

УДК 37:316.422:004

DOI: 10.18799/26584956/2025/3/2017

Шифр специальности ВАК: 5.8.7

Цифровая трансформация современного образовательного пространства: плюсы и минусы

Л.М. Болсуновская[✉], О.А. Ганина

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Россия, г. Томск*

[✉]bolsunovskl@tpu.ru

Аннотация. Данная статья посвящена рассмотрению проблем, возможностей, перспектив интеграции и рисков, связанных с цифровизацией высшего образования, в том числе инженерного. **Актуальность** исследования цифровой трансформации современного образовательного пространства и его инструментов в настоящее время обусловлена использованием цифровых инструментов во всех сферах жизни, в том числе и в образовании. Будущее высшего образования формируется под воздействием цифровых технологий, которые предоставляют перспективы для обучения и преподавания. Благодаря конструирующейся на основе цифровизации гибкости учебного процесса, инновационных технологий, адаптивных образовательных платформ и усовершенствованных систем оценивания создаётся база для глобальной модернизации образования в целом. **Цель:** показать, как цифровизация позволила эффективно использовать различные инструменты, благодаря которым существует возможность облегчить получение знаний студентам и минимизировать риски в условиях сокращения горизонта планирования. **Методы:** при проектировании образовательных программ нового поколения предлагается учитывать аналитику данных, разработку бизнес-моделей, управление цифровой информацией и знаниями, цифровое взаимодействие, а также цифровую интерактивность, при этом не обесценивая традиционное обучение. В настоящее время высшая школа является главным заинтересованным лицом в матрице стейкхолдеров при подготовке будущего специалиста. Соответственно, какими будут механизмы управления цифровизацией в высшей школе, во многом будет зависеть от стратегических целей социально-экономического развития страны. **Результаты:** в статье представлены формы цифровизации образовательного процесса, приведены примеры конкретных цифровых инструментов и даны предложения по их использованию как студентами, так и преподавателями. Анализ плюсов и минусов цифровой трансформации показал, что преимущество цифровизации образования в XXI в. заключается в том, что оно сочетает в себе как традиционные методики, так и методы онлайн-обучения, которые выступают в качестве взаимодополняющих систем.

Ключевые слова: высшее образование, цифровая трансформация, цифровые инструменты, инновационные технологии, адаптивные образовательные платформы, искусственный интеллект

Для цитирования: Болсуновская Л.М., Ганина О.А. Цифровая трансформация современного образовательного пространства: плюсы и минусы // Векторы благополучия: экономика и социум. – 2025. – Т. 53. – № 3. – С. 156–173. DOI: 10.18799/26584956/2025/3/2017

UDC 37:316.422:004

DOI: 10.18799/26584956/2025/3/2017

Digital transformation of modern educational space: pros and cons

L.M. Bolsunovskaya[✉], O.A. Ganina

National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russian Federation

[✉]bolsunovskl@tpu.ru

Abstract. This article is devoted to the challenges, prospects for use, and risks associated with the digitalization of higher education, including engineering education. **Relevance.** The use of digital tools in all areas of our lives, including education. The future of higher education is being shaped by the influence of digital technologies, providing students and teachers with new opportunities. The emerging flexibility of the educational process, based on digitalization, along with innovative technologies, adaptive educational platforms, and improved assessment systems, forms the foundation for the global modernization of education as a whole. **Aim.** To demonstrate how digitalization has made it possible to effectively use various tools thanks to which there is an opportunity to facilitate the acquisition of knowledge by students and minimize risks while reducing the planning horizons. **Methods.** When designing next-generation educational programs, it is suggested to incorporate data analytics, business model development, digital information and knowledge management, digital interaction, and digital interactivity into the curriculum, while not devaluing traditional learning. Currently, higher education institutions are the main stakeholders in the stakeholder matrix when preparing future specialists. Accordingly, the mechanisms for managing digitalization in higher education will largely depend on the strategic goals of the country's socio-economic development. **Results.** The article presents forms of digitalization of the educational process, provides examples of specific digital tools, and offers suggestions for their use by both students and teachers. The analysis of the pros and cons of digital transformation showed that the advantage of digitalization in the 21st century education is that it combines both traditional methodologies and online learning methods, which go hand in hand as complementary systems.

