

## Педагогическая технология формирования изобретательской компетентности для активизации цифровой трансформации строительной отрасли

## Pedagogical technology for the formation of inventive competence to stimulate the digital transformation of the construction industry

### Авторы статьи

**Фомин Никита Игоревич,**  
кандидат технических наук, директор Института строительства и архитектуры, заведующий кафедрой промышленного, гражданского строительства и экспертизы недвижимости ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Российская Федерация  
ni.fomin@urfu.ru  
ORCID: 0000-0002-7095-7161

**Миронова Людмила Ивановна,**  
доктор педагогических наук, кандидат технических наук, профессор кафедры промышленного, гражданского строительства и экспертизы недвижимости ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Российская Федерация  
mirmila@mail.ru  
ORCID: 0000-0002-3675-6008

### Authors of the article

**Nikita I. Fomin,**  
Candidate of Engineering Sciences, Head of the Institute of Civil Engineering and Architecture, Head of the Department of "Industrial, Civil Engineering and Real Estate Expertise", Ural Federal University, Ekaterinburg, Russian Federation  
ni.fomin@urfu.ru  
ORCID: 0000-0002-7095-7161

**Lyudmila I. Mironova,**  
Doctor of Pedagogical Sciences, Candidate of Engineering Sciences, Professor, Department of "Industrial, Civil Engineering and Real Estate Expertise", Ural Federal University, Ekaterinburg, Russian Federation  
mirmila@mail.ru  
ORCID: 0000-0002-3675-6008

### Конфликт интересов

Конфликт интересов не указан

### Conflict of interest statement

Conflict of interest is not declared

### Для цитирования

Фомин Н. И., Миронова Л. И. Педагогическая технология формирования изобретательской компетентности для активизации цифровой трансформации строительной отрасли // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2024. – № 11. – С. 282–299. – URL: <https://e-koncept.ru/2024/241191.htm> – DOI: 10.24412/2304-120X-2024-11191

### For citation

N. I. Fomin, L. I. Mironova, Pedagogical technology for the formation of inventive competence to stimulate the digital transformation of the construction industry // Scientific-methodological electronic journal "Koncept". – 2024. – No. 11. – P. 282–299. – URL: <https://e-koncept.ru/2024/241191.htm> – DOI: 10.24412/2304-120X-2024-11191

Поступила в редакцию <i>Received</i>	02.09.24	Получена положительная рецензия <i>Received a positive review</i>	07.10.24
Принята к публикации <i>Accepted for publication</i>	07.10.24	Опубликована <i>Published</i>	30.11.24



**Аннотация**

Актуальность темы исследования обусловлена необходимостью кадрового обеспечения процесса масштабной цифровой трансформации строительной отрасли за счет подготовки выпускников вузов архитектурно-строительного профиля, обладающих метакомпетенциями для решения комплексных профессиональных задач, которые требуют наличия умений применять цифровые технологии в сочетании с технологиями инженерного творчества. В статье представлены результаты анализа современных цифровых технологий для выявления трендов развития процесса цифровизации отечественной строительной отрасли. Определены перспективы их применения в строительстве. Для формирования метакомпетенций в статье предложена педагогическая технология, направленная на формирование у выпускников вузов изобретательской компетентности. Цель статьи – разработка педагогической технологии формирования изобретательской компетентности выпускников вузов архитектурно-строительного профиля для активизации цифровой трансформации строительной отрасли. Методологической базой исследования послужили теории: технологического подхода в образовании; компетентностного подхода; информационно-образовательной среды; изобретательской деятельности, а также совершенствования подготовки строителей и архитекторов в области инженерного творчества и отраслевого изобретательства. Для анализа результативности внедрения технологии в образовательный процесс предложен уровневый подход для оценки сформированности изобретательской компетентности у выпускников. На примере выпускников магистратуры раскрыто содержание каждого уровня. Реализация разработанной педагогической технологии основана на применении комплекса учебно-методических материалов, а ее ключевым элементом является авторский алгоритм дивергентного (эволюционного) формирования патентоспособного решения. Анализ опыта подготовки будущих строителей и архитекторов в Уральском федеральном университете показал, что изобретательские методики целесообразно применять при решении сложных и фронтальных отраслевых задач, значительная часть которых связана с цифровыми технологиями и объективной необходимостью их масштабного применения. Приведены примеры изобретений, содержащие элементы цифровизации, созданные студентами магистратуры, обучающимися в образовательном кластере инженерного творчества Института строительства и архитектуры Уральского федерального университета. Теоретическая значимость результатов исследования заключается в обосновании содержания уровней сформированности изобретательской компетентности выпускников в результате применения разработанной педагогической технологии. Практическая значимость результатов проведенного исследования состоит в определении структуры и практической реализации образовательного кластера инженерного творчества.

**Ключевые слова**

цифровые технологии в строительстве, педагогическая технология, изобретательская компетентность, образовательный кластер инженерного творчества, алгоритм формирования патентоспособного решения

**Благодарности**

Авторы выражают благодарность Ирэне Веньяминовне Роберт, академику Российской академии образования, доктору педагогических наук, профессору, главному сотруднику ФГБНУ «Институт стратегии развития образования РАО», за методологическую поддержку в исследовании процессов отраслевого изобретательства в контексте цифровой трансформации строительного комплекса и высшего образования.

**Abstract**

The relevance of the research topic is due to the need to provide personnel for the process of large-scale digital transformation of the construction industry by training graduates of universities with architecture and construction focus who have meta competences to solve complex professional problems that require the ability to apply digital technologies in combination with elements of engineering creativity. The paper presents the results of the analysis of modern digital technologies to identify trends in the development of the digitalization process in the domestic construction industry. The prospects for their application in construction are determined. To form meta competences, the article proposes a pedagogical technology aimed at developing inventive competence among university graduates. The aim of the article is to develop pedagogical technology for building up inventive competence among graduates whose majors are architecture and construction to stimulate the digital transformation of the construction industry. The theories of technological approaches in education, competence-based approach, information and educational environment, inventive activity, as well as improving the training of builders and architects in the field of engineering creativity and industry invention served as the methodological basis for the research. To analyze the effectiveness of technology implementation in the educational process, the authors propose a level approach for assessing the level of inventive competence development in graduates. The content of each level is revealed using the example of the master's program graduates. The implementation of the developed pedagogical technology is based on the use of a set of educational and methodological materials, and its key element is the author's original algorithm of divergent (evolutionary) formation of a patentable solution. An analysis of the experience of training future builders and architects at the Ural Federal University showed that inventive methods are advisable to use in solving complex and cutting-edge industry problems, a significant part of which are related to digital technologies and the objective need for their large-scale application. Examples of inventions containing elements of digitalization created by graduate students studying in the educational cluster of engineering creativity at the Institute of Construction and Architecture of the Ural Federal University are given in the article. The theoretical significance of the research results lies in substantiating the content of the levels of formation of graduates' inventive competence as a result of applying the developed pedagogical technology. The practical significance of the research results lies in determining the structure and practical implementation of the educational cluster of engineering creativity.

**Key words**

digital technologies in construction, pedagogical technology, inventive competence, educational cluster of engineering creativity, algorithm for the formation of a patentable designs

**Acknowledgements**

The authors express their gratitude to Irena V. Robert, Academician of the Russian Academy of Education, Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Chief Employee of the "Institute for Educational Development Strategy of the Russian Academy of Sciences" for methodological support in the study of the processes of industrial invention in the context of the digital transformation of the construction complex and higher education.

## Введение / Introduction

До недавнего времени считалось, что строительная отрасль – одна из менее всего «оцифрованных» в промышленности несмотря на то, что значимость задачи цифровизации отечественной экономики приобрела весьма высокий уровень в соответствии с национальной программой «Цифровая экономика России: программа развития» [1].

