



Оригинальная статья / Original article

doi: 10.15507/1991-9468.115.028.202402.172-192

УДК 654.071.13:37:001.895

Создание проектно-деятельностной образовательной среды для инновационной подготовки будущих инженеров

Н. И. Наумкин [✉], Д. Е. Глушко, В. Ф. Купряшкин, З. Х. Абушаева
МГУ им. Н. П. Огарёва, г. Саранск, Российская Федерация
[✉] naumn@yandex.ru

Аннотация

Введение. Обучение студентов инновационной инженерной деятельности – одна из приоритетных задач инженерного университета. Однако пока все существующие подходы к ее решению предусматривают изменения в учебных планах направлений подготовки. Цель исследования – обоснование и разработка методической системы обучения будущих инженеров инновационной инженерной деятельности в образовательной среде.

Материалы и методы. Применялась методология инновационного инженерного образования, средового, проектного, конвергентного и других подходов. Количественная оценка уровня сформированности инновационных компетенций осуществлялась в ходе обучающего сравнительного эксперимента по среднему показателю динамических рядов. Для оценки статистической значимости данных использовался критерий Пирсона.

Результаты исследования. Обоснована возможность подготовки будущих инженеров к инновационной инженерной деятельности в ходе комплексного курсового проектирования по общетехническим дисциплинам без нарушения учебного плана. Для создания условий такой подготовки предложена проектно-деятельностная образовательная среда, объединяющая в систему все имеющиеся в вузе ресурсы и обеспечивающая их взаимодействие на основе конвергентного подхода, связанного с приближением и взаимопроникновением научно-педагогического и информационно-технологического знания. Разработана методическая система инновационной подготовки будущих инженеров в этой среде, включающая концептуально-целевой, содержательный, процессуально-технологический и рефлексивный компоненты, реализуемая в рамках деловой игры.

Обсуждение и заключение. Сделанные авторами выводы вносят вклад в развитие средового подхода к обучению в части проектирования новых образовательных сред, теории и методики обучения техническим дисциплинам, а также проектного обучения – в части их направленности на инновационную подготовку студентов.

Ключевые слова: инновационная инженерная деятельность, компетентность в инновационной инженерной деятельности, образовательная среда, методическая система, методика, проектное обучение

Благодарности: авторы выражают благодарность рецензентам за ценные замечания и предложения, которые позволили улучшить качество статьи.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Создание проектно-деятельностной образовательной среды для инновационной подготовки будущих инженеров / Н. И. Наумкин [и др.] // Интеграция образования. 2024. Т. 28, № 2. С. 172–192. <https://doi.org/10.15507/1991-9468.115.028.202402.172-192>

© Наумкин Н. И., Глушко Д. Е., Купряшкин В. Ф., Абушаева З. Х., 2024



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.
The content is available under a Creative Commons Attribution 4.0 License.

Creating Project-Activity Educational Environment for Innovative Training of Future Engineers

N. I. Naumkin , D. E. Glushko, V. F. Kupryashkin, Z. Kh. Abushaeva
National Research Mordovia State University, Saransk, Russian Federation
 naumn@yandex.ru

Abstract

Introduction. Training students for innovative engineering activity is one of the priority tasks of an engineering university. However, so far all existing approaches to its solution involve changes in the curricula of degree programmes. The aim of the research is to substantiate and develop a methodological system of training future engineers in innovative engineering activity in the educational environment.

Materials and Methods. The methodology of innovative engineering education, environmental, project, convergent and other approaches was used. A quantitative assessment of the level of development of innovative competencies was carried out during a comparative training experiment based on the average indicator of time series. The Pearson test was used to assess the statistical significance of the data.

Results. The possibility of preparing future engineers for innovative engineering activities during a comprehensive course projecting in general engineering disciplines without departure from the curriculum is substantiated. To create conditions for such training, a project-based and activity-based educational environment has been proposed, pooling into one system all the resources available at the university and ensuring their interaction on the basis of a convergent approach associated with the approximation and interpenetration of scientific, pedagogical and information technology knowledge. A system for teaching innovative engineering activities in this environment has been developed, including conceptual-target, content, procedural-technological and reflective components, implemented within the framework of a business game.

Discussion and Conclusion. The conclusions made by authors contribute to the development of the environment approach to learning in terms of designing new educational environments, theory and methodology of teaching technical disciplines, as well as project-based learning – in terms of their focus on innovative training of students.

Keywords: innovative engineering activity, competence in innovative engineering activity, educational environment, methodological system, methodology, project-based learning

Acknowledgments: The authors would like to thank the reviewers for their valuable comments and suggestions that improved the quality of the article.

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

For citation: Naumkin N.I., Glushko D.E., Kupryashkin V.F., Abushaeva Z.Kh. Creating Project-Activity Educational Environment for Innovative Training of Future Engineers. *Integration of Education*. 2024;28(2):172–192. <https://doi.org/10.15507/1991-9468.115.028.202402.172-192>

Введение

Одной из приоритетных задач каждого университета является инновационная подготовка студентов. К настоящему времени накоплен определенный научно-методический опыт по решению проблемы повышения ее эффективности, включая подготовку будущих инженеров к инновационной инженерной деятельности (ИИД), представленный методическими системами, методиками и практиками, эффективность использования которых подтверждена количественными

и качественными показателями масштабного эксперимента¹ [1; 2]. Однако практически все они предусматривают изменение учебных планов. В данном исследовании проблеме осуществления инновационной подготовки без нарушения этих планов предлагается решить на основе проектного обучения, наиболее широко и эффективно применяемого в современном образовательном процессе. В связи с этим осуществлен анализ достаточности использования потенциала общетехнических дисциплин, реализуемых, в том числе и в рамках курсового

¹ Подготовка студентов национальных исследовательских университетов к инновационной инженерной деятельности на основе интеграции теоретического и практического обучения этой деятельности: моногр. / Н. И. Наумкин [и др.]. Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2014. 248 с.



проектирования, для гарантированного формирования у будущих инженеров компетентности в инновационной инженерной деятельности (КИИД). Для этого было выполнено сопоставление инновационной инженерной и проектной деятельности, доказавшее их идентичность по достижению целей, получению конечного результата, алгоритму реализации, используемому инструментарию, а следовательно, и по процессу формирования КИИД.

На основании этого была сформулирована научная идея о возможности формирования у будущих инженеров компетентности в инновационной инженерной деятельности при их обучении в ходе комплексного курсового проектирования по общетехническим дисциплинам без изменения учебного плана подготовки. Для подтверждения идеи и наиболее рационального использования всего имеющегося потенциала спроектирована и создана проектно-деятельностная образовательная среда (ПДОС), объединяющая в систему все имеющиеся в вузе ресурсы (инструментальные, методические, инфраструктурные и др.) и обеспечивающая их взаимодействие, в том числе для интеграции научно-педагогического и информационно-технологического знания в рамках конвергентного подхода. Она охватывает концептуально-целевой, инфраструктурный, содержательный, психолого-дидактический, методологико-технологический и релаксационно-диагностический компоненты [2].

Для обучения студентов ИИД в новой образовательной среде разработана методическая система, представленная ее теоретическим обоснованием, педагогической моделью и методикой формирования КИИД при комплексном курсовом проектировании по дисциплине «Теория механизмов и машин». Модель системы построена на основе интеграции в единый комплекс всех ресурсов созданной образовательной среды: массового открытого онлайн-курса «Основы проектной деятельности», электронного учебно-методического комплекса

«Теория механизмов и машин с элементами инноватики»; также включает концептуально-целевой, содержательный, процессуально-технологический и рефлексивный компоненты [3]. Процесс обучения реализовывался в форме деловой игры «Конструкторское бюро» – контролирующего, диагностирующего и организующего инновационную подготовку средства обучения.

Таким образом, проблема исследования состоит в гарантированном обеспечении подготовки будущих инженеров к инновационной деятельности без изменения учебного плана подготовки. Цель исследования – разработка методической системы формирования у студентов инженерных вузов компетентности в инновационной инженерной деятельности на основе использования комплексного курсового проектирования в проектно-деятельностной образовательной среде.

Обзор литературы

Начиная с 2000-х гг., авторами постоянно анализируются исследования по проблеме повышения эффективности подготовки студентов к ИИД². Прежде всего это работы, посвященные такой подготовке при обучении студентов различным общетехническим и специально спроектированным дисциплинам [4], по формированию отдельных структурных компонентов КИИД: психологического [5], деятельностного [6], других компонентов [7; 8]. В данном направлении проводят свои исследования Т. Ву [8], Х. Хмина, М. Саллау, Л. Ларби [9], В. Скуотто, С. Дж. Шукла [10] и Ч. Гуоцзинь [11], которые для формирования системного инновационного мышления у будущих инженеров используют поэтапное обучение.

Наиболее продуктивным методом формирования КИИД и ее компонентов у студентов университетов, по мнению многих экспертов, является проектный³ [12–14]. Современные исследователи развивают его и соотносят с новыми инновационными методами: одни предлагают использовать

² Наумкин Н. И. Методическая система формирования у студентов технических вузов способностей к инновационной инженерной деятельности в процессе обучения общетехническим дисциплинам. М., 2009. 499 с.; Особенности инновационной подготовки студентов вузов : моногр. / Н. И. Наумкин [и др.]. Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2022. 92 с. EDN: AYAMQA

³ Пикалова А. А. Развитие проектной компетентности будущих бакалавров инженерных направлений подготовки : дис. ... канд. пед. наук. Красноярск, 2020. 284 с.