Key words: higher education, digital transformation, digital tools, innovative technologies, adaptive educational platforms, artificial intelligence

For citation: Bolsunovskaya L.M., Ganina O.A. Digital transformation of modern educational space: pros and cons. *Journal of Wellbeing Technologies*, 2025, vol. 53, no. 3, pp. 156–173. DOI: 10.18799/26584956/2025/3/2017

Особое значение в процессе формирования способностей современного специалиста имеет высшая школа, задача которой не только образование в широком смысле слова, но и подготовка специалистов к профессиональной деятельности [1]. Базой для осуществления цифровой трансформации в целом является подготовка высококвалифицированных специалистов, соответствующих «цифровому» времени. Это требует надлежащей модификации образовательного процесса, а именно изменения образовательных программ путем диверсификации методов и форм обучения, а также внедрения и применения цифровых инструментов. Использование цифровых технологий в образовательном процессе ориентировано на повышение качества образования и помощи обучающимся быстрее усваивать значительный объем учебной информации и длительно его удерживать в памяти. Отдельно стоит отметить, что многие дисциплины строятся на использовании узкоспециализированных программ, ориентированных на их применении в профессиональной деятельности будущих специалистов. Таким образом, цифровая трансформация системы образования является требованием времени, имеет огромный потенциал, но может нести в себе потенциальные риски. В связи с

этим при внедрении новых технологий в образовательный процесс возникает потребность в анализе их влияния на качество образования и решении о необходимости в их применении. Так, в статье [2] отмечается, что при интеграции цифровизации в высшее образование важно учитывать изменение экосистемы университета, ее концептуальной модели.

Как уже отмечалось выше, цифровизация образования сегодня является одним из приоритетных направлений государственной политики Российской Федерации. Государством реализуются следующие программы цифровизации образования: «Стратегия развития отрасли информационных технологий в Российской Федерации на 2014–2020 гг. и на перспективу до 2025 г.», «Кадры и образование» – приоритетное направление программы «Цифровая экономика Российской Федерации», «Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 гг.», приоритетный национальный проект «Современная цифровая образовательная среда в Российской Федерации» в рамках Государственной программы «Развитие образования» [3].

Для реализации процесса цифровой трансформации образования «проводятся онлайн-лекции, семинары, уроки, тесты для контроля усвоения материала, онлайн-курсы для совершенствования профессиональных навыков и др.» [3, с. 70]. Нужно отметить, что цифровизация охватывает как деятельность органов управления образованием, так и само содержание образовательного процесса.

Считается, что на данный момент цифровизация образования в России прошла три стадии:

- 1) развитие компьютерной грамотности и появление в школах и вузах первых компьютерных классов;
- 2) внедрение в учебный процесс информационно-коммуникационных технологий;
- 3) цифровая трансформация во всех процессах образования [4].

При этом выделяются две формы цифровизации образования:

- 1) цифровизация образовательного процесса (внедрение интерактивных досок, проекторов и других интерактивных технических средств);
- 2) цифровизация административной работы (электронный документооборот, внедрение электронных журналов и пр.) [4].

Суть цифровой трансформации в том, чтобы эффективно и гибко применять новейшие технологии для перехода к персонализированному и ориентированному на результат образовательному процессу. Благодаря внедрению цифровых ресурсов доступ к образованию открыт в любое время и в любом месте, что делает их особенно актуальными в современном мире. Цифровые ресурсы, такие как онлайн-курсы и мобильные приложения, часто предлагают использование интерактивных элементов, что может повысить вовлеченность и эффективность обучения. Но стоит отметить, что несмотря на рост включения цифровых ресурсов в образовательные программы, традиционные методы, такие как учебники и лекции, все еще играют важную роль в образовательном процессе и должны применяться параллельно с цифровыми технологиями. Цифровая образовательная среда по-разному рассматривается в научной литературе. В рамках данной статьи, опираясь на структуру, предложенную авторами [4], выделяем компоненты цифровой образовательной среды (рис. 1).