Вместе с этим в «Стратегии развития строительной отрасли Российской Федерации до 2030 года» [2] отмечается: «Готовность специалистов строительной отрасли к эффективной работе в цифровой информационной среде с использованием сквозных технологий информационного моделирования, навыки и знания в области генерации и использования высокотехнологичных цифровых решений становятся одними из ключевых требований».

Таким образом, существует необходимость кадрового обеспечения процесса цифровой трансформации строительной отрасли за счет подготовки выпускников вузов архитектурно-строительного профиля, способных решать комплексные профессиональные задачи, требующие применения цифровых технологий в сочетании с технологиями инженерного творчества.

*Цель статьи* – на основе анализа трендов развития процесса цифровизации строительной отрасли в России определить возможности для его активизации с помощью педагогических инструментов: *разработать педагогическую технологию формирования изобретательской компетентности выпускников вузов архитектурно-строительного профиля для активизации цифровой трансформации строительной отрасли.*

Для достижения цели статьи авторами решены следующие задачи:

- выполнен анализ современных цифровых технологий для определения трендов развития процесса цифровизации отечественной строительной отрасли;
- определены перспективы их применения в строительстве в ближайшее время;
- обоснованы теоретические подходы, и разработана педагогическая технология, направленная на формирование у выпускников вузов архитектурно-строительного профиля изобретательской компетентности, способствующей активизации процесса цифровой трансформации строительной отрасли.

## Обзор литературы / Literature review

Определим базовое понятие: под цифровизацией объекта (процесса) понимается трансформация данных об объекте (процессе) из аналоговой формы в цифровую с использованием цифровых технологий с последующим автоматизированным анализом цифровых данных и принятием оптимального (по определенным критериям) решения для его улучшения. Из доклада, подготовленного коллективом Института статистических исследований и экономики знаний НИУ ВШЭ [3], следует, что цифровизация – это процесс внедрения цифровых технологий в различные сферы жизни для повышения ее качества.

Закономерность вытеснения человека из технологических цепочек проявляется в различных производственных сферах: авиации, машиностроении, банковском деле и др. Строительная отрасль не стала исключением, постепенное замещение производственных функций человека осуществляется путем автоматизации ряда технологических процессов, внедрением роботов и других цифровых технологий.

А. Х. Байбурин и Н. В. Кочарин в работе, посвященной цифровизации строительной отрасли [4], отмечают три принципиальные производственные задачи, которые решаются при внедрении цифровых технологий в строительстве:

- сокращение времени принятия решений (*Time-to-Decision*, T2D);
- сокращение времени выполнения/реализации проектов (*Time-to-Execution*, T2E);
- сокращение времени вывода продукции на рынок (*Time-to-Market*, T2M).

В соответствии с законом необходимого разнообразия Уильяма Эшби [5], невозможно управлять сложными процессами при помощи простой системы. Сложная система может управляться только еще более сложной системой. Современные строительные объекты, будучи сложными системами, для эффективного управления требуют применения комплексных решений, учитывающих множество факторов. В отечественном строительстве необходимость ускоренной цифровизации технологических цепочек обусловлена достаточно низкой производительностью труда. Так, уровень производительности труда в среднем по промышленности в РФ составляет 26 % от уровня США, а в жилищном строительстве – 28%. Такие страны, как Германия, Швеция, Норвегия, Финляндия, по производительности труда в строительном комплексе опережают Россию в 2–3 раза, согласно данным из работы А. Х. Байбурина и других исследователей, посвященной надежности организационно-технологических систем [6]. Одна из причин недостаточно высокой производительности заключается в сложности традиционной организации строительного производства, насыщенного большим количеством участников.

Одним из наиболее важных и перспективных для развития элементов цифровизации в строительстве является цифровой двойник – цифровая «умная» модель объекта, обеспечивающая достоверность его функционирования в пределах  $\pm 5\%$ , по данным К. М. Крюкова и А. В. Шаповалова [7], и учитывающая особенности конкретного производства, а также технологии изготовления.

Цифровой двойник, непрерывно снабжаемый разнообразными данными (в зависимости от набора параметров этапов жизненного цикла объекта), способен отображать его состояние в режиме реального времени. Такая модель позволяет фиксировать все данные о материалах, особенностях конструкции, произведенных операциях и т. п.

В таблице 1 представлен ранжированный перечень (начиная от наиболее массово применяемых) цифровых технологий, отражающих тренды развития процесса цифровизации отечественной строительной отрасли. Для оценки спектра «возможностей» данных технологий в таблице 1 показан ряд задач, который возможно решить с помощью цифровых технологий (указаны знаком «+»). В качестве примера приведены некоторые актуальные задачи, характерные для этапа возведения строительного объекта, частично исследованные Т. Н. Кисель и Ю. С. Прохоровой [8].

По данным Минстроя России, применение цифровых технологий, в частности BIM-технологий, позволит снизить до 40% вероятность ошибок и погрешностей в проектной документации в сравнении с традиционными методами проектирования; на 20–50% сократит время на разработку проекта, а также до шести раз уменьшит время на его проверку; до 90% сократит сроки координации и согласования проекта [9].

Согласно выводам аналитических исследований компании “Concurator” [10], одним из путей осуществления масштабной цифровой трансформации строительной отрасли является формирование сети региональных центров обучения и консультирования по вопросам внедрения цифровых технологий в строительстве, в том числе на базе профильных вузов.

В 2022 году предпринята масштабная попытка решить задачу формирования у выпускников вузов востребованных цифровых компетенций. По решению Министерства образования и науки РФ [11] в 52 российских регионах в 114 университетах,

которые являются участниками или кандидатами программы «Приоритет 2030», реализуется образовательный проект «Цифровая кафедра», направленный на освоение студентами цифровых компетенций в области создания алгоритмов и программ, пригодных для практического применения, в объеме программы дополнительного профессионального образования. В настоящее время по всей стране реализуется порядка 500 таких программ. Необходимо отметить, что, несмотря на очевидную позитивную цель данного проекта, обеспечить отраслевую привязку результатов обучения для всех программ будет достаточно сложно.

Таблица 1

**Цифровые технологии современного строительства и задачи  
на этапе возведения строительного объекта**

№ п/п	Наименование цифровой технологии	Задачи, решаемые с применением цифровых технологий на этапе возведения строительного объекта				
		Цифровые модели механизмов и машин	Моделирование процессов монтажа, анализ построечных дефектов	Контроль геометрии конструкций, инженерных коммуникаций	Цифровой проект производства отдельных строительных работ	Цифровая модель организации строительства
1	Технология информационного моделирования зданий ( <i>Building Information Model – BIM</i> ) обеспечивает создание цифрового двойника строительного объекта (здания или сооружения)	–	+	+	+	–
2	Технология информационного моделирования городов ( <i>City Information Modeling – CIM</i> ) обеспечивает создание цифрового двойника города (участков местности) на базе BIM-моделей отдельных объектов	–	–	–	–	+
3	Технология бережливого строительства ( <i>Lean Construction – LC</i> ) обеспечивает реализацию строительных проектов в срок	–	–	–	+	+
4	Технология интернета вещей ( <i>Internet of Things – IoT</i> ) обеспечивает мониторинг ресурсов	+	–	–	–	+
5	Технология искусственного интеллекта ( <i>Artificial Intelligence – AI</i> ) обеспечивает оценку строительных объектов в процессе их жизненного цикла	+	+	+	+	–
6	Облачные технологии ( <i>Cloud Computing – CC</i> ) обеспечивают пространство для обмена данными и их хранения	–	+	–	+	+



7	Роботизация обеспечивает качественное решение повторяющихся задач большого объема	+	+	-	-	-
8	Дрон-технологии (БПЛА) обеспечивают мониторинг ресурсов и параметров строительного объекта	-	+	+	-	+
9	Технология префабрикации (цифровые фабрики) обеспечивает формирование строительного объекта из элементов заводского изготовления, повышенной готовности	+	+	+	+	+
10	Технология виртуальной реальности ( <i>Virtual Reality</i> – VR) позволяет имитировать окружающую действительность человека через его ощущения: зрение, слух, осязание и другие – в реальном времени	+	+	+	+	-
11	Технология дополненной реальности ( <i>Augmented Reality</i> – AR) позволяет совмещать реальное и виртуальное в реальном времени (к элементам реального мира добавляются мнимые объекты)	-	+	-	+	-

Проведенный анализ современных цифровых технологий, а также целей и задач ряда национальных проектов [12] («Цифровая экономика Российской Федерации», «Образование», «Жилье и городская среда») позволяет сделать вывод о том, что образовательные организации, в частности вузы архитектурно-строительного профиля, должны ориентироваться на подготовку выпускников (бакалавров, магистров, специалистов), обладающих компетентностью такого уровня, который позволит им решать комплексные профессиональные задачи, требующие нестандартных решений, сопряженных с инструментами инженерного творчества, а также применения цифровых технологий. Среди таких комплексных задач можно отметить: создание и обновление жилого фонда; формирование эффективных структур управления; повышение уровня комфортности среды жизнедеятельности человека; развитие архитектурной выразительности и повышение надежности современных зданий и сооружений и многие другие.