сквозное проектирование [13–15]; другие пытаются развивать творческие инженерно-технические способности студентов⁴ [16]; третьи рекомендуют включать в учебные планы изучение ВМ-технологий для формирования у студентов системности [17]. М. Дж. Дженсен и Дж. Л. Шлегель в своем исследовании знакомят с опытом поэтапного обучения ИИД на основе практико-ориентированного подхода в Технологическом институте Флориды⁵, а ученые из США и Великобритании указывают на возможность использования проектного метода обучения и для решения социальных проблем [18]. Также интересен опыт применения проектного обучения для повышения конкурентоспособности выпускников на международном рынке труда, реализованный турецкими исследователями [19]. С. Самаракун отмечает, что обучение, основанное на проектах, играет важную роль в процессе формирования навыков командной работы [20]. Кроме того, проекты могут помочь студентам усовершенствовать свои способности к критическому мышлению, уверенно решать проблемы и находить творческие решения [21; 22]. Подход ученых, выполнивших разработку модели обучения на основе инженерных проектов с использованием виртуальной лаборатории, сочетающей дополненную реальность, способствует улучшению инновационных инженерных навыков у обучающихся [23].

С целью эффективности обучения ИИД на инженерном факультете Университета Макмастера была запущена программа

Pivot, разработанная на основе интеграции проектного обучения с другими методами⁶, а в Массачусетском технологическом институте – система NEET [24], направленная на повышение мотивации к обучению [25].

Таким образом, представленный анализ существующих исследований по обозначенной проблеме подтверждает ее высокую актуальность и востребованность поиска новых методов ее решения. Несмотря на многообразие выполненных исследований и успешность их реализации, нельзя не заметить их разрозненности и отсутствие системности. Эти недостатки могло бы восполнить использование средового подхода к обучению⁷ [26], в основе которого лежит объединение и мобилизация всех имеющихся ресурсов для решения конкретных педагогических задач в рамках естественно сформировавшейся или специально созданной образовательной среды (ОС) [2]. Такие среды объективно существовали всегда [27], начиная со времени зарождения педагогической науки, а как дидактическая категория начали вводиться в образовательное пространство страны с 1990-х гг. [26]. Среди известных сегодня их разновидностей можно выделить: инновационную Ю. Н. Зиятдиновой [26], эколого-личностную В. А. Ясвина⁸, профессиональную С. В. Журавлевой [27], субъектно ориентированную С. М. Головлевой [28], олимпиадно-состязательную Л. Н. Калининой [29], Г. Я. Гревцевой [30], А. И. Попова и др. [31–33], К. Фернандес и Л. Рочи⁹, информационные образовательные среды С. Зенкиной¹⁰, Ю. М. Царапкиной и др. [34].

⁴ Formation of Digital Competences of Future Teachers by Means of Information Educational Environment / S. Zenkina [et al.] // SLET-2020: International Scientific Conference on Innovative Approaches to the Application of Digital Technologies in Education : CEUR Workshop Proceedings. Stavropol, 2020. P. 179–187. URL: https://ceur-ws.org/Vol-2861/paper_20.pdf (дата обращения: 03.01.2024).

⁵ Jensen M. J., Schlegel J. L. Implementing an Entrepreneurial Mindset Design Project in an Introductory Engineering Course // ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings. 2017. URL: <https://monolith.asee.org/public/conferences/78/papers/19571/view> (дата обращения: 03.01.2024).

⁶ About the New Engineering Education Transformation (NEET) Program [Электронный ресурс]. URL: <https://neet.mit.edu/> (дата обращения: 19.01.2024).

⁷ Ваганова В. Г. Система обучения физике бакалавров технического направления в информационной образовательной среде вуза : дис. ... д-ра пед. наук. М., 2020. 390 с.

⁸ Ясвин В. А. Школьная среда как предмет измерения: экспертиза, проектирование, управление : моногр. М. : Народное образование, 2019. 448 с.

⁹ Fernandes C., Rocha L. Educating Youngsters for the Workforce: Tutoring F1 in School Teams with an eLearning Strategy // Proceedings of the International Conference on e-Learning, ICEL. 2021. P. 122–129. URL: <https://clck.ru/3AmW3o> (дата обращения: 03.01.2024).

¹⁰ Formation of Digital Competences of Future Teachers by Means of Information Educational Environment / S. Zenkina [et al.]



Однако во всем их многообразии отсутствуют среды, в которых весь их потенциал был бы направлен на решение выше обозначенной проблемы на основе использования проектного обучения.

Материалы и методы

В данной статье авторы опирались на следующие концептуальные положения методологии инновационного обучения:

1) уровень владения кадрами инновационной деятельностью всегда определял уровень развития экономики страны;

2) под достаточным уровнем владения студентами ИИД понимается их способность доводить результаты этой деятельности до инновационных продуктов;

3) подготовка студентов к ИИД есть одна из приоритетных задач каждого университета;

4) все документы, регламентирующие образовательную деятельность в вузе, предполагают обязательное владение выпускниками ИИД;

5) компетентности в инновационной проектной и инновационной инженерной деятельности идентичны по содержанию, структуре и компетенциям, определяющим их. Следовательно, при обучении инновационной проектной деятельности формируются все необходимые компетенции, определяющие КИИД [2];

6) фактором, обеспечивающим эффективное решение различных педагогических задач, включая формирование у студентов КИИД [2], является наличие объективно сложившейся в университете или специально созданной образовательной среды.

Для достижения поставленной цели, с учетом перечисленных аспектов, были задействованы успешно используемая в наших предыдущих исследованиях методологическая система научных подходов, методов и принципов [2; 33], те же подходы

(интегрированный, конвергентный, системный, средовой, субстратный и структурированный и др.), методы и принципы¹¹ [35]. Отметим условия их использования в данном исследовании.

Для повышения эффективности подготовки будущих инженеров к ИИД без изменения учебного плана на основе использования комплексного курсового проектирования реальных объектов продемонстрируем идентичность процесса формирования у студентов КИИД и компетентности в проектной деятельности (КПД) (рис. 1).

Сравним определения проектной деятельности (ПД) и инновационной инженерной деятельности, а также получаемых результатов. В соответствии с устоявшимися определениями ИИД в инженерном образовании¹² [36] и проектной деятельности¹³ представим их на рисунке 1, из которого видно, что определение ПД не только не противоречит определению ИИД, но и перекликается с ним.

Проектная деятельность может быть как отдельным этапом ИИД, так и самостоятельным видом деятельности (инновационной проектной деятельностью), если ее результат продаваем (техническая документация, изделие и др.)¹⁴. Сравнительный анализ структуры компетенций в этих видах деятельности (рис. 1) также говорит об их идентичности, несмотря на некоторые отличия в названии трех компонентов (знаниевый – когнитивный, поисково-деятельностный – деятельностный, рефлексивно-результативный – рефлексивный) и отсутствие в явном виде в компетентности ПД способностного компонента, но включение его в содержание поисково-деятельностного¹⁵.

Детализируем представленные компоненты компетентностей в проектной и инновационной деятельности на определяющие их компетенции (табл. 1).

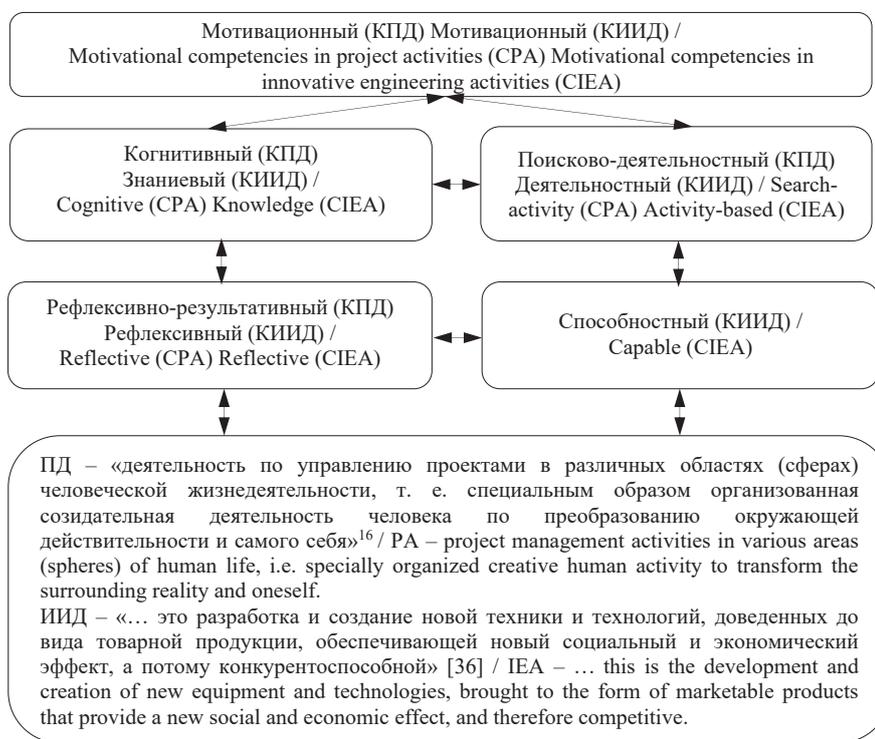
¹¹ Ваганова В. Г. Система обучения физике бакалавров технического направления в информационной образовательной среде вуза.

¹² Грошева Е. П. Подготовка студентов технических вузов к инновационной деятельности при обучении инженерному творчеству и патентоведению : дис. ... канд. пед. наук. М., 2010. 260 с.

¹³ Проблемно-ориентированное и проектно-организованное обучение в образовательной деятельности / В. А. Стародубцев [и др.]. Томск : Издательский Дом Томского гос. ун-та, 2017. 144 с. EDN: WOTRBR

¹⁴ Пикалова А. А. Развитие проектной компетентности будущих бакалавров инженерных направлений подготовки.

¹⁵ Там же.



Р и с. 1. Сравнение проектной и инновационной деятельности
F i g. 1. Comparison of project and innovation activities

Источник: здесь и далее в статье все рисунки составлены авторами.

Source: Hereinafter in this article all figures were drawn up by the authors.

Содержание таблицы позволяет сделать вывод: при обучении проектной деятельности, направленной на реализацию инновационного проекта [3], формируются все необходимые компетенции, определяющие компетентность в ИИД, следовательно, эффективное формирование у будущих инженеров КИИД возможно при их участии в курсовом проектировании реальных проектов.