К проблемам цифровизации образования, как следствие – цифровой трансформации, можно отнести следующие: неравный доступ к технологиям, недостаточная подготовка преподавателей в данном направлении, скептическое отношение многих преподавателей, ограниченность проверенных ресурсов, недоработанная законодательная база; проблемы с безопасностью данных [3]. Основным недостатком цифровизации образования является то, что в цифровой образовательной системе практически отсутствует взаимодействие с преподавателем и речевое общение, что не только значительно сокращает словарный запас обучающихся, но и влияет на развитие их мышления, приводит к постепенной потере навыков диа-

лога и монологической речи [5]. Среди достоинств цифровой трансформации образования можно отметить следующие: быстрый анализ степени освоения материала, перевод учебного материала в качественный цифровой формат, рост доступности информации за счет открытия доступа к электронной образовательной среде и онлайн-платформам, наличие доступа к различным образовательным ресурсам, персонализация и гибкость обучения; совершенствование личностных навыков учащихся, развитие самостоятельности; рост мотивации и заинтересованности учащихся к образовательному процессу; объективная оценка навыков, знаний и умений учащегося/педагога [6].



Источник: [4].

Source: [4].

Рис. 1. Цифровая образовательная среда
Fig. 1. Digital educational environment

Достоинства цифровой трансформации позволяют смело использовать ее инструменты в процессе обучения, что способствует повышению уровня образования и облегчает при этом усвоение новых знаний и получения новых навыков.

К наиболее перспективным инструментам цифровой трансформации в образовании можно отнести:

- виртуальную реальность в обучении;
- искусственный интеллект и адаптивное обучение;
- облачные технологии и коллаборативное обучение;
- расширенную реальность и интерактивные учебные материалы;
- глобальное образование и онлайн-мобильные платформы;
- системы оценивания и аналитику [7].

В данной работе рассмотрены ключевые цифровые инструменты и их влияние в образовательном процессе на преподавателей и студентов. Цифровые инструменты, которые могут улучшить процесс традиционного обучения, представлены в табл. 1.

Таблица 1. Цифровые инструменты, улучшающие процесс традиционного обучения
Table 1. Digital tools that enhance traditional learning

Цифровые инструменты Digital tools	Влияние цифровых инструментов на практическую деятельность преподавателя Impact of digital tools on the practical activities of a teacher	Влияние цифровых инструментов на обучение студентов Impact of digital tools on student learning
Интерактивные доски (SMART Board: интерактивные доски для совместной работы в классе; Padlet: онлайн-доска для совместного создания контента) Interactive whiteboards (SMART Board: interactive whiteboards for classroom collaboration; Padlet: online whiteboard for collaborative content creation)	- экономия времени на создании и представлении информации и расширение возможности подачи информации/saving time on creating and presenting information and expanding the ability to present information; - возможность ведения диалога «учитель–ученик» и не только/possibility of conducting a dialogue between teacher and student and not only - развитие автономности (компетенций саморазвития) путем выстраивания диалога с обучающимися/development of self-competence by building a dialogue with students	- формирование устойчивых навыков коллективной и организованной работы/formation of sustainable skills of collective and organized work; - облегчение восприятия и запоминания информации/facilitating the perception and memorization of information
Аудио- и видеоборудование Audio and video equipment	- лучшее объяснение сложных концепций путем предоставления визуальных примеров/better explanation of complex concepts by providing visual examples; - использование готовых качественных видеоматериалов из интернета (например, TED Talks, документальные фильмы)/using ready-made high-quality video materials from the Internet (e.g. TED Talks, documentaries); - запись и предоставление лекций для повторного просмотра/recording and providing lectures for re-watching; - возможность проведения занятия на расстоянии, что особенно важно в условиях дистанционного обучения/ability to conduct classes remotely, which is especially important in the context of distance learning	- совершенствование языковых и коммуникативных навыков/improving language and communication skills; - возможность прослушивать и пересматривать материалы в любое время, что способствует лучшему усвоению/ability to listen to and review materials at any time, which promotes better assimilation
Виртуальная (VR) и дополненная (AR) реальность Virtual (VR) and augmented (AR) reality	способность воспроизводить любой процесс и представлять его более детально, чтобы облегчить его понимание, а также взаимодействие в одной виртуальной среде, что облегчает командную работу/ability to reproduce any process and present it in more detail to facilitate understanding, as well as interaction in one virtual environment, which facilitates teamwork	- создание захватывающего (иммерсивного) опыта, где возможно взаимодействие с учебным материалом в 3D-пространстве/creation of immersive experiences where interaction with educational material in 3D space is possible; - повышение интереса и мотивации к обучению/increased interest and motivation for learning;