Кроме этого в действующих образовательных стандартах для выпускников вузов архитектурно-строительного профиля предусмотрено формирование компетенций, связанных с применением цифровых технологий в профессиональной деятельности. Например, в ФГОС ВО по подготовке магистров по направлению подготовки 08.04.01 «Строительство» [13] содержится компетенция ОПК-2: способность анализировать, критически осмысливать и представлять информацию, осуществлять поиск научно-технической информации, приобретать новые знания, в том числе с помощью информационных технологий.

Схожие требования содержатся также в профессиональных стандартах. Так, в профессиональном стандарте «Специалист в области инженерно-технического про-

ектирования для градостроительной деятельности» [14] одним из требований является владение необходимыми знаниями в области современных средств автоматизации в сфере градостроительной деятельности, включая автоматизированные информационные системы.

Вышеизложенное позволяет указать на необходимость разработки новых педагогических подходов для студентов вузов архитектурно-строительного профиля, которые обеспечат формирование метакомпетенций.

Метакомпетенция является сложным и комплексным понятием, имеющим разнообразные трактовки. Так, согласно ряду отечественных исследований:

- в работе Ю. Г. Татура [15] метакомпетенция определяется как «сложное, интегрированное понятие, характеризующее способность человека реализовывать весь свой потенциал (знания, умения, навыки и личностные качества) для решения профессиональных и социальных задач в определенной области»;
- в статье Т. Н. Каменевой и В. А. Шевырева [16] метакомпетенции «являются главным фактором эффективной работы в “режимах с обострением”, характерных для существующих социально-экономических систем»;
- в исследовании Ю. В. Рыжова [17] метакомпетенции «нацелены на решение новых, очень сложных или уникальных задач»;
- в статье Ш. Каххарова [18] метакомпетенции – это «надпрофессиональные компетенции, которые становятся критически важными в условиях высокой неопределенности при высокой динамике изменений и постоянной турбулентности»;
- в обзоре, выполненном А. Аласкаром и С. А. Слепцовой [19], резюмируется, что метакомпетенции – это «полифункциональные качества личности, которые обеспечивают способность эффективного освоения новой информации с целью конструктивного взаимодействия с социальной средой и направлены на решение всевозможных жизненных задач»;
- в исследовании В. П. Игнатьева и А. А. Дарамаевой [20] метакомпетенции «необходимы для работы в изменяющихся условиях при решении нестандартных производственных задач, требующих нетривиальных решений»;
- в статье О. А. Шабанова [21] метакомпетенции отличает: «направленность на решение новых задач; проявление в новых условиях; обобщенный характер; ориентированность на личность».

В зарубежных исследованиях последнего времени под метакомпетенциями нередко понимают «мягкие» навыки (soft skills), которые также определены для выпускников инженерных университетов не вполне однозначно:

- в статье турецких авторов А. Т. Атламаз, Е. Бенгю и других [22] в перечне «мягких» навыков, в порядке их востребованности у работодателей, определены: умение решать проблемы; управление собственным временем; любознательность и креативность;
- в работе индийских ученых А. К. Г. Кришна, П. К. Баша и других [23] среди наиболее востребованных «мягких» навыков отмечены: критическое мышление и креативность; способность решать профессиональные задачи в сложных условиях, коммуникативные навыки;
- в статье исследователя Т. Т. А. Нго из Вьетнама [24] выявлены «мягкие» навыки выпускников университета, позволяющие им успешно трудоустроиться в промышленных отраслях: коммуникативные навыки; работа в команде и способность к сотрудничеству; лидерство; управление собственным временем и др.;

– в статье колумбийских ученых М. П. Гарсиа-Читива и Х. К. Кореа [25] определены наиболее востребованные «мягкие» навыки для исследователей в аспирантуре: создание или генерация идей, а также проектов; лидерство; анализ большого объема данных;

– в статье исследователя А. А. Хуссейна из Ирака [26] «мягкие» навыки включают в себя: командную работу, адаптивность, эмоциональный интеллект и способность осуществлять уверенную деловую коммуникацию.

Из представленного обзора видно, что для формирования метакомпетенций необходимы междисциплинарные педагогические исследования, требующие применения новых подходов и технологий, развивающих у выпускника вуза целый спектр надпрофессиональных компетенций, важнейшей из которых является профессиональная креативность.

На этапе производственной деятельности наличие метакомпетенций у специалистов строительного комплекса активизирует процессы цифровой трансформации отрасли, поскольку, как было показано ранее, цифровые технологии обладают рядом важных преимуществ для решения сложных отраслевых задач и совершенствования производственных процессов. По нашему мнению, перспективным направлением для формирования метакомпетенций является педагогическая технология, направленная на формирование изобретательской компетентности выпускника вузов архитектурно-строительного профиля.

Технологический подход, активно применяемый в педагогике высшей школы, возник в результате изучения дидактических систем, в которых рассматривается степень взаимодействия преподавателя и студента, а также соответствие целей обучения целям студента, активность и уровень мотивации студента в процессе обучения.

Согласно исследованиям А. А. Андреева, педагогическую технологию следует рассматривать как «систему методов, специфичных средств и форм обучения для тиражируемой реализации заданного содержания образования» [27].

А. С. Белкин анализирует современную технологию обучения как «системный метод проектирования, реализации, оценки, коррекции и последующего воспроизводства процесса обучения», который характеризуют следующие отличительные особенности: проектирование педагогических технологий осуществляется не на основе обобщения педагогического опыта, а на основе научного познания практики обучения; образовательная технология отличается воспроизводимостью, устойчивостью результатов, которые не должны зависеть от условий обучения и других факторов; педагогическая технология ориентируется не на предполагаемые результаты, а на четко описанные и заданные заранее результаты» [28].

Э. Н. Коротков считает, что педагогическая технология представляет собой, с одной стороны, «системное, целостное знание проектирования и организации всего процесса обучения на основе развернутой последовательности точно определенных педагогических целей, а с другой стороны, научно организованный, развернутый во времени процесс обучения, в котором проектируется и реализуется вся система взаимосвязей между целями, содержанием, методами, средствами, формами обучения, системой контроля, оценкой и коррекцией учебной и преподавательской деятельности» [29].

Таким образом, педагогическая технология должна быть: воспроизводима, устойчива и иметь четко сформулированные результаты. Все эти признаки, характеризующую педагогическую технологию, будут раскрыты ниже.



**Методологическая база исследования / Methodological base of the research**

Методологической базой исследования послужил ряд научных трудов.