Также использовались экспериментальные методы педагогического исследования, в частности, адаптированные к измерению уровня сформированности КИИД

у студентов инженерных направлений подготовки университетов: анкетирование – опрос¹⁷, самодиагностика и интервьюирование¹⁸, выявление уровня сформированности мотивации к учению А. А. Реана¹⁹ и др.

В соответствии с авторской методикой организован и проведен обучающий этап сравнительного эксперимента²⁰. В качестве обучающего воздействия было использовано комплексное курсовое проектирование – проектирование, ориентированное на исследование единой темы по одному (при необходимости по нескольким) объекту рабочей программы дисциплины,

¹⁶ Formation of Digital Competences of Future Teachers by Means of Information Educational Environment / S. Zenkina [et al.]

¹⁷ Там же.

¹⁸ Подготовка студентов национальных исследовательских университетов к инновационной инженерной деятельности на основе интеграции теоретического и практического обучения этой деятельности : моногр. / Н. И. Наумкин [и др.].

¹⁹ Реан А. А. Психология педагогической деятельности. Ижевск : Изд-во Удм. ун-та, 2011. 81 с.

²⁰ Наумкин Н. И., Грошева Е. П., Купряшкин В. Ф. Подготовка студентов национальных исследовательских университетов к инновационной деятельности в процессе обучения техническому творчеству / науч. ред. д-р техн. наук П. В. Сенин. Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2010. EDN: QMHQAX



выполняемое группой студентов (2–6 чел.), обучающихся по одной или различным образовательным программам, с целью формирования навыков проектно-исследовательской деятельности в избранной профессиональной области, а также принятия

самостоятельных решений, а ее защита направлена на интегральную проверку сформированности требуемых компетенций²¹. Такое проектирование в качестве экспериментального реализуется в университете на протяжении последних трех лет.

Т а б л и ц а 1. Сопоставление компетенций
T a b l e 1. Comparison of competencies

Компетенции проектной деятельности / Competencies of project activities [37]		Компетенции, определяющие КИИД / Competencies that define CIEA [3]
1. Стремление к получению результатов / Striving for results	14	1. Владение знаниями / Wielding of knowledge
2. Способность к проявлению инициативы / Ability to take initiative	3, 8	2. Владение системой проектных знаний / Possession of project knowledge system
3. Проявление ответственности / Demonstrating responsibility	8	3. Способность ставить задачу / Ability to set a goal
4. Интерес к проектированию / Interest in design	10	4. Способность синтезировать решение, изобретать / Ability to synthesize a solution, to invent
5. Владение системой проектных знаний / Possession of a design knowledge system	3, 7, 9, 11	5. Способность осваивать готовые решения / Ability to master off-the-shelf solutions
6. Владение знаниями технологий творческого поиска и оптимизации процесса / Wielding knowledge of creative search and process optimization techniques	11, 12	6. Готовность работать в команде / Willingness to work in a team
7. Владение профессиональными знаниями / Wielding of professional knowledge	1, 2	7. Способность использовать инструменты / Ability to use tools
8. Владение знаниями об оценке результативности проекта и его социальной значимости / Wielding of knowledge on evaluation of project performance and its social relevance	1, 12, 15	8. Способность принимать решение и готовность нести за него ответственность / Ability to make a decision and willingness to take responsibility for it
9. Владение различными способами поиска и обработки информации / Possession of various methods of searching and processing information	15	9. Способность разрабатывать модели объектов / Ability to develop object models
10. Способность выполнять различные роли в команде проектантов / Ability to fulfill a variety of roles within the project team	6	10. Способность к проектированию / Ability to design
11. Готовность к объективному оцениванию промежуточных и итоговых результатов / Preparedness to objectively assess intermediate and final results	5, 12	11. Способность разрабатывать проекты реализации инноваций с использованием ТРИЗ / Ability to develop projects to implement innovations using the theory of inventive problem solving
12. Владение основами проектирования в профессиональной и личной сферах деятельности / Wielding foundations of design in professional and personal spheres of activity	10	12. Способность к анализу и синтезу / Ability to analyze and synthesize
13. Способность к рефлексии при оценке собственной проектной деятельности / Ability to be reflective in evaluating one's own project activities	4, 15	13. Способность изготавливать инновационные продукты с использованием высоких технологий / Ability to manufacture innovative products using high technology
14. Готовность оценивать итоговый продукт проектной деятельности / Preparedness to evaluate the final product of project activities	5, 12	14. Способность к представлению решения в конечном виде / Ability to represent the solution in its final form
15. Способность делать выводы исходя из опыта проектной деятельности / Ability to draw conclusions from project experience	5, 12, 13	15. Способность к рефлексии / Ability to reflect

Источник: составлено по [3; 37].
Source: Drawn up [3; 37].

²¹ Дидактические особенности комплексного курсового проектирования по теории механизмов и машин : учеб. пособие [Электронный ресурс] / Н. И. Наумкин [и др.]. Саранск : Производитель Мордов. ун.-т, 2023.24.10.2023. № гос. регистрации 0322302617.

Для эксперимента были отобраны две группы студентов 2-го курса обучения МГУ им. Н. П. Огарёва направления подготовки 35.03.06 «Агроинженерия», изучающие дисциплину «Теория механизмов и машин» в течение 4-го семестра, составившие соответственно экспериментальную (25 чел.) и контрольную (23 чел.) группы. В контрольной группе осуществлялось обычное курсовое проектирование по вышеназванной дисциплине, в экспериментальной – комплексное. Все респонденты были проинформированы об участии в исследовании.

Количественная оценка уровня сформированности у студентов контрольной (К) и экспериментальной (Э) групп по каждой из указанных в таблице 1 компетенций определялась по известной методике – среднему показателю динамических рядов C , вычисляемому по формуле: $C = (a + 2b + 3c) / 100$, где a, b, c – удельный

вес студентов имеющих соответственно низкий (1), средний (2) и высокий (3) уровень подготовки²². По полученным данным строились лепестковые диаграммы, для проверки достоверности которых использовался критерий χ^2 (хи-квадрат) [3].

Результаты исследования

Проектирование проектно-деятельностной образовательной среды (ПДОС). Создание проектно-деятельностной образовательной среды было осуществлено в соответствии с разработанной нами в предыдущих исследованиях методикой [2; 33] и конкретизированной применительно к данной работе по алгоритму, представленному в таблице 2, включающему 10 последовательных этапов. Такой подход не противоречит существующим методикам проектирования ОС, например В. Н. Новикова [38] и В. А. Ясвина²³.

Т а б л и ц а 2 . Основные этапы методики проектирования ПДОС

Table 2. Main stages of the Project-Activity Educational Environment (PAEE) design methodology

№ п/п	Наименование этапа / Stage name	Результат / Result	
1	Актуализация проблемы подготовки студентов к ИИД / Updating the problem of preparing students for innovative engineering activities (IEA)	Теоретическое обоснование дидактической категории ПДОС / Theoretical justification of the didactic category of project-activity educational environment	
2	Формулирование цели и задач исследования по созданию образовательной среды / Formulating the goals and objectives of the research on creating an educational environment		
3	Обоснование и введение понятия «Проектно-деятельностная образовательная среда» / Justification and introduction of the concept "Project-activity educational environment"		
4	Формулирование определения инновационной педагогико-технологической образовательной среды (ИПТОС) и требований, предъявляемых к ней / Formulating the definition of Innovative Pedagogical Technological Educational Environment (IPTE) and the requirements for it		
5	Разработка модели ИПТОС / Development of PAEE model		
6	Конструирование компонентов модели ИПТОС / Designing IPTE model components		
7	Выявление возможностей ИПТОС / Identifying opportunities of the IPTE		
8	Создание методической системы обучения в ИПТОС / Creation of a methodological training system in IPTE		Реализация ИПТОС и ее развитие / Implementation of IPTE and its development
9	Создание компонента постоянного мониторинга обучающих процессов в ИПТОС / Creation of a component for continuous monitoring of learning processes in IPTE		
10	Экспертиза функционирования ИПТОС и внесение необходимых корректировок / Examination of the functioning of IPTE and making necessary adjustments		

Источник: здесь и далее в статье все таблицы составлены авторами.
Source: Hereinafter in this article all tables were drawn up by the authors.

²² Подготовка студентов национальных исследовательских университетов к инновационной инженерной деятельности на основе интеграции теоретического и практического обучения этой деятельности: моногр. / Н. И. Наумкин [и др.]; Наумкин Н. И. Методическая система формирования у студентов технических вузов способностей к инновационной инженерной деятельности в процессе обучения общетехническим дисциплинам.

²³ Ясвин В. А. Образовательная среда: от моделирования к проектированию. М.: Смысл, 2001. 365 с.



В соответствии с п. 4 таблицы 2 дополнительно в группу организационно-методических включили такое требование, как реализация комплексного курсового проектирования по дисциплинам учебного плана (рис. 2). Проектно-деятельностная образовательная среда – это систематизированная совокупность всех необходимых ресурсов для эффективного формирования у будущих инженеров компетентности в профессиональной деятельности, в том числе инновационной инженерной, на основе моделирования в среде этой деятельности за счет использования проектного подхода к обучению. Созданная в соответствии с п. 5 таблицы 2 модель ПДОС аналогична модели инновационной педагогико-технологической ОС в работе авторов [2] и также состоит из шести одноименных компонентов: концептуально-целевого, инфраструктурного, содержательного, психолого-дидактического, методологико-технологического и релаксационно-диагностического, решающих те

же задачи, но имеющих отличное от них содержание и структуру.

В концептуально-целевом компоненте в качестве основного вектора исследований доминирующей выступает научная концепция об использовании проектного обучения при инновационной подготовке будущих инженеров в ходе комплексного курсового проектирования для повышения ее эффективности. В соответствии с ней выстраивается система целей и задач, частично отраженных во введении настоящей статьи.