		• создание симуляций, которые позволяют практиковать навыки в безопасной среде (например, медицинские процедуры, инженерные задачи)/create simulations that allow skills to be practiced in a safe environment (e.g. medical procedures, engineering tasks); • возможность видеть, как теория применяется на практике/opportunity to see how theory is applied in practice; • создание удаленных учебных сред, которые позволяют студентам учиться из любой точки с помощью VR и AR/create remote learning environments that allow students to learn from anywhere using VR and AR; • «посещение» недоступных мест и событий (например, экскурсии по историческим местам)/"visiting" inaccessible places and events (e.g. excursions to historical sites)
Виртуальные классы и видеоконференции (Zoom широко используется для дистанционных занятий; Microsoft Teams – интегрированное решение для общения и совместной работы) Virtual classrooms and video conferencing (Zoom: widely used for distance learning; Microsoft Teams: integrated communication and collaboration solution)	• создание международных учебных программ и обменов/creation of international educational programs and exchanges; • использование видео, презентаций и других ресурсов для разнообразия занятий/use videos, presentations and other resources to add variety to your lessons; • использование опросов, чатов и других инструментов для повышения вовлеченности студентов/use surveys, chats and other tools to increase student engagement; • внедрение геймификации в обучение/implementation of gamification in training	• участие в занятиях из любого места/participate in classes from anywhere; • возможность записи лекции/possibility of recording a lecture; • обучение у экспертов из разных уголков мира/learn from experts from around the world; • обсуждение в реальном времени real-time discussion; • возможность работать в группах, используя виртуальные классы для совместного обучения и обмена идеями/opportunity to work in groups using virtual classrooms to learn together and share ideas; • доступ к дополнительным материалам и ресурсам во время занятий/access to additional materials and resources during classes; • виртуальное обучение может снизить затраты на транспорт, жилье и другие расходы/virtual learning can reduce costs for transportation, housing and other expenses

Онлайн-платформы для обучения (Coursera предлагает курсы от университетов и компаний; edX – образовательная платформа от ведущих учебных заведений) Online learning platforms (Coursera: offers courses from universities and companies; edX: a platform for online courses from leading educational institutions)	• помощь преподавателям в разработке более увлекательных, разнообразных и эффективных занятий/create more engaging, varied and effective lessons, making the teacher's job much easier; • возможность мониторинга успеваемости и прогресса в обучении/ability to monitor academic performance and progress in learning; • учёт различных стилей обучения с помощью комбинации текстовых, аудио- и видеоматериалов/accommodate different learning styles through a combination of text, audio and video materials	• возможность обучения в любое время possibility of learning at any time; • разнообразие курсов: доступ к широкому спектру курсов и программ, которые могут не предлагаться в традиционных учебных заведениях/course variety: access to a wide range of courses and programs that may not be offered at traditional institutions; • выбор материалов и курсов в зависимости от своих интересов и уровня подготовки/select materials and courses depending on your interests and level of training • возможность учиться в собственном темпе, повторяя сложные темы или ускоряя изучение простых/ability to learn at your own pace, reviewing complex topics or speeding up the learning of simple ones; • мониторинг успеваемости и прогресса обучения/monitoring academic performance and progress in learning; • доступность бесплатного обучения/availability of free training; • обучение у лучших преподавателей и специалистов со всего мира/learn from the best teachers and specialists from all over the world; • использование технологий, которые подстраиваются под уровень знаний и предпочтения обучающихся/use of technologies that adapt to the knowledge level and preferences of students
Использование искусственного интеллекта (ИИ) (Squirrel AI – адаптивная платформа, использующая ИИ для персонализации обучения) Use of Artificial Intelligence (AI) (Squirrel AI: an adaptive platform that uses AI to personalize learning)	• автоматизация процесса проверки тестов и домашних заданий и, как следствие, освобождение времени преподавателей для более важных задач/AI can automate the process of grading tests and homework, freeing up teachers' time for more important tasks; • помощь в организации расписания и планировании учебного процесса/assistance in organizing schedules, reminders and planning the educational process; • анализ данных об успеваемости студентов, выявление слабых	• анализ уровня знаний студентов и возможность создать индивидуализированные учебные материалы и задания/analysis of students' knowledge level and the ability to create individualized teaching materials and assignments; • помощь с учётом стиля обучения и предпочтений студентов, что повышает эффективность обучения/helps to take into