Результаты исследований К. А. Абульхановой-Славской [30] обеспечили возможность рассматривать проблему цифровизации в отечественной промышленности через призму особенностей российского менталитета, для которого характерно преодолевать комплексные проблемы, используя творческий потенциал работников отраслевых предприятий и его широкие практические возможности, частным случаем которого является отраслевое изобретательство. Научные результаты С. И. Архангельского позволили разработать технологию с учетом основных закономерностей учебного процесса в вузе. Работа Н. Ф. Талызиной [32] позволила использовать ряд положений «деятельностной» теории учения в процессе подготовки кадров для определенных профессий. На основе материалов диссертации И. В. Богомаз [33] был учтен ряд особенностей (возможностей и ограничений) реализации технологического подхода в вузовской подготовке строителей. Из исследования И. В. Роберт [34] приняты методические возможности электронных образовательных ресурсов для формирования необходимого образовательного контента в предлагаемой технологии, а из работы Т. Ш. Шихнабиевой [35] – алгоритмизированный подход к контролю знаний на основе комплекса автоматизированных тестов различной сложности. Труды в области теории компетентностного подхода в высшем образовании Э. Ф. Зеера и Д. П. Заводчиков [36], а также И. А. Зимней [37] позволили уточнить структуру и особенности изобретательской компетентности на основе содержания универсальных компетенций выпускников вузов. На основе результатов научной школы И. В. Роберт [38] была применена теория информационно-образовательной среды вуза для проектирования образовательного кластера инженерного творчества.

Исследование Н. П. Абовского [39], посвященное основам изобретательской деятельности у студентов строительных специальностей, позволило внести ряд методических дополнений в разработанную технологию. Работа Г. А. Альтшуллера [40], посвященная основам классической теории решения изобретательских задач (ТРИЗ), а также пособие М. А. Орлова [41], раскрывающее некоторые методические особенности одного из ее современных вариантов – Модерн ТРИЗ, позволили наполнить разработанную технологию наиболее «сильными» изобретательскими методиками. Исследование А. В. Коротича и Н. И. Фомина [42] позволило применить сущность «прямой» изобретательской задачи в строительстве и архитектуре для формирования элементов методической основы разработанной технологии. Статья Н. И. Фомина и Л. И. Мироновой [43] позволила выбрать организационный формат в виде образовательного кластера для практической реализации предлагаемой технологии. Исследования В. П. Беспалько [44] позволили применить теорию таксономического подхода для эмпирической уровневой оценки сформированности компетентности студентов.

В процессе решения задач исследования также применялся анализ учебных программ и учебно-методических материалов для подготовки выпускников бакалавриата, специалитета и магистратуры вузов архитектурно-строительного профиля, а также частные эмпирические методы: наблюдение, анкетирование и педагогические измерения.

**Результаты исследования / Research results**

В Институте строительства и архитектуры Уральского федерального университета (ИСА УрФУ) разработана педагогическая технология, применение которой направлено на формирование изобретательской компетентности и позволяет студентам:

- выявить причинно-следственные связи экспериментально наблюдаемых или теоретически анализируемых фактов;
- самостоятельно применить методы и инструменты отраслевого изобретательства;
- создать новые технические решения, удовлетворяющие критериям патентоспособности, по различным перспективным направлениям развития строительства и архитектуры, включая решения с применением цифровых технологий.

Для практической реализации разработанной педагогической технологии в ИСА УрФУ был создан образовательный кластер инженерного творчества. В нем изучают основы изобретательства студенты разных уровней подготовки (бакалавриат, магистратура) и в целях профориентации школьники старших классов. В табл. 2 представлена структура учебной деятельности, осуществляемой в рамках данного кластера.

Таблица 2

**Структура учебной деятельности в рамках образовательного кластера инженерного творчества ИСА УрФУ**

<i>Ступень подготовки</i>	<i>Цель подготовки</i>	<i>Содержание подготовки</i>
1-я ступень – 10-11-й класс	Профориентация на профессию строителя или архитектора, владеющего методами инженерного творчества	10-й класс – занимательные задачи из области архитектуры и строительства; 1-й класс – первоначальное знакомство с методами отраслевого изобретательства, формирование первоначального опыта работы в команде, в финале – защита учебного проекта
2-я ступень – студенты бакалавриата	Изучение основ методов решения изобретательских задач	Изучение основных методов отраслевого изобретательства (мозговой штурм, морфологический анализ, метод фокальных объектов, теория решения изобретательских задач и ее методические приемы)
3-я ступень – студенты магистратуры	Изучение алгоритма формирования патентоспособного решения, а также основ патентной защиты технических решений в архитектурно-строительной сфере	Формирование опыта по решению актуальных отраслевых задач с применением спектра изобретательских методов

Для оценки сформированности изобретательской компетентности у студентов как совокупности знаний, умений и практического опыта был применен уровневый подход (низкий, средний, базовый и высокий). В качестве примера в табл. 3 приведено содержание компонентов изобретательской компетентности у выпускников магистратуры ИСА.

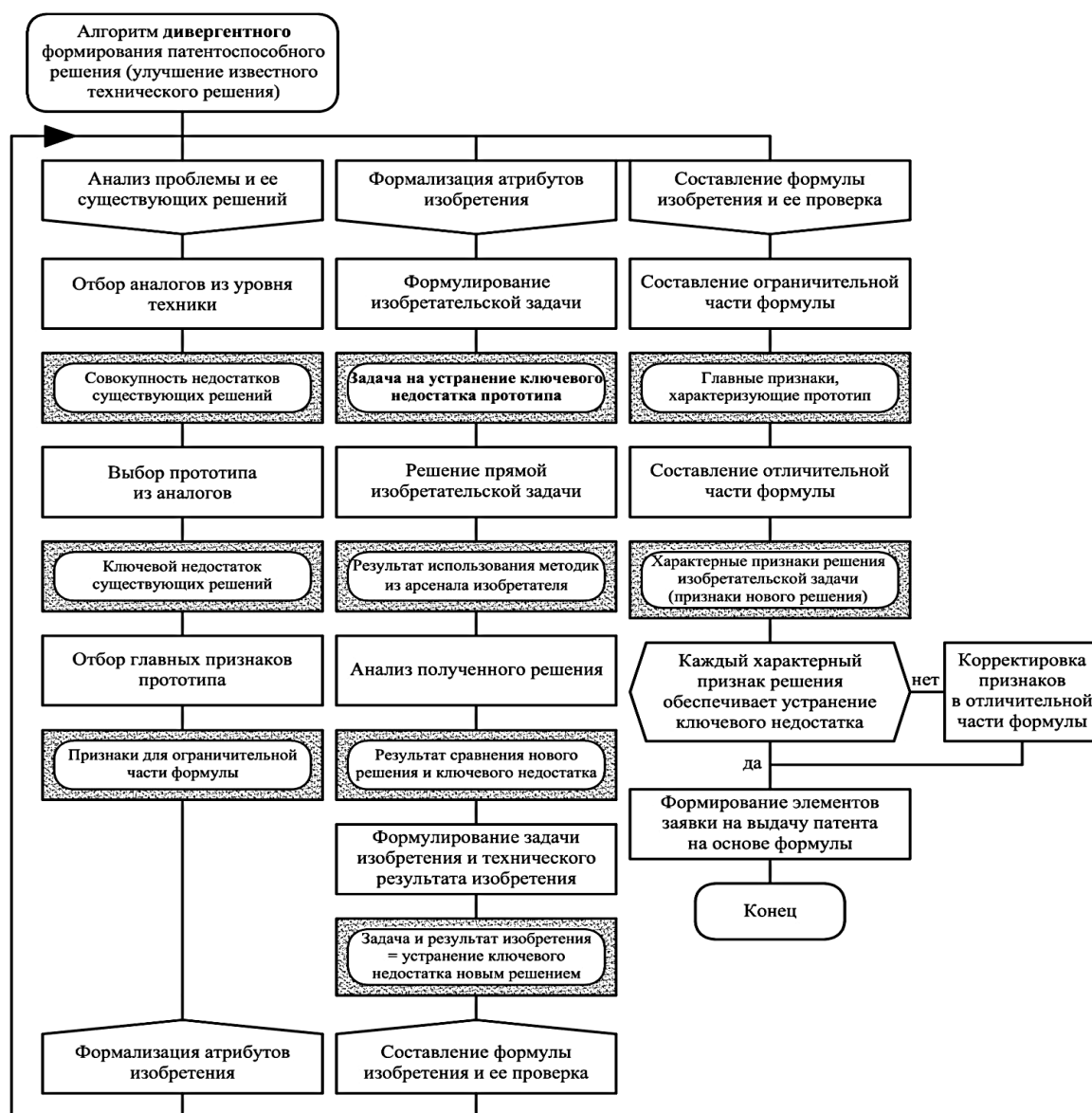
Реализация разработанной педагогической технологии основана на применении комплекса учебно-методических материалов, базовым элементом которого является авторский учебник по отраслевому изобретательству, который получил название «Разработка и защита технических решений в строительстве». Ключевым элементом технологии формирования изобретательской компетентности является алгоритм дивергентного (эволюционного) формирования патентоспособного решения в области архитектуры и строительства, разработанный на основе более чем 10-летнего опыта работы одного из авторов со студентами Института в области отраслевого изобретательства и получения совместно с ними более 30 патентов на изобретения и полезные модели. Алгоритм дивергентного формирования патентоспособного решения, составленный на алгоритмическом языке ДРАКОН, представлен на рисунке.

В соответствии с представленным алгоритмом разработка нового патентоспособного решения происходит в результате выявления изобретателем необходимости устранения недостатков в существующих решениях. Если применяемые решения не имеют значимых технических недостатков, то оснований для запуска процессов отраслевого изобретательства, как правило, не имеется или они избыточно трудоемки. Устранение выявленного недостатка – это задача изобретения или полезной модели, в зависимости от уровня полученного решения. Процесс решения самой изобретательской задачи в алгоритме не детализирован, поскольку описанию содержаний конкретных изобретательских методик и приемов из существующего арсенала изобретателя посвящено значительное количество разнообразной литературы.

Таблица 3

**Содержание уровней сформированности изобретательской компетентности выпускника магистратуры ИСА УрФУ (фрагмент)**

<i>Компоненты профессиональной компетентности</i>	<i>Уровни сформированности изобретательской компетентности выпускника магистратуры</i>			
	<i>Низкий (репродуктивный)</i>	<i>Средний (в дополнение к репродуктивному) – адаптивный</i>	<i>Базовый (в дополнение к адаптивному) – эвристический</i>	<i>Высокий (в дополнение к эвристическому) – творческий</i>
Требования к <b>знаниям</b>	Знает основные понятия промышленного (отраслевого) изобретательства ...	Знает основные понятия ТРИЗ ...	Знает основные приемы (не менее 15 из 40 стандартных) разрешения технических противоречий ...	Знает алгоритм дивергентного формирования патентоспособного решения и условия его реализации
Требования к <b>умениям</b>	Умеет формулировать правила проведения мозгового штурма, а также реализации метода фокальных объектов, морфологического анализа ...	Умеет формулировать идеальный конечный результат и техническое противоречие ...	Умеет использовать приемы разрешения технических противоречий для решения изобретательских задач среднего (2-го и 3-го) уровня сложности ...	Умеет описать и визуализировать новое техническое решение, позволяющее устранить ключевой недостаток в прототипе ...
Требования к <b>опыту</b>	Имеет опыт решения простейших изобретательских задач ...	Имеет опыт составления условий изобретательской задачи среднего уровня сложности на основе заданной изобретательской ситуации ...	Имеет опыт решения изобретательских задач среднего уровня сложности ...	Имеет опыт описания и визуализации нового технического решения (включая формулу изобретения или полезной модели) ...



Алгоритм дивергентного (эволюционного) формирования патентоспособного решения в строительстве

Опыт подготовки будущих строителей и архитекторов в ИСА УрФУ показал, что изобретательство рационально использовать для решения сложных и фронтирных отраслевых задач, значительная часть которых связана с цифровыми технологиями и объективной необходимостью их масштабного применения. Через образовательные процессы формирования изобретательской компетенции студенты получают не только комплексное представление о возможностях цифровых технологий, осуществляя информационный или (как частный случай) патентный поиск, но также предлагают оригинальные и промышленно применимые варианты их практического использования. Такой подход к изучению возможностей цифровых технологий через их применение в патентоспособных технических решениях, по нашему мнению, способствует активизации процесса цифровой трансформации строительной отрасли.

В табл. 4 представлены примеры изобретений с элементами цифровизации в области строительства, разработанные студентами и преподавателями ИСА УрФУ в процессе подготовки магистров в образовательном кластере инженерного творчества.

### Изобретения с элементами цифровизации, разработанные студентами и преподавателями ИСА УрФУ

Название изобретения	Авторы	Реферат изобретения	Элементы цифровизации строительной отрасли, используемые в изобретении
Способ подготовки к оценке технического состояния зданий по внешним признакам. Патент РФ № 2758806	Фомин Н. И., Бернгардт К. В., Орлова Е. А., Идиятшина Э. Н.	Изобретение относится к области строительства, в частности к способу предварительной оценки технического состояния зданий. Способ подготовки к оценке технического состояния зданий по внешним признакам характеризуется тем, что предварительно составляют комплекты эталонных изображений дефектов, выделяют категории дефектов, выполняют аэрофотосъемку наружных поверхностей оцениваемого здания с использованием беспилотного летательного аппарата (БПЛА), оборудованного цифровой фотокамерой, обрабатывают полученные изображения в автоматическом режиме, формируют трехмерную цифровую модель здания, сравнивают изображения модели с эталонными изображениями в автоматическом режиме и устанавливают наличие строительных дефектов в конструкциях здания, формируют в автоматическом режиме на цифровой модели здания карты дефектов с возможностью оценки их геометрических параметров, а также с указанием порядкового номера дефекта и его категории, выполняют автоматическую оценку вертикальности наружных стен на цифровой модели здания. Технический результат заключается в обеспечении надежности экспертной оценки технического состояния зданий	1. Использование БПЛА для анализа строительных объектов. 2. Построение цифровой модели строительного объекта. 3. Автоматический анализ изображений строительного объекта с использованием современных программных комплексов и возможностей ИИ
Способ мониторинга снеговой нагрузки на покрытии зданий с применением беспилотных летательных аппаратов. Патент РФ № 2733979	Зайкова К. А., Фомин Н. И., Бернгардт К. В., Протасова М. А.	Изобретение относится к области строительства, в частности к способу мониторинга состояния строительных сооружений. Способ мониторинга снеговой нагрузки на покрытии зданий с применением БПЛА включает этапы дистанционного определения средней высоты снежного покрова $h_s$ и средней расчетной плотности снега с учетом его слоистой структуры $\rho_s$ на участке покрытия по результатам аэрофотосъемки покрытия с использованием БПЛА при наличии и отсутствии снежного покрова. Величину $\rho_s$ определяют по известным физическим моделям в зависимости от температуры воздуха и находят среднюю величину расчетной снеговой нагрузки на участке покрытия $P_s$ . Полученное значение сравнивают с расчетной предельной величиной снеговой нагрузки на участке покрытия $P_{s\text{ult}}$ , определенной в соответствии с требованиями действующих нормативных документов, при выполнении условия $0,9 P_{s\text{ult}} \leq P_s \leq P_{s\text{ult}}$ на соответствующем участке покрытия принимают состояние, предшествующее моменту возникновения сверхнормативной снеговой нагрузки. Технический результат заключается в обеспечении возможности повышения точности дистанционного определения параметров снежного покрова	1. Использование БПЛА для анализа строительных процессов и объектов. 2. Построение цифровой модели объекта. 3. Автоматический анализ параметров строительного объекта с использованием современных программных комплексов

Примечание. Фамилии авторов-студентов выделены курсивом.



По мере внедрения разработанной технологии ожидается не только рост запатентованных решений, в которых предусмотрена цифровизация строительных процессов, но также расширение спектра цифровых технологий, которые будут использоваться для достижений технических результатов, заявленных изобретателями.

### Заключение / Conclusion

В статье представлен вариант решения задачи масштабной цифровой трансформации строительной отрасли при помощи современных педагогических подходов. Разработанная технология формирования изобретательской компетентности у выпускников вузов архитектурно-строительного профиля позволяет также обеспечить преодоление такой важной отраслевой проблемы, как ускоренное наращивание технологического суверенитета, за счет разработки и внедрения новых решений.

Как показывает наш опыт обучения отраслевому изобретательству, компетентность в области изобретательства мотивирует выпускников не только осуществлять поиск решений актуальных и сложных проблем строительной сферы, используя современные цифровые инструменты, но также побуждает их к поиску противоречий и общих закономерностей развития строительных систем и переходу, таким образом, на решение научных задач. Так, внедрение разработанной технологии позволило заметно увеличить количество аспирантов в Институте строительства и архитектуры. Важным элементом диссертационных исследований у них становится разработка новых патентоспособных технических решений для практической реализации полученных научных результатов.

Дальнейшие шаги по развитию технологии формирования изобретательской компетентности авторы видят в разработке и внедрении в Институте строительства и архитектуры Уральского федерального университета различных образовательных цифровых сервисов, позволяющих дистанционно развивать изобретательский опыт студентов, а также самостоятельно разрабатывать элементы заявки на выдачу патента с использованием искусственного интеллекта.

### Ссылки на источники / References

1. Национальная программа «Цифровая экономика России: программа развития». – URL: <https://www.garantexpress.ru/zifrovaya-ekonomika-rossii-programma-razvitiya/>
2. Стратегия развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2035 года. – URL: <http://static.government.ru/media/files/AdmXczBBUGfGNM8tz16r7RkQcsgP3LAM.pdf>
3. Цифровая трансформация: ожидания и реальность: докл. к XXIII Ясинской (Апрельской) междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества, Москва, 2022 г. / Г. И. Абдрахманова, С. А. Васильковский, К. О. Вишневский и др.; рук. авт. кол. П. Б. Рудник; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2022. – 221 с.
4. Байбурин А. Х., Кочарин Н. В. Применение цифровых технологий в строительстве. – Челябинск: Библиотека А. Миллера, 2020. – 167 с.
5. Эшби У. Р. Введение в кибернетику. – М.: Иностранная литература, 1959. – 432 с.
6. Байбурин А. Х., Кочарин Н. В., Байбурин Д. А. и др. Надежность организационно-технологических систем. – Челябинск: Изд. центр ЮУрГУ, 2018. – 84 с.
7. Крюков К. М., Шаповалов А. В. Использование технологии цифровых двойников в строительстве // Инженерный вестник Дона. – 2022. – № 5 (89). – С. 517–525. – URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2022/764](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2022/764)
8. Кисель Т. Н., Прохорова Ю. С. Исследование уровня цифровизации на российских предприятиях инвестиционно-строительной сферы. – Электрон. дан. и прогн. (9,8 Мб). – М.: Издательство МИСИ – МГСУ, 2023. – URL: <https://mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa/>
9. Преимущества BIM в одной инфографике. – URL: <https://minstroyrf.gov.ru/press/preimushchestva-bim-v-odnoy-infografike>

10. Отчет по исследованию «Уровень применения BIM в России 2019». – URL: [http://concurator.ru/information/bim\\_report\\_2019/](http://concurator.ru/information/bim_report_2019/)
11. Приказ Минобрнауки России от 30.03.2022 № 273 «О внесении изменения в перечень целевых показателей эффективности реализации программ...». – URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_416092/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_416092/)
12. Национальные проекты России. – URL: <https://национальныепроекты.рф/projects/>
13. ФГОС ВО – Магистратура по направлению подготовки 08.04.01 Строительство. – URL: <https://fgos.ru/fgos/fgos-08-04-01-stroitelstvo-482/>
14. Профессиональный стандарт «Специалист в области инженерно-технического проектирования для градостроительной деятельности». – URL: <https://fgosvo.ru/news/view/1768>.
15. Татур Ю. Г. Образовательный процесс в вузе. – М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009. – 262 с.
16. Каменева Т. Н., Шевырев В. А. Теоретико-методологические основы формирования метакомпетенций в проектно-ориентированном обучении техносоциального пространства вуза // Вестник университета. – 2024. – № 5. – С. 43–53. DOI: 10.26425/1816-4277-2024-5-43-53.
17. Рыжов Ю. В. Формирование информационной культуры как метакомпетенции студентов // Гуманитарные науки. – 2024. – № 2. – С. 48–53.
18. Каххаров Ш. Практика управления «метакомпетенциями» через призму теории систем // Международный бизнес. – 2024. – № 4 (6). – С. 31–51.
19. Аласкар Н. С., Слепцова С. А. Метакомпетенции: обзор с позиции образовательной парадигмы // Социосфера. – 2022. – № 4. – С. 73–76.
20. Игнатъев В. П., Дарамаева А. А. Топ-11 метакомпетенций будущего // Глобальный научный потенциал. – 2021. – № 4 (121). – С. 151–154.
21. Шабанов О. А. Метакомпетенция и метакомпетентность в рамках компетентного подхода в образовании // Человек и образование. – 2015. – № 3 (44). – С. 53–56.
22. Atlamaz A. T., Bengü E., Aydogdu C. C., Soylu S. Nurturing soft skills in engineering education with interactive activities // International Journal of Education in Mathematics, Science, and Technology (IJEMST). – 2024. – Vol. 12. – No. 4. – P. 971–987. DOI: 10.46328/ijemst.4213.
23. Krishna A. K. G., Basha P. K., Suneetha Y., et al. Identification of Soft Skills Gaps in Engineering Education: A Theoretical Study // Bulletin For Technology And History Journal. – 2024. – Vol. 7. – No. 7.
24. Ngo T. T. A. The Importance of Soft Skills for Academic Performance and Career Development—From the Perspective of University Students // International Journal of Engineering Pedagogy. – 2024. – Vol. 14. – No 3. – P. 53–68. DOI: 10.3991/ijep.v14i3.45425.
25. García-Chitiva M. P., Correa J. C. Soft skills centrality in graduate studies offerings Soft skills centrality in graduate studies offerings // Studies in Higher Education. – 2023. – Vol. 49. – No. 5. DOI: 10.48550/arXiv.2303.15220.
26. Hussein A. A. Soft Skills and Their Impact on the Workplace // Al-Iraqa Foundation for Culture and Development. – 2024. – No. 10.
27. Андреев А. А. Педагогика высшей школы. Новый курс. – М.: ММИЭИФП, 2002. – 264 с.
28. Белкин А. С. Компетентность. Профессионализм. Мастерство. – Челябинск: Юж.-Урал. кн. изд-во, 2004. – 172 с.
29. Коротков Э. Н. Технологии проблемно-деятельностного обучения в вузе. – М.: ВПА, 1990. – 170 с.
30. Абульханова-Славская К. А. Психология и сознание личности (проблемы методологии, теории и исследования реальной личности): избранные психологические труды. – М., 1999. – 250 с.
31. Архангельский С. И. Учебный процесс в высшей школе: его закономерные основы и методы. – М.: ИПРО, 1989. – 369 с.
32. Талызина Н. Ф. Теоретические основы разработки модели специалиста. – М.: Знание, 1986. – 109 с.
33. Богомаз И. В. Научно-методические основы базовой подготовки студентов инженерно-строительных специальностей в условиях проективно-информационного подхода: дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.02. – М., 2012. – 313 с.
34. Роберт И. В. Фундаментальные научные исследования в области информатизации отечественного образования // Педагогическая информатика. – 2014. – № 3. – С. 8–19.
35. Шихнабиева Т. Ш. Автоматизация процесса обучения и контроля знаний с использованием интеллектуальных моделей образовательного контента // Педагогическая информатика. – 2011. – № 5. – С. 27–31.
36. Зеер Э. Ф., Заводчиков Д. П. Идентификация универсальных компетенций выпускников работодателем // Высшее образование в России. – 2007. – № 11. – С. 39–45.
37. Зимняя И. А. Компетентностный подход. Каково его место в системе подходов к проблемам образования? // Высшее образование сегодня. – 2006. – № 8. – С. 20–26.
38. Роберт И. В. Характеристики информационно образовательной среды и информационно образовательного пространства // Мир психологии. – 2019. – № 2 (98). – С. 110–120.

39. Абовский Н. П. Творчество в строительстве: системный подход, законы развития, принятие решений. – Красноярск: Стройиздат. Красноярск. отд., 1992. – 293 с.
  40. Альтшуллер Г. С. Творчество как точная наука. – Петрозаводск: Скандинавия, 2004. – 208 с.
  41. Орлов М. А. Азбука ТРИЗ. Основы изобретательного мышления. – М.: СОЛОН-Пресс, 2010. – 207 с.
  42. Коротич А. В., Фомин Н. И. Методические возможности решения изобретательских задач в архитектуре и строительстве // Academia. Архитектура и строительство. – 2024. – № 1. – С. 103–112. DOI: 10.22337/2077-9038-2024-1-103-112.
  43. Фомин Н. И., Миронова Л. И. Образовательный кластер инженерного творчества для обеспечения инновационной деятельности выпускников архитектурно-строительных специальностей // Педагогическое образование в России. – 2023. – № 2. – С. 146–154.
  44. Беспалько В. П. Образование и обучение с участием компьютеров (педагогика третьего тысячелетия). – М.: Изд-во Московского психолого-социального ин-та; Воронеж: Изд-во НПО «МОДЭК», 2002. – 352 с.
- 
1. *Nacional'naya programma "Cifrovaya ekonomika Rossii: programma razvitiya"* [The National program "Digital Economy of Russia: a development program"]. Available at: <https://www.garantexpress.ru/zifrovaya-ekonomika-rossii-programma-razvitiya/> (in Russian).
  2. *Strategiya razvitiya stroitel'noj otrasli i zhilishchno-kommunal'nogo hozyajstva Rossijskoj Federacii na period do 2030 goda s prognozom do 2035 goda* ["Strategy for the development of the construction industry and housing and communal services of the Russian Federation for the period up to 2030 with a forecast up to 2035"]. Available at: <http://static.government.ru/media/files/AdmXczBBUGfGNM8tz16r7RkQcsgP3LAM.pdf> (in Russian).
  3. Abdrahmanova, G. I. et al. (2022). *Cifrovaya transformaciya: ozhidaniya i real'nost': dokl. k XXIII Yasinskoj (Aprel'skoj) mezhdunar. nauch. konf. po problemam razvitiya ekonomiki i obshchestva, Moskva, 2022 g.* [Digital transformation: Expectations and reality: Report on the XXIII Yasinskaya (April) International Scientific Conference on Problems of Economic and Social Development, Moscow, 2022], Izd. dom Vyshej shkoly ekonomiki, Moscow, 221 p. (in Russian).
  4. Bajburin, A. H., & Kocharin, N. V. (2020). *Primenenie cifrovych tekhnologij v stroitel'stve* [The use of digital technologies in construction], Biblioteka A. Millera, Chelyabinsk, 167 p. (in Russian).
  5. Eshbi, U. R. (1959). *Vvedenie v kibernetiku* [Introduction to Cybernetics], Inostrannaya literatura, Moscow, 432 p. (in Russian).
  6. Bajburin, A. H., Kocharin, N. V., Bajburin, D. A. et al. (2018). *Nadezhnost' organizacionno-tekhnologicheskikh sistem* [Reliability of organizational and technological systems], Izd. centr YuUrGU, Chelyabinsk, 84 p. (in Russian).
  7. Kryukov, K. M., & Shapovalov, A. V. (2022). "Ispolzovanie tekhnologii cifrovych dvojniov v stroitel'stve" [Using Digital Twin Technology in Construction], *Inzhenernyj vestnik Dona*, № 5 (89), pp. 517–525. Available at: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2022/764](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2022/764) (in Russian).
  8. Kisel', T. N., & Prohorova, Yu. S. (2023). *Issledovanie urovnya cifrovizacii na rossijskikh predpriyatiyah investicionno-stroitel'noj sfery* [A study of the level of digitalization at Russian enterprises in the investment and construction sector], Elektron. dan. i progr. (9,8 Mb), Izdatel'stvo MISI – MGSU, Moscow. Available at: <https://mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa/> (in Russian).
  9. *Preimushchestva BIM v odnoj infografike* [The advantages of BIM in one infographic]. Available at: <https://minstroyrf.gov.ru/press/preimushchestva-bim-v-odnoj-infografike> (in Russian).
  10. *Otchet po issledovaniyu "Uroven' primeneniya BIM v Rossii 2019"* [Research report "The level of BIM application in Russia 2019"]. Available at: [http://concurator.ru/information/bim\\_report\\_2019/](http://concurator.ru/information/bim_report_2019/) (in Russian).
  11. *Prikaz Minobrnauki Rossii ot 30.03.2022 № 273 "O vnesenii izmeneniya v perechen' celevyh pokazatelej effektivnosti realizacii programm..."* [Order of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation dated 30.03.2022 No. 273 "On Amending the list of target indicators for the effectiveness of program implementation..."]. Available at: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_416092/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_416092/) (in Russian).
  12. *Nacional'nye proekty Rossii* [National projects of Russia]. Available at: <https://nacional'nyeproekty.rf/projects/> (in Russian).
  13. *FGOS VO – Magistratura po napravleniyu podgotovki 08.04.01 Stroitel'stvo* [Federal State Educational Standard for Higher Education – Master's degree in the area of training 08.04.01 Construction]. Available at: <https://fgos.ru/fgos/fgos-08-04-01-stroitelstvo-482/> (in Russian).
  14. *Professional'nyj standart "Specialist v oblasti inzhenerno-tekhnicheskogo proektirovaniya dlya gradostroitel'noj deyatel'nosti"* [Professional standard "Specialist in the field of engineering and technical design for urban construction"]. Available at: <https://fgosvo.ru/news/view/1768> (in Russian).
  15. Tatur, Yu. G. (2009). *Obrazovatel'nyj process v vuze* [The educational process at the university], MGTU im. N. E. Bauman, Moscow, 262 p. (in Russian).
  16. Kameneva, T. N., & Shevyrev, V. A. (2024). "Teoretiko-metodologicheskie osnovy formirovaniya metakompetencij v proektno-orientirovannom obuchenii tekhnosocial'nogo prostranstva vuza" [Theoretical and methodological

- foundations of the formation of meta-competences in project-oriented learning in the technosocial space of the university], *Vestnik universiteta*, № 5, pp. 43–53. DOI: 10.26425/1816-4277-2024-5-43-53 (in Russian).
17. Ryzhov, Yu. V. (2024). "Formirovanie informacionnoj kul'tury kak metakompetencii studentov" [Formation of information culture as a meta-competence of students], *Gumanitarnye nauki*, № 2, pp. 48–53 (in Russian).
18. Kahkharov, Sh. (2024). "Praktika upravleniya «metakompetenciymi» cherez prizmu teorii system" [The practice of managing "meta-competences" through the prism of systems theory], *Mezhdunarodnyj biznes*, № 4 (6), pp. 31–51 (in Russian).
19. Alaskar, N. S., & Slepsova, S. A. (2022). "Metakompetencii: obzor s pozicii obrazovatel'noj paradigmy" [Meta-competences: an overview from the perspective of the educational paradigm], *Sociosfera*, № 4, pp. 73–76 (in Russian).
20. Ignat'ev, V. P., & Daramaeva, A. A. (2021). "Top-11 metakompetencij budushchego" [Top 11 meta-competences of the future], *Global'nyj nauchnyj potencial*, № 4 (121), pp. 151–154 (in Russian).
21. Shabanov, O. A. (2015). "Metakompetenciya i metakompetentnost' v ramkah kompetentnostnogo podhoda v obrazovanii" [Meta-competence and meta-competency in the framework of the competence approach in education], *Chelovek i obrazovanie*, № 3 (44), pp. 53–56 (in Russian).
22. Atlamaz, A. T., Bengü, E., Aydogdu, C. C., & Soylu, S. (2024). "Nurturing soft skills in engineering education with interactive activities", *International Journal of Education in Mathematics, Science, and Technology (IJEMST)*, vol. 12, no. 4, pp. 971–987. DOI: 10.46328/ijemst.4213 (in English).
23. Krishna, A. K. G., Basha, P. K., Suneetha, Y. et al. (2024). "Identification of Soft Skills Gaps in Engineering Education: A Theoretical Study", *Bulletin For Technology And History Journal*, vol. 7, no. 7 (in English).
24. Ngo, T. T. A. (2024). "The Importance of Soft Skills for Academic Performance and Career Development—From the Perspective of University Students", *International Journal of Engineering Pedagogy*, vol. 14, no 3, pp. 53–68. DOI: 10.3991/ijep.v14i3.45425 (in English).
25. García-Chitiva, M. P., & Correa, J. C. (2023). "Soft skills centrality in graduate studies offerings Soft skills centrality in graduate studies offerings", *Studies in Higher Education*, vol. 49, no. 5. DOI: 10.48550/arXiv.2303.15220 (in English).
26. Hussein A. A. (2024). "Soft Skills and Their Impact on the Workplace", *Al-Iraqa Foundation for Culture and Development*, no. 10 (in English).
27. Andreev, A. A. (2002). *Pedagogika vysshej shkoly. Novyj kurs* [Pedagogy of higher education. The new course], MMIEIFP, Moscow, 264 p. (in Russian).
28. Belkin, A. S. (2004). *Kompetentnost'. Professionalizm. Masterstvo* [Competency. Professionalism. Skill], Yuzh.-Ural. kn. izd-vo, Chelyabinsk, 172 p. (in Russian).
29. Korotkov, E. N. (1990). *Tekhnologii problemno-deyatelnostnogo obucheniya v vuze* [Technologies of problem-based learning at the university], VPA, Moscow, 170 p. (in Russian).
30. Abul'hanova-Slavskaya, K. A. (1999). *Psihologiya i soznanie lichnosti (problemy metodologii, teorii i issledovaniya real'noj lichnosti): izbrannye psichologicheskie Trudy* [Psychology and consciousness of personality (problems of methodology, theory and research of real personality): Selected psychological works], Moscow, 250 p. (in Russian).
31. Arhangel'skij, S. I. (1989). *Uchebnyj process v vysshej shkole: ego zakonomernye osnovy i metody* [The educational process in higher school: its logical foundations and methods], IPRO, Moscow, 369 p. (in Russian).
32. Talyzina, N. F. (1986). *Teoreticheskie osnovy razrabotki modeli specialista* [Theoretical foundations for developing a specialist model], Znanie, Moscow, 109 p. (in Russian).
33. Bogomaz, I. V. (2012). *Nauchno-metodicheskie osnovy bazovoj podgotovki studentov inzhenerno-stroitel'nyh special'nostej v usloviyah proektivno-informacionnogo podhoda: dis. ... d-ra ped. nauk: 13.00.02* [Scientific and methodological foundations of the basic training of engineering and construction majors in the context of a project-based information approach], Moscow, 313 p. (in Russian).
34. Robert, I. V. (2014). "Fundamental'nye nauchnye issledovaniya v oblasti informatizacii otechestvennogo obrazovaniya" [Fundamental scientific research in the field of informatization of domestic education], *Pedagogicheskaya informatika*, № 3, pp. 8–19 (in Russian).
35. Shihnaieva, T. Sh. (2011). "Avtomatizaciya processa obucheniya i kontrolya znanij s ispol'zovaniem intellektual'nyh modelej obrazovatel'nogo kontenta" [Automation of the learning process and knowledge control using intelligent models of educational content], *Pedagogicheskaya informatika*, № 5, pp. 27–31 (in Russian).
36. Zeer, E. F., & Zavodchikov, D. P. (2007). "Identifikaciya universal'nyh kompetencij vypusnikov rabotodatelem" [Identification of graduates' universal competencies by employers], *Vysshee obrazovanie v Rossii*, № 11, pp. 39–45 (in Russian).
37. Zimnyaya, I. A. (2006). "Kompetentnostnyj podhod. Kakovo ego mesto v sisteme podhodov k problemam obrazovaniya?" [Competence-based approach. What is its place in the system of approaches to educational problems?], *Vysshee obrazovanie segodnya*, № 8, pp. 20–26 (in Russian).
38. Robert, I. V. (2019). "Harakteristiki informacionno obrazovatel'noj sredy i informacionno obrazovatel'nogo prostanstva" [Characteristics of the information and educational environment and information and educational space], *Mir psichologii*, № 2 (98), pp. 110–120 (in Russian).

39. Abovskij, N. P. (1992). *Tvorchestvo v stroitel'stve: sistemnyj podhod, zakony razvitiya, prinyatie reshenij* [Creativity in construction: a systematic approach, laws of development, decision making], Strojizdat. Krasnoyarsk. otd., Krasnoyarsk, 293 p. (in Russian).
40. Al'tshuller, G. S. (2004). *Tvorchestvo kak tochnaya nauka* [Creativity as an exact science], Skandinauiya, Petrozavodsk, 208 p. (in Russian).
41. Orlov, M. A. (2010). *Azbuka TRIZ. Osnovy izobretatel'nogo myshleniya* [ABC of TRIZ. Fundamentals of Inventive Thinking], SOLON-Press, Moscow, 207 p. (in Russian).
42. Korotich, A. V., & Fomin, N. I. (2024). "Metodicheskie vozmozhnosti resheniya izobretatel'skih zadach v arhitekture i stroitel'stve" [Methodological options for solving inventive problems in architecture and construction], *Academia. Arhitektura i stroitel'stvo*, № 1, pp. 103–112. DOI: 10.22337/2077-9038-2024-1-103-112 (in Russian).
43. Fomin, N. I., & Mironova, L. I. (2023). "Obrazovatel'nyj klaster inzhenernogo tvorchestva dlya obespecheniya innovacionnoj deyatel'nosti vypusnikov arhitekturno-stroitel'nyh special'nostej" [Educational cluster of engineering creativity to ensure innovative activities of graduates of architectural and construction specialties], *Pedagogicheskoe obrazovanie v Rossii*, № 2, pp. 146–154 (in Russian).
44. Bepal'ko, V. P. (2002). *Obrazovanie i obuchenie s uchastiem komp'yuterov (pedagogika tret'ego tysyacheletiya)* [Education and training with the participation of computers (pedagogy of the third millennium)], Izd-vo Moskovskogo psikhologo-social'nogo in-ta, Moscow; Voronezh, 352 p. (in Russian).

#### Вклад авторов

Н. И. Фомин – определение цели и задач исследования, подготовка части обзора научных публикаций по теме статьи, систематизация цифровых технологий и возможности их применения в строительной отрасли, разработка алгоритма получения патентоспособного решения, содержательное наполнение уровней сформированности изобретательской компетентности.

Л. И. Миронова – определение цели и задач статьи, подготовка части литературного обзора, разработка концепции образовательного кластера инженерной творческой, анализ педагогических технологий и их возможностей для применения в инженерно-строительной подготовке.

#### Contribution of the authors

N. I. Fomin – determining the aim and objectives of the study, preparing part of the review of scientific publications on the topic of the article, systematization of digital technologies and the potentials of their application in the construction industry, development of an algorithm for obtaining a patentable solution, substantive filling of the levels of formation of inventive competence.

L. I. Mironova – determining the aim and objectives of the article, preparing part of the literature review, developing the concept of an educational cluster of engineering creativity, analysis of pedagogical technologies and their potentials for application in engineering and construction training.