Инфраструктурный компонент модели представлен взаимосвязанными виртуальными (электронная информационная образовательная среда (ЭИОС), цифровые сервисы и другие программные комплексы) и материальными (учебная лаборатория «Теория механизмов и машин», высокотехнологичные научные и учебные лаборатории, оснащенные современными машинами и устройствами)²⁴ частями.

Нормативные: а) удовлетворение требованиям ФГОС++; б) обеспечение гарантированного обучения инновационной деятельности; в) соответствие существующему методологическому и инструментальному образовательному уровню направления подготовки; г) доступность для обучающихся всех ресурсов образовательной организации; д) гибкость и управляемость учебным процессом / *Regulatory:* a) meeting the requirements of the Federal State Educational Standard ++; b) ensuring guaranteed training in innovative activities; c) compliance with the existing methodological and instrumental educational level of the area of training; d) accessibility to students of all resources of the educational organization; e) flexibility and controllability of the educational process

Психолого-педагогические: а) соответствие индивидуальным запросам обучающихся; б) обеспечение разных уровней сложности обучения; в) обеспечение персонализации обучения на основе реализации индивидуальных образовательных траекторий; г) создание условий для раскрытия и развития творческих и других способностей обучающегося; е) максимальное использование психолого-педагогических возможностей обучающихся, их интересов и способностей / *Psychological and pedagogical:* a) compliance with the individual needs of students; b) providing different levels of learning complexity; c) ensuring the personalization of learning based on the implementation of individual educational trajectories; d) creating conditions for the disclosure and development of the student's creative and other abilities; e) maximum use of the psychological and pedagogical capabilities of students, their interests and abilities.

Организационно-методические: а) возможность постоянного мониторинга и контроля реализации ИПТОС; б) использование современных образовательных технологий; в) возможность получения специализированных знаний и изучения других дисциплин в рамках использования сетевого обучения / *Organizational and methodological:* a) the possibility of constant monitoring and control of the implementation of IPTOS; b) use of modern educational technologies; c) the opportunity to obtain specialized knowledge and study other disciplines through the use of network learning

Р и с. 2. Требования, предъявляемые к ПДОС

F i g. 2. PAEE requirements

Источник: составлено по [2].

Source: Drawn up [2].

²⁴ Особенности инновационной подготовки студентов вузов : моногр. / Н. И. Наумкин [и др.].

Ключевой составляющей проектирования содержательного компонента модели является информационное наполнение электронной информационной образовательной среды университета всеми необходимыми для формирования у студентов компетентности в ИИД электронными образовательными ресурсами²⁵.

Психодидактический компонент обеспечивает реализацию индивидуализации, дифференциации и персонализации обучения в ПДОС, что делает его гибкой, универсальной, более доступной за счет существующей возможности адаптации к изменяющимся условиям, как внешним (изменение нормативных документов, регламентирующих образовательную деятельность), так и внутренним (учет личностно-психологических качеств обучающихся). Это особенно важно при создании индивидуальных образовательных траекторий [39].

Методологико-технологический компонент связывает в единую систему возможности и ресурсы ЭИОС, цифровые производственные технологии (аддитивные технологии), цифровые ресурсы и накопленные современные технологии и методы обучения ИИД, в том числе авторские. Особо выделим технологии «перевернутый класс», смешанного и проектного обучения. При реализации проектного метода используется разработка реальных конструкторских проектов – инновационных продуктов. Такая интеграция делает процесс обучения конвергентным, когда информационно-технологические и методико-педагогические знания сливаются в единый методический подход и происходит сближение организационных форм обучения²⁶.

Релаксационно-диагностический компонент представляет подсистему контроля, диагностики и корректировки обучения в ПДОС, объединяя возможности различных цифровых ресурсов,

реализацию – защиту – презентацию командами курсовых проектов и др. Итоговая оценка работы студентов осуществляется по результатам ее самооценки и экспертизы преподавателем и другими студентами²⁷.

Создание модели методической системы обучения в проектно-деятельностной образовательной среде. Для обучения инновационной инженерной деятельности в созданной среде была разработана система, представленная моделью (рис. 3).

Модель включает концептуально-целевой, содержательный, процессуально-технологический и рефлексивный компоненты (рис. 3). Она обеспечивает обучение будущих инженеров ИИД без изменения учебного плана подготовки. Рассмотрим организацию в ней взаимодействия перечисленных компонентов на основе использования персонализированного, среднего, проектного, конвергентного и других подходов.

Концептуально-целевой компонент по структуре и содержанию полностью совпадает с одноименным компонентом образовательной среды, но в нем более подробно детализирована концепция исследования (указана дисциплина), конкретизированы цель и задачи.

Содержательный компонент модели основывается на общетехнических знаниях, понятиях и определениях будущей профессиональной деятельности студентов, а также базовой дисциплины «Теория механизмов и машин» (ТММ), которая (совместно с дисциплинами «Инженерная графика», «Сопротивление материалов», «Теоретическая механика», «Детали машин и основы конструирования») формирует у студентов фундаментальные основы инженерии. Содержание курсового проекта по этой дисциплине, модульная структура которого отражена на рисунке 4, адекватно содержанию самой дисциплины.

²⁵ Наумкин Н. И., Князьков А. С., Рожков Д. А. Теория механизмов и машин с элементами инноватики : электронный учебно-методический комплекс. Саранск : Производитель Мордов. ун.-т, 2021. 01.09.2021, № гос. регистрации 0322102364. URL: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_010876228/ (дата обращения: 15.04.2023).

²⁶ Ваганова В. Г. Система обучения физике бакалавров технического направления в информационной образовательной среде вуза.

²⁷ Ясвин В. А. Образовательная среда: от моделирования к проектированию.



Компоненты методической системы / Components of the methodological system					
Методические материалы по ТММ / Teaching materials on TMM	1. Концептуально-целевой. <i>Концепция</i> . Интеграция в единую систему всех ресурсов ПДОС, направленных на реализацию комплексного курсового проектирования. <i>Цель</i> . Повышение эффективности формирования КИИД при курсовом проектировании по ТММ в ПДОС / 1. Conceptual-target. <i>Concept</i> . Integration into a single system of all resources of PAEE, aimed at the implementation of a comprehensive course projecting. <i>Target</i> . Improving the efficiency of the formation of competence in innovative engineering activities (CIEA) in the course projecting in applied TMM in PAEE				
	2. Содержательный. <i>Содержание проекта</i> : ТЗ. Структурный, кинематический, кинетостатический и динамический анализ. Синтез кулачкового и зубчатого механизма. (Пояснительная записка и графическая часть) / 2. Content. <i>Content of the project</i> : ТК. Structural, kinematic, kinetostatic and dynamic analysis. Synthesis of cam and gear mechanism. (Explanatory note and graphic part)				
Массовый открытый онлайн-курс / Massive Open Online Course	Система дидактических принципов обучения и проектирования / System of didactic learning and design principles	Источники, критерии отбора содержания основания к его проектированию / Sources, criteria for selecting the content of the base to its design		Система заданий на проекты / System assignments for projects	
	3. Процессуально-технологический компонент / 3. Process and technology component				
	Конвергентный подход / Convergent approach				
Проектный метод / Design method	«Перевернутый класс» / “Flipped Classroom”	Смешанное обучение / Blending learning	Самостоятельная работа / Independent work		
Задание / Exercise	1-й участник / 1 st member	1-й этап / 1 st stage	2-й этап / 2 st stage	N-й этап / N st stage	Проект / Project
	2-й участник / 2 st member				
N-й участник / N st member					
Ресурсы / Resources	Деловая игра «Конструкторское бюро» / Businessgame “Designbureau”				
ЭИОС / EIEE	4. Рефлексивный. Проект как интегральный критерий уровня сформированности КИИД. Деловая игра как оценивающее, диагностирующее и обучающее средство / 4. Reflexive. Project as an integral criterion for the level of formation of CIID. Business game as evaluating, diagnosing and teaching tool				
Проектно-деятельностная образовательная среда и ее ресурсы / Project-activity educational environment and its resources					

Р и с. 3. Модель методической системы формирования КИИД в ПДОС
F i g. 3. Model of the methodological system for the formation of competence in innovative engineering activities (CIEA) in PAEE

Структура и содержание процессуально-технологического компонента подробно отображены на рисунке 3, где обозначены основные используемые методы обучения,

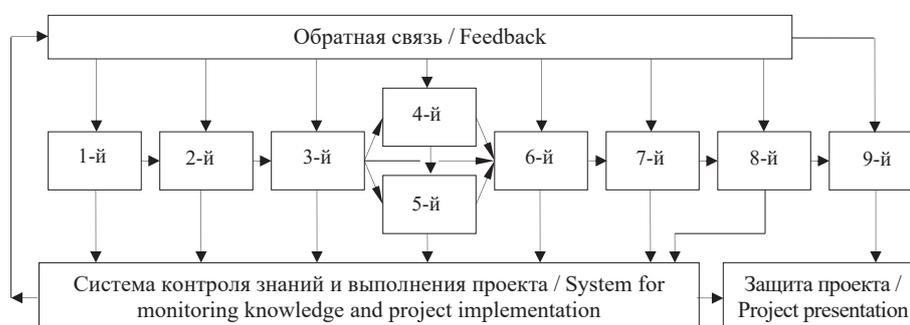
сливающиеся в единую комбинаторную практику подготовки к ИИД на основе конвергентного подхода²⁸. Причем интеграция реализуется не только в педагогической

²⁸ Роберт И. В. Конвергенция наук об образовании и информационных технологий как эволюционное сближение наук и технологий (для научных сотрудников и преподавателей учреждений профессионального образования). Концепция. М. : ИИО РАО, 2014. 54 с.

теории с цифровыми технологиями²⁹, но и с производственными (аддитивные технологии).