	мест и предложение рекомендаций по улучшению/analyze student performance data, identify weaknesses and offer recommendations for improvement; • помощь в прогнозировании вероятности успешного завершения курса, что позволяет вовремя вмешиваться и поддерживать студентов/help in predicting the likelihood of successful course completion, allowing timely intervention and support for students; • помощь в создании тестов, викторин и других учебных материалов/help in creating tests, quizzes and other educational materials; • способствование внедрению новых технологий и методов в образовательный процесс/promoting the introduction of new technologies and methods into the educational process	account the learning style and preferences of students, which increases the effectiveness of learning; • мгновенная поддержка ИИ-чат-ботами ответами на вопросы студентов в любое время/instant support from AI chatbots to answer students' questions at any time; • возможность получения дополнительных объяснений и ресурсов по сложным темам/access to additional explanations and resources on complex topics; • рекомендация актуальных статей, исследований и других ресурсов для дополнения учебного процесса/recommend relevant articles, research, and other resources to complement the learning process; • изучение ИИ и его применение в образовании для развития навыков студентов, необходимых для построения будущей успешной карьеры/studying AI and its application in education helps students develop the skills needed for successful careers in the future
Облачные технологии (Google Classroom – инструмент для управления заданиями и взаимодействия с учениками; Dropbox: облачное хранилище для обмена учебными материалами) Cloud technologies (Google Classroom: A tool for managing assignments and interacting with students; Dropbox: Cloud storage for sharing educational materials)	• обмен полезными материалами в ходе обучения, организация совместной работы над проектами (и всё это происходит в режиме реального времени)/allows you to conveniently exchange useful materials during training, organize joint work on projects, and all this happens in real time; • предложение автоматического резервного копирования облачными сервисами, что защищает важные данные от потери/cloud services usually offer automatic backups, which protects important data from loss; • быстрая адаптация образовательных учреждений к изменению количества студентов и требований к обучению/educational institutions can quickly adapt to changes in student numbers and learning requirements; • возможность интегрирования облачных платформ с другими образовательными инструментами и программами, что упрощает процесс обучения/cloud platforms can integrate with other educational tools and programs, simplifying the learning process;	• доступ студентов к учебным материалам из любой точки мира с использованием интернета/students can access educational materials from anywhere in the world using the Internet; • возможность совместной работы студентов с преподавателями над проектами в реальном времени, независимо от их местоположения/cloud platforms allow students to collaborate with teachers on projects in real time, regardless of their location; • возможность использования мощных ресурсов без необходимости инвестировать в дорогостоящее оборудование/cloud technologies allow you to use powerful resources without having to invest in expensive equipment

	• возможность использования единой платформы для управления различными аспектами образовательного процесса/ability to use a single platform to manage various aspects of the educational process; • поддержка во внедрении новых форматов обучения, таких как смешанное обучение и онлайн-курсы/cloud technologies facilitate the implementation of new learning formats, such as blended learning and online courses	
Использование социальных сетей и форумов Using social networks and forums	• возможность обмена учебными материалами, статьями и исследованиями на форумах и в группах в социальных сетях/forums and social media groups are becoming platforms for sharing educational materials, articles and research; • возможность получать информацию о последних новостях в области образования и науки/opportunity to receive information about the latest news in the field of education and science; • предоставление доступа социальными сетями к видеоматериалам, подкастам и другим мультимедийным ресурсам, что делает обучение более разнообразным/social media provides access to videos, podcasts and other multimedia resources, making learning more diverse; • предложение игровых элементов некоторыми платформами, что делает процесс обучения более увлекательным/some platforms offer game elements, making the learning process more engaging.	• создание чувства принадлежности к образовательному процессу через общение и поддержку студентов и преподавателей в социальных сетях/social media allows students and teachers to connect and support each other, creating a sense of belonging to an educational community; • обмен учебными материалами, статьями и исследованиями на форумах и в группах в социальных сетях/forums and social media groups are becoming platforms for sharing educational materials, articles and research; • создание пространства для обсуждения учебных тем, вопросов и проблем, что способствует более глубокому пониманию материала/space for discussion of academic topics, questions and issues, which contributes to a deeper understanding of the material; • обсуждение различных точек зрения, помогающее развивать аналитические и критические навыки/discussing different points of view helps develop analytical and critical skills; • возможность задавать вопросы и получать помощь от сокурсников и преподавателей в режиме реального времени/students can ask questions and get help from fellow students and teachers in real time

Геймификация (Classcraft – платформа, позволяющая использовать игровые элементы для повышения вовлеченности студентов; Kahoot – платформа для создания викторин и опросов в игровом формате) Gamification (Classcraft: using gaming elements to increase student engagement; Kahoot: a platform for creating quizzes and surveys in a gamified format)	• адаптация игровых элементов под интересы и предпочтения студентов, что делает обучение более релевантным/adaptation of game elements to students' interests and preferences, making learning more relevant; • постановка чётких целей и задач с помощью геймификации, что упрощает отслеживание прогресса студентов/set clear goals and objectives using gamification, making it easier to track student progress; • повышение заинтересованности в учебном процессе/increased interest in the learning process	• повышение интереса студентов к учебному процессу/increasing students' interest in the educational process; • повышение мотивации путем использования соревновательного процесса/additional motivation through the use of a competitive process; • развитие аналитических способностей путем решения сложных задач/developing analytical skills by solving complex problems; • создание персонализированных образовательных путей с собственным темпом обучения/create personalized learning paths at your own pace; • повышение мотивации путем использования системы наград/increase motivation by using a reward system; • развитие навыков командной работы и коммуникации путем решения групповых заданий/developing teamwork and communication skills through solving group tasks
Системы управления обучением (СУО) (Moodle – платформа для создания онлайн-курсов и управления обучением; Blackboard – система для управления курсами и взаимодействия с учащимися) Learning Management Systems (LMS) (Moodle: a platform for creating online courses and managing learning; Blackboard: a system for managing courses and interacting with students).	• хранение учебных материалов, заданий и ресурсов в одном месте, что упрощает доступ к ним/store learning materials, assignments and resources in one place for easy access; • лёгкая организация курсов путем создания модулей, тем и уроков/easily organize courses by creating modules, topics and lessons; • отслеживание успеваемости студентов с помощью анализа их результатов и достижений/tracking students' progress by analyzing their results and achievements; • наличие статистики и отчетов, помогающих в оценке эффективности обучения/availability of statistics and reports to help evaluate the effectiveness of training; • автоматизация рутинных задач, таких как оценка работ и ведение отчетности/automate routine tasks such as job estimating and reporting; • упрощение организации расписания занятий и экзаменов/simplify the organization of class and exam schedules	• обеспечение удобных каналов для общения между преподавателями и студентами, включая форумы, чаты и электронную почту/provide convenient channels for communication between teachers and students, including forums, chats and email; • получение уведомлений о новых заданиях, изменениях в расписании и других важных событиях/receive notifications about new tasks, schedule changes and other important events; • создание персонализированных образовательных маршрутов, учитывающих потребности и интересы каждого студента/creation of personalized educational routes that take into account the needs and interests of each student;

		• наличие доступа к разнообразным ресурсам, таким как видео, статьи, тесты и интерактивные задания/access to a variety of resources such as videos, articles, tests and interactive assignments; • поддержка мобильных приложений, позволяющих учиться в любое время и в любом месте/support for mobile applications, allowing you to study anytime, anywhere; • наличие в системах игровых элементов, викторин и обсуждений, что делает обучение более увлекательным/systems can include game elements, quizzes and discussions, making learning more engaging
Образовательные приложения (Khan Academy предлагает уроки по различным предметам в виде видео; Duolingo – приложение для изучения языков с игровыми элементами) Educational applications (Khan Academy: offers video lessons on a variety of subjects; Duolingo: a language learning app with gaming elements)	• легкая организация путем создания модулей, тем и уроков/easy organization by creating modules, topics and lessons; • отслеживание успеваемости/tracking progress; • наличие статистики и отчетов/availability of statistics and reports; • автоматизация рутинных задач/automation of routine tasks	• создание персонализированных образовательных маршрутов и возможности обучения в своем темпе в любое время/create personalized learning paths and learn at your own pace at any time; • доступ к разнообразным ресурсам/access to a variety of resources; • увлекательность процесса обучения за счет внедрения игровых элементов/making the learning process more engaging through the introduction of game elements

Цифровая трансформация образования – долгий и многофакторный процесс, который имеет огромный потенциал. Для успешного решения стоящих перед образованием задач в области цифровой трансформации, необходимо активное участие многих сторон – управленческого аппарата вуза, преподавателей, студентов, а также заинтересованных государственных органов. На данный момент ключевыми задачами являются: грамотное сочетание использования цифровых технологий с традиционными методами обучения; доступность и развитие цифровых навыков как у преподавателей, так и у студентов; проведение интеграции цифровых инструментов и обеспечение баланса между технологиями и традиционными методами обучения. В основе цифровой трансформации образования лежит пересмотр конкретных внутренних образовательных процессов, связанных с делегированием отдельных задач специальным машинным алгоритмам. При этом все новые процессы должны быть осмыслены с точки зрения методической науки [8].

Исследование [9] 2024 г. показало, что, например, ИИ как один из инструментов цифровой трансформации полезен для академических целей в нескольких областях: «генерация идей, структурирование контента, синтез литературы, управление данными, редактирование и соблюдение этических норм». Подобная помощь оставляет исследователям время и силы для концентрации внимания на основном материале. Например, многие цифровые инструменты, включая ИИ, особенно полезны при междисциплинарных проектах, так как позволяют синтезировать новые идеи и работать в новом направлении, помогая исследователям в одной области использовать результаты из другой, что приводит к инновационным решениям. Его передовые возможности анализа данных позволяют раскрывать закономерности и корреляции, которые сложно обнаружить без использования подобных инструментов [10].

По результатам анализа зарубежных источников [9–11] также можно сделать вывод, что ИИ расширит возможности человека, но некоторые предсказывают обратное – увеличение зависимости людей от машин. Существует вероятность, что углубляющаяся аддикция людей от машинных сетей подрвёт их способность мыслить самостоятельно, предпринимать действия независимо от автоматизированных систем и эффективно взаимодействовать с другими людьми. Исследователями подчёркивается, что такие умственные способности человека, как интуитивный анализ, критическое мышление и творческое решение задач, снижаются из-за активного применения ИИ, а впоследствии могут быть утрачены. Скорость адаптации технологии ИИ очевидна из использования ИИ в процессах принятия стратегических решений, количество которых увеличилось с 10 до 80 % за пять лет, что еще раз подтверждает усиленное применение ИИ в данном направлении [11].

Согласно результатам исследования [10], в котором приняло участие 285 студентов различных университетов Пакистана и Китая, продукты и услуги на основе ИИ увеличивают фактор человеческой лени среди тех, кто больше полагается на них. ИИ выполняет повторяющиеся задачи в автоматическом режиме и не позволяет человеку запоминать, применять аналитику. Это приводит к зависимости, вытеснению человеческих возможностей и в целом препятствует их развитию. Авторы исследования отмечают, что преподаватели и студенты, использующие технологии ИИ, будут медленно и постепенно терять интерес к самостоятельному выполнению своих задач, что также является проблемой, связанной с применением ИИ в сфере образования. Зарубежные исследователи также особое внимание уделяют рассмотрению проблемы конфиденциальности данных, ведь, как известно, школы, колледжи и университеты располагают большими банками данных о студентах, их здоровье, персональных данных, платежной информации и т. д., и они находятся под угрозой. Необходимо, чтобы учебные заведения постоянно контролировали процессы, связанные с обеспечением безопасности данных и предотвращением любых утечек информации.

В зарубежном источнике [12] подробно рассмотрена тема будущего рабочих мест и профессиональной подготовки. По мере того как роботы, автоматизация и ИИ выполняют все

больше задач, а также происходит массовое сокращение рабочих мест, для удовлетворения новых потребностей будет создан более широкий спектр образовательных программ и программ повышения квалификации. Исследование, проведенное экономистами по труду [13], показало, что «еще один робот на тысячу работников снижает соотношение занятости к населению примерно на 0,18–0,34 процентных пункта, а заработную плату – на 0,25–0,5 процента». Был предложен ряд политических и рыночных решений для устранения проблемы потери рабочих мест и заработной платы, прогнозируемых технологами и экономистами. Ключевая идея, возникшая в ходе многих обсуждений, в том числе одной из ключевых дискуссий на Всемирном экономическом форуме в 2016 г., заключается в том, что изменения в образовательной и учебной среде необходимы для того, чтобы помