменениями и дополнениями) // СПС ГАРАНТ.

References

1. Goncharov, A.A. Energoeffektivnye resheniia dlia podderzhaniia mikroklimata v basseine / A.A. Goncharov // SOK. – 2018. – № 3.
2. Postanovlenie Glavnogo gosudarstvennogo sanitarnogo vracha RF ot 24 dekabria 2020 g. № 44 “Ob utverzhdenii sanitarnykh pravil SP 2.1.3678-20 “Sanitarno-epidemiologicheskie trebovaniia k ekspluatatsii pomeshchenii, zdanii, sooruzhenii, oborudovaniia i transporta, a takzhe usloviyam deiatelnosti khoziaistvuiushchikh subektov, osushchestvliaiushchikh prodazhu tovarov, vypolnenie rabot ili okazanie uslug” (s izmeneniiami i dopolneniiami) // SPS GARANT.
3. SP 60.13330.2012. Otoplenie, ventiliatsiia i konditsionirovanie / Gosstroi Rossii. – М. : GUP TcPP, 2013. – 72 s.
4. Poselskaia, L.A. Napravleniia i metody energosberezheniia v sistemakh ventiliatsii / L.A. Poselskaia // Vestnik magistratury. – 2021. – № 6. – С. 35–37.
5. Shakirova, G.G. Mikroklimat v pomeshchenii plavatel'nogo basseina / G.G. Shakirova, I.S. Khakimov // Vestnik nauki i obrazovaniia. – 2015. – № 7. – С. 167.
6. Spirin M.A. Issledovanie mikroklimata basseina pri primenenii vnutripolnykh konvektorov / M.A. Spirin, K.O. Sukhanov // Inzhenernyi vestnik Dona. – 2024. – № 6. – С. 92–102.
7. Mозgova, A.S. Opredelenie fakticheskoi energoeffektivnosti raboty pritochnoi ventiliatsii / A.S. Mозgova, A.V. Volkova, T.I. Stepanova // Vestnik nauki. – 2023. – № 12. – С. 1352–1357.
8. Uliasheva, V.M. Issledovaniia sostoiianiia vozdushnoi sredy basseinov / V.M. Uliasheva, Iu.V. Ivanova, A.Iu. Martianova // Inzhenernyi vestnik Dona. – 2023. – № 5. – С. 71–85.
9. Bogoskovskii L.D. Snizhenie raskhoda energii pri rabote sistem otopleniia, ventiliatsii i konditsionirovaniia vozdukha / L.D. Bogoskovskii. – М. : Stroizdat, 1982. – 256 s.
10. Medvedeva, G.A. Innovatsionnoe primenenie nakipi vody v betonnykh smesiakh: analiz svoistv i perspektivy ispolzovaniia / G.A. Medvedeva, A.A. Iusupova, A.B. Iksanova // Somponents of Scientific and Technological Progress. – 2024. – № 4. – С. 28–34.
11. Svod pravil SP 131.13330.2020 “SNiP 23-01-99. Stroitelnaia klimatologiiia” (utv. prikazom Ministerstva stroitelstva i zhilishchno-kommunal'nogo khoziaistva RF ot 24 dekabria 2020 g. № 859/pr) (s izmeneniiami i dopolneniiami) // SPS GARANT.

Energy-Efficient Solutions for Maintaining the Microclimate in the Indoor Pool of a Children's Camp

A.O. Mukhina, G.A. Medvedeva

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

Key words and phrases: energy efficiency; thermal energy; public swimming pool; air treatment; indoor ventilation; operating costs.

Annotation. The indoor pool's microclimate greatly affects a person's comfort, convenience, and well-being. These aspects are especially important for public pools, as they directly affect the number of visitors and the profitability of public pools. Therefore, for any indoor swimming pool, the correct choice of air parameters and supply and exhaust equipment is very important. The amount of operating costs for the maintenance of the ventilation system depends on the choice of a technical solution for air treatment, therefore, ventilation equipment must be energy efficient. Indoor pool energy efficiency is the process of using energy-saving technologies and innovative equipment to reduce the amount of energy used to heat, cool, and circulate the pool's water and air. This includes using equipment that works to optimize the amount of energy used. At the same time, it is assumed that pool owners can take steps to reduce water losses due to evaporation and other causes by using pool coverings. Swimming pools are among the major consumers of thermal energy, especially in cold climates, since they require intensive ventilation for the pool hall along with water heating. The lack of proper ventilation threatens the fact that moisture evaporating from large surfaces of the water mirror can create condensation on the enclosing structures of the pool and lead to dampness and destruction of these structures.

The result of the research is the study of energy-saving equipment for ventilation systems, their operating modes in different conditions, and an economic comparison of capital and operating costs when installing various systems.

© A.O. Мухина, Г.А. Медведева, 2025

УДК 69

**Особенности деятельности
профессионального участника
(генподрядчика)
строительного процесса при реставрации
объектов культурного наследия**

Б.В. Жадановский, Л.А. Пахомова, Я.Р. Жданов,
А.А. Владимиров

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

Ключевые слова и фразы: генеральный подрядчик; реставрация; объекты культурного наследия; историческая достоверность; строительный контроль.

Аннотация. Целью исследования является систематизация особенностей деятельности генерального подрядчика при реставрации объектов культурного наследия (ОКН) на примере городской усадьбы А.А. Петрово-Соловово – М.А. Шиллер в Москве.

Основные задачи: выявление ключевых особенностей работы генподрядчика; анализ применения исторически достоверных материалов и специализированных технологий; изучение взаимодействия с надзорными органами; оценка методов контроля качества и адаптации объекта к современным функциям.

Гипотеза исследования заключается в том, что эффективная реализация реставрационных проектов требует комплексного подхода, объединяющего профессиональные строительные навыки, глубокое понимание исторического контекста, строгое соблюдение нормативных требований и адаптацию к современным функциональным запросам.

Методы исследования включают анализ проектной документации [2; 3], полевые наблюдения за процессом реставрации, интервью с участниками проекта, а также изучение нормативных актов (ГОСТ Р 55528-2013 [3], Федеральный закон № 123-ФЗ и др.). В ходе работы систематизированы ключевые задачи генподрядчика: организация логистики в условиях плотной городской застройки, координация субподрядчиков, применение бесшум-

ных технологий усиления конструкций и использование аутентичных материалов.

Достигнутые результаты: разработаны практические рекомендации по минимизации рисков (резервирование материалов, применение защитных экранов); доказана эффективность специализированных технологий (инъектирование трещин полимерами, использование композитных материалов) [7], подтверждена необходимость тесного взаимодействия с надзорными органами для сохранения исторической достоверности [4]. Реализация проекта усадьбы подтвердила гипотезу, продемонстрировав успешное сочетание реставрационных и современных строительных практик [9]. Результаты исследования могут служить руководством для специалистов, работающих в сфере сохранения культурного наследия.

Введение

Реставрация объектов культурного наследия (ОКН) – это уникальная область строительной деятельности, где сохранение исторической аутентичности сочетается с необходимостью адаптации зданий к современным требованиям безопасности и функциональности [7]. В отличие от стандартного капитального строительства, реставрация исключает применение типовых решений, требуя индивидуального подхода к каждому объекту. Генеральный подрядчик в этом процессе играет центральную роль, обеспечивая реализацию проекта на всех этапах – от выполнения технического задания до сдачи объекта в эксплуатацию [9]. Деятельность генерального подрядчика при реставрации ОКН осложняется рядом факторов: необходимостью использования исторически достоверных материалов, стесненными условиями городской застройки, а также строгим контролем со стороны органов охраны культурного наследия [4]. Цель данной статьи – систематизировать особенности работы генерального подрядчика, выделить ключевые задачи и предложить подходы к их решению на основе анализа реального проекта реставрации городской усадьбы в Москве.

Основные задачи генерального подрядчика

Генеральный подрядчик при реставрации ОКН выполняет функции организатора и исполнителя строительных работ, обеспечивая их соответствие проектной документации [2], нормативным актам [3; 5] и требованиям заказчика. Основные задачи:

1. Реализация технического задания (ТЗ): генподрядчик работает в рамках ТЗ, которое разработано техническим заказчиком и определяет требования к материалам, технологиям и конечному функционалу объекта [2]. Например, в проекте усадьбы А.А. Петрово-Соловово – М.А. Шиллер здание адаптировалось под кафе на 55 мест с сохранением исторической достоверности [3].

2. Организация поставок материалов: подрядчик отвечает за закупку и доставку материалов, соответствующих как стандартам безопасности (Федеральный закон (ФЗ) № 384-ФЗ, ФЗ № 123-ФЗ [5]), так и историческим аналогам (ГОСТ Р 55528-2013 [3]).

3. Выполнение строительных работ: включает применение специализированных технологий, таких как усиление конструкций с минимальным вмешательством [7].

4. Координация с надзорными органами: генподрядчик обязан согласовывать все этапы работ с Департаментом культурного наследия, предоставляя необходимые документы и устраняя замечания [4].

Особенности деятельности генерального подрядчика

Деятельность генерального подрядчика при реставрации объектов культурного наследия существенно отличается от традиционного строительства из-за уникальности каждого объекта, строгих нормативных требований и необходимости сохранения исторической аутентичности [9]. На примере реставрации городской усадьбы А.А. Петрово-Соловово – М.А. Шиллер в Москве можно выделить ряд ключевых особенностей, которые требуют от подрядчика высокой квалификации, гибкости и внимания к деталям.

1. Использование исторически достоверных материалов

Одной из главных задач генерального подрядчика является подбор и применение материалов, которые соответствуют оригинальным по внешнему виду, текстуре, физико-механическим свойствам и химическому составу [3]. Это требует не только глубокого понимания исторических строительных технологий, но и умения адаптировать современные материалы к строгим требованиям реставрации [7]. В проекте усадьбы:

- **древесина:** для восстановления деревянных элементов (оконных рам, перекрытий, декоративных деталей) использовалась древесина твердых пород (например, дуб или сосна), максимально близкая к оригинальной по плотности и рисунку волокон. Перед применением она подвергалась специальной обработке – пропитке антисептиками и антипиренами – для защиты от влаги, грибков и огня, при этом сохранялась естественная текстура, для того чтобы не нарушить визуальную аутентичность [8];

- **кирпич:** оригинальный кирпич XIX в. был недоступен в нужном количестве, поэтому подрядчик заказал керамический кирпич ручной формовки у специализированных производителей [6]. Этот материал имитировал исторические размеры (примерно 25 × 12 × 6,5 см) и фактуру с характерными неровностями и следами обжига. Каждый кирпич проходил проверку на соответствие ГОСТ Р 55528-2013 [3], а также согласование с Департаментом культурного наследия [4];

- **растворы:** для кладки и штукатурки применялись растворы на основе извести, схожие по составу с историческими, с тем чтобы обеспечить химическую совместимость с существующими стенами [7]. Использование цементных растворов исключалось из-за их высокой жесткости, которая могла бы повредить старый кирпич.

Генподрядчик также сталкивается с необходимостью поиска поставщиков, способных изготовить такие материалы на заказ, что увеличивает сроки и затраты [6]. Например, в проекте усадьбы 78 % материалов были закуплены у сертифицированных производителей, а оставшаяся часть изготавливалась под индивидуальные спецификации, что требовало от подрядчика тщательной координации.

2. Применение специализированных технологий

Реставрация ОКН предполагает минимальное вмешательство в оригинальные конструкции, что вынуждает генерального подрядчика использовать нестандартные и часто инновационные технологии [7]. В отличие от нового строительства, где можно демонтировать и заменить элементы, здесь приоритет – сохранение существующих структур. В проекте усадьбы применялись следующие подходы:

- **бесшумные технологии усиления:** для укрепления сводов Монье (историческая конструкция из кирпича и металла) использовалось инъектирование трещин полимерными составами. Этот метод позволял заполнить пустоты и повысить несущую способность без

демонтажа или сверления, что исключало риск повреждения хрупких элементов. Процесс контролировался с помощью эндоскопов и ультразвуковых приборов для оценки состояния конструкции до и после инъекций [7];

- **композитные материалы:** для усиления деревянных балок и металлических элементов применялись углеродные или стекловолоконные ленты, которые обеспечивали дополнительную прочность без увеличения веса или изменения внешнего вида [7]. Например, надподвальное перекрытие было укреплено стальными накладками, скрытыми под слоем отделки;

- **ручная работа:** многие операции, такие как восстановление декоративных деталей фасада или штукатурки, выполнялись вручную мастерами-реставраторами, а не механизированными средствами, с тем чтобы избежать вибраций и механических повреждений. Это увеличивало трудозатраты, но обеспечивало точность и соответствие историческим методам [9].

Подрядчик также должен был учитывать совместимость новых технологий с оригинальными материалами. Например, при реставрации деревянных элементов применялись только те клеи и пропитки, которые не вызывали разрушения старой древесины из-за различий в химическом составе [7].

3. Логистические ограничения в условиях городской застройки

Многие ОКН, включая усадьбу Петрово-Соловово – Шиллер, расположены в центральных районах городов с плотной застройкой и интенсивным движением [9]. Это создает значительные логистические сложности для генерального подрядчика:

- **ограниченное пространство:** строительная площадка была стеснена соседними зданиями и подземными коммуникациями, что исключало возможность хранения больших объемов материалов на месте. Подрядчик разработал схемы поэтапной доставки, где материалы привозились небольшими партиями в заранее согласованное время [6];

- **согласование с городскими службами:** график поставок и разгрузки согласовывался с транспортными службами Москвы, для того чтобы не перекрывать движение на улице Долгоруковской. Например, доставка крупногабаритных элементов (балок, кирпича) осуществлялась ночью, а разгрузка выполнялась вручную или с использованием легких кранов, с тем чтобы минимизировать шум и риски для окружающих зданий [9];

- **условия хранения:** древесина и другие чувствительные материалы требовали защиты от осадков и перепадов температуры. Подрядчик организовал временные навесы с контролируемой вентиляцией прямо на площадке, что увеличивало затраты, но предотвращало порчу материалов [6];

- **риск повреждения соседних объектов:** работы велись вблизи путей городского транспорта и жилых зданий, поэтому подрядчик применял защитные экраны и проводил мониторинг состояния соседних фундаментов с помощью геодезических приборов [9].

Эти ограничения требовали от генерального подрядчика исключительной точности в планировании и гибкости в случае непредвиденных задержек.

4. Взаимодействие с надзорными органами

Работа с ОКН невозможна без постоянного взаимодействия с органами охраны культурного наследия, что накладывает на генерального подрядчика дополнительные обязательства [4]:

- **согласование каждого этапа:** все изменения в конструкциях или внешнем виде (например, устройство новой террасы) требовали предоставления архивных чертежей, исторических справок и проведения экспертизы аутентичности [3]. В проекте усадьбы под-

рядчик готовил детальные отчеты о каждом вмешательстве, включая фотофиксацию до и после работ;

- **регулярные проверки:** Департамент культурного наследия Москвы проводил частые инспекции, проверяя соответствие материалов и технологий утвержденному проекту [4]. Подрядчик обязан был оперативно устранять замечания, например заменять несогласованные элементы или корректировать методы работы;

- **разрешительная документация:** перед началом инженерных вмешательств (усиление фундамента, прокладка коммуникаций) подрядчик получал отдельные разрешения, что увеличивало сроки подготовки, но обеспечивало законность действий [5];

- **научное обоснование:** все решения подкреплялись заключениями экспертов-реставраторов, что требовало от подрядчика тесного сотрудничества с проектными организациями и историками [4].

Это взаимодействие делает генерального подрядчика не только исполнителем, но и активным участником процесса согласования, что требует юридической грамотности и опыта работы с регулирующими органами.

5. Контроль качества и документирование

Контроль качества при реставрации ОКН выходит за рамки стандартных процедур, так как включает проверку не только технических параметров, но и исторической достоверности [4]. Генподрядчик в проекте усадьбы выполнял следующие функции:

- **проверка материалов:** каждый поставленный материал (кирпич, древесина, растворы) проверялся на наличие сертификатов, паспортов качества и соответствие ТЗ. Например, древесина тестировалась на влажность (не более 12%) и прочность перед монтажом [2; 3];

- **исполнительная документация:** подрядчик вел журналы операционного контроля, фиксируя все скрытые работы (усиление фундамента, инъектирование сводов), отклонения от проекта и принятые меры. Геодезические съемки проводились для контроля геометрии здания после каждого этапа [2];

- **лабораторный контроль:** образцы материалов отправлялись в лаборатории для проверки на совместимость с историческими конструкциями. Например, кирпич тестировался на водопоглощение и морозостойкость, для того чтобы гарантировать долговечность реставрации [3];

- **фото- и видеофиксация:** все этапы работ документировались для отчетности перед надзорными органами и будущих исследований объекта [4].

Эти меры обеспечивали прозрачность процесса и возможность проверки качества на любом этапе.

6. Адаптация объекта к современным функциям

Реставрация ОКН часто включает приспособление здания к новым функциям, что создает дополнительные задачи для генерального подрядчика [7]:

- **интеграция инженерных систем:** в усадьбе прокладывались системы вентиляции, отопления и электроснабжения для кафе, при этом коммуникации маскировались в стенах и перекрытиях, для того чтобы не нарушить исторический облик [7]. Например, вентиляционные каналы выводились через существующие дымоходы;

- **соблюдение современных стандартов:** подрядчик обеспечивал соответствие здания требованиям пожарной безопасности (ФЗ № 123-ФЗ [5]) и энергоэффективности (ФЗ № 261-ФЗ), устанавливая скрытые противопожарные датчики и теплоизоляцию в подвальном этаже;

- **согласование новых элементов:** добавление террасы потребовало не только технической реализации, но и исторического обоснования – подрядчик опирался на архивные чертежи, доказывающие наличие подобных структур в прошлом [3].

7. Управление рисками

Работа с ОКН сопряжена с высоким уровнем рисков, которые генеральный подрядчик должен минимизировать [9]:

- **повреждение оригинальных элементов:** использование мягких технологий монтажа (ручные инструменты вместо перфораторов) и защитных экранов предотвращало случайные разрушения.

- **задержки из-за поставок:** подрядчик создавал резервные запасы ключевых материалов (например, 10 % сверх нормы для кирпича) на случай срыва сроков [6].

- **безопасность рабочих:** ограниченное пространство и сложный доступ к верхним этажам требовали применения страховочных систем и временных лесов, что увеличивало затраты, но обеспечивало соблюдение техники безопасности [9].

8. Координация субподрядчиков

Генподрядчик выступает координатором всех участников проекта – от реставраторов до инженеров [9]. В проекте усадьбы:

- специалисты по дереву занимались восстановлением декоративных элементов;
- инженеры по усилению конструкций работали над сводами Монье;
- логистическая команда обеспечивала доставку и разгрузку.

Подрядчик разрабатывал детальный график, синхронизируя их действия, с тем чтобы избежать простоев и конфликтов [9].

9. Специфические вызовы и решения

Работа с ОКН сопряжена с рядом уникальных проблем, которые генеральный подрядчик должен эффективно разрешать:

- отсутствие оригинальных материалов: в проекте применялись современные аналоги, такие как кирпич ручной формовки, имитирующий исторический [6];
- риск повреждения сохранившихся элементов: использование бесшумных технологий и мягких методов монтажа минимизировало угрозу [7];
- стесненные условия: подрядчик разработал логистические схемы, учитывающие плотную застройку и интенсивное движение транспорта [9].

Вывод

Деятельность генерального подрядчика при реставрации объектов культурного наследия требует комплексного подхода, сочетающего профессиональные строительные навыки с глубоким пониманием исторического контекста [7; 9]. На примере реставрации усадьбы А.А. Петрово-Соловово – М.А. Шиллер в Москве видно, что успех проекта зависит от:

- точного исполнения технического задания с учетом исторической достоверности [2; 3];
- грамотной организации поставок и применения специализированных технологий [6; 7];
- тесного взаимодействия с надзорными органами и строгого контроля качества [4].

Генеральный подрядчик выступает связующим звеном между проектной документацией и ее практической реализацией, обеспечивая сохранение культурного наследия при адаптации объекта к современным нуждам. Результаты анализа могут служить практическим руководством для специалистов, работающих в этой области.

Литература

1. Аблязов, Т.Х. Цифровая трансформация строительной сферы как способ роста ВВП России // Инновации и инвестиции. – 2019. – № 10. – С. 400–405.
2. ГОСТ 21.110-2013. Система проектной документации для строительства. Спецификация оборудования, изделий и материалов. – Введ. 01.07.2014. – М. : Стандартинформ, 2013. – 5 с.
3. ГОСТ Р 55528-2013. Состав и содержание научно-проектной документации по сохранению объектов культурного наследия. – Введ. 01.07.2014. – М. : Стандартинформ, 2013. – 12 с.
4. ГОСТ Р 56254-2014. Технический надзор на объектах культурного наследия. Основные положения. – Введ. 01.07.2015. – М. : Стандартинформ, 2014. – 8 с.
5. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ (в ред. от 25.12.2023, с изм. и доп., вступ. в силу с 01.05.2024) // СЗ РФ. – 2005. – № 16. – Ст. 71.
6. Злыгостева, А.О. Выбор поставщика строительных материалов на основе ABC-анализа / А.О. Злыгостева // Актуальные проблемы Holt и космонавтики. – 2019. – С. 231–233.
7. Иванов, А.В. Современные технологии реставрации объектов культурного наследия / А.В. Иванов, Е.С. Петрова // Вестник строительных технологий. – 2021. – № 3. – С. 45–52.
8. МДС 81-35.2004. Методика определения стоимости строительной продукции на территории Российской Федерации / Взамен СП 81-01-94. – М. : ФГУП ЦПП, 2004. – 78 с.
9. Смирнов, Д.К. Организация строительного процесса при реставрации памятников архитектуры / Д.К. Смирнов // Строительство и архитектура. – 2020. – № 4. – С. 12–19.
10. Жадановский, Б.В. Аттестация комплексных технологических процессов укладки бетонной смеси с помощью кранов / Б.В. Жадановский, Л.А. Пахомова, Е.В. Рачковская, М.В. Краюшкин // Components of scientific and technological progress. – 2024. – № 12 (102). – С. 18–23.

References

1. Abliazov, T.Kh. Tcifrovaia transformatsiia stroitelnoi sfery kak sposob rosta VVP Rossii // Innovatsii i investitsii. – 2019. – № 10. – S. 400–405.
2. GOST 21.110-2013. Sistema proektnoi dokumentatsii dlia stroitelstva. Spetsifikatsiia oborudovaniia, izdelii i materialov. – Vved. 01.07.2014. – M. : Standartinform, 2013. – 5 s.
3. GOST R 55528-2013. Sostav i sodержanie nauchno-proektnoi dokumentatsii po sokhraneniui obektov kulturnogo nasledii. – Vved. 01.07.2014. – M. : Standartinform, 2013. – 12 s.
4. GOST R 56254-2014. Tekhnicheskii nadzor na obektakh kulturnogo nasledii. Osnovnye polozheniia. – Vved. 01.07.2015. – M. : Standartinform, 2014. – 8 s.
5. Gradostroitelnyi kodeks Rossiiskoi Federatsii ot 29.12.2004 № 190-FZ (v red. ot 25.12.2023, s izm. i dop., vstup. v silu s 01.05.2024) // SZ RF. – 2005. – № 16. – St. 71.
6. Zlygosteva, A.O. Vybora postavshchika stroitelnykh materialov na osnove AVS-analiza / A.O. Zlygosteva // Aktualnye problemy Holt i kosmonavtiki. – 2019. – S. 231–233.
7. Ivanov, A.V. Sovremennye tekhnologii restavratsii obektov kulturnogo nasledii / A.V. Ivanov, E.S. Petrova // Vestnik stroitelnykh tekhnologii. – 2021. – № 3. – S. 45–52.

8. MDS 81-35.2004. Metodika opredeleniia stoimosti stroitelnoi produktcii na territorii Rossiiskoi Federatsii / Vzamen SP 81-01-94. – M. : FGUP TcPP, 2004. – 78 s.
9. Smirnov, D.K. Organizatsiia stroitel'nogo protsessa pri restavratsii pamiatnikov arkhitektury / D.K. Smirnov // Stroitel'stvo i arkhitektura. – 2020. – № 4. – S. 12–19.
10. Zhadanovskii, B.V. Attestatsiia kompleksnykh tekhnologicheskikh protsessov ukladki betonnoi smesi s pomoshchiu kranov / B.V. Zhadanovskii, L.A. Pakhomova, E.V. Rachkovskaia, M.V. Kraiushkin // Somponents of scientific and technological progress. – 2024. – № 12 (102). – S. 18–23.

Features of the General Contractor's Role in the Construction Process during the Restoration of Cultural Heritage Sites

B.V. Zhadanovsky, L.A. Pakhomova, Ya.R. Zhdanov, A.A. Vladimirov

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

Key words and phrases: general contractor; restoration; cultural heritage sites; historical authenticity; construction supervision.

Abstract. The aim of the study is to systematize the features of the general contractor's activities in the restoration of cultural heritage sites (**CHS**), using the example of the urban estate of A.A. Petrovo-Solovovo – M.A. Shiller in Moscow.

The main objectives include identifying key features of the general contractor's work, analyzing the use of historically authentic materials and specialized technologies, studying interaction with regulatory authorities, and evaluating quality control methods and the adaptation of the object to modern functions.

The research hypothesis posits that the effective implementation of restoration projects requires a comprehensive approach combining professional construction skills, a deep understanding of historical context, strict compliance with regulatory requirements, and adaptation to modern functional demands.

Research methods include analysis of project documentation, field observations of the restoration process, interviews with project participants, and a review of regulatory acts (GOST R 55528-2013, Federal Law No. 123-FZ, etc.). The study systematizes the general contractor's key tasks: logistics organization in dense urban environments, coordination of subcontractors, application of noiseless structural reinforcement technologies, and use of authentic materials.

Achieved results: practical recommendations for risk mitigation (material stockpiling, protective screens) were developed; the effectiveness of specialized technologies (polymer crack injection, composite materials) was proven; the necessity of close cooperation with regulatory authorities to preserve historical authenticity was confirmed. The implementation of the estate project validated the hypothesis, demonstrating a successful combination of restoration and modern construction practices. The research results can serve as a guide for specialists working in the field of cultural heritage preservation.

© Б.В. Жадановский, Л.А. Пахомова, Я.Р. Жданов, А.А. Владимиров, 2025

УДК 69.05

Система управления проектами строительства жилого комплекса

В.В. Лучкина, В.В. Ковалев

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

Ключевые слова и фразы: управление проектами; жилые комплексы; эффективность проекта; строительная отрасль.

Аннотация. Тема системы управления проектами, в том числе в строительстве жилого комплекса, актуальна по нескольким причинам: важность строительства в современной рыночной экономике. Строительная деятельность и ее развитие оказывают положительное воздействие не только на отдельные субъекты РФ, но и на государство в целом, поэтому так важна оптимизация процессов. Важно улучшить взаимодействие между сотрудниками и руководством организации, для того чтобы свести к минимуму проблемные моменты, возникающие на всех этапах – от проектирования до строительства здания.

Цель – раскрыть особенности системы управления проектами жилого комплекса.

Задачи:

- определить сущность управления проектами;
- исследовать понятие строительства;
- раскрыть мнения ученых о проблеме исследования системы управления проектами;
- представить нормативное регулирование;
- выделить проблемы управления проектами и предложить пути их разрешения.

Гипотеза исследования заключается в том, что управление проектами должно основываться на системе построения и планирования работ.

Методы – анализ и синтез, сравнение и обобщение, дедукция.

Достигнутые результаты: исследованы особенности построения системы управления проектами, рассмотрены основные проблемы и предложены пути их разрешения.

В условиях модернизации российской экономики объективно необходимым является инновационное развитие различных отраслей и сфер деятельности, в том числе строительства. Строительство – одна из наиболее крупных индустриальных отраслей страны, на которую возлагается создание новых, расширение и реконструкция действующих объектов производственного и непроизводственного назначения. Возрастающие на протяжении ряда последних лет объемы реализации строительных проектов приводят к обострению конкуренции на рынке недвижимости, что обуславливает необходимость разработки проектов инновационной строительной продукции, ориентированных на различных потребителей. В строительной сфере возрастает интерес к проектному финансированию, выходу на фондовый рынок как инструменту уменьшения рисков и стоимости привлекаемых средств в условиях ограниченности трудовых ресурсов [1].

В настоящее время значимость управления проектами в условиях нестабильной экономической ситуации имеет определенное значение. В такие периоды значимость формирования результативной системы управления проектами существенно возрастает, что предусматривает:

- влияние цифровых технологий. Цифровизация строительства позволяет автоматизировать все стадии и процедуры на всем жизненном цикле объекта, что обеспечивает прозрачность процессов, повышает качество строительной продукции и снижает затраты;
- важность выбора подходящей методологии. Каждый строительный проект уникален, поэтому необходим тщательный разбор и подход к выбору методологии для его реализации.

Назовем некоторых ученых, которые внесли вклад в развитие оценки качества управления проектами:

- В.И. Ворopaев и Г.И. Секлетова. Авторы книги «Системное представление управления проектами» считают, что модели зрелости представляют собой руководство по оценке качества процессов управления проектами в организации;
- О.Н. Ильина. Ученый определяет зрелость организационного управления проектами как способность организации применять проектный подход для достижения своих стратегических целей и задач;
- Г. Керцнер. Автор книги «Стратегическое планирование для управления проектами с использованием модели зрелости» считает, что оценка зрелости позволяет определить степень проникновения проектного подхода в практику работы организации;
- М.А. Дегтярев. Ученый в статье «Проектная зрелость и ценностно-ориентированное управление проектами» отмечает, что организации с более высоким уровнем зрелости процедур управления проектами имеют более высокое отношение прибыли на вложенный капитал к затраченным на управление проектам [2].

Также на формирование теории систем управления проектами оказали влияние такие ученые, как В. Богданов, Р.А. Нугайбеков и др.

Настоящий стандарт применим для большинства организаций, в том числе государственных и частных организаций, независимо от их размера и типа. Он также применим ко всем проектам, программам и портфелям, независимо от их сложности, масштаба или продолжительности.

Дополнительные указания по управлению проектами, программами и портфелями, а также по руководству ими приведены в ИСО 21502, ИСО 21503, ИСО 21504 и ИСО 21505.

ГОСТ Р 54869, ГОСТ Р 54870 и ГОСТ Р 54871 определяют руководство и требования к управлению проектами, программами и портфелями проектов и программ.

ГОСТ Р 54869 устанавливает требования к управлению проектом от его старта до завершения. Стандарт распространяется на любые проекты и может быть применен для проектов, реализуемых юридическими или физическими лицами.

ГОСТ Р 54870 устанавливает требования к управлению портфелем проектов на этапах его формирования и реализации. Стандарт может использоваться для управления любыми портфелями проектов независимо от характеристик компонентов, входящих в портфель.

ГОСТ Р 54871 устанавливает требования к управлению программой на этапах ее формирования и реализации. Стандарт может быть применен для управления любыми программами независимо от их размера и уровня сложности.

Проблемы:

- неправильное планирование и оценка бюджета. Часто закладываются недооцененные сметы или не учитываются все расходы, что ведет к дефициту бюджета. Решение: проведение детального анализа и составление реалистичного бюджета с учетом всех возможных рисков и непредвиденных расходов. Также можно использовать программное обеспечение для проектирования и смет, которое поможет в прогнозировании затрат [4];
- задержки в сроках выполнения. Могут возникать из-за неблагоприятных погодных условий, отсутствия материалов или проблем с подрядчиками. Решение: создание графиков работ с учетом возможных задержек и резервных сроков. Также важно поддерживать регулярное общение с подрядчиками и поставщиками, для того чтобы быть в курсе их возможностей и проблем;
- неэффективное управление проектом. Отсутствие четкой структуры управления может привести к путанице и неразберихе. Решение: назначение опытного менеджера проекта, который будет контролировать все этапы и отвечать за их выполнение. Также можно использовать методы Agile или другие современные подходы к управлению проектами для повышения гибкости и адаптивности команды;
- проблемы с качеством материалов и работ. Использование низкокачественных материалов или труда недостаточно квалифицированных работников может привести к дефектам и ухудшению качества. Решение: проведение строгого контроля качества на всех этапах строительства. Также важно заключать договоры только с проверенными поставщиками и подрядчиками и проводить обучение для рабочих, для того чтобы повысить их квалификацию [3];
- экологические и правовые проблемы. Несоблюдение экологических норм и местного законодательства может привести к штрафам и закрытию проекта. Решение: проведение экологической экспертизы проекта на ранних стадиях. Также важно консультироваться с юристами и местными органами власти для понимания всех необходимых разрешений и норм;
- соблюдение требований безопасности. Небрежное отношение к технике безопасности может привести к травмам. Решение: создание и внедрение строгих стандартов безопасности на всех этапах работы. Также важно проводить регулярные тренировки по технике безопасности для рабочих;
- конфликты в команде. Конфликты и проблемы с коммуникацией между участниками могут негативно сказаться на выполнении проекта. Решение: поощрение открытого общения и формирование командного духа через регулярные собрания и обмен мнениями. Также можно использовать независимые медиации или тренинги по управлению конфликтами, с тем чтобы разрешать споры.

Для разрешения многих из перечисленных проблем можно использовать цифровые платформы управления строительством. Они позволяют в режиме реального времени видеть движение финансов, анализировать затраты по каждому подрядчику и прогнозировать перерасход.

Литература

1. Агарков, А.П. Управление качеством : учебник для бакалавров / А.П. Агарков. – М. : Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2014 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://znanium.com/bookread2.php?book=450883>.
2. Аньшин, В.М. Проектный подход к реализации концепции устойчивого развития в компании : монография / В.М. Аньшин, Е.Ю. Перцева, Е.С. Глазовская. – М. : ИНФРА-М, 2015. – 267 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://znanium.com/go.php?id=550040>.
3. Аньшин, В.М. Исследование методологии оценки и анализ зрелости управления портфелями проектов в российских компаниях : монография / В.М. Аньшин, О.Н. Ильина. – М. : ИНФРА-М, 2016. – 200 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://znanium.com/bookread2.php?book=539470>.
4. Басовский, Л.Е. Комплексный экономический анализ хозяйственной деятельности : учебное пособие / Л.Е. Басовский, Е.Н. Басовская. – М. : ИНФРА-М, 2014. – 366 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://znanium.com/go.php?id=429595>.
5. Боронина, Л.Н. Основы управления проектами : учебное пособие / Л.Н. Боронина, З.В. Сенук. – Екатеринбург : Министерство образования и науки РФ, Урал. федер. ун-т, Изд-во Урал. ун-та, 2015. – 112 с.
6. Волков, О.И. Экономика предприятия : учебное пособие / О.И. Волков, В.К. Скляренко. – 2-е изд. – М. : ИНФРА-М, 2014. – 264 с. [Электронный ресурс] – Режим доступа : <http://znanium.com/go.php?id=459574>.
7. Поршнев, А.Г. Управление организацией : учебник / А.Г. Поршнев, Г.Л. Азоев, В.П. Баранчеев. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : ИНФРА-М, 2016. – 736 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://znanium.com/go.php?id=533595>.
8. Раева, Т.Д. Управление проектами : учебное пособие / Т.Д. Раева. – Иваново : ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина», 2016. – 240 с.
9. Разу, М.Л. Управление программами и проектами : 17-модульная программа для менеджеров «Управление развитием организации». Модуль 8 / М.Л. Разу, В.И. Воропаев, Ю.В. Якутии [и др.]. – М. : ИНФРА-М, 2000. – 152 с.
10. Раменская, Л.А. Управление проектами : учебное пособие / Л.А. Раменская, Я.В. Савченко, М.В. Евсеева ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. гос. экон. ун-т. – Екатеринбург : [б.и.], 2014. – 163 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://lib.usue.ru/resource/limit/ump/14/p482035.pdf>.
11. Романова, М.В. Управление проектами : учебное пособие по дисциплине специализации специальности «Менеджмент организации» / М.В. Романова. – М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2014. – 256 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://znanium.com/go.php?id=417954>.

References

1. Agarkov, A.P. Upravlenie kachestvom : uchebnik dlia bakalavrov / A.P. Agarkov. – M. : Izdatelsko-torgovaia korporatsiia “Dashkov i K”, 2014 [Electronic resource]. – Access mode : <http://znanium.com/bookread2.php?book=450883>.
2. Anshin, V.M. Proektnyi podkhod k realizatsii kontseptsii ustoiчивого razvitiia v kompanii : monografiia / V.M. Anshin, E.Iu. Pertceva, E.S. Glazovskaia. – M. : INFRA-M, 2015. – 267 s. [Electronic resource]. – Access mode : <http://znanium.com/go.php?id=550040>.
3. Anshin, V.M. Issledovanie metodologii otcenki i analiz zrelosti upravleniia portfeliami proektov v rossiiskikh kompaniiakh : monografiia / V.M. Anshin, O.N. Ilina. – M. : INFRA-M, 2016. – 200 s. [Electronic resource]. – Access mode : <http://znanium.com/bookread2.php?book=539470>.
4. Basovskii, L.E. Kompleksnyi ekonomicheskii analiz khoziaistvennoi deiatelnosti : uchebnoe posobie / L.E. Basovskii, E.N. Basovskaia. – M. : INFRA-M, 2014. – 366 s. [Electronic resource]. – Access mode : <http://znanium.com/go.php?id=429595>.
5. Boronina, L.N. Osnovy upravleniia proektami : uchebnoe posobie / L.N. Boronina, Z.V. Senuk. – Ekaterinburg : Ministerstvo obrazovaniia i nauki RF, Ural. feder. un-t, Izd-vo Ural. un-ta, 2015. – 112 s.
6. Volkov, O.I. Ekonomika predpriiatiia : uchebnoe posobie / O.I. Volkov, V.K. Skliarenko. – 2-e izd. – M. : INFRA-M, 2014. – 264 s. [Electronic resource]. – Access mode : <http://znanium.com/go.php?id=459574>.
7. Porshnev, A.G. Upravlenie organizatsiei : uchebnik / A.G. Porshnev, G.L. Azoev, V.P. Barancheev. – 4-e izd., pererab. i dop. – M. : INFRA-M, 2016. – 736 s. [Electronic resource]. – Access mode : <http://znanium.com/go.php?id=533595>.
8. Raeva, T.D. Upravlenie proektami : uchebnoe posobie / T.D. Raeva. – Ivanovo : FGBOU VO “Ivanovskii gosudarstvennyi energeticheskii universitet imeni V.I. Lenina”, 2016. – 240 s.
9. Razu, M.L. Upravlenie programmami i proektami : 17-modulnaia programma dlia menedzherov “Upravlenie razvitiem organizatsii”. Modul 8 / M.L. Razu, V.I. Voropaev, Iu.V. Iakutii [i dr.]. – M. : INFRA-M, 2000. – 152 s.
10. Ramenskaia, L.A. Upravlenie proektami : uchebnoe posobie / L.A. Ramenskaia, Ia.V. Savchenko, M.V. Evseeva ; M-vo obrazovaniia i nauki Ros. Federatsii, Ural. gos. ekon. un-t. – Ekaterinburg : [b.i.], 2014. – 163 s. [Electronic resource]. – Access mode : <http://lib.usue.ru/resource/limit/ump/14/p482035.pdf>.
11. Romanova, M.V. Upravlenie proektami : uchebnoe posobie po distsipline spetsializatsii spetsialnosti “Menedzhment org.” / M.V. Romanova. – M. : FORUM : INFRA-M, 2014. – 256 s. [Electronic resource]. – Access mode : <http://znanium.com/go.php?id=417954>.

Project Management System for Construction of a Residential Complex

V.V. Luchkina, V.V. Kovalev

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

Key words and phrases: project management; residential complexes; project efficiency; construction industry.

Abstract. Project management system in the construction of a residential complex plays a big role due to the importance of construction in the modern market economy. Construction and its development have a positive impact not only on the growth of individual entities of the Russian Federation, but also on the state as a whole. It is important to improve the interaction between employees and management of the organization in order to minimize problems that arise at all stages – from design to construction of the building. The study aims to reveal the features of the project management system of a residential complex. The research tasks included determining the essence of project management; exploring the concept of construction; revealing the opinions of scientists on the problem of studying the project management system; presenting regulatory framework of construction; highlighting the problems of project management and proposing ways to solve them. The hypothesis of the study is that project management should be based on a system of construction and planning of work. The research methods included analysis and synthesis, comparison and generalization, deduction. The results are as follows: the features of the project management system construction were studied, the main problems were considered and ways of their solution were proposed.

© В.В. Лучкина, В.В. Ковалев, 2025

УДК 069

ТИМ-технологии в контексте архитектурного наследия

В.В. Клименко, Д.В. Гулякин, Е.П. Шнурникова,
С.А. Кошелева

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

Ключевые слова и фразы: реставрация; архитектурное наследие; информационное моделирование; лазерное сканирование; фотограмметрия; 3D-модель; ТИМ-модель.

Аннотация. Цель: определить, как информационное моделирование может быть использовано для сохранения и изучения архитектурного наследия.

Задачи: проанализировать существующие методы информационного моделирования (ТИМ, 3D-моделирование и т.д.) и рассмотреть теоретические основы. Оценить влияние информационного моделирования на процессы сохранения архитектурного наследия. Определить необходимые инструменты и технологии для реализации данных рекомендаций. Изучить примеры успешного применения информационного моделирования в архитектуре.

Гипотеза исследования: ТИМ-технологии представляют собой перспективный инструмент для сохранения и реставрации объектов архитектурного наследия.

Методы: исследование основано на комплексном подходе, включающем анализ научной литературы.

Достигнутые результаты: представлен систематизированный обзор существующих методов и технологий для работы с объектами архитектурного наследия, произведена оценка преимуществ и недостатков ТИМ и реставрации исторических зданий, выявлены ключевые ограничения применения ТИМ в данной области.

Архитектурное наследие представляет собой неотъемлемую часть культурного и исторического контекста любого общества. Оно отражает достижения и традиции предшествующих поколений, служит символом идентичности и памяти народа. Значение архитектурного наследия в культуре и истории трудно переоценить. Оно не только обогащает культурный ландшафт, но и способствует развитию туризма, образованию и местной экономике. В связи с этим сохранение архитектурного наследия является одной из важнейших

задач современного общества. Однако с каждым годом объекты наследия сталкиваются с новыми угрозами. Быстрая урбанизация приводит к разрушению исторических зданий и изменению исторического ландшафта. В таких условиях сохранение архитектурного наследия становится не просто желательной задачей, а необходимостью.

Традиционные методы реставрации хотя и имеют свою ценность, часто сталкиваются с рядом ограничений. Во-первых, они могут быть недостаточно интегрированными, что приводит к фрагментарному подходу в работе с объектами наследия. Во-вторых, использование устаревших технологий и методов может не учитывать современные требования и условия. Согласно Постановлению Правительства РФ от 5 марта 2021 г. № 331, с 2022 г. применение технологий ТИМ-моделирования станет обязательным на объектах госзаказа, финансируемых из бюджета Российской Федерации, – от федеральных до муниципальных, вне зависимости от их стоимости. Таким образом, все договоры, заключенные после 1 января 2022 г. на строительство школ, больниц, детских садов и прочих объектов, финансируемых за государственный счет, должны иметь положения о формировании и использовании ТИМ-модели.

В этом контексте актуальность исследования применения информационного моделирования (далее – **ТИМ**) становится очевидной. Традиционные методы реставрации часто оказываются недостаточными для эффективного сохранения объектов наследия, что подчеркивает необходимость интеграции новых технологий.

Информационное моделирование зданий представляет собой мощный инструмент, который может значительно улучшить процесс документирования, анализа и реставрации объектов наследия. ТИМ-модель становится единым центром управления информацией о проекте, обеспечивая запись, хранение и распространение информации, доступной всем участникам строительного процесса, что устраняет дублирование информации, минимизирует риск ошибок и обеспечивает единое представление о проекте [1].

Информационная модель – это структурированная информация о проектируемом, существующем и даже утраченном объекте, которая пригодна для компьютерной обработки, но при этом необходимо учитывать, что полученная информация должна быть скоординированной нужным образом, согласованной и взаимосвязанной, включающей геометрическую привязку, а также быть пригодной для расчетов и количественного анализа [2].

С помощью технологий информационного моделирования можно эффективно анализировать сценарии реставрации объектов культурного наследия, оценивать их влияние и выбирать оптимальные решения. ТИМ также способствует лучшему сотрудничеству между специалистами и использует передовые цифровые технологии для создания точных моделей.

Ключевыми технологиями в ТИМ являются лазерное сканирование и цифровая фотограмметрия. Лазерное сканирование позволяет с высокой точностью измерять геометрию объектов, создавая «облако точек» – массив данных для трехмерной модели. Обработка облака точек осуществляется в специализированном ПО, после чего данные передаются в системы автоматизированного проектирования (**САПР**) для создания BIM-модели.

Фотограмметрия, в свою очередь, использует фотосъемку для создания 3D-моделей. Объект фотографируется с разных ракурсов, а затем программное обеспечение анализирует изображения и формирует облако точек. Этот метод особенно полезен для детального измерения элементов декора зданий.

В итоге облако точек представляет собой точную цифровую запись объекта, состоящую из множества координат, что позволяет сохранить детали и характеристики объектов культурного наследия.

Одним из успешных примеров сохранения культурного наследия с помощью ТИМ является восстановление собора Нотр-Дам в Париже после пожара 2019 г. До пожара специалисты уже отмечали необходимость реставрации, но после катастрофы привлекли множество частных доноров. Однако для восстановления сгоревших элементов требовались точные данные о состоянии собора, которых не было. К счастью, в 2010 г. искусствовед провел лазерную съемку, ставшую единственным достоверным источником информации о геометрии здания [3]. В ответ на пожар компания Autodesk создала ТИМ-модель собора «до пожара» на основе данных лазерного сканирования. Эта модель позволила детально проанализировать состояние собора и разработать меры по его восстановлению. В сотрудничестве с EPA Autodesk разработала ТИМ-модель в Revit, учитывая структурные элементы здания. Модель использовалась для планирования логистики, размещения кранов и обеспечения безопасности на объекте.

Таким образом, восстановление Нотр-Дам демонстрирует, как ТИМ-моделирование может помочь в сохранении объектов культурного наследия, создавая точную цифровую копию для их восстановления.

Применение ТИМ-технологий в работе с объектами культурного наследия имеет ряд преимуществ:

1. Сохранение исторического облика.
2. Анализ состояния здания.
3. Оптимизация процесса реконструкции.
4. Виртуальная реконструкция.
5. Долгосрочное техническое обслуживание.

Несмотря на значительные преимущества, в процессе использования информационного моделирования возникает множество проблем. Технические аспекты включают необходимость в высококвалифицированных специалистах, способных работать с современными технологиями; недостаток стандартов и протоколов может привести к несоответствиям в данных и затруднениям в их интерпретации. Кроме того, на сегодняшний день современные стандарты требуют полного введения в процесс строительства в том числе объектов культурного наследия, однако на данный момент нет общей структурированной базы данных, где хранились бы все цифровые модели.

Несмотря на существующие проблемы, перспективы развития информационного моделирования в области архитектурного наследия выглядят многообещающими. Инновационные подходы, такие как использование искусственного интеллекта для анализа данных и автоматизации процессов, могут значительно упростить работу специалистов. Кроме того, взаимодействие с международными стандартами и практиками позволит создать единое пространство для обмена знаниями и опытом. Это может привести к более эффективному сотрудничеству между странами и организациями, занимающимися сохранением архитектурного наследия.

Таким образом, информационное моделирование представляет собой мощный инструмент для сохранения и изучения архитектурного наследия. Оно позволяет создавать детализированные цифровые модели, которые могут быть использованы для анализа, планирования и управления проектами. Важно продолжать исследовать возможности ТИМ

в контексте архитектурного наследия, для того чтобы обеспечить сохранение уникальных объектов для будущих поколений. С учетом культурной, исторической и экономической значимости архитектурного наследия интеграция современных технологий в процессы его сохранения становится не только актуальной, но и необходимой задачей.

Литература

1. Планирование строительного производства с применением технологий информационного моделирования / С.А. Кошелева, В.Р. Иванчук, В.П. Гончаровская, Д.В. Гулякин // Components of Scientific and Technological Progress. – 2024. – № 10(100). – С. 22–26. – EDN IXTOBY.
2. Савченко, Р.Н. Основные принципы и особенности BIM технологии / Р.Н. Савченко // Вопросы науки и образования. – 2018. – № 27(39) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-printsiipy-i-osobennosti-bim-tehnologii>.
3. Digital Tools Join Traditional Methods for Notre Dame Rebuild // ENR [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.enr.com/articles/51650-digital-tools-jointraditional-methods-for-notre-dame-rebuild>.
4. Мартынова, А.Д. Современные перспективы цифровизации строительной сферы / А.Д. Мартынова, С.Г. Васильева, С.А. Кошелева, Д.В. Гулякин // Components of Scientific and Technological Progress. – 2024. – № 5(95). – С. 103–107.

References

1. Planirovanie stroitel'nogo proizvodstva s primeneniem tekhnologii informatsionnogo modelirovaniia / S.A. Kosheleva, V.R. Ivanchuk, V.P. Goncharovskaia, D.V. Guliakin // Components of Scientific and Technological Progress. – 2024. – № 10(100). – S. 22–26. – EDN IXTOBY.
2. Savchenko, R.N. Osnovnye printsiipy i osobennosti BIM tekhnologii / R.N. Savchenko // Voprosy nauki i obrazovaniia. – 2018. – № 27(39) [Electronic resource]. – Access mode : <https://cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-printsiipy-i-osobennosti-bim-tehnologii>.
4. Martynova, A.D. Sovremennye perspektivy tcifrovizatscii stroitel'noi sfery / A.D. Martynova, S.G. Vasileva, S.A. Kosheleva, D.V. Guliakin // Components of Scientific and Technological Progress. – 2024. – № 5(95). – S. 103–107.

TIM-Technologies in the Context of Architectural Heritage

V.V. Klimenko, D.V. Gulyakin, E.P. Shnurnnikova, S.A. Kosheleva

Kuban State Technological University, Krasnodar (Russia)

Key words and phrases: restoration; architectural heritage; information modeling; laser scanning; photogrammetry; 3D model; **TIM** model.

Abstract. The objective of the study is to determine how information modeling can be used to preserve and study architectural heritage. The tasks are to analyze existing methods of information modeling (TIM, 3D modeling, etc.) and consider the theoretical foundations; to assess the impact of information modeling on the processes of architectural heritage preservation; to determine the necessary tools and technologies for the implementation of these recommendations; to study examples of successful application of information modeling in architecture. The research hypothesis suggests that TIM technologies are a promising tool for the preservation and restoration of architectural heritage objects. The study is based on an integrated approach, including the analysis of scientific literature. As a result of the study, a systematic review of existing methods and technologies for working with architectural heritage objects is provided, the advantages and disadvantages of TIM for solving the problems of preservation and restoration of historical buildings are assessed, key limitations of TIM application in this area are identified.

© В.В. Клименко, Д.В. Гулякин, Е.П. Шнурникова, С.А. Кошелева, 2025

УДК 338.2

Features and Main Directions of Energy Saving Policy in Russia and Foreign Countries

N.Yu. Savvin, R.V. Lesovik, A.G. Shevtsova, E.O. Sheremet

*Belgorod State Technological University named
after V.G. Shukhov,
Belgorod (Russia)*

Key words and phrases: dynamics; political vector; forecasting; energy production; energy saving.

Abstract. The article is devoted to the analysis of the features and directions of energy saving policy in Russia and foreign countries. The key aspects of the formation and use of energy resources are considered and, therefore, the purpose of the article is to compare foreign experience with Russian practice in the field of energy saving and resource conservation. To achieve this goal, it is necessary to analyze the dynamics of energy consumption and production, energy efficiency indicators, identify the share of renewable energy sources and establish the role of the state in the development of energy saving technologies. To accomplish these tasks, an analysis of modern scientific and technical literature was carried out. The hypothesis of the study is to determine positive trends in reducing the energy intensity of GDP and increasing the use of renewable energy sources in various countries. As a result of the study, it was found that the Russian Federation, along with the United States and China, is actively developing the use of renewable energy sources, such as solar and wind energy, to reduce dependence on traditional energy resources. Also, as a result of considering the prospects for the development of the fuel and energy complex of Russia until 2035, including plans for the implementation of Russian dispatch control systems and software, it was possible to identify key trends in national policy.

In modern conditions of the national economy development, the state pursues a policy aimed at ensuring a decent standard of living for the population. One of the key aspects in this matter is considered to be energy saving policy [1].

This policy consists of a set of measures on the issues of formation and use of energy resources. It is especially worth noting the fact that in many countries of the world the issue

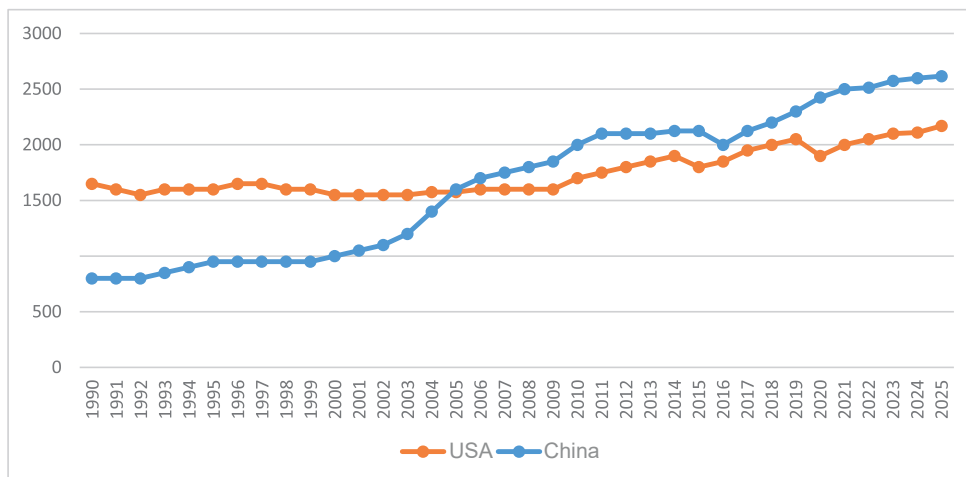


Fig. 1. Total energy consumption (billion Wh)

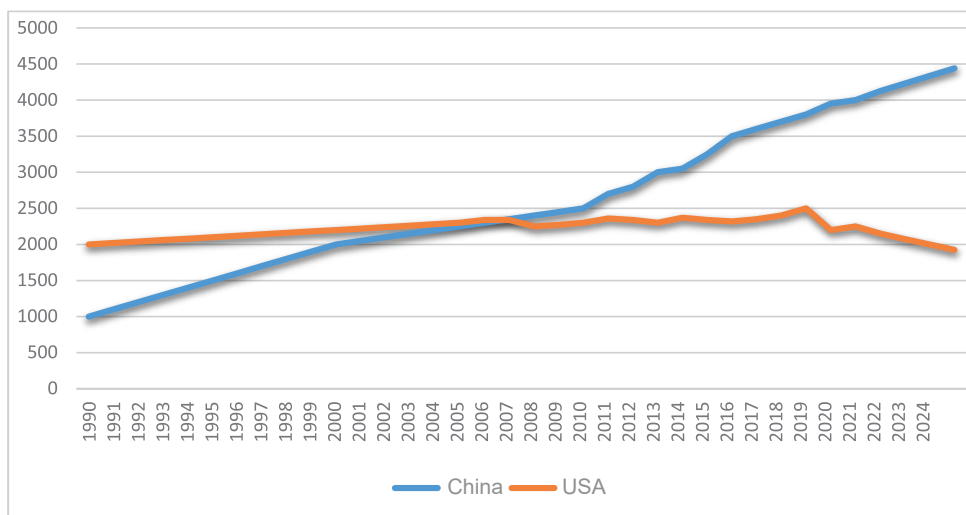


Fig. 2. Energy production (billion Wh)

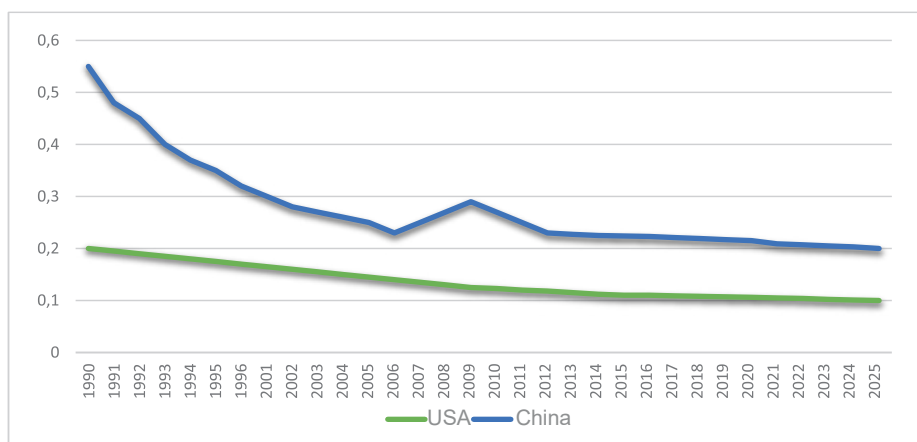


Fig. 3. Energy intensity of GDP at constant purchasing power parity (t.c.f./\$); (t.c.f./15 RUB)

of formation and rational use of energy is a priority goal and task, and long-term projects are regularly developed and actively implemented on this issue [2].

Recently, most developed countries have been actively using solar batteries for the economy of electric energy. These batteries perform an important mission, providing electricity not only to residential areas, but also to industrial production [3].

It is important for the state to actively develop and support energy and energy saving policy, since this direction is the future.

The purpose of this paper is to study the domestic and foreign experience of energy saving policy. To achieve this goal, it is necessary to solve a number of problems, including:

- 1) studying the foreign experience of energy saving policy;
- 2) assessing the energy saving policy in Russia, its features and directions.

The implementation of the set goals is carried out using the analytical method and comparative analysis of statistical data published in open peer-reviewed sources.

The scientific basis of the study is represented by a wide range of scientific studies including those of domestic researchers on energy security issues. At the same time, the legal basis of the study is represented by regulatory and legal acts.

The global trend in energy and energy-saving policy in recent years has increasingly been moving towards the transfer and abandonment of fuel and energy complex products [4]. According to experts, this trend will be implemented in the long term in many countries around the world. However, significant positive changes in this matter are already visible [5].

To study foreign experience in implementing energy-saving policies in world countries, we study various indicators using the example of large economically developed countries, such as China and the United States [6]. It is important to note that all further studies will be carried out with a forecast for 2025.

Let us begin the study by considering the total volume of energy consumption in these countries, the dynamic aspect of which is presented in Fig. 1 [7].

Analyzing the available data in Fig. 1, it is worth noting that in recent years, the total energy consumption in the United States has been at approximately the same level relative to the current year to the previous one. At the same time, in China, this trend has a purely positive dynamic, and in recent years, the volume of energy consumption in China has grown by more than 13 %. At the next stage, we will conduct a comparative analysis of the volumes of energy production in the United States of America and in the People's Republic of China. The results of the comparative analysis are presented in Fig. 2 [8].

Analyzing the data in Fig. 2, it can be noted that in recent years, the total volume of energy production in China and the United States has grown significantly compared to similar indicators of previous years. It is important to note that the United States and China are characterized by a decrease in production in 2016 and significant growth after this decline. In order to conduct further research, we will turn to the dynamic consideration of the GDP energy intensity indicator, which is examined more clearly in the analytical aspect in Fig. 3 [9]. Analyzing the presented data, it can be noted that in recent years, a significant decline can be observed with a more detailed analysis of this indicator. Moreover, this dynamic decline is observed both in the United States and China.

A more detailed study of the statistical data shows that the decline in the GDP energy intensity indicator in China is more "rapid", and in recent years, this indicator has decreased by more than 14 % compared to previous years.

The decrease in this indicator in the analysis of the USA is observed more smoothly and in recent years has amounted to only 2–6 % of similar indicators of previous years.

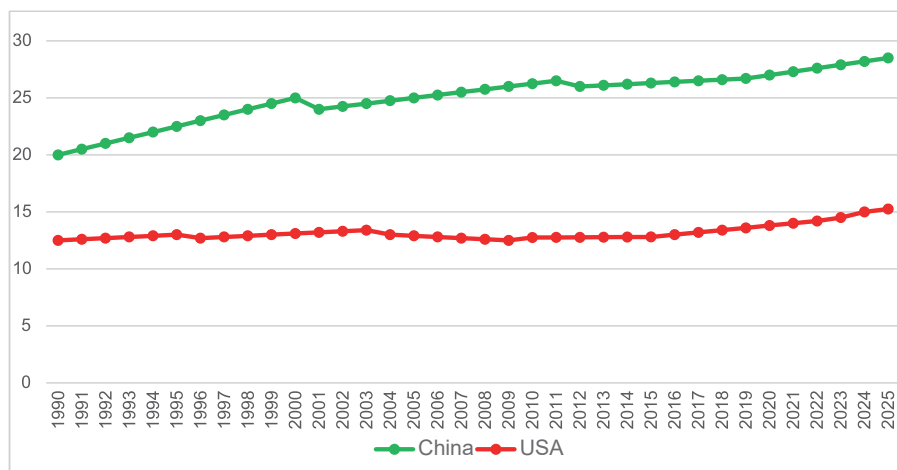


Fig. 4. The amount of renewable energy sources in electricity production, %

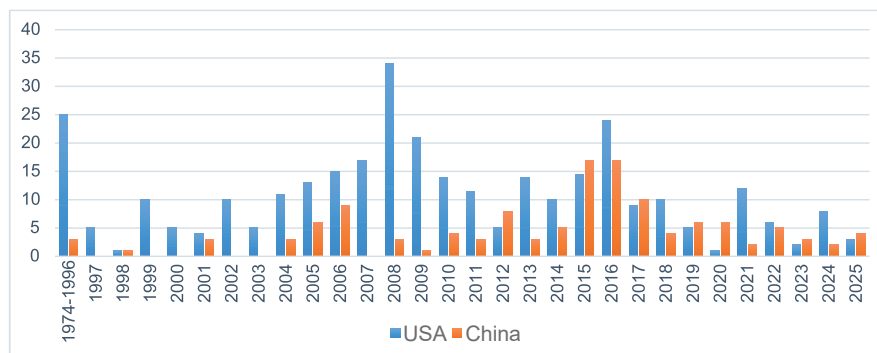


Fig. 5. Number of adopted political decisions

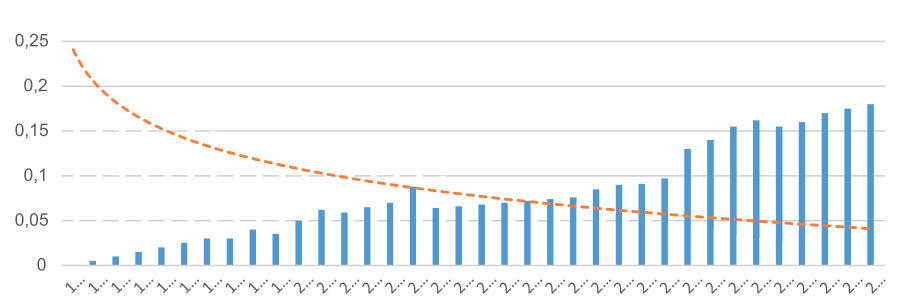


Fig. 6. Energy efficiency policy (cumulative total) and energy intensity of GDP in the USA

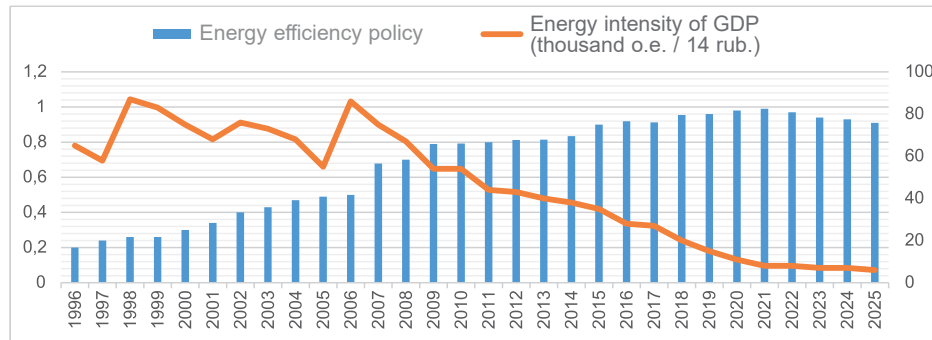


Fig. 7. Energy efficiency policy (cumulative total) and energy intensity of GDP in China

Note: oil equivalent, i.e. the amount of energy that can be obtained from 1 ton of oil.

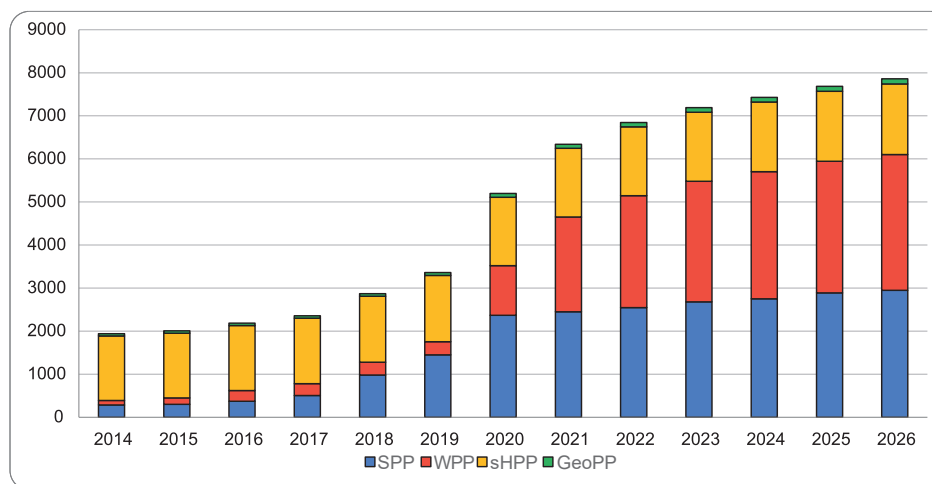


Fig. 8. Development in power equivalent of natural energy sources in the Russian Federation

Note: SPP – solar power plants; WPP – wind power plants; sHPP – small hydroelectric power plants; GeoPP – geothermal power plants.

Let's conduct a similar study for these same countries in dynamic terms of the use of renewable energy sources (**RES**) and display the results in Fig. 4.

Analyzing the presented data, one can notice a positive trend, which is typical for both the USA and China:

- the growth of renewable energy sources in the USA production in recent years has amounted to 7–9 %;
- the growth of renewable energy sources in China production in recent years has amounted to 10–13 %.

Such active implementation of renewable energy sources is due to the political vector being pursued in the country, which has an increasing emphasis on resource conservation, improving environmental stress and finding cheap energy sources [10]. Figure 5 shows the number of political decisions taken in the USA and China to integrate renewable sources into the general energy system.

As a result of the study, it was established that decisions made in the field of resource conservation, energy efficiency in each country contribute to improving the quality of energy, reducing the harmonic component in the power grid and, in general, reducing the load on traditional energy sources during peak hours. This ratio is shown in Figs. 6 and 7.

Experience shows that at the initial stages of implementing energy conservation policies in countries with developed market economies, the state plays a key role, despite the presence of private initiative and market mechanisms [11].

The state plays a primary role in defining strategic goals, developing legal frameworks and regulations, implementing government initiatives and creating financial instruments to support these processes.

The conducted research on the energy saving policy of China and the United States showed that the governments of these countries are moving in the right direction, and in recent years they have done a lot of work on the economic feasibility of the formation and use of energy resources in their countries.

Various scientists in their scientific works and publications identify a number of stages in the emergence and development of the fuel and energy complex in the Russian Federation: coal (19th – 20th centuries), oil (1950–1960) and oil and gas (from 1980 to the present) [12].

To conduct further comprehensive research, we will analyze the dynamics of the total installed capacity of renewable energy facilities in Russia. The results are presented in Fig. 8.

Having studied the available data, we can conclude that the main segment in the structure of the installed capacity of renewable energy facilities in Russia are solar (**SES**) and wind power plants (**WPP**).

An analysis of the available data allows us to state that in recent years there has been an increase in the number of renewable energy facilities in the Russian national economy, which is accompanied by an increase in their installed capacity.

The Government of the Russian Federation has formulated promising areas for the development of the fuel and energy complex in the Russian Federation [13].

In summary, it should be emphasized that by 2035 Russia plans to gradually transition to the use of domestic dispatch control systems, as well as software for data collection and control at key facilities of the fuel and energy complex and the main elements of its information infrastructure.

A study of the features and main directions of energy saving policy in Russia and foreign countries made it possible to identify key trends and compare the approaches of different countries to the formation and use of energy resources. The analysis showed that many countries are actively developing renewable energy sources, such as solar and wind energy, seeking to reduce dependence on traditional hydrocarbon resources and reduce the negative impact on the environment.

In particular, Russia has seen significant success in improving energy efficiency and expanding the use of renewable energy sources. Despite this, much work remains to be done to achieve the ambitious goals set by the government, including modernization of the energy system and an increase in the share of renewable sources in total energy consumption.

Thus, the study confirms the need to continue active state policy in the field of energy conservation and energy efficiency, which will allow Russia to strengthen its position in the global energy market and contribute to the global fight against climate change.

References

1. Гоя, Б. Особенности и основные направления торговой политики стран Центральной Азии на современном этапе / Б. Гоя // Экономические науки. – 2022. – № 217. – С. 463–467. – DOI: 10.14451/1.217.843. – EDN LTOOIB.
2. Фадеева, Т.В. Особенности кластерной политики в России и в зарубежных странах / Т.В. Фадеева // Вестник Тихоокеанского государственного университета. – 2021. – № 2(61). – С. 103–112. – EDN SLTFZK.
3. Dubovitski, A.A. Regional Features of Innovative Development and Differentiation of Directions of Innovation Policy of Russia / A.A. Dubovitski, E.A. Klimentova, M. A. Rogov // Journal of Process Management and New Technologies. – 2021. – Vol. 9. – № 3–4. – P. 121–132. – DOI: 10.5937/jpmnt9-35068. – EDN JAHJWL.
4. Горбунов, М.А. Денежно-кредитная политика России на современном историческом этапе: основные направления, оценка и взаимосвязь с бюджетной политикой / М.А. Горбунов // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика. – 2024. – № 2. – С. 138–147. – DOI: 10.24143/2073-5537-2024-2-138-147. – EDN LQJNEZ.
5. Василькова, С.В. Основные направления развития энергетического права в зарубежных странах / С.В. Василькова // Экономика. Право. Общество. – 2024. – Т. 9. – № 3(39). – С. 95–104. – DOI: 10.21686/2411-118X-2024-3-95-104. – EDN HBJMUU.
6. Кашин, В.Б. Китайская политика помощи зарубежным странам: основные принципы и направления / В.Б. Кашин, А.С. Королев, А.С. Пятачкова // Китай в мировой и региональной политике. История и современность. – 2017. – Т. 22. – № 22. – С. 204–218. – DOI: 10.24411/9785-0324-2017-00014. – EDN ZNLMBH.
7. Голобоков, А.С. Особенности проведения внешней политики России, США и Китая в АТР на современном этапе / А.С. Голобоков, В.Е. Вознесенский, О.О. Пироговская // Международные отношения. – 2017. – № 1. – С. 44–51. – EDN YHWOMF.
8. Ревина, С.Ю. К вопросу о политике энергоэффективности в США и Китае / С.Ю. Ревина // Экономический вестник ИПУ РАН. – 2022. – Т. 3. – № 3. – С. 53–70. – DOI: 10.25728/econbull.2022.3.5-revinova. – EDN COFOBL.
9. Букреев, С.А. Региональная структурная политика США и Китая – возможности применения в российских условиях / С.А. Букреев // Вестник Воронежского государственного университета. – Серия: Экономика и управление. – 2014. – № 4. – С. 76–82. – EDN TTHPVN.
10. Андреев, О.С. Возобновляемые источники энергии и проблемы развития нетрадиционных источников энергии / О.С. Андреев // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. – 2023. – № 2. – С. 200–203. – EDN GUWSHK.
11. Синтез электротехнических комплексов генерирования электрической энергии использующих возобновляемые источники энергии / О.В. Архипова, А.В. Денисенко, М.А. Крохалев [и др.] // Инженерный вестник Дона. – 2020. – № 12(72). – С. 240–251. – EDN ZMSFYX.
12. Экологические требования являются важным показателем, определяющим реформы в отечественном топливно-энергетическом комплексе / С. Эсенмурадова, М. Батырова, Г. Исмаелов, Ш. Гарлиев // A Posteriori. – 2025. – № 1. – С. 107–109. – EDN GOMZJI.

13. Бусыгина, А.А. Импортзамещение как вектор развития отрасли энергетики РФ в условиях современных угроз / А.А. Бусыгина, Л.Р. Уразбахтина // Проблемы научной мысли. – 2023. – Т. 5. – № 3. – С. 140–145. – EDN MYPZSD.

References

1. Goia, B. Osobennosti i osnovnye napravleniia torgovoi politiki stran Tsentralnoi Azii na sovremennom etape / B. Goia // Ekonomicheskie nauki. – 2022. – № 217. – С. 463–467. – DOI: 10.14451/1.217.843. – EDN LTOOIB.
2. Fadeeva, T.V. Osobennosti klasternoi politiki v Rossii i v zarubezhnykh stranakh / T.V. Fadeeva // Vestnik Tikhookeanskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2021. – № 2(61). – С. 103–112. – EDN SLTFZK.
4. Gorbunov, M.A. Denezhno-kreditnaia politika Rossii na sovremennom istoricheskom etape: osnovnye napravleniia, otsenka i vzaimosviaz s biudzhetnoi politikoi / M.A. Gorbunov // Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Ekonomika. – 2024. – № 2. – С. 138–147. – DOI: 10.24143/2073-5537-2024-2-138-147. – EDN LQJNEZ.
5. Vasilkova, S.V. Osnovnye napravleniia razvitiia energeticheskogo prava v zarubezhnykh stranakh / S.V. Vasilkova // Ekonomika. Pravo. Obshchestvo. – 2024. – Т. 9. – № 3(39). – С. 95–104. – DOI: 10.21686/2411-118X-2024-3-95-104. – EDN HBJMUU.
6. Kashin, V.B. Kitaiskaia politika pomoshchi zarubezhnym stranam: osnovnye printcipy i napravleniia / V.B. Kashin, A.S. Korolev, A.S. Piatachkova // Kitai v mirovoi i regionalnoi politike. Istoriia i sovremennost. – 2017. – Т. 22. – № 22. – С. 204–218. – DOI: 10.24411/9785-0324-2017-00014. – EDN ZNLMBH.
7. Golobokov, A.S. Osobennosti provedeniia vneshnei politiki Rossii, SShA i Kitaia v ATR na sovremennom etape / A.S. Golobokov, V.E. Voznesenskii, O.O. Pirogovskaia // Mezhdunarodnye otnosheniia. – 2017. – № 1. – С. 44–51. – EDN YHWOMF.
8. Revinova, S.Iu. K voprosu o politike energoeffektivnosti v SShA i Kitae / S.Iu. Revinova // Ekonomicheskii vestnik IPU RAN. – 2022. – Т. 3. – № 3. – С. 53–70. – DOI: 10.25728/econbull.2022.3.5-revinova. – EDN COFOBL.
9. Bukreev, S.A. Regionalnaia strukturnaia politika SShA i Kitaia – vozmozhnosti primeneniia v rossiiskikh usloviakh / S.A. Bukreev // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. – Seriya: Ekonomika i upravlenie. – 2014. – № 4. – С. 76–82. – EDN TTHPVN.
10. Andreev, O.S. Vozobnovliaemye istochniki energii i problemy razvitiia netraditsionnykh istochnikov energii / O.S. Andreev // Konkurentosposobnost v globalnom mire: ekonomika, nauka, tekhnologii. – 2023. – № 2. – С. 200–203. – EDN GUWSHK.
11. Sintez elektrotekhnicheskikh kompleksov generirovaniia elektricheskoi energii ispolzuiushchikh vozobnovliaemye istochniki energii / O.V. Arkhipova, A.V. Denisenko, M.A. Krokhaev [i dr.] // Inzhenernyi vestnik Dona. – 2020. – № 12(72). – С. 240–251. – EDN ZMSFYX.
12. Ekologicheskie trebovaniia iavliaiutsia vazhnym pokazatelem, opredeliaiushchim reformy v otechestvennom toplivno-energeticheskom komplekse / S. Esenmuradova, M. Batyrova, G. Ismaelov, Sh. Garliev // A Posteriori. – 2025. – № 1. – С. 107–109. – EDN GOMZJI.
13. Busygina, A.A. Importozameshchenie kak vektor razvitiia otrasli energetiki RF v usloviakh sovremennykh ugroz / A.A. Busygina, L.R. Urazbakhtina // Problemy nauchnoi mysli. – 2023. – Т. 5. – № 3. – С. 140–145. – EDN MYPZSD.

Особенности и основные направления энергосберегающей политики в России и зарубежных странах

Н.Ю. Саввин, Р.В. Лесовик, А.Г. Шевцова, Е.О. Шеремет

*ФГБОУ ВО «Белгородский государственный
технологический университет имени В.Г. Шухова»,
г. Белгород (Россия)*

Ключевые слова и фразы: динамика; политический вектор; прогнозирование; производство энергии; энергосбережение.

Аннотация. Статья посвящена анализу особенностей и направлений энергосберегающей политики в России и зарубежных странах. Рассматриваются ключевые аспекты формирования и использования энергетических ресурсов, и, следовательно, целью статьи является проведение сравнения зарубежного опыта с российской практикой в области энергосбережения и ресурсосбережения. Для реализации этой цели необходимо проанализировать динамику потребления и производства энергии, показатели энергоэффективности, выявить долю возобновляемых источников энергии и установить роль государства в развитии энергосберегающих технологий. Для выполнения поставленных задач осуществлен анализ современной научной и технической литературы. Гипотезой исследования является определение положительных тенденций в снижении энергоемкости ВВП и увеличении использования возобновляемых источников энергии в различных странах. В результате исследования установлено, что Российская Федерация, наряду с США и Китаем, активно развивает концепцию возобновляемых источников энергии, таких как солнечная и ветровая энергетика, для снижения зависимости от традиционных энергоресурсов. Также рассмотрение перспектив развития топливно-энергетического комплекса России до 2035 года, включая планы по внедрению российских систем диспетчерского управления и программного обеспечения, позволило выявить ключевые тенденции национальной политики.

© N.Yu. Savvin, R.V. Lesovik, A.G. Shevtsova, E.O. Sheremet, 2025

УДК 69.009.1

Описание процесса создания цифрового двойника на основе возможностей строительной сферы Ирака

Д.В. Топчий, О.Д. Альоода

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

Ключевые слова и фразы: алгоритм; строительство; моделирование; цифровой двойник; параметры проекта; методика исследования.

Аннотация. В данной статье рассмотрены принципы, параметры и свойства цифрового двойника в строительной области. Приведены этапы и цели его создания; рассмотрены алгоритмы создания и параметры цифрового двойника строительного проекта; предложен оптимальный вариант для Ирака; описано несколько вариантов алгоритмов создания цифрового двойника на основе предыдущих исследований и разработок, а также опыта авторов в этой области. Даны подробные характеристики особенностей разработки объектов строительства с использованием цифровых двойников, приведены примеры использования цифрового двойника в Российской Федерации и за рубежом, показано, как внедрение данной технологии повлияло на реализацию строительных проектов. Результаты: даны рекомендации в области разработки алгоритма цифрового двойника для реализации строительных проектов в Ираке.

В связи с бурным развитием строительной промышленности во всем мире и с ростом уровня сложности возведения зданий и сооружений возникает необходимость моделирования процесса строительства для наиболее тщательного планирования всех этапов работ по возведению объекта, что позволит выявить потенциальные проблемы, найти наиболее эффективные пути их разрешения и оптимизировать затраты ресурсов.

Цель исследования: рассмотреть алгоритмы создания и параметры цифрового двойника строительного проекта. Предложить оптимальный вариант для Ирака.

Объект исследования: цифровой двойник в реализации строительных проектов.

Цифровой двойник [14] – это цифровая модель любых объектов, систем, процессов и людей. Цель создания цифрового двойника – смоделировать, что будет происходить с оригиналом в тех или иных условиях.



Рис. 1. Схема создания цифрового двойника

Такая модель, тесно взаимосвязанная с оригиналом, позволяет сэкономить время и средства, а также избежать вреда для людей и окружающей среды [1].

Задачи цифрового двойника: проведение тестового запуска проекта без существенных затрат; обнаружение потенциальных проблем до запуска объекта; снижение возможных рисков; повышение эффективности эксплуатации объекта до начала строительных работ за счет наиболее детального планирования строительства.

Рассмотрим процесс создания цифрового двойника (рис. 1):

Объект реализации – это конкретный строительный проект, для которого ведется разработка схемы создания цифрового двойника.

Определение проблемы реализации состоит в исследовании будущего объекта строительства, составлении его технологической карты с учетом всех возможных процессов и характеристик, а также изучения объекта в разных условиях.

Постановка целей и задач – это составление списка необходимых действий для процесса создания цифрового двойника.

Проведение предметного исследования – это изучение имеющейся об объекте информации, ее анализ и дальнейшая систематизация.

Разработка методики исследования – это конечная цель создания цифрового двойника, по которой будет проводиться исследование будущего реального объекта строительства.

Алгоритм – это четкая последовательность определенных действий, выполнение которых ведет к достижению поставленной цели. Для корректного выполнения некоторых задач, где необходимо использование цифровых технологий, применяются структурированные алгоритмы [2]. Для исследования всех возможных ситуаций в реальном объекте создаются цифровые двойники, позволяющие проверить его работу как в нормальном режиме эксплуатации, так и в нештатных ситуациях. Такие инструменты дают возможность корректировки строительства объекта еще на стадии чертежа. Свойства цифрового двойника определяют его функциональность и возможности, позволяя оптимизировать процессы строительства. К основным свойствам цифрового двойника относятся:

- связность обеспечивает связь виртуального и реального объектов;



Рис. 2. Алгоритм создания цифрового двойника [5]

- реальное время существования цифрового двойника может быть до момента ввода в эксплуатацию реального объекта, что позволяет смоделировать весь цикл его возведения;
- интеграция с производством дает возможность использовать преимущества виртуальной модели на всех этапах реализации строительного объекта;
- точность и достоверность цифрового двойника базируются на математических данных и расчетах, что позволяет достичь высокого уровня результативности;
- интерактивность позволяет человеку взаимодействовать с моделью, изменять параметры и отслеживать изменения в реальном времени;
- прогнозирование и оптимизация позволяют анализировать поведение объекта и на основе полученных данных, в свою очередь, выявить проблемные места в реализации проекта, минимизировать риски и повысить экономическую эффективность;
- мониторинг предоставляет возможность постоянного отслеживания процессов на объекте, анализировать данные и вносить своевременные корректировки;
- с помощью цифрового двойника проект можно обеспечить виртуальными испытаниями, что позволит сократить затраты временного ресурса [3].

Виртуальные двойники широко применяются во многих сферах деятельности человека. В строительной сфере применение цифровых двойников дает возможность визуализировать будущие объекты строительства. Возможна даже виртуализация целых кварталов. Такой инструмент позволяет заранее получить информацию о том, что произойдет с реальным объектом при различных климатических воздействиях и нагрузках на несущие конструкции [4].

Рассмотрим алгоритм создания цифрового двойника объекта строительства (рис. 2):

Начало каждого этапа зависит от завершения предыдущего. Если предыдущий этап не был хорошо и тщательно проработан, то последующий этап может показать в результате недостоверные данные.

Существует необходимость на начальном этапе наладить все алгоритмы функционирования объекта, затем проверить все предположения по возможному поведению объекта в различных ситуациях. Главное в этой задаче – рассмотреть и зафиксировать поведение объекта в нештатных ситуациях, когда нарушается нормальное функционирование реализуемого объекта [6; 9; 13].

Авторы настоящей статьи предлагают описание следующих особенностей строительных проектов с участием цифровых двойников:

1. Технические особенности проектов цифровых двойников – с учетом того, что платформы для моделирования не всегда позволяют отразить все элементы оборудования, необходимые для реального проекта, возникает потребность самостоятельного конструирования отдельных элементов. Это может привести к сложностям в моделировании и, как следствие, не очень успешным результатам этого процесса.

2. Сроки проектирования цифровых двойников зависят от сложности проекта. Поэтому может получиться ситуация, что эти временные интервалы будут сопоставимы с длительностью этапа проектирования самого реального объекта. Тогда, в дальнейшем, разработка двух проектов будет идти параллельно.

3. Особенности финансирования создания цифровых двойников. Оптимальный вариант для предприятия – делегировать создание платформы внешнему исполнителю, в таком случае расходы на приобретение лицензии лягут на партнера предприятия.

4. Повышенное качество проектирования выражается в том, что оптимальное решение для реального проекта вырабатывается на самом раннем этапе проектирования. Цифровой двойник в таком случае позволит избежать больших затрат в реальном производственном процессе при необходимости его корректировки.

Правки вносятся на этапе проектирования цифрового двойника, если было выявлено какое-либо слабое звено в будущем реальном проекте. На практике такие изменения повлекут за собой большие сложности и расходы.

В результате анализа генерального плана жилищного строительства Ирака можно сделать вывод, что нормативы в этой отрасли необходимо скорректировать с учетом социальных и демографических особенностей иракских жителей, а также особенностей экономики [7].

Планы жилищного строительства до 2030 г. предусматривают увеличение общего количества жилья более чем в три раза. На фоне такого планируемого роста возникает острая необходимость разработки алгоритма создания цифрового двойника промышленного проекта.

В настоящее время в мире активно используются технологии создания цифровых двойников. Основная концепция цифрового двойника представляет собой взаимосвязанную цифровую модель с физической копией объекта, которая корректируется и обновляется в режиме реального времени при любых изменениях в конструкции или прочих характеристиках реального здания, а также при поступлении различной информации и данных о физическом объекте и проекте в целом [9].

На данный момент в 2025 г. в России и на международном рынке существует большое количество реальных строительных компаний, которые внедряют цифровые двойники в реализацию своих проектов, и в их числе: ГК «ПИК», ГК «Эталон», «СтройИнновация», «Bechtel Corporation». На примере конкретных строительных проектов можно выделить ЖК «Новый горизонт»: данный проект является жилым комплексом класса «комфорт» компании «СтройИнновация». По данным компании, внедрение цифрового двойника в проект позволило сократить общую продолжительность реализации проекта на 10 %, оптимизи-

ровать и сократить расходы на 15 %, что в конечном итоге вылилось в серьезную экономическую выгоду в 23 млн руб. [10].

Анализ международного опыта применения цифровых двойников в сфере строительства позволяет выделить ряд преимуществ внедрения такой технологии: возможность совместного проектирования, управления проектами и ускоренный обмен данными. Один из самых ярких примеров применения цифровых двойников на международном уровне – это строительство нового терминала в аэропорту Гонконга, известного как Hong Kong International Airport (**HKIA**). В рамках данного проекта строительные компании из Великобритании “Foster and Partners” [15], США “AECOM” участвовали в реализации данного проекта [16], что позволило оптимизировать процесс строительства, обеспечить проект отличным дизайном и высоким уровнем функционала. Возможность совместного проектирования и управления проектом сократила общую продолжительность реализации проекта.

На международной арене одним из примером внедрения цифрового двойника служит реставрация собора Нотр-Дам-де-Пари после пожара 2019 г. С помощью лазерного сканера были получены данные вида собора до пожара и после, что стало ключевым аспектом в восстановлении здания.

После многолетних конфликтов в Ираке активно развивается сфера строительства. Существует необходимость застройки и восстановления разрушенной инфраструктуры. На примере Нотр-Дам-де-Пари мы убедились, что цифровые двойники позволяют ускорить процесс восстановления и улучшить качество новых строительных проектов.

Авторы данного исследования предлагают следующий алгоритм создания цифрового двойника строительного проекта в Ираке [8; 11; 12]:

1. Разработка расчетной модели технологической схемы и технических требований на необходимое оборудование.
2. Выбор оборудования, необходимого для проекта, и загрузка его параметров в расчетную модель проектов.
3. Расчет техпроцесса с учетом параметров выбранного оборудования.
4. Загрузка полученных в модели параметров в модель для расчетов технико-экономических показателей реализуемого проекта.
5. Применение расчетной модели цифрового двойника на протяжении всего процесса реализации реального строительного проекта.

Выводы

1. С учетом современного оборудования, ресурсов, высокого уровня сложности реализации строительных проектов, а также настоящего положения дел в Ираке существует необходимость создания цифровых двойников строительных проектов для ускорения процессов строительства и восстановления инфраструктуры страны после многолетних военных конфликтов.

2. Алгоритмы создания цифровых двойников разнообразны, выбор оптимального варианта алгоритма всегда надо проводить с учетом всех параметров конкретного проекта.

Литература

1. Топчий, Д.В. Исследование технологий цифровых двойников в строительной отрасли / Д.В. Топчий, О.Ж. Альоода // Строительное производство. – 2024. – № 1(49). – DOI: 10.54950/26585340_2024_1_105.

2. Петров, И.С. Применение технологий цифровых двойников в управлении строительными проектами / И.С. Петров, Д.А. Смирнов // Научный вестник МГСУ. – 2019. – № 14(3). – С. 67–74. – DOI: 10.22227/1999-5553.2019.3.67-74.
3. Иванов, В.А. Цифровые двойники в строительстве: от концепции к практике / В.А. Иванов, Н.П. Киселев // Журнал строительных технологий. – 2021. – № 8(1). – С. 123–134.
4. Красиков, А.А. Применение технологии цифровой двойник при проектировании зданий / А.А. Красиков // Наука и образование: актуальные вопросы, достижения и инновации. – Пенза : Наука и просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2023. – С. 182–184.
5. Мохаммед, С.С.М. Современное проектирование и строительство жилища в Ираке / С.С.М. Мохаммед. Багдад : Изд-во Университета Багдада, 2018 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-sovremennogo-proektirovaniya-istroystva-zhilischa-v-irake/viewer>.
6. Агапов, С.П. Цифровые двойники в строительстве: современные тенденции и перспективы / С.П. Агапов, А.В. Чернявский // Строительство и архитектура. – 2020. – № 6(2). – С. 45–53. – DOI: 10.31897/2226-9996.2020.2.45.
7. Цифровой двойник промышленного предприятия // Смарт : цифровые решения [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://sdisol.ru/solutions/digital-twin>.
8. Савельев, П.В. Цифровые двойники: новые подходы в строительстве / П.В. Савельев // Технологии и управление в строительстве. – 2019. – № 9(3). – С. 15–22. – DOI: 10.22227/tus.2019.3.15.
9. Федоров, М.А. Цифровые двойники как инструмент повышения эффективности строительства / М.А. Федоров, Н.П. Васильев // Научный журнал «Строительство». – 2021. – № 12(2). – С. 90–97. – DOI: 10.31897/str.2021.2.90.
10. Koroteev, D.D. Prospects for the application of digital twins in the construction industry / D.D. Koroteev, A.A. Kim, A.O. Vasiutin // The Eurasian Scientific Journal. 2024. Vol. 16(2). Art. 12SAVN224 [Electronic resource]. – Access mode : <https://esj.today/PDF/12SAVN224.pdf>.
11. Lu, C. Transition from Building Information Models to Digital Twins for Operations and Maintenance / C. Lu, H. Xie, A.K. Parlikad, J.M. Schoiling, E. Konstantinou // Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Smart Infrastructure and Construction. – 2020. – P. 1–11. DOI: 10.1680/jsmic.19.00011.
12. Morgan, B. Organizing for digitization through co-constitution: A case study of a project firm / B. Morgan // Construction Management and Economics. – 2019. – Vol. 37(5). – P. 400–417. – DOI: 10.1080/01446193.2018.1538560
13. Лapidус, А.А. Системный анализ влияния процесса инженерных изысканий при совершенствовании процесса управления жизненным циклом объектов социальной инфраструктуры / А.А. Лapidус, В.А. Локтев // Components of Scientific and Technological Progress. – 2024. – № 2(92). – С. 28–38.
14. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://trends.rbc.ru/trends/industry/6107e5339a79478125166eeb>
15. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://en.wikipedia.org/wiki/Foster_and_Partners
16. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.advantageaustria.org/cn/news/Hong_Kong_Airport_got_a_Digital_Twin.html

References

1. Topchii, D.V. Issledovanie tekhnologii tsifrovyykh dvoinikov v stroitelnoi otrasli / D.V. Topchii, O.Zh. Aloda // Stroitelnoe proizvodstvo. – 2024. – № 1(49). – DOI: 10.54950/26585340_2024_1_105.
2. Petrov, I.S. Primenenie tekhnologii tsifrovyykh dvoinikov v upravlenii stroitelnyimi proektami / I.S. Petrov, D.A. Smirnov // Nauchnyi vestnik MGSU. – 2019. – № 14(3). – S. 67–74. – DOI: 10.22227/1999-5553.2019.3.67-74.
3. Ivanov, V.A. Tsifrovyye dvoiniki v stroitelstve: ot kontsepcii k praktike / V.A. Ivanov, N.P. Kiselev // Zhurnal stroitelnykh tekhnologii. – 2021. – № 8(1). – S. 123–134.
4. Krasikov, A.A. Primenenie tekhnologii tsifrovoy dvoinik pri proektirovanii zdanii / A.A. Krasikov // Nauka i obrazovanie: aktualnye voprosy, dostizheniia i innovatsii. – Penza : Nauka i prosveshchenie (IP Guliaev G.Iu.), 2023. – S. 182–184.
5. Mokhammed, S.S.M. Sovremennoe proektirovanie i stroitelstvo zhilishcha v Irake / S.S.M. Mokhammed. Bagdad : Izd-vo Universiteta Bagdada, 2018 [Electronic resource]. – Access mode : <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-sovremennogo-proektirovaniya-i-stroitelstva-zhilishcha-v-irake/viewer>.
6. Agapov, S.P. Tsifrovyye dvoiniki v stroitelstve: sovremennyye tendentsii i perspektivy / S.P. Agapov, A.V. Cherniavskii // Stroitelstvo i arkhitektura. – 2020. – № 6(2). – S. 45–53. – DOI: 10.31897/2226-9996.2020.2.45.
7. Tsifrovoy dvoinik promyshlennogo predpriiatiia // Smart : tsifrovyye resheniia [Electronic resource]. – Access mode : <https://sdisol.ru/solutions/digital-twin>.
8. Savelev, P.V. Tsifrovyye dvoiniki: novyye podkhody v stroitelstve / P.V. Savelev // Tekhnologii i upravlenie v stroitelstve. – 2019. – № 9(3). – S. 15–22. – DOI: 10.22227/tus.2019.3.15.
9. Fedorov, M.A. Tsifrovyye dvoiniki kak instrument povysheniia effektivnosti stroitelstva / M.A. Fedorov, N.P. Vasilev // Nauchnyi zhurnal “Stroitelstvo”. – 2021. – № 12(2). – S. 90–97. – DOI: 10.31897/str.2021.2.90.
13. Lapidus, A.A. Sistemnyi analiz vliianiia protsessa inzhenernykh izyskaniy pri sovershenstvovanii protsessa upravleniia zhiznennym tsiklom obektov sotsialnoi infrastruktury / A.A. Lapidus, V.A. Loktev // Components of Scientific and Technological Progress. – 2024. – № 2(92). – S. 28–38.
14. [Electronic resource]. – Access mode : <https://trends.rbc.ru/trends/industry/6107e5339a79478125166eeb>
15. [Electronic resource]. – Access mode : https://en.wikipedia.org/wiki/Foster_and_Partners
16. [Electronic resource]. – Access mode : https://www.advantageaustria.org/cn/news/Hong_Kong_Airport_got_a_Digital_Twin.html

Description of the Process of Creating a Digital Twin Based on the Capabilities of the Iraqi Construction Industry

D.V. Topchiy, O.J. Alyooda

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

Key words and phrases: algorithms; construction; modeling; digital twin; project parameters; research methodology.

Abstract. In this article, the principles, parameters, and properties of digital twins in the construction field are considered. The stages and purposes of its creation are given. Consider the algorithms of creation and parameters of the digital twin of the construction project. To offer an optimal variant for Iraq Several variants of algorithms for the creation of a digital twin are described on the basis of previous research and developments, as well as the experience of authors in this area. Detailed characteristics of the peculiarities of the development of construction projects using digital twins are given, examples of using digital twins in the Russian Federation and abroad, and how the introduction of this technology has affected the implementation of construction projects are given. Results Recommendations are given according to the opinion of the authors of this study in the field of the development of a digital twin algorithm for the realization of construction projects in Iraq.

© Д.В. Топчий, О.Д. Альоода, 2025

УДК 621.6

Разработка виртуального тренажера синхронного электродвигателя

А.С. Хисматуллин, И.Р. Фахуртдинов, Э.И. Сафиканов

*Филиал ФГБОУ ВО «Уфимский государственный
нефтяной технический университет»,
г. Салават (Россия)*

Ключевые слова и фразы: синхронный электродвигатель; модель; процесс; виртуальный тренажер; обучение.

Аннотация. В настоящее время наблюдается разнообразие методов и передовых технологий, направленных на обучение будущих электриков, специализирующихся на ремонте синхронных электродвигателей. Среди них набирают популярность виртуальные тренажеры, выступающие интерактивными инструментами для усвоения знаний. Мировой рынок иммерсивных технологий демонстрирует наиболее стремительный рост, открывая широкие перспективы как для пользователей, так и для предпринимателей. В 2024 году объем мирового рынка виртуальной реальности оценивается более чем в 45 млрд долл.

Цель данной работы заключается в обучении сборке, разборке и подключению трехфазного асинхронного электродвигателя посредством разработки виртуального тренажера.

Задача: для достижения поставленной цели необходимо произвести сравнение аналогов виртуального тренажера, проанализировать и выбрать средства разработки, изучить инструкцию по технике безопасности.

Предметом изучения выступает виртуальный симулятор синхронного электродвигателя.

Объектом исследования выбран трехфазный синхронный электродвигатель.

Гипотеза: одним из многообещающих направлений применения виртуальных технологий является создание виртуальных тренажеров, способных моделировать реальные ситуации и процессы, создавая безопасную и эффективную среду для обучения. Разработка виртуального тренажера для изучения электродвигателей предоставляет новые возможности для профессиональной подготовки специалистов, позволяя им осваивать принципы работы технического обслуживания, миними-

зируя риски повреждения дорогостоящего оборудования и травмирования персонала. Этот подход предоставляет возможность многократно повторять учебные ситуации и проводить анализ ошибок.

Методы и достигнутые результаты: обоснована потребность в создании и использовании виртуального тренажера. Его внедрение призвано обеспечить стандартизацию обучения, уменьшить число ошибок, совершаемых при ремонте синхронных электродвигателей и ячеек КРУ. В конечном итоге это позволит снизить затраты, возникающие из-за подобных ошибок. Произведены поиск и анализ существующих аналогов программного продукта, осуществлен выбор средств разработки, создан виртуальный тренажер.

Разработка виртуального тренажера синхронного электродвигателя является актуальной задачей в области электротехники и электромеханики. Такой тренажер может использоваться в образовательных целях для обучения принципам работы, управления и диагностики синхронных двигателей, а также для отработки практических навыков без необходимости использования дорогостоящего и сложного реального оборудования. В основе тренажера лежит математическая модель синхронного двигателя, описывающая его электромагнитные и механические процессы. Эта модель учитывает такие параметры, как сопротивление и индуктивность обмоток статора и ротора, магнитный поток возбуждения, момент инерции ротора, нагрузка на валу и т.д.

Для разработки логики моделирования и пользовательского интерфейса использован язык программирования Python.

С использованием методологии информационного моделирования разработаны контекстная и детализирующая диаграммы для общего бизнес-процесса.

Декомпозиция модели процесса включает в себя три основные функции: получение документации, организация обучения, выдача удостоверений о повышении квалификации [1–6].

Управляющие элементы: учебный план, методические рекомендации для подготовки персонала, сертификаты. Механизмы: преподавательский состав, оборудование, персональные компьютеры и личная документация.

Ключевым этапом данного бизнес-процесса является проведение инструктажа по технике безопасности. Слушатели получают информацию о возможных рисках, связанных с работой с электрооборудованием, и изучают основные правила техники безопасности, необходимые для предотвращения несчастных случаев и травм.

Следующий этап – обучение с использованием виртуального тренажера. Эта инновационная методика предоставляет обучаемым возможность в безопасной и контролируемой среде моделировать различные рабочие ситуации, с которыми они могут столкнуться при работе с электрооборудованием. Виртуальный тренажер позволяет тренироваться в принятии решений и наблюдать последствия своих действий, что значительно повышает уровень усвоения материала и минимизирует риски в реальных условиях работы.

Далее следует практическое обучение работе с оборудованием под руководством специалиста. Обучаемые приобретают практические навыки, учатся правильно обслуживать

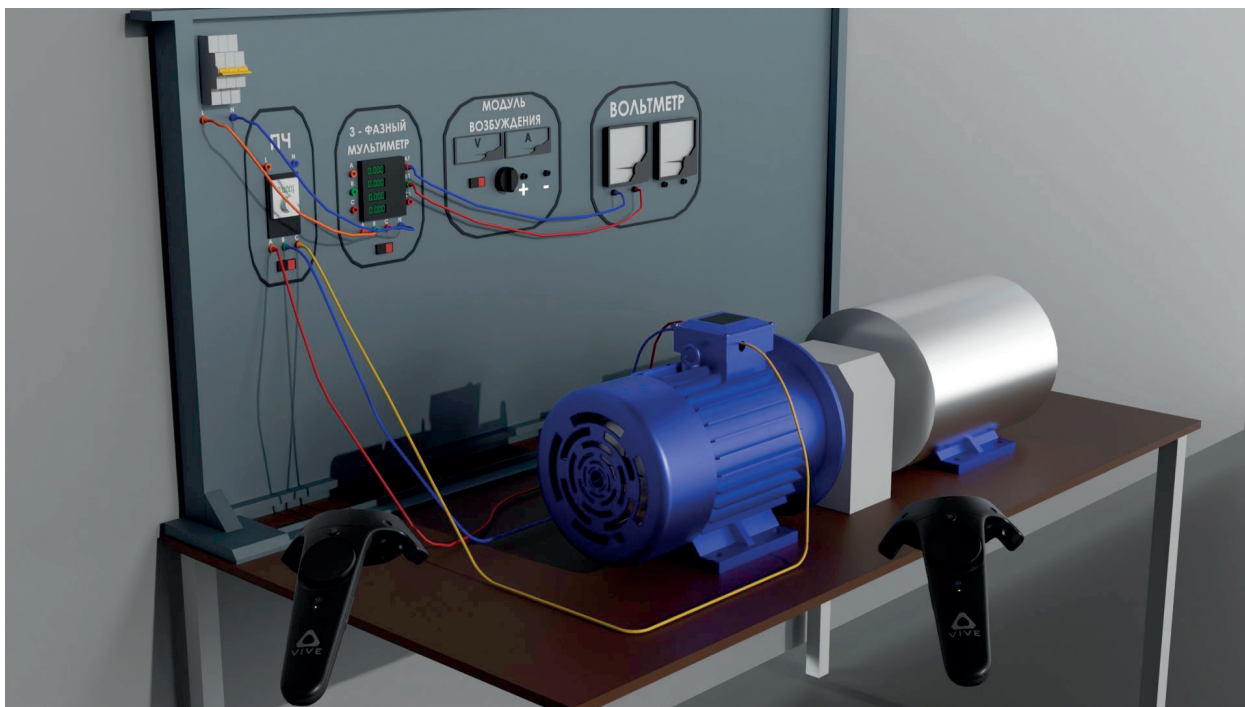


Рис. 1. Макет трехмерной модели электродвигателя

и эксплуатировать электроустановки, а также разбираться в их конструктивных особенностях и потенциальных проблемах, которые могут возникнуть в процессе работы.

Весь процесс обучения заканчивается итоговой проверкой знаний и навыков, что позволяет оценить степень усвоения материала и готовность специалистов к безопасной работе с электрооборудованием.

Интерфейс наглядно отображает основные элементы синхронного двигателя (статор, ротор, обмотки), а также параметры его работы в реальном времени (ток, напряжение, скорость, момент, мощность, угол нагрузки и т.д.).

Пользователю предоставлена возможность интерактивно управлять параметрами системы: задавать напряжение и частоту питающей сети, изменять ток возбуждения, подключать и изменять нагрузку на валу, запускать и останавливать двигатель, изменять параметры регуляторов.

Интерфейс отображает результаты моделирования в виде графиков, диаграмм и таблиц, позволяя анализировать динамику работы двигателя при различных условиях. Использование анимации вращения ротора, изменения магнитных полей и других физических процессов может значительно повысить наглядность тренажера. Визуальное представление трехмерной модели электродвигателя показано на рис. 1.

Для интеграции данных, полученных в виртуальном тренажере, с веб-сайтом целесообразно применить интерфейс прикладного программирования. Этот подход позволит передавать информацию об успехах пользователя и его продвижении непосредственно на сервер сайта.

Первым шагом является реализация в самом тренажере логики для сбора и обработки полученных результатов. К таким данным относятся: затраченное время, фамилия, имя, отчество, а также дата выполнения задания. Собранная информация может быть передана на веб-сервер посредством HTTP-запросов. На стороне веб-сервера потребу-

ется разработать обработчик, который будет принимать эти данные, осуществлять их обработку и сохранять в базе данных. После сохранения полученные данные можно будет использовать для отображения в личном кабинете пользователя.

Модель виртуального синхронного генератора корректно воспроизводит различные режимы работы двигателя: пуск, холостой ход, работа под нагрузкой, рекуперативное торможение и аварийные ситуации (например, короткое замыкание). Тренажер позволяет пользователю экспериментировать с различными параметрами и режимами работы, для того чтобы лучше понять физические процессы, происходящие в синхронном двигателе.

Реализация различных методов управления синхронным двигателем (например, скалярное управление V/f , векторное управление) позволяет пользователю изучить их особенности и отработать навыки настройки.

В тренажере заложено моделирование типовых неисправностей (например, обрыв фазы, короткое замыкание в обмотках, неисправность системы возбуждения), что позволит пользователю научиться диагностировать их по показаниям приборов и поведению модели.

Тренажер разработан как основа для проведения виртуальных лабораторных работ по курсам электротехники и электронике. В этом случае необходимо предусмотреть возможность постановки задач, сбора данных и формирования отчетов.

Иммерсивные виртуальные стенды имитации работы синхронного генератора представляют собой цифровые среды, созданные с использованием VR- или AR-технологий, которые имитируют физические стенды или выставочные пространства. Дополнительные возможности:

1. Сохранение и загрузка состояний: возможность сохранения текущего состояния модели и настроек позволит пользователю прерывать и возобновлять работу с тренажером.
2. Многопользовательский режим: реализация многопользовательского режима может быть полезна для проведения групповых занятий и совместной работы над проектами.
3. Интеграция с реальным оборудованием (опционально): в более сложных вариантах тренажер может быть интегрирован с элементами реального оборудования через интерфейсы ввода-вывода, что позволит использовать его для отладки систем управления.

Иммерсивные технологии, такие как виртуальная (VR) и дополненная (AR) реальность, открывают новые возможности для создания интерактивных и увлекательных виртуальных стендов. Эти технологии позволяют пользователям погружаться в смоделированное пространство и взаимодействовать с объектами и информацией более естественным и интуитивным способом, чем традиционные 2D-интерфейсы. В будущем иммерсивные технологии будут играть все более важную роль в создании виртуальных стендов. Развитие аппаратного и программного обеспечения приводит к повышению качества графики, улучшению взаимодействия и снижению стоимости. В работе мы применили VR и AR в образовании, делая обучение, презентации и взаимодействие более увлекательными и эффективными.

Обоснована необходимость использования и разработки виртуального тренажера, который призван повысить стандартизацию обучения, минимизировать количество ошибок, допускаемых при ремонте синхронных электродвигателей, и, как следствие, сократить сопутствующие финансовые затраты.

Осуществлены анализ и поиск имеющихся аналогов программного продукта, произведен выбор инструментария для разработки, а также создан виртуальный тренажер [5–10].

Литература

1. Korzhov, A.V. Effect of magnetic field on partial discharge parameters in power cables and on the breakdown characteristics of impregnated paper insulation / A.V. Korzhov // Journal of Electrostatics. – 2018. – Т. 96. – С. 169–176.
2. Баширов, М.Г. Программа для автоматизации системы управления охлаждения силовых масляных трансформаторов / М.Г. Баширов, А.С. Хисматуллин // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2020616118, 10.06.2020. – Заявка от 10.03.2020 № 2020612548.
3. Коржов, А.В. Моделирование схем замещения изоляции кабелей 6 (10) кв для оценки частичных разрядов с учетом режимов их работы в распределительной сети / А.В. Коржов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. – Серия: Энергетика. – 2015. – Т. 15. – № 4. – С. 32–39.
4. Хисматуллин, А.С. Применение нечеткой логики для компенсации реактивной мощности в электрической сети / А.С. Хисматуллин, И.В. Прахов, Е.С. Григорьев, Р.Р. Шафеев // Международный технико-экономический журнал. – 2018. – № 4. – С. 13–19.
5. Колесниченко, Д.Б. Исследование дефектов в частотно-регулируемом электроприводе и изучение их влияния на спектры токов / Д.Б. Колесниченко, А.С. Хисматуллин, Э.М. Баширова // Международный технико-экономический журнал. – 2021. – № 5. – С. 26–31.
6. Коржов, А.В. Методика выбора уставок релейной защиты и зонное автоматическое повторное включение в кабельной сети 6(10) кв для ресурсосбережения изоляции и улучшения условий труда / А.В. Коржов // Промышленная энергетика. – 2013. – № 2. – С. 10–16.
7. Хисматуллин, А.С. Применение нечеткой логики для компенсации реактивной мощности в электрической сети / А.С. Хисматуллин [и др.] // Международный технико-экономический журнал. – 2018. – № 4. – С. 13–19.
8. Ismoilov, A.I. Modernization of diagnostic methods for oil transformers / A.I. Ismoilov, E.D. Karimov, D.A. Sidorov, A.S. Hismatullin // Components of Scientific and Technological Progress. – 2021. – № 4(58). – С. 5–8.
9. Хисматуллин, А.С. Диагностический комплекс для контроля масляного трансформатора с элегазовым охлаждением на основе автоматизированной системы управления / А.С. Хисматуллин, Е.В. Сиротина, Р.Р. Адельгужин, М.С. Муллакаев // Наука и бизнес: пути развития. – 2020. – № 9 (111). – С. 58–60.
10. Bashirova, E.M. Application of fuzzy logic in hydrogen-containing gas purification plant for reactive power compensation / E.M. Bashirova, D.E. Matveev, A.S. Khismatullin, I.V. Prahov // Components of Scientific and Technological Progress. – 2022. – № 3(69). – С. 5–8.

References

2. Bashirov, M.G. Programma dlia avtomatizatsii sistemy upravleniia okhlazhdeniia silovykh maslianykh transformatorov / M.G. Bashirov, A.S. Khismatullin // Svidetelstvo o registratsii programmy dlia EVM RU 2020616118, 10.06.2020. – Zaiavka ot 10.03.2020 № 2020612548.
3. Korzhov, A.V. Modelirovanie skhem zameshcheniia izoliatsii kabelei 6 (10) kv dlia otsenki chastichnykh razriadov s uchetom rezhimov ikh raboty v raspredelitelnoi seti / A.V. Korzhov // Vestnik luzhno-Uralskogo gosudarstvennogo universiteta. – Serii: Energetika. – 2015. – Т. 15. – № 4. – S. 32–39.

4. Khismatullin, A.S. Primenenie nechetkoi logiki dlia kompensatsii reaktivnoi moshchnosti v elektricheskoi seti / A.S. Khismatullin, I.V. Prakhov, E.S. Grigorev, R.R. Shafeev // *Mezhdunarodnyi tekhniko-ekonomicheskii zhurnal*. – 2018. – № 4. – S. 13–19.
5. Kolesnichenko, D.B. Issledovanie defektov v chastotno-reguliruемом elektroprivode i izuchenie ikh vliianiia na spektry tokov / D.B. Kolesnichenko, A.S. Khismatullin, E.M. Bashirova // *Mezhdunarodnyi tekhniko-ekonomicheskii zhurnal*. – 2021. – № 5. – S. 26–31.
6. Korzhov, A.V. Metodika vybora ustavok releinoi zashchity i zonnogo avtomaticheskogo povtornogo vklucheniia v kabelnoi seti 6(10) kv dlia resursosberezheniia izoliatsii i uluchsheniia uslovii truda / A.V. Korzhov // *Promyshlennaia energetika*. – 2013. – № 2. – S. 10–16.
7. Khismatullin, A.S. Primenenie nechetkoi logiki dlia kompensatsii reaktivnoi moshchnosti v elektricheskoi seti / A.S. Khismatullin [i dr.] // *Mezhdunarodnyi tekhniko-ekonomicheskii zhurnal*. – 2018. – № 4. – S. 13–19.
9. Khismatullin, A.S. Diagnosticheskii kompleks dlia kontrolya maslianogo transformatora s elegazovym okhlazhdeniem na osnove avtomatizirovannoi sistemy upravleniia / A.S. Khismatullin, E.V. Sirotina, R.R. Adelguzhin, M.S. Mullakaev // *Nauka i biznes: puti razvitiia*. – 2020. – № 9 (111). – S. 58–60.

Development of a Virtual Simulator of a Three-phase Synchronous Electric Motor

A.S. Khismatullin, I.R. Fahurtdinov, E.I. Safikanov

*Ufa State Petroleum Technological University, Salavat branch,
Salavat, Republic of Bashkortostan (Russia)*

Key words and phrases: synchronous electric motor, model, process, virtual simulator, training, technologies, complete switchgear

Abstract. Currently, there is a variety of methods and advanced technologies aimed at training future electricians specializing in the repair of synchronous electric motors. Among them, virtual simulators are gaining popularity, acting as interactive tools for knowledge acquisition. The global market for immersive technologies demonstrates the most rapid growth, opening up broad prospects for both users and entrepreneurs. In 2024, the global virtual reality market is estimated at more than 45 billion dollars.

The purpose of this work is to teach the assembly, disassembly and connection of a three-phase asynchronous electric motor and cells of a complete switchgear by developing a virtual simulator.

To achieve this goal, it is necessary to compare analogs of the virtual simulator, analyze and select development tools, study the safety instructions.

The subject of the study is a virtual simulator of a synchronous electric motor.

The object of the study is a three-phase synchronous electric motor.

Hypothesis: one of the promising areas of application of virtual technologies is the creation of virtual simulators capable of modeling real situations and processes, creating a safe and effective environment for training. The development of a virtual simulator for studying electric motors provides new opportunities for professional training of specialists, allowing them to master the principles of operation, maintenance, minimizing the risks of damage to expensive

equipment and injury to personnel. This approach provides the opportunity to repeatedly repeat training situations and analyze errors.

Methods and achieved results: the need for the creation and use of a virtual simulator is substantiated. Its implementation is designed to ensure the standardization of training, reduce the number of errors made during the repair of synchronous electric motors and switchgear cells. Ultimately, this will reduce the costs arising from such errors. A search and analysis of existing analogs of the software product was carried out, development tools were selected, a virtual simulator was created.

© А.С. Хисматуллин, И.Р. Фахуртдинов, Э.И. Сафиканов, 2025

УДК 37

Состояние и тенденции сотрудничества в области высшего образования между Китаем и Россией

Ли Синь

*Хэйхэский университет,
г. Хэйхэ (Китай)*

Ключевые слова и фразы: Россия и Китай; сотрудничество в сфере образования; текущая ситуация.

Аннотация. В статье рассматриваются история и тенденции развития китайско-российского сотрудничества в сфере образования, особое внимание уделяется направлениям сотрудничества, результатам проектов и их влиянию на образование в обеих странах. В статье анализируются потенциальные возможности будущего китайско-российского сотрудничества в области образования с целью более глубокого понимания и выявления предложений для сотрудничества между двумя странами в этой сфере. Цель данной работы – укрепить сотрудничество в сфере образования между Китаем и Россией в условиях глобализации, показать пример взаимопонимания и совместного развития цивилизаций двух великих держав.

Расположенная в северной части Евразийского континента Россия является важным соседом и дружественным по отношению к Китаю государством. Она обладает глубоким и незаменимым стратегическим значением для Китая в таких областях, как торговля энергоресурсами, культурный обмен, транспорт, информационные технологии и т.д. Сотрудничество между Китаем и Россией в области науки и образования всегда было одним из приоритетных направлений развития двусторонних отношений. Сотрудничество в сфере образования между двумя странами представляет собой тему, имеющую долгую историю и важное значение в современную эпоху. Благодаря углубленному изучению данного вопроса мы можем лучше понять текущее состояние этого сотрудничества и прогнозировать его будущие тенденции развития.

Соглашения о китайско-российском сотрудничестве в сфере высшего образования

18 декабря 1992 г. правительства Китайской Народной Республики и Российской Федерации подписали Соглашение о культурном сотрудничестве между правительствами двух стран. Данное соглашение направлено на содействие культурному сотрудничеству и обмену между Китаем и Россией, учитывая широкий спектр сфер. Конкретные детали включают, в частности, программы культурных обменов, программы сотрудничества и со-

вместного использования ресурсов библиотек, программы сохранения культурного наследия и программы сотрудничества в области культурной индустрии. Это соглашение заложило основу для взаимодействия двух стран в области культуры.

26 июня 1995 года в Москве Китай и Россия подписали Соглашение о взаимном признании документов об образовании и ученых степенях. Данное соглашение предоставило конкретную основу для сотрудничества двух стран в сфере образования, особенно в области признания документов об образовании и ученых степенях. Это позволило студентам и специалистам из обеих стран легко получать доступ к образовательным и профессиональным возможностям в другом государстве. Подписание данного документа стало важным шагом, способствующим укреплению тесного сотрудничества между Китаем и Россией в образовательной сфере.

В 2006 году Китай и Россия подписали Соглашение о сотрудничестве в области образования между Министерством образования КНР и Министерством образования и науки РФ. Целью данного соглашения стало содействие развитию образовательного сотрудничества между двумя странами, повышение уровня образования и подготовка студентов и специалистов с межкультурным кругозором. Благодаря академическому и образовательному взаимодействию обе страны получили возможность лучше понимать и ценить культурные и образовательные системы друг друга, что способствовало углублению дружественных отношений. Под влиянием стратегического планирования на высшем уровне двусторонние отношения вышли на новый этап развития, а образовательный обмен и сотрудничество между странами продолжили углубляться.

В 2012 году Китай и Россия подписали «План действий по гуманитарному сотрудничеству между Китаем и Россией». В рамках данного документа учрежден Специальный стипендиальный фонд гуманитарных обменов между Китаем и Россией, направленный на укрепление совместной подготовки кадров, поддержку образовательной и научно-исследовательской деятельности на таких платформах, как «Китайско-российские институты», а также на поощрение и содействие молодежи обеих стран в получении образования в государствах-партнерах. Этот шаг стал важным вкладом в развитие двустороннего гуманитарного сотрудничества и укрепление взаимопонимания между народами России и Китая.

Данные соглашения предоставили правовую и политическую основу для гуманитарных обменов и сотрудничества между Китаем и Россией в сфере образования, создав прочный фундамент для взаимодействия. Они также способствовали формированию эффективных платформ для академического обмена и гуманитарного партнерства между двумя странами. Подобные инициативы играют ключевую роль в укреплении и углублении китайско-российских отношений, способствуя построению более тесного и всестороннего сотрудничества между государствами.

Текущее состояние китайско-российского сотрудничества в сфере высшего образования

В последние годы межвузовский обмен и совместные образовательные программы между Китаем и Россией, являясь важным инструментом укрепления дружбы, усиления взаимного доверия и подготовки будущих кадров, достигли значительного прогресса и продемонстрировали огромный потенциал. Эти инициативы способствуют не только углублению академического сотрудничества, но и укреплению долгосрочных связей между двумя странами, открывая новые горизонты для развития двусторонних отношений в образовательной и гуманитарной сферах.

В первую очередь заслуживает внимания создание ассоциации университетов Китая и России по схожим направлениям. Данная ассоциация включает 13 подгрупп, сформированных по предметному или географическому принципу, с участием более 700 вузов с обеих сторон, что делает ее крупнейшей в мире сетью для сотрудничества в сфере высшего образования. Эта инициатива обеспечила надежную организационную основу для взаимодействия между высшими учебными заведениями Китая и России, значительно укрепив сотрудничество двух стран в образовательной сфере. Кроме того, она создала мощную платформу для подготовки будущей интеллектуальной элиты, а также содействия научному и академическому обмену между государствами. Ассоциация университетов Китая и России по схожим направлениям объединяет усилия вузов, специализирующихся в таких областях, как спорт, транспорт, экономика, медицина, педагогика, журналистика и искусство, через широкий спектр направлений сотрудничества, масштабные мероприятия и платформы для обмена. Эта инициатива способствует разработке и реализации проектов, направленных на укрепление научно-исследовательского и образовательного потенциала обеих стран. Благодаря такому взаимодействию университеты получают возможность совместно решать актуальные задачи, обмениваться передовым опытом и способствовать развитию инноваций в образовательной и научной сферах [1].

Во-вторых, совместные образовательные программы Китая и России стали важным инструментом двустороннего сотрудничества и обмена. Благодаря поддержке со стороны министерства образования и усилиям учебных заведений масштабы совместных образовательных инициатив продолжают расширяться, качество подготовки студентов повышается, а социальное влияние таких программ усиливается. По состоянию на май 2024 г. общее число совместных образовательных учреждений и программ в рамках сотрудничества между Китаем и Россией в сфере высшего образования, охватывающих программы бакалавриата и магистратуры, достигло 126. Из 21 совместного китайско-российского высшего учебного заведения 20 предлагают обучение на уровне бакалавриата, 8 – на уровне магистратуры и 2 – на уровне докторантуры. Среди 105 совместных образовательных программ в рамках китайско-российского сотрудничества в сфере высшего образования 100 программ ориентированы на бакалавриат, а 5 – на магистратуру. Эти данные свидетельствуют о том, что совместные образовательные инициативы Китая и России приобрели многоуровневую структуру, при этом основное внимание уделяется программам бакалавриата [2].

Кроме того, академические обмены и взаимные визиты специалистов между Китаем и Россией становятся все более частыми. В контексте долгосрочного и широкомасштабного сотрудничества двух стран в политической, экономической, культурной и образовательной сферах академические обмены занимают особое место. Научные форумы и конференции между Китаем и Россией превратились в важный механизм углубления двусторонних отношений и укрепления взаимного доверия. Эти форумы предоставляют ученым платформу для обмена идеями и сотрудничества, способствуя обсуждению важных вопросов, обмену результатами исследований и продвижению взаимовыгодного сотрудничества между двумя странами. На сегодняшний день китайско-российские академические форумы охватывают широкий спектр дисциплин, включая политологию, экономику, культурологию, экологию, лингвистику и социологию. Подобные междисциплинарные инициативы способствуют укреплению сотрудничества в различных научных областях и стимулируют развитие академических исследований. В последние годы программы взаимного обмена студентами и учеными на межправительственном уровне стали ключевым инструментом академического взаимодействия между Китаем и Россией. В настоящее время Китай ре-

ализует 20 программ государственных стипендий для обучения в России, целью которых является подготовка высококвалифицированных кадров различного уровня для поддержки двустороннего сотрудничества. Эти программы охватывают широкий спектр уровней подготовки, включая бакалавров, студентов, переведенных на программы бакалавриата, магистрантов, магистрантов совместных программ, стажеров, аспирантов, аспирантов совместных программ, докторантов, приглашенных исследователей и старших научных сотрудников. В качестве примера можно привести Программу стипендий правительств Китая и России, которая охватывает приоритетные области инженерных специальностей, такие как машиностроение, аэрокосмическая инженерия, а также гуманитарные и социальные науки, включая русский язык и литературу, право, журналистику и литературное творчество. Одновременно российские студенты также имеют возможность обучаться в Китае. Для тех, кто стремится продолжить образование в Китае, доступны различные стипендиальные программы, включая стипендии правительства Китая, стипендии Института Конфуция, стипендии фонда ЮНЕСКО, а также стипендии, учрежденные отдельными китайскими университетами [3].

Перспективы китайско-российского сотрудничества в области образования

В прошлом китайско-российское сотрудничество в сфере образования сталкивалось со многими трудностями, включая культурные различия, языковые барьеры и изменения в политике. Сегодня китайско-российское сотрудничество в сфере образования по-прежнему сохраняет активную динамику развития. Благодаря быстрому развитию Интернета и цифровых технологий международное образовательное сотрудничество открывает новые возможности, облегчая участие студентов и преподавателей в транснациональных образовательных проектах. Историческое развитие китайско-российского сотрудничества в сфере образования вызывает воодушевление; накопленный опыт сотрудничества, обмена знаниями и совместного роста постоянно накапливается.

В мае 2024 г. главы государств Китая и России совместно объявили о проведении Китайско-российского года культуры в 2024–2025 гг., и спрос на международных специалистов в области гуманитарных и общественных дисциплин между двумя странами становится все более заметным. Для того чтобы лучше поддержать инициативу «Один пояс – один путь», крайне важно повысить как количественные, так и качественные показатели сотрудничества между китайскими и российскими вузами по гуманитарным и социальным наукам. Этот процесс не только способствует повышению уровня интернационализации специалистов в области гуманитарных и социальных наук в Китае, углублению взаимопонимания и сотрудничества между культурами Китая и России, но и стимулирует развитие гуманитарных и социальных дисциплин в обеих странах. Таким образом, для успешного развития междисциплинарного сотрудничества в рамках китайско-российского партнерства в сфере высшего образования необходимо обеспечить комплексный подход к организации учебного процесса и всестороннюю поддержку всех направлений. С точки зрения стратегии развития необходимо сломать существующую ситуацию, при которой доминирующее положение занимают естественно-научные и инженерные дисциплины. Государствам следует разработать стимулирующие механизмы и меры политической поддержки, с тем чтобы поощрять большее число вузов обеих стран к активному участию в совместных образовательных программах в области гуманитарных и социальных наук. Одновременно требуется усовершенствовать соответствующую нормативно-правовую базу, созда-

вая благоприятные условия для развития интернациональных кадров и обеспечивая сбалансированное развитие совместных образовательных программ между двумя странами.

Сотрудничество в области образования в дальнейшем будет способствовать росту интереса граждан двух стран к изучению языков друг друга. Для того чтобы повысить эффективность изучения языка, Китай и Россия должны предоставлять больше ресурсов для изучения языка и больше возможностей для языкового обмена. Китайско-российское сотрудничество в области образования также должно стать частью международного сотрудничества, способствуя глобальной образовательной интеграции и гармоничному развитию отношений между крупнейшими странами. Обе страны продолжают тесно сотрудничать в рамках международных организаций и совместных проектов для разрешения глобальных проблем. Это будет способствовать дальнейшему развитию сотрудничества. Резюмируя, можно отметить, что перспективы китайско-российского сотрудничества в сфере образования довольно оптимистичные и открывают огромные возможности для культурных обменов, научно-технического сотрудничества и подготовки квалифицированных кадров. Поскольку отношения между двумя странами продолжают укрепляться, мы можем ожидать появления новых проектов сотрудничества, которые будут и дальше способствовать общему процветанию и развитию обеих сторон.

Научно-исследовательский проект Фонда фундаментальных научных исследований высших учебных заведений Департамента образования провинции Хэйлунцзян, № проекта 2023-KYYWF-1127.

Литература

1. Ли, Юнцюань. Развитие русистики в Китае и подготовка специалистов / Ли Юнцюань // Китайская сеть социальных наук. – 2023. – 27 марта.
2. Цзян, Сяоянь. Текущая ситуация и перспективы китайско-российского сотрудничества в области образования / Цзян Сяоянь // Гуанмин Жибао. – 2019. – 13 июня. – С. 14.
3. Цзинь, Хуэйсинь. Российско-китайское сотрудничество в сфере высшего образования / Цзинь Хуэйсинь // Исследования России. – 2022. – Декабрь.

References

1. Li, Juntciuan. Razvitie rusistiki v Kitae i podgotovka spetsialistov / Li Juntciuan // Kitaiskaia set sotcialnykh nauk. – 2023. – 27 marta.
2. Tczian, Siaoian. Tekushchaia situatciia i perspektivy kitaisko-rossiiskogo sotrudnichestva v oblasti obrazovaniia / Tczian Siaoian // Guanmin Zhibao. – 2019. – 13 iunია. – S. 14.
3. Tczin, Khueisin. Rossiisko-kitaiskoe sotrudnichestvo v sfere vysshego obrazovaniia / Tczin Khueisin // Issledovaniia Rossii. – 2022. – Dekabr.

The Current Status and Trends of Higher Education Cooperation between China and Russia

Li Xin

Heihe University, Heihe (China)

Key words and phrases: Russia and China; educational cooperation; current situation.

Abstract. This article reviews the history and development trends of education cooperation between China and Russia, with a focus on the direction of cooperation, project achievements, and their impact on education in both countries. This article analyzes the potential for future education cooperation between China and Russia, in order to deepen the understanding and exploration of cooperation between the two countries in the field of education. Intended to strengthen education cooperation between China and Russia in the context of globalization, and set an example of mutual understanding and common development of civilization among major powers.

© Ли Синь, 2025

УДК 330.47

Инструменты воображаемого мышления в ТРИЗ и их роль в инновационном процессе

Ян Дэчэн, Сюй Чи, Цао Фуцюань

*Хэйхэский университет,
г. Хэйхэ (Китай)*

Ключевые слова и фразы: ТРИЗ; инновационное мышление; инновационное образование; модели; оператор; технологический прорыв; фокусирование.

Аннотация. В современном быстрорастущем обществе инновации стали ключевой движущей силой, способствующей экономическому и социальному прогрессу. Являясь основой инновационной деятельности, инновационное мышление является важной гарантией технологических прорывов, модернизации продуктов и внедрения инновационных бизнес-моделей. Являясь системной инновационной методологией, теория решения изобретательских задач (**ТРИЗ**) предоставляет множество инструментов и теоретическую поддержку инновационному мышлению. Среди них важное место в ТРИЗ занимают инструменты образного мышления. Благодаря уникальным моделям и методам мышления, они помогают инноваторам преодолеть инерцию мышления и расширить границы мышления, тем самым играя жизненно важную роль в инновационном процессе. В статье исследованы особенности: метода фокус-объекта, оператора STC, метода «русалочки» и метода «золотой рыбки».

Инновационное мышление – это способность преодолевать ограничения традиционных моделей мышления перед лицом проблем и вызовов, мыслить под разными углами зрения и на разных уровнях, предлагать новые, уникальные и ценные решения. Оно может способствовать не только совершенствованию личных способностей, но и развитию предприятий и общества в целом. На индивидуальном уровне инновационное мышление помогает повысить эффективность и качество разрешения проблем, а также личную конкурентоспособность и адаптивность. На уровне предприятия инновационное мышление является ключом к устойчивому развитию предприятий и сохранению конкурентных преимуществ и может помочь предприятиям разрабатывать новые продукты, открывать новые возможности. На социальном уровне инновационное мышление способствует научно-техническому прогрессу, модернизации промышленности и социальным изменениям, расширяя возможности трудоустройства и повышая качество жизни в обществе.

Проводя обзор применения теории **ТРИЗ** в инновационном процессе, отметим следующее. ТРИЗ возникла в Советском Союзе в 1940-х годах и была основана Альтшуллером и другими специалистами [1]. На основе анализа большого количества патентных документов в ней обобщен ряд законов и методов разрешения проблем, связанных с изобретательством. В основе ТРИЗ лежит вера в то, что развитие технологических систем следует определенным эволюционным законам, и инновационные решения могут быть найдены путем анализа противоречий и проблем системы. ТРИЗ включает в себя множество инструментов и методов, таких как матрица противоречий, 40 принципов изобретения, модель объектного поля и конечное идеальное решение, предоставляя инноваторам систему мышления и пути разрешения проблем [5]. В инновационном процессе теория ТРИЗ может помочь новаторам быстро определить природу проблемы, прояснить направление и цели инноваций, а также повысить вероятность успеха и эффективность инноваций.

Исследуем инструменты воображаемого мышления в ТРИЗ.

1. Метод фокусировки на объекте – это инструмент образного мышления, который выбирает конкретный объект в качестве фокуса и проводит углубленное обдумывание и ассоциацию вокруг этого фокуса [4]. При применении метода фокус-объекта сначала необходимо прояснить цели и проблемы инноваций, а затем выбрать объект фокусирования, связанный с проблемой. Этим объектом фокусировки могут стать конкретный объект, концепция или система. Затем целесообразно провести ассоциирование с этим объектом внимания, размышляя о различных факторах, атрибутах, функциях и т.д., связанных с ним, для того чтобы выработать новые идеи и решения. Например, при разработке нового типа экологически чистой упаковки можно выбрать в качестве основного объекта «био-разлагаемые материалы», продумать различные возможные комбинации материалов, конструктивный дизайн, производственные процессы и т.д., а затем разработать экологически чистую и практичную упаковочную продукцию.

2. Оператор **STC** – это мыслящий инструмент для воображения и инноваций, который позволяет изменять три параметра объекта: размер, время и стоимость. В процессе внедрения инноваций часто возникают, казалось бы, невыполнимые идеи. Оператор STC может помочь новаторам преодолеть эти ограничения и рассмотреть решения проблем с разных сторон. Например, при проектировании портативного медицинского устройства возможно использовать STC-operator для того, чтобы подумать о том, можно ли уменьшить размер устройства, ускорить время отклика и снизить стоимость, для того чтобы способствовать технологическим инновациям. Изменяя эти параметры, новаторы могут открывать новые возможности и создавать продукты, которые в большей степени соответствуют потребностям рынка [3].

3. Метод «русалочки» и метод «золотой рыбки» – это два инструмента персонифицирующего воображения в теории ТРИЗ. Метод «маленьких людей» заключается в более интуитивном анализе функций и проблем системы, представляя различные компоненты системы в виде маленьких людей с определенными функциями и поведением. Например, при анализе сложной механической системы различные ее части можно представить в виде маленьких человечков. Они взаимодействуют и влияют друг на друга. Наблюдая за поведением этих маленьких человечков, возможно лучше понять принцип работы системы и существующие проблемы [2]. Закон золотой рыбки заключается в том, чтобы представить себе, казалось бы, невозможную идею в виде золотой рыбки, а затем подумать об окружающей среде, в которой золотая рыбка может выжить и развиваться, для того чтобы изучить возможные пути реализации этой идеи.

Рассмотрим роль инструментов мышления в инновационном процессе.

Инструменты творческого мышления являются катализатором инноваций. Они могут разрушить оковы мышления, стимулировать неограниченный творческий потенциал и позволяют новаторам мыслить многогранно и на глубоком уровне, сталкиваясь со сложными проблемами, находить прорывные решения. В случае с инновациями и усовершенствованием беспроводных клавиатур эта роль была полностью отражена.

Вышерассмотренные инструменты воображаемого мышления в ТРИЗ помогают преодолевать инерцию мышления и улучшать координацию мышления. Ведь именно инерция мышления часто затрудняет прорыв новаторов в рамках имеющегося опыта и знаний. Инструмент творческого мышления подобен ключу, который может быстро открыть дверь, связывающую инновационное мышление. В частности, в процессе разработки беспроводной клавиатуры команда разработчиков изначально придерживалась традиционного подхода к дизайну проводных клавиатур, было трудно преодолеть проблему короткого времени автономной работы от аккумулятора. Однако с помощью инструментов творческого мышления команда успешно преодолела эту инерцию мышления. При использовании метода объекта фокусировки в качестве объекта фокусировки используется «батарея» клавиатуры и проводится углубленная ассоциация с батареей, исходя из множества аспектов (форма, функция и источник энергии батареи). Мышление членов группы было простимулировано, и применялись различные инновационные решения (использование солнечной энергии, энергии радиоволн и т.д.) для того, чтобы заменить традиционные батареи питания. Эти идеи прорвались сквозь ограничения традиционного мышления и заложили фундамент для последующих инновационных разработок. В то же время инструменты творческого мышления также способствуют мыслительному сотрудничеству между членами команды. В ходе обсуждения участники выдвинули идеи с разных точек зрения. Некоторые из них сосредоточились на изменениях в физической форме батареи, а некоторые – на инновационных методах преобразования энергии. Благодаря столкновению и интеграции идей было сформировано более комплексное и системное решение, которое усилило инновационный потенциал команды «синергия».

Также важно найти аналитические ресурсы и правильно определить идеальные цели. Ресурсы являются краеугольным камнем инноваций. Только полностью задействуя и рационально используя существующие ресурсы, возможно обеспечить надежную поддержку инноваций. Инструменты творческого мышления подобны паре зорких глаз, которые могут помочь инноваторам точно находить и анализировать ресурсы в сложной среде, с тем чтобы прояснить идеальные цели инноваций. Так, в инновационной практике создания беспроводных клавиатур с помощью метода «маленьких человечков», команда представляет различные компоненты клавиатуры в виде маленьких человечков с определенными функциями, например, «клавиши» – это маленькие человечки, отвечающие за передачу сигнала, а «материнская плата» – это маленькие человечки в центре управления. В ходе этого процесса команда четко определила функции и ограничения каждого компонента, а затем проанализировала растрату ресурсов и потенциально доступные ресурсы в системе.

Например, было обнаружено, что клавиатура по-прежнему потребляет энергию в режиме ожидания, что является пустой тратой ресурсов. За счет оптимизации режима ожидания была достигнута экономия ресурсов. В то же время определена идеальная цель беспроводной клавиатуры – самогенерируемая энергетическая клавиатура. Постановка этой цели основана на глубоком анализе существующих ресурсов и тенденций технологического развития, предполагающем, что клавиатура может использовать для работы соб-

ственную энергию и избавиться от зависимости от батареек и внешних источников питания, что указывает на направление для инновационных исследований и разработок.

Важно также расширять сферу мышления и понимать принцип изобретения. Инновации часто требуют выхода за рамки традиционного мышления, исследования неизвестных областей и большего понимания принципов изобретательства, скрытых за реальностью. В процессе разработки беспроводной клавиатуры с помощью оператора STC команда разработчиков рассматривала клавиатуру с трех точек зрения: размера, времени и стоимости. Например, с точки зрения масштаба и оптимизации дизайна можно представить, что размер клавиатуры может быть меньше. С точки зрения времени можно рассмотреть возможность увеличения скорости отклика клавиатуры, выдвинув инновационные идеи для оптимизации технологии передачи сигнала. Таким образом, с точки зрения затрат и за счет снижения материальных затрат, себестоимости производства разработаны более конкурентоспособные продукты на рынке.

Такое развитие мышления позволило команде понять применение различных изобретательских принципов в клавиатурных инновациях, таких как: оптимизация функций за счет изменения конструкции клавиатуры, использование новых материалов для снижения затрат и т.д., что значительно расширяет возможности и методы внедрения инноваций.

Инновации – это не изолированное звено, а комплексный практический процесс. Инструменты творческого мышления играют жизненно важную роль в этом процессе. Они могут помочь новаторам начать с системной точки зрения, всесторонне рассмотреть различные факторы и точно уловить противоречия и проблемы. В рамках инновационной практики беспроводной клавиатуры, используя метод анализа девяти экранов, команда всесторонне проанализировала технологическое развитие и рыночный спрос на беспроводную клавиатуру с точки зрения прошлого, настоящего и будущего системы, а также подсистем и суперсистем.

Было обнаружено, что фундаментальное противоречие заключается в том, как увеличить время автономной работы клавиатуры без увеличения размера аккумулятора. Для того чтобы преодолеть это противоречие, команда всесторонне использовала различные инструменты образного мышления и принципы изобретательства из теории ТРИЗ, такие как:

- использование принципа разделения физических противоречий, с тем чтобы отделить упругость пружины от ощущения и добиться того и другого путем изменения конструкции пружины;
- построение модели проблемы и применение стандартного решения для разрешения проблемы повреждения материнской платы переменным током высокого напряжения, вызванного пьезокерамикой. В этом процессе инструмент *imagination thinking tool* позволяет команде глубже проникнуть в суть проблемы и найти ключевые моменты инноваций, для того чтобы предложить практические решения и способствовать постоянному прогрессу технологии беспроводных клавиатур.

В заключение сделаем следующие выводы. Инструменты образного мышления в ТРИЗ играют жизненно важную роль в инновационном процессе. Они помогают новаторам преодолеть инерцию мышления, расширяют границы мышления и способствуют сотрудничеству, тем самым значительно повышая эффективность и качество инноваций. С помощью инструментов мышления новаторы могут более точно анализировать проблемы, задействовать ресурсы, прояснять цели и получать глубокое понимание принципов

изобретательства, а также продвигать инновации и практику для достижения выдающихся результатов. Эти инструменты имеют широкий спектр применения не только в области технологий, но и в разработке продуктов, внедрении инновационных бизнес-моделей, инновационном менеджменте и других областях. В перспективе дальнейшего исследования данного направления исследователи будут изучать методы применения и эффекты инструментов воображаемого мышления в различных областях и ситуациях и стремиться к разработке более интеллектуальных и персонализированных версий инструментов для удовлетворения разнообразных потребностей в инновациях.

Данная статья публикуется в рамках научного проекта фундаментальных исследований в области высшего образования провинции Хэйлуцзян в 2023 г. на тему «Исследование системы преподавания двойного творчества ТРИЗ и интеграции специализированного творчества в местных университетах в контексте возрождения сельской местности», № проекта 2023-KYYWF-1115.

Литература

1. Альтшуллер, Г.С. Найти идею. Введение в ТРИЗ – теорию решения изобретательских задач / Г.С. Альтшуллер. – 2-е изд. – М. : Альпина Бизнес Бук, 2008. – 400 с.
2. Ахтямов, М.К. Теория решения изобретательских задач как основа трансфера знаний в предпринимательской экономике инновационного типа / М.К. Ахтямов, В.В. Лихолетов // Российское предпринимательство. – 2009. – № 2-1. – С. 59–64.
3. Васюков, О.Н. Стратегическое управление бизнес-экосистемами: использование инструментов ТРИЗ / О.Н. Васюков, Н.Н. Масюк, Л.К. Васюкова, М.А. Бушуева // АНИ: экономика и управление. – 2022. – № 2(39). – С. 21–25.
4. Ефимов, А.В. Влияние экономических характеристик (показателей) на правовое положение юридических лиц : монография / А.В. Ефимов. – М. : Проспект, 2024. – 376 с.
5. Меерович, М.И. Теория решения изобретательских задач / М.И. Меерович. – Мн. : Харвест, 2003. – 428 с.

References

1. Altshuller, G.S. Naiti ideiu. Vvedenie v TRIZ – teoriiu resheniia izobretatelskikh zadach / G.S. Altshuller. – 2-e izd. – M. : Alpina Biznes Buk, 2008. – 400 s.
2. Akhtiamov, M.K. Teoriia resheniia izobretatelskikh zadach kak osnova transfera znanii v predprinimatelskoi ekonomike innovatsionnogo tipa / M.K. Akhtiamov, V.V. Likholetov // Rossiiskoe predprinimatelstvo. – 2009. – № 2-1. – S. 59–64.
3. Vasiukov, O.N. Strategicheskoe upravlenie biznes-ekosistemami: ispolzovanie instrumentov TRIZ / O.N. Vasiukov, N.N. Masiuk, L.K. Vasiukova, M.A. Bushueva // ANI: ekonomika i upravlenie. – 2022. – № 2(39). – S. 21–25.
4. Efimov, A.V. Vliianie ekonomicheskikh kharakteristik (pokazatelei) na pravovoe polozhenie iuridicheskikh litc : monografiia / A.V. Efimov. – M. : Prospekt, 2024. – 376 s.
5. Meerovich, M.I. Teoriia resheniia izobretatelskikh zadach / M.I. Meerovich. – Mn. : Kharvest, 2003. – 428 s.

Imaginative Thinking Tools in Theory of Solving Inventive Problems and their Role in the Innovation Process

Yang Decheng, Xu Chi, Cao Fuquan

Heihe University, Heihe, China

Key words and phrases: TRIZ; innovative thinking; innovative education; models; operator; technological breakthrough; focusing.

Abstract. In today's fast-growing society, innovation has become a key driving force contributing to economic and social progress. As the foundation of innovation, innovative thinking is an important guarantee of technological breakthroughs, product modernization, and the introduction of innovative business models. As a systemic innovation methodology, theory of solving inventive problems (**TRIZ**) provides a variety of tools and theoretical support for innovative thinking. Among them, the tools of imaginative thinking occupy an important place in TRIZ. Thanks to their unique models and methods of thinking, they help innovators overcome the inertia of thinking and expand the boundaries of thinking, thereby playing a vital role in the innovation process. The article examines the features of the focus object method, the **STC** operator, the little mermaid method, and the goldfish method.

© Ян Дэчэн, Сюй Чи, Цао Фуцюань, 2025

List of Authors

Галибин Е.Е. – магистрант Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург (Россия), e-mail: egor2001@inbox.ru

Galibin E.E. – Master's Student, Ural Federal University named after the First President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg (Russia), e-mail: egor2001@inbox.ru

Боброва М.Е. – магистрант Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург (Россия), e-mail: m.bobrova3110@gmail.com

Bobrova M.E. – Master's Student, Ural Federal University named after the First President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg (Russia), e-mail: m.bobrova3110@gmail.com

Зверева О.М. – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационное моделирование в строительстве» Института строительства и архитектуры Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург (Россия), e-mail: O.M.Zvereva@urfu.ru

Zvereva O.M. – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Information Modeling in Construction, Institute of Construction and Architecture, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg (Russia), e-mail: O.M.Zvereva@urfu.ru

Клименко В.В. – кандидат технических наук, доцент кафедры архитектуры гражданских и промышленных зданий имени А.В. Титова Кубанского государственного технологического университета, г. Краснодар (Россия), e-mail: dvggti@yandex.ru

Klimenko V.V. – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Architecture of Civil and Industrial Buildings named after A.V. Titov, Kuban State Technological University, Krasnodar (Russia), e-mail: dvggti@yandex.ru

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

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

Шнурникова Е.П. – старший преподаватель кафедры архитектуры гражданских и промышленных зданий имени А.В. Титова Кубанского государственного технологического университета, г. Краснодар (Россия), e-mail: dvggti@yandex.ru

Shnurnnikova E.P. – Senior Lecturer, Department of Architecture of Civil and Industrial Buildings named after A.V. Titov, Kuban State Technological University, Krasnodar (Russia), e-mail: dvggti@yandex.ru

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

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

Жадановский Б.В. – кандидат технических наук, профессор, старший научный сотрудник кафедры технологии и организации строительного производства Национального

исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва (Россия), e-mail: jadanovskiyBV@mgsu.ru

Zhadanovsky B.V. – Candidate of Science (Engineering), Professor, Senior Researcher, Department of Technology and Organization of Construction Production, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow (Russia), e-mail: jadanovskiyBV@mgsu.ru

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

Pakhomova L.A. – 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: PakhomovaLA@mgsu.ru

Жданов Я.Р. – магистрант Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва (Россия), e-mail: zhdanov_yaroslav@bk.ru

Zhdanov Ya.R. – Master's Student, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow (Russia), e-mail: zhdanov_yaroslav@bk.ru

Владимиров А.А. – магистрант Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва (Россия), e-mail: alex1-2001@mail.ru

Vladimirov A.A. – Master's Student, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow (Russia), e-mail: alex1-2001@mail.ru

Ли Синь – кандидат философских наук, профессор кафедры руссиеведения Хэйхэского университета, г. Хэйхэ (Китай), e-mail: ilia9980@mail.ru

Li Xin – Candidate of Science (Philosophy), Professor, Department of Russian Studies, Heihe University, Heihe (China), e-mail: ilia9980@mail.ru

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

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

Ковалев В.В. – магистрант Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва (Россия), e-mail: VlK30@mail.ru

Kovalev V.V. – Master's Student, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow (Russia), e-mail: VlK30@mail.ru

Мухина А.О. – магистр кафедры теплоэнергетики, газоснабжения и вентиляции Казанского государственного архитектурно-строительного университета, г. Казань, Республика Татарстан (Россия), e-mail: muhinaaalena@gmail.com

Mukhina A.O. – Master, Department of Thermal Power Engineering, Gas Supply and Ventilation Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Republic of Tatarstan (Russia), e-mail: muhinaaalena@gmail.com

Медведева Г.А. – кандидат технических наук, доцент кафедры теплоэнергетики, газоснабжения и вентиляции Казанского государственного архитектурно-строительного университета, г. Казань, Республика Татарстан (Россия), e-mail: medvedevaga79@mail.ru

Medvedeva G.A. – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Heat Power Engineering, Gas Supply and Ventilation, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Republic of Tatarstan (Russia), e-mail: medvedevaga79@mail.ru

Топчий Д.В. – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Испытания сооружений» Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва (Россия), e-mail: TopchiyDV@mgsu.ru

Topchiy D.V. – Doctor of Engineering, Associate Professor, Head, Department of “Testing of Structures”, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow (Russia), e-mail: TopchiyDV@mgsu.ru

Альоода О.Д. – аспирант кафедры «Испытания сооружений» Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва (Россия), e-mail: Osamaajabbar86@gmail.com

Alyooda O.J. – Postgraduate Student of the Department of “Testing of Structures”, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow (Russia), e-mail: Osamaajabbar86@gmail.com

Саввин Н.Ю. – кандидат технических наук, доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Белгородского государственного технологического университета имени В.Г. Шухова, г. Белгород (Россия), e-mail: n-savvin@mail.ru

Savvin N.Yu. – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Heat and Gas Supply and Ventilation, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, e-mail: n-savvin@mail.ru

Лесовик Р.В. – доктор технических наук, проректор по международной деятельности Белгородского государственного технологического университета имени В.Г. Шухова, г. Белгород (Россия), e-mail: ruslan_lesovik@mail.ru

Lesovik R.V. – Doctor of Engineering, Vice-Rector for International Activities, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Belgorod (Russia), e-mail: ruslan_lesovik@mail.ru

Шевцова А.Г. – доктор технических наук, директор Высшей технологической школы Белгородского государственного технологического университета имени В.Г. Шухова, г. Белгород (Россия), e-mail: ido@bstu.ru

Shevtsova A.G. – Doctor of Engineering, Director, Higher Technological School Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Belgorod (Russia), e-mail: ido@bstu.ru

Шеремет Е.О. – кандидат технических наук, доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Белгородского государственного технологического университета имени В.Г. Шухова, г. Белгород (Россия), e-mail: sheremet1122@yandex.ru

Sheremet E.O. – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Heat and Gas Supply and Ventilation, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Belgorod (Russia), e-mail: sheremet1122@yandex.ru

Хисматуллин А.С. – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры «Электрооборудование и автоматика промышленных предприятий» Института нефте-

переработки и нефтехимии Уфимского государственного нефтяного технического университета в городе Салавате, г. Салават, Республика Башкортостан (Россия), e-mail: hism5az@mail.ru

Khismatullin A.S. – Candidate of Science (Physics and Mathematics), Associate Professor, Department “Electrical Equipment and Automation of Industrial Enterprises”, Institute of Oil Refining and Petrochemistry, Ufa State Petroleum Technological University, Salavat branch, Salavat, Republic of Bashkortostan (Russia), e-mail: hism5az@mail.ru

Фахуртдинов И.Р. – студент кафедры «Электрооборудование и автоматика промышленных предприятий» Института нефтепереработки и нефтехимии Уфимского государственного нефтяного технического университета в городе Салавате, г. Салават, Республика Башкортостан (Россия), e-mail: fahurtdinov.iphone@mail.ru

Fahurtdinov I.R. – Student, Department “Electrical Equipment and Automation of Industrial Enterprises”, Institute of Oil Refining and Petrochemistry, Ufa State Petroleum Technological University, Salavat branch, Salavat, Republic of Bashkortostan (Russia), e-mail: fahurtdinov.iphone@mail.ru

Сафиканов Э.И. – студент кафедры «Электрооборудование и автоматика промышленных предприятий» Института нефтепереработки и нефтехимии Уфимского государственного нефтяного технического университета в городе Салавате, г. Салават, Республика Башкортостан (Россия), e-mail: safikanov.emil@mail.ru

Safikanov E.I. – Student, Department “Electrical Equipment and Automation of Industrial Enterprises”, Institute of Oil Refining and Petrochemistry, Ufa State Petroleum Technological University, Salavat branch, Salavat, Republic of Bashkortostan (Russia), e-mail: safikanov.emil@mail.ru

Ян Дэчэн – младший научный сотрудник Хэйхэского университета, Хэйхэский университет, г. Хэйхэ (Китай), e-mail: hljtriz@hhxy.edu.ru

Yang Decheng – Research Assistant, Heihe University, Heihe, China, e-mail: hljtriz@hhxy.edu.ru

Сюй Чи – лаборант Хэйхэского университета, Хэйхэский университет, г. Хэйхэ (Китай), e-mail: hljtriz@hhxy.edu.ru

Xu Chi – Laboratory Assistant, Heihe University, Heihe, China, e-mail: hljtriz@hhxy.edu.ru

Цао Фуцюань – профессор Хэйхэского университета, Хэйхэский университет, г. Хэйхэ (Китай), e-mail: hljtriz@hhxy.edu.ru

Cao Fuquan – Professor, Heihe University, Heihe, China, e-mail: hljtriz@hhxy.edu.ru

COMPONENTS OF SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL PROGRESS
№ 4(106) 2025
SCIENTIFIC AND PRACTICAL JOURNAL

Manuscript approved for print 20.04.25
Format 60.84/8
Conventional printed sheets 9.53
Published pages 5.28
200 printed copies

16+

Printed by Zonari Leisure LTD. Paphos