В дополнение к используемым В. Г. Вагановой методам обучения, интегрированным на основе конвергентного подхода [35], в настоящей работе добавлено проектное обучение, которое реализуется нами в форме комплексного курсового проектирования по дисциплине «Теория механизмов и машин» в рамках деловой игры «Конструкторское бюро», с использованием

всех ресурсов и потенциала ПДОС (рис. 3). Для этого выбрана схема индивидуального проектирования с поэтапным объединением – проект разбивается на этапы, внутри которых участники разрабатывают индивидуальный мини-проект, в конце каждого этапа полученные результаты объединяются и служат основанием для выполнения ими следующего этапа и так до завершения всего проекта³⁰. В итоге получается общий проект, защищаемый в составе команды каждым участником (рис. 5).



Р и с. 4. Сетевой график выполнения проекта
F i g. 4. Network schedule for the project

Примечания: цифрами обозначены следующие модули: 1 – оформление задания на проект, описание машины; 2, 3, 4, 5 – соответственно структурный, кинематический, кинетостатический и динамический анализ механизма; 6 и 7 – синтез зубчатой передачи и кулачкового механизма; 8 – оформление технической документации; 9 – защита курсового проекта.

Notes: The numbers indicate the following modules: 1 – preparation of assignments for the project, description of the machine; 2, 3, 4, 5 – structural, kinematic, kinetostatic and dynamic analysis of the mechanism, respectively; 6 and 7 – synthesis of gear transmission and cam mechanism; 8 – preparation of technical documentation; 9 – defense of the course project.



Р и с. 5. Схема реализации комплексного курсового проекта
F i g. 5. Table of implementation of a comprehensive course project

²⁹ Роберт И. В. Научно-педагогические практики как результат конвергенции педагогической науки и информационных и коммуникационных технологий // Педагогическая информатика. 2015. № 3. С. 27–41. EDN: UNFASX

³⁰ Ваганова В. Г. Система обучения физике бакалавров технического направления в информационной образовательной среде вуза.



Отметим выбранную комбинаторную форму проведения занятий, при которой теоретический материал читается не полноценными часовыми лекциями, а тематическими долями³¹ [40]. В соответствии с их содержанием выполняется определенный модуль курсового проекта, что в сочетании с используемым потенциалом ПДОС трансформирует процесс обучения в смешанное на основе конвергентного подхода [35].

Содержание рефлексивного и релаксационно-диагностического компонентов моделей системы и ПДОС идентично.

Особенность представленных моделей заключается в том, что они обеспечивают наряду с профессиональной подготовкой будущих инженеров формирование у них компетентности в инновационной инженерной деятельности.

Указанные исследования являются продолжением выполняемых в Мордовском государственном университете работ по повышению эффективности обучения студентов инженерных направлений инновационной деятельности [3]. Подтверждение

положительных результатов такого обучения представлено в наших предыдущих работах [2; 33]. Эффективность описываемого исследования демонстрируется данными педагогического эксперимента в таблице 3, по которым построены лепестковые диаграммы (рис. 6).

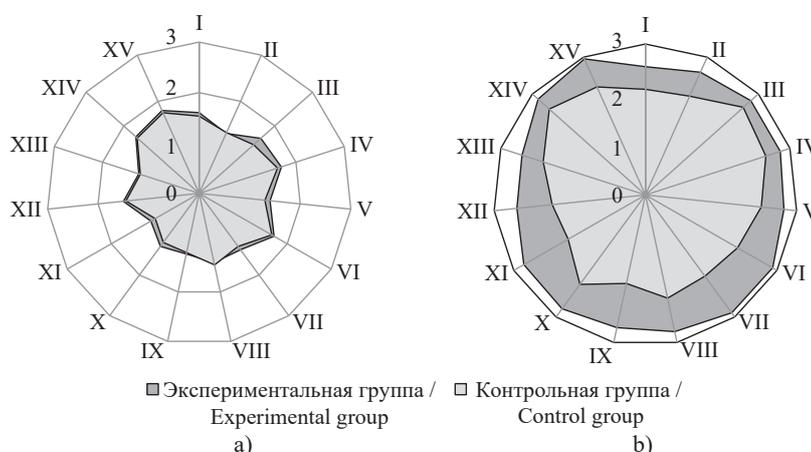
Из представленных диаграмм видно, что до эксперимента в обеих группах уровень сформированности всех 15 компетенций у студентов примерно одинаков и не превышал значения показателя C , равного 2, а у большинства из них составил примерно 1,5.

После эксперимента в контрольной группе этот уровень повысился, но средние его значения были расположены в зоне ниже двух, в экспериментальной группе значения C по всем компетенциям близки к наивысшему его значению 3, а уровень равномерности их распределения близок к окружности. Это позволяет говорить о высокой эффективности использования комплексного курсового проектирования для инновационной подготовки студентов и подтверждения гипотезы исследования.

Т а б л и ц а 3. Экспериментальные данные
T a b l e 3. Experimental data

Компетенции / Competencies	C_{cp} до эксперимента / Before the experiment		C_{cp} после эксперимента / After the experiment		X^2 (до/после) / X^2 (before/after)
	Э	К	Э	К	
I	1,60	1,53	2,55	2,10	25,2 / 6,30
II	1,30	1,32	2,67	2,15	29,7 / 0,10
III	1,63	1,44	2,80	2,60	28,1 / 0,10
IV	1,70	1,62	2,80	2,50	10,11 / 0,10
V	1,40	1,30	2,75	2,30	9,12 / 0,31
VI	1,70	1,65	2,90	2,10	6,06 / 0,92
VII	1,38	1,30	2,90	2,00	7,03 / 0,20
VIII	1,40	1,45	2,78	2,10	6,06 / 0,93
IX	1,23	1,20	2,70	1,80	8,28 / 0,34
X	1,30	1,20	2,80	2,20	9,22 / 0,56
XI	1,10	1,00	2,45	1,76	8,70 / 1,15
XII	1,50	1,45	2,55	1,85	8,80 / 4,78
XIII	1,25	1,22	2,56	2,12	9,12 / 0,31
XIV	1,68	1,64	2,85	2,55	6,06 / 0,93
XV	1,80	1,75	2,96	2,35	8,70 / 1,15

³¹ Черепица Л. С. Дидактическая система управления качеством высшего образования: комбинаторное обучение [Электронный ресурс]. URL: https://libeldoc.bsuir.by/bitstream/123456789/11213/1/Cherepitsa_Didakticheskaya.PDF (дата обращения: 15.04.2023).



Р и с. 6. Диаграммы среднего показателя *C* в контрольной (К) и экспериментальной (Э) группах: а) до эксперимента; б) после эксперимента

Fig. 6. Diagrams of the average indicator *C* in the control (C) and experimental (E) groups: a) before the experiment; b) after the experiment

Примечание: римскими цифрами обозначены компетенции, определяющие КИИД (см. табл. 2).

Note: Roman numerals indicate the competencies that define competence in innovative engineering activities (see table 2).

Для всех компонентов КИИД значения критерия *T* превышает критическое, равное 5,99, следовательно, различие между контрольными и экспериментальными группами статистически значимо.

Обсуждение и заключение

В ходе исследования (в соответствии с разработанной авторской методикой проектирования образовательных сред) была введена в образовательное пространство новая педагогическая категория – проектно-деятельностная образовательная среда, представленная теоретико-методологическим обоснованием, перечнем предъявляемым к ней требований, ее определением и моделью, состоящей из концептуально-целевого, инфраструктурного, содержательного, психолого-дидактического, методологико-технологического и релаксационно-диагностического компонентов [2; 33].

Рассмотрим существенные отличия этой среды от созданных образовательных сред других исследователей в соответствии с известным алгоритмом [2].

1. Предназначение среды, как и других сред, – это подготовка будущих инженеров к ИИД на основе использования проектного обучения в форме комплексного курсового проектирования по дисциплине «Теория механизмов и машин».

2. Универсальность, обусловленная возможностью ее использования в разных целях – не только для формирования у студентов компетентности в ИИД, но и других компетенций и отдельных компонентов профессиональной компетентности, что нельзя реализовать в других узконаправленных средах, в частности, В. Н. Новикова [38], А. В. Эркеновой [41].

3. Настоящая модель имеет четкую, иерархическую структуру ее компонентов, с указанием их взаимосвязи и взаимодействия, а также содержательного наполнения, что не отражено в полной мере в моделях других исследователей (Ю. Н. Зиятдиновой [26], С. М. Головлевой [28] и др.).

4. Соответствие содержания и возможностей ПДОС требованиям всех нормативных документов, регламентирующих образовательную деятельность в вузах страны, включая ФГОС и профессиональные стандарты.

5. Возможность адаптации ПДОС к изменяющимся внешним и внутренним условиям, а также доступ студентов ко всем ресурсам университета и соблюдение их прав [28; 32].

6. Возможность в рамках психодидактического компонента среды проектировать и реализовывать для студентов индивидуальные образовательные траектории [39], что обеспечивает индивидуализацию, дифференциацию и персонализацию обучения



ИИД за счет учета психолого-личностных качеств обучающихся и их участия в проектировании этих траекторий [28].

7. Наличие непрерывной межкомпонентной и субъектной (обучающиеся и преподаватели) обратной связи на основе использования возможностей электронной информационной среды университета, различных цифровых ресурсов и потенциала блока мобильности (рис. 2), включая деловую игру «Конструкторское бюро».

Одним из основных результатов исследования также является модель методической системы формирования КИИД, представленная концептуально-целевым, содержательным, процессуально-технологическим и рефлексивным компонентами, ставшая основой методики подготовки студентов к ИИД, которая определяет практическую значимость выполненного исследования [3]. Ее отличительными особенностями являются:

- использование в качестве основополагающего проектного подхода к обучению, реализуемого в ходе курсового проектирования по дисциплине «Теория механизмов и машин»;

- выбор формы комплексного курсового проектирования, для чего адаптировано его понимание к условиям исследования и реализована схема индивидуального проектирования с поэтапным объединением;

- использование комбинаторной формы учебных занятий;

- реализация проектирования в форме деловой игры «Конструкторское бюро» с применением всех ресурсов и потенциала ПДОС;

- применение конвергентного подхода [40], в рамках которого происходит слияние педагогических знаний с цифровыми технологиями³² на основе размещения

в информационной образовательной среде университета электронного учебно-методического комплекса и электронных учебных пособий по дисциплине «Теория механизмов и машин», массового открытого онлайн-курса «Основы проектной деятельности» и регулярного обращения студентов к этим ресурсам и производственным цифровым технологиям.

Таким образом, использование в педагогической практике предложенных моделей проектно-деятельностной образовательной среды и методической системы позволяет эффективно формировать у будущих инженеров компетентность в инновационной инженерной деятельности без нарушения учебного плана подготовки, за счет использования высокого потенциала комплексного курсового проектирования по общетехническим дисциплинам.

Дальнейшее развитие полученных в ходе исследования результатов видится авторами в следующем: в распространении комплексного курсового проектирования на все дисциплины учебного плана подготовки, а также комплексного проектирования на выпускные квалификационные работы; в развитии сквозного курсового проектирования при реализации комплексного курсового проектирования и электронной информационной образовательной среды университета за счет ее содержательного наполнения новыми цифровыми ресурсами; в автоматизации и роботизации процессов проектирования и создания образовательных сред.

Материалы статьи могут быть полезны исследователям и специалистам, занимающимся проблемой повышения качества инженерного образования в целом и эффективности инновационной подготовки будущих инженеров в частности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Солодихина А. А., Солодихина М. В. Разработка модели инновационной компетенции и ее апробация в курсе «Техно-стартап» // Интеграция образования. 2023. Т. 27, № 2. С. 289–308. <https://doi.org/10.15507/1991-9468.111.027.202302.289-308>

³² Черепица Л. С. Дидактическая система управления качеством высшего образования: комбинаторное обучение.

2. Подготовка будущих учителей технологии к инновационной деятельности в педагогико-технологической образовательной среде / Н. И. Наумкин [и др.] // Образование и наука. 2022. Т. 24, № 10. С. 124–164. <https://doi.org/10.17853/1994-5639-2022-10-124-164>
3. Разработка педагогической модели многоуровневой и поэтапной подготовки студентов к инновационной инженерной деятельности / Н. И. Наумкин [и др.] // Интеграция образования. 2019. Т. 23, № 4. С. 568–586. <https://doi.org/10.15507/1991-9468.097.023.201904.568-586>
4. Линенко О. А. Категория «инженерная деятельность» и профессионально-психологический портрет личности инженера // Высшее образование сегодня. 2011. № 5. С. 10–16. EDN: OCOTWX
5. Вишнякова И. В. Организационно-педагогические условия становления компетентности инженера в области менеджмента интеллектуальной собственности // Высшее образование сегодня. 2010. № 10. С. 27–29. EDN: MXGENB
6. Бабикова А. В., Федотова А. Ю., Шевченко И. К. Проблемы и перспективы развития инженерного образования в инновационной экономике // Инженерный вестник Дона. 2011. № 2. URL: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n2y2011/435> (дата обращения: 03.01.2024).
7. Gorshkova O. O. Individualized Research Training of Engineering Students // International Journal of Mechanical Engineering and Technology. 2018. Vol. 9, no. 12. P. 71–82. EDN: KLDGKJ
8. Wu T. Exploration and Practice of Talent Training Mode of Mechanical and Electrical Specialty under the Background of Engineering Education // IPPTA: Quarterly Journal of Indian Pulp and Paper Technical Association. 2018. Vol. 30, issue 4. P. 444–450. URL: <https://clck.ru/3Amhpt> (дата обращения: 03.01.2024).
9. Hmina K., Sallaou M., Larbi L. A Preliminary Design Innovation Aid Methodology Based on Energy Analysis and TRIZ Tools Exploitation // International Journal on Interactive Design and Manufacturing. 2018. Vol. 12. P. 919–928. <https://doi.org/10.1007/s12008-017-0455-3>
10. Scuotto V., Shukla S. J. Being Innovator or ‘Imovator’: Current Dilemma? // Journal of the Knowledge Economy. 2018. Vol. 9. P. 212–227. <https://doi.org/10.1007/s13132-015-0336-6>
11. Guojin C. Study and Practice on Training Scheme of University Students’ Entrepreneurship Ability // Computing and Intelligent Systems. ICCIC 2011. Communications in Computer and Information Science ; ed by Y. Wu. Heidelberg : Springer, 2011. Vol. 233. P. 299–304. https://doi.org/10.1007/978-3-642-24010-2_41
12. Наумкин Н. И., Глушко Д. Е., Абушаева З. Х. Разработка педагогической модели подготовки студентов вузов к инновационной инженерной деятельности при обучении в проектно-деятельностной образовательной среде // Современные наукоемкие технологии. 2023. № 4. С. 189–194. <https://doi.org/10.17513/snt.39599>
13. Лощилова М. А., Портнягина Е. В. Применение современных педагогических технологий в профессиональной подготовке инженерных кадров // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 6. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=23622> (дата обращения: 03.01.2024).
14. Тулупова О. В., Лешер В. Ю. Направления развития инженерной деятельности студентов в вузе // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 3. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=19632> (дата обращения: 03.01.2024).
15. Результативность метода сквозного проектирования на кафедре физики ИРНИТУ / Т. И. Шишелова [и др.] // Современные проблемы науки и образования. 2018. № 2. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=27533> (дата обращения: 03.01.2024).
16. Fleith D. D. S., Soriano de Alencar E. M. L. Sharing Strategies and Activities that Enhance Creativity in the Educational Environment // International Symposium on Project Approaches in Engineering Education. 2018. Vol. 8. P. 23–25. URL: <https://clck.ru/3AmGbw> (дата обращения: 03.01.2024).
17. Stolbova I. D., Gitman Y., Ovchinnikov A. A. Integration of Content and Technologies of Teaching within Framework of Geometrical-Graphic Training of Students // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. Vol. 451. Article no. 012117. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/451/1/012117>
18. Ellinas C., Nicolaides C., Masuda N. Mitigation Strategies Against Cascading Failures within a Project Activity Network // Journal of Computational Social Science. 2022. Vol. 5. P. 383–400. <https://doi.org/10.1007/s42001-021-00123-x>
19. Opportunities and Challenges in Designing a Blended International Student Project Activity: Experiences from the EPIC Project / M. Ş. Kuran [et al.] // 17th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET). Portugal, 2018. P. 1–4. <https://doi.org/10.1109/ITHET.2018.8424770>
20. Samarakoon S. M. U. P., Imbulpitiya A. Work-in-Progress: Reducing Social Loafing in Information Technology Undergraduate Group Projects // The Impact of the 4th Industrial Revolution on Engineering Education. ICL 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing ; eds. by M. Auer, H. Hortsch, P. Sethakul. Cham : Springer, 2020. Vol. 1134. P. 111–118. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-40274-7_11 (дата обращения: 03.01.2024).



21. Wattanasin W., Piriyaawong P., Chatwattana P. Engineering Project-Based Learning Model Using Virtual Laboratory Mix Augmented Reality to Enhance Engineering and Innovation Skills // *The Impact of the 4th Industrial Revolution on Engineering Education*. ICL 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing ; eds. by M. Auer, H. Hortsch, P. Sethakul. Cham : Springer, 2020. Vol. 1134. P. 808–818. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-40274-7_78 (дата обращения: 03.01.2024).
22. Hasegawa M. Educational Effects for University Students Through Multiple-Years Participation in Out-of-Curriculum Project Activities. *Teaching and Learning in a Digital World*. ICL 2017. Advances in Intelligent Systems and Computing ; eds by M. Auer, D. Guralnick, I. Simonics. Cham : Springer, 2018. Vol. 715. P. 439–449. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-73210-7_53 (дата обращения: 03.01.2024).
23. Srinivasan S., Rajabzadeh A. R., Centea D. A Project-Centric Learning Strategy in Biotechnology // *The Impact of the 4th Industrial Revolution on Engineering Education*. ICL 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing ; eds. by M. Auer, H. Hortsch, P. Sethakul. Cham : Springer, 2020. Vol. 1134. P. 830–838. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-40274-7_80 (дата обращения: 03.01.2024).
24. Uantrai P., Akatimagool S. Improvement of Pre-service Teachers' Professional Competencies Using DAPOA Project-Based Learning // *The Impact of the 4th Industrial Revolution on Engineering Education*. ICL 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing ; eds. by M. Auer, H. Hortsch, P. Sethakul. Cham : Springer, 2020. Vol. 1134. P. 892–902. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-40274-7_87 (дата обращения: 03.01.2024).
25. Khasanova G. F., Sanger P. A. Collaborative Project-Based Learning in Training of Engineering Students // *Teaching and Learning in a Digital World*. ICL 2017. Advances in Intelligent Systems and Computing ; eds by M. Auer, D. Guralnick, I. Simonics. Cham : Springer, 2018. Vol. 715. P. 293–298. https://doi.org/10.1007/978-3-319-73210-7_35
26. Зиятдинова Ю. Н. Инновационная образовательная среда исследовательского университета // *Современные проблемы науки и образования*. 2015. № 3. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=20087> (дата обращения: 03.01.2024).
27. Журавлева С. В. Исторический обзор становления понятия «Образовательная среда» в педагогической науке // *Научное обозрение. Педагогические науки*. 2016. № 3. С. 48–56. URL: <https://science-pedagogy.ru/ru/article/view?id=1497> (дата обращения: 03.01.2024).
28. Головлева С. М. Компоненты образовательной среды субъектно-ориентированного типа педагогического процесса // *Ярославский педагогический вестник*. 2015. № 4. С. 18–22. URL: https://vestnik.yspu.org/releases/2015_4/07.pdf (дата обращения: 03.01.2024).
29. Калинина Л. Н. Предметная олимпиада как средство формирования профессиональных компетенций у бакалавров педагогического образования (профиль «Технология» в области конструирования и моделирования швейных изделий) // *Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева*. 2019. № 1. С. 121–128. <https://doi.org/10.26293/chgpu.2019.101.1.016>
30. Гревцева Г. Я. Педагогическая олимпиада как средство подготовки будущих специалистов к профессиональной деятельности // *Научно-методический электронный журнал «Концепт»*. 2015. Т. 13. С. 4666–4670. URL: <http://e-koncept.ru/2015/85934.htm> (дата обращения: 03.01.2024).
31. Попов А. И., Поляков Д. В. Олимпиадный квест как педагогическая инновация в системе непрерывного образования в области информационных технологий // *Вектор науки Тольяттинского государственного университета. Сер.: Педагогика, психология*. 2015. № 2. С. 129–132. URL: <https://vektornaukipedagogika.ru/jour/article/view/565> (дата обращения: 03.01.2024).
32. Попов А. И., Пучков Н. П. Студенческие олимпиады как средство формирования психологической готовности к творческой деятельности в условиях конкурентной борьбы // *Almamater (Вестник высшей школы)*. 2017. № 6. С. 65–71. <https://doi.org/10.20339/AM.06-17.065>
33. Наумкин Н. И., Шекшаева Н. Н., Забродина Е. В. Обучение инновационной инженерной деятельности в состязательной образовательной среде // *Образование и наука*. 2021. Т. 23, № 5. С. 64–98. <https://doi.org/10.17853/1994-5639-2021-5-64-98>
34. The Impact of Digital Education Transformation on Technical College Teachers / J. M. Tsarapkina [et al.] // *Journal of Physics: Conference Series*. 2021. Vol. 2001. Article no. 012030. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2001/1/012030>
35. Ваганова В. Г. Информационная образовательная среда технического университета как условие выполнения требования ФГОС ВО 3++ // *Современные проблемы науки и образования*. 2020. № 2. <https://doi.org/10.17513/spno.29719>
36. Агранович Б. Л., Чучалин А. И., Соловьев М. А. Инновационное инженерное образование // *Инженерное образование*. 2003. № 1. С. 11–14. URL: <https://aeer.ru/files/io/m1/agranovich&Co.pdf> (дата обращения: 03.01.2024).

37. Пикалова А. А., Шершнева В. А. Сущность и содержание проектной компетентности как предмет педагогического анализа // Мир науки. Педагогика и психология. 2019. Т. 7, № 6. URL: <https://mir-nauki.com/PDF/115PDMN619.pdf> (дата обращения: 03.01.2024).
38. Новиков В. Н. Образовательная среда вуза как профессионально и личностно стимулирующий фактор // Психологическая наука и образование. 2012. Т. 4, № 1. URL: https://psyjournals.ru/journals/psyedu/archive/2012_n1/50761 (дата обращения: 03.01.2024).
39. Разработка модели индивидуальной образовательной траектории в инженерном образовании / Н. И. Наумкин [и др.] // Интеграция образования. 2021. Т. 25, № 3. С. 513–531. <https://doi.org/10.15507/1991-9468.104.025.202103.513-531>
40. Амяга Н. В., Еловицова Д. А., Чижевская И. Н. Моделирование развития комбинированных методов обучения // Управление образованием: теория и практика. 2022. Т. 12, № 3. С. 154–160. <https://doi.org/10.25726/b9635-2191-8353-h>
41. Эркенова А. В. Инновационная образовательная среда вуза и ее влияние на формирование готовности будущих педагогов к инновационной деятельности // Вестник Майкопского государственного технологического университета. 2015. № 3. С. 150–157. URL: <http://lib.mkgtu.ru/images/stories/journal-vmgtu/2015-03/025.pdf> (дата обращения: 03.01.2024).

REFERENCES

1. Solodikhina A.A., Solodikhina M.V. Development of Innovative Competence Model and Its Testing in the Course “Techno-Startup”. *Integration of Education*. 2023;27(2):289–308. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.15507/1991-9468.111.027.202302.289-308>
2. Naumkin N.I., Shekshaeva N.N., Kupryashkin V.F., Zabrodina E.V. Preparing Future Technology Teachers for Innovative Activities in a Pedagogical and Technological Educational Environment. *The Education and Science Journal*. 2022;24(10):124–164. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.17853/1994-5639-2022-10-124-164>
3. Naumkin N.I., Shekshaeva N.N., Kvitko S.I., Lomatkina M.V., Kupryashkin V.F., Korovina I.V. Designing the Teaching Model of Multilevel Gradual Training of Students in Innovative Engineering. *Integration of Education*. 2019;23(4):568–586. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.15507/1991-9468.097.023.201904.568-586>
4. Linenko O.A. [The Category of “Engineering Activity” and the Professional and Psychological Portrait of the Engineer’s Personality]. *Higher Education Today*. 2011;(5):10–16. (In Russ.) EDN: OCOTWX
5. Vishnyakova I.V. [Organizational and Pedagogical Conditions for the Formation of an Engineer’s Competence in the Field of Intellectual Property Management]. *Higher Education Today*. 2010;(10):27–29. (In Russ.) EDN: MXGENB
6. Babikova A.V., Fedotova A.Yu., Shevchenko I.K. [Problems and Prospects for the Development of Engineering Education in the Innovation Economy]. *Engineering Journal of Don*. 2011;(2). (In Russ.) Available at: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2011/435> (accessed 03.01.2024).
7. Gorshkova O.O. Individualized Research Training of Engineering Students. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*. 2018;9(12):71–82. (In Russ., abstract in Eng.) EDN: KLDGKJ
8. Wu T. Exploration and Practice of Talent Training Mode of Mechanical and Electrical Specialty under the Background of Engineering Education. *IPPTA: Quarterly Journal of Indian Pulp and Paper Technical Association*. 2018;30(4):444–450. Available at: <https://clck.ru/3Amhpt> (accessed 03.01.2024).
9. Hmina K., Sallaou M., Larbi L. A Preliminary Design Innovation Aid Methodology Based on Energy Analysis and TRIZ Tools Exploitation. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*. 2018;12:919–928. <https://doi.org/10.1007/s12008-017-0455-3>
10. Scuotto V., Shukla S.J. Being Innovator or ‘Imovator’: Current Dilemma? *Journal of the Knowledge Economy*. 2018;9:212–227. <https://doi.org/10.1007/s13132-015-0336-6>
11. Guojin C. Study and Practice on Training Scheme of University Students’ Entrepreneurship Ability. In: Wu Y. (eds) *Computing and Intelligent Systems. ICCIC 2011. Communications in Computer and Information Science*. Heidelberg: Springer; 2011. Vol. 233. p. 299–304. https://doi.org/10.1007/978-3-642-24010-2_41
12. Naumkin N.I., Glushko D.E., Abushaeva Z.Kh. Development of a Pedagogical Model for Preparing University Students for Innovative Engineering Activity When Learning in a Project-Activity Educational Environment. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii*. 2023;(4):189–194. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.17513/snt.39599>



13. Loshchilova M.A., Portnyagina E.V. Application of Modern Pedagogical Technologies in Vocational Training of Engineers. *Modern Problems of Science and Education*. 2015;(6). (In Russ., abstract in Eng.) Available at: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=23622> (accessed 03.01.2024).
14. Tulupova O.V., Leshner V.Yu. Directions of the Development Engineering Activity in High School Students. *Modern Problems of Science and Education*. 2015;(3). (In Russ., abstract in Eng.) Available at: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=19632> (accessed 03.01.2024).
15. Shishelova T.I., Konovalov N.P., Pavlova T.O., Chuvashov N.F. The Effectiveness of the Straight-Through Design Method at the Department of Physics of the IRNTRU. *Modern Problems of Science and Education*. 2018;(2). (In Russ., abstract in Eng.) Available at: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=27533> (accessed 03.01.2024).
16. Fleith D.D.S., Soriano de Alencar E.M.L. Sharing Strategies and Activities that Enhance Creativity in the Educational Environment. *International Symposium on Project Approaches in Engineering Education*. 2018;8:23–25. Available at: <https://clck.ru/3AmGbw> (accessed 03.01.2024).
17. Stolbova I.D., Gitman Y., Ovchinnikov A.A. Integration of Content and Technologies of Teaching within Framework of Geometrical-Graphic Training of Students. In: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018;451:012117. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/451/1/012117>
18. Ellinas C., Nicolaidis C., Masuda N. Mitigation Strategies Against Cascading Failures within a Project Activity Network. *Journal of Computational Social Science*. 2022;5:383–400. <https://doi.org/10.1007/s42001-021-00123-x>
19. Kuran M.Ş., Pedersen J.M., van Hattum-Janssen N., Pareta J.S. Opportunities and Challenges in Designing a Blended International Student Project Activity: Experiences from the EPIC Project. In: 17th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET). Portugal; 2018. p. 1–4. <https://doi.org/10.1109/ITHET.2018.8424770>
20. Samarakoon S.M.U.P., Imbulpitiya A. Work-in-Progress: Reducing Social Loafing in Information Technology Undergraduate Group Projects. In: Auer M., Hortsch H., Sethakul P. (eds). The Impact of the 4th Industrial Revolution on Engineering Education. ICL 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing. Cham: Springer; 2020. Vol. 1134. p. 111–118. Available at: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-40274-7_11 (accessed 03.01.2024).
21. Wattanasin W., Piriyastrawong P., Chatwattana P. Engineering Project-Based Learning Model Using Virtual Laboratory Mix Augmented Reality to Enhance Engineering and Innovation Skills. In: Auer M., Hortsch H., Sethakul P. (eds). The Impact of the 4th Industrial Revolution on Engineering Education. ICL 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing. Cham: Springer; 2020. Vol. 1134. p. 808–818. Available at: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-40274-7_78 (accessed 03.01.2024).
22. Hasegawa M. Educational Effects for University Students Through Multiple-Years Participation in Out-of-Curriculum Project Activities. In: Auer M., Guralnick D., Simonics I. (eds) Teaching and Learning in a Digital World. ICL 2017. Advances in Intelligent Systems and Computing. Cham: Springer; 2018. Vol. 715. p. 439–449. Available at: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-73210-7_53 (accessed 03.01.2024).
23. Srinivasan S., Rajabzadeh A. R., Centea D. A Project-Centric Learning Strategy in Biotechnology. In: Auer M., Hortsch H., Sethakul P. (eds) The Impact of the 4th Industrial Revolution on Engineering Education. ICL 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing. Cham: Springer; 2020. Vol. 1134. p. 830–838. Available at: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-40274-7_80 (accessed 03.01.2024).
24. Uantrai P., Akatimagool S. Improvement of Pre-service Teachers' Professional Competencies Using DAPOA Project-Based Learning. In: Auer M., Hortsch H., Sethakul P. (eds) The Impact of the 4th Industrial Revolution on Engineering Education. ICL 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing. Cham: Springer; 2020. Vol. 1134. p. 892–902. Available at: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-40274-7_87 (accessed 03.01.2024).
25. Khasanova G.F., Sanger P.A. Collaborative Project-Based Learning in Training of Engineering Students. In: Auer M., Guralnick D., Simonics I. (eds) Teaching and Learning in a Digital World. ICL 2017. Advances in Intelligent Systems and Computing. Cham: Springer; 2018. Vol. 715. p. 293–298. https://doi.org/10.1007/978-3-319-73210-7_35
26. Ziyatdinova J.N. Innovative Educational Environment of a Research University. *Modern Problems of Science and Education*. 2015;(3). (In Russ., abstract in Eng.) Available at: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=20087> (accessed 03.01.2024).
27. Zhuravleva S.V. Historical Review of the Formation of the Concept of “Educational Environment”. *Scientific Review. Pedagogical Sciences*. 2016;(3):48–56. (In Russ., abstract in Eng.) Available at: <https://science-pedagogy.ru/ru/article/view?id=1497> (accessed 03.01.2024).

28. Golovliova S.M. Educational Environment Components of the Subject Focused Type of the Pedagogical Process. *Yaroslavl Pedagogical Bulletin*. 2015;(4):18–22. (In Russ., abstract in Eng.) Available at: https://vestnik.yspu.org/releases/2015_4/07.pdf (accessed 03.01.2024).
29. Kalinina L.N. Subject Olympiad as Means of Formation of Professional Competence at Bachelor Students of Pedagogical Education («Technology» Educational Program Specialization) in the Field of Design and Modeling. *Yakovlev Chuvash State Pedagogical University Bulletin*. 2019;(1):121–128. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.26293/chgpu.2019.101.1.016>
30. Grevtseva G.Ya. [Pedagogical Olympiad as a Means of Preparing Future Specialists for Professional Activities]. *Concept*. 2015;13:4666–4670. (In Russ.) Available at: <http://e-koncept.ru/2015/85934.htm> (accessed 03.01.2024).
31. Popov A.I., Poljakov D.V. Olympiad Quest as Educational Innovation in Continuing Education System in the Field of Information Technology. *Science Vector of Togliatti State University. Series: Pedagogy, Psychology*. 2015;(2):129–132. (In Russ., abstract in Eng.) Available at: <https://vektornaukipedagogika.ru/jour/article/view/565> (accessed 03.01.2024).
32. Popov A.I., Puchkov N.P. Students' Competitions as Means of Forming Psychological Readiness for Creative Activity under Conditions of Competitive Struggle. *Almamater (Higher School Herald)*. 2017;(6):65–71. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.20339/AM.06-17.065>
33. Naumkin N.I., Shekshaeva N.N., Zabrodina E.V. Innovative Engineering Training in a Competitive Educational Environment. *The Education and Science Journal*. 2021;23(5):64–98. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.17853/1994-5639-2021-5-64-98>
34. Tsarapkina J.M., Anisimova A.V., Gadzhimetova B.D., Kireycheva A.M., Mironov A.G. The Impact of Digital Education Transformation on Technical College Teachers. *Journal of Physics: Conference Series*. 2021;2001:012030. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2001/1/012030>
35. Vaganova V.G. Informational Educational Environment of a Technical University as a Condition for Fulfilling the Requirements of Federal State Educational Standard 3++. *Modern Problems of Science and Education*. 2020;(2). (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.17513/spno.29719>
36. Agranovich B.L., Chuchalin A.I., Solovyov M.A. [Innovative Engineering Education]. *Engineering Education*. 2003;(1):11–14. (In Russ.) Available at: <https://aer.ru/files/io/m1/agranovich&Co.pdf> (accessed 03.01.2024).
37. Pikalova A.A., Shershneva V.A. The Essence and Content of Project Competence as a Subject of Pedagogical Analysis. *World of Science. Pedagogy and Psychology*. 2019;7(6). (In Russ., abstract in Eng.) Available at: <https://mir-nauki.com/PDF/115PDMN619.pdf> (accessed 03.01.2024).
38. Novikov V.N. Educational Environment of a Higher Educational Institution Must Be Professionally and Personally Stimulating. *Psychological Science and Education*. 2012;4(1):1–10. (In Russ., abstract in Eng.) Available at: https://psyjournals.ru/journals/psyedu/archive/2012_n1/50761 (accessed 03.01.2024).
39. Naumkin N.I., Ageev V.A., Sadieva A.E., Anokhin A.V., Shekshaeva N.N., Zabrodina E.V. Development of a Model for Individual Educational Pathways in Engineering Education. *Integration of Education*. 2021;25(3):513–531. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.15507/1991-9468.104.025.202103.513-531>
40. Amyaga N.V., Elovikova D.A., Chizhevskaya I.N. Modeling the Development of Combined Teaching Methods. *Education Management Review*. 2022;12(3):154–160. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.25726/b9635-2191-8353-h>
41. Erkenova A.V. Innovative Educational Environment of the University and Its Influence on the Formation of the Readiness of Future Teachers for Innovative Activity. *Vestnik Maykopskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta*. 2015;(3):150–157. (In Russ., abstract in Eng.) Available at: <http://lib.mkgtu.ru/images/stories/journal-vmgtu/2015-03/025.pdf> (accessed 03.01.2024).

Об авторах:

Наумкин Николай Иванович, доктор педагогических наук, кандидат технических наук, профессор, профессор кафедры мобильных энергетических средств и сельскохозяйственных машин имени профессора А. И. Лещанкина МГУ им. Н. П. Огарёва (430005, Российская Федерация, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68), **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-1109-5370>, **Scopus ID:** 56003962600, **Researcher ID:** L-4643-2018, naumn@yandex.ru

Глушко Дмитрий Евгеньевич, кандидат педагогических наук, ректор, доцент кафедры мобильных энергетических средств и сельскохозяйственных машин имени профессора А. И. Лещанкина МГУ им. Н. П. Огарёва (430005, Российская Федерация, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68), **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-4321-4191>, rector@adm.mrsu.ru



Купряшкин Владимир Федорович, кандидат технических наук, заведующий кафедрой мобильных энергетических средств и сельскохозяйственных машин имени профессора А. И. Лещанкина МГУ им. Н. П. Огарёва (430005, Российская Федерация, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68), **ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7512-509X>**, **Scopus ID: 57191539821**, **Researcher ID: L-5153-2018**, kupwf@mail.ru

Абушаева Зульфья Хабибулловна, аспирант кафедры мобильных энергетических средств и сельскохозяйственных машин имени профессора А. И. Лещанкина МГУ им. Н. П. Огарёва (430005, Российская Федерация, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68), **ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6739-6853>**, zulfiya_mrsu@mail.ru

Заявленный вклад авторов:

Н. И. Наумкин – научное руководство; формулирование основной концепции; разработка методологии исследования; подготовка начального варианта текста.

Д. Е. Глушко – развитие методологии; критический анализ и доработка текста.

В. Ф. Купряшкин – научное руководство; критический анализ и доработка текста.

З. Х. Абушаева – критический анализ и доработка текста.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Поступила 01.02.2024; одобрена после рецензирования 02.04.2024; принята к публикации 10.04.2024.

About the authors:

Nikolai I. Naumkin, Dr.Sci. (Ped.), Cand.Sci. (Eng.), Professor, Professor of the Department of Mobile Energy Equipment and Agricultural Machines named after Professor A. I. Leshchankin, National Research Mordovia State University (68 Bolshevistskaya, Saransk 430005, Russian Federation), **ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1109-5370>**, **Scopus ID: 56003962600**, **Researcher ID: L-4643-2018**, naumn@yandex.ru

Dmitry E. Glushko, Cand.Sci. (Ped.), Rector, Associate Professor of the Chair of Mobile Energy Equipment and Agricultural Machines named after Professor A. I. Leshchankin, National Research Mordovia State University (68 Bolshevistskaya, Saransk 430005, Russian Federation), **ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4321-4191>**, rector@adm.mrsu.ru

Vladimir F. Kupryashkin, Cand.Sci. (Eng.), Head of the Chair of Mobile Energy Equipment and Agricultural Machines named after Professor A. I. Leshchankin, National Research Mordovia State University (68 Bolshevistskaya, Saransk 430005, Russian Federation), **ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7512-509X>**, **Scopus ID: 57191539821**, **Researcher ID: L-5153-2018**, kupwf@mail.ru

Zulfiya Kh. Abushaeva, Graduate Student of the Chair of Mobile Energy Equipment and Agricultural Machines named after Professor A. I. Leshchankin, National Research Mordovia State University (68 Bolshevistskaya, Saransk 430005, Russian Federation), **ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6739-6853>**, zulfiya_mrsu@mail.ru

Authors' contribution:

N. I. Naumkin – scientific supervision; formulation of the main concept; development of research methodology; preparation of the initial version of the text.

D. E. Glushko – development of methodology; critical analysis and revision of the text.

V. F. Kupryashkin – scientific supervision; critical analysis and revision of the text.

Z. Kh. Abushaeva – critical analysis and revision of the text.

All authors have read and approved the final manuscript.

Submitted 01.02.2024; revised 02.04.2024; accepted 10.04.2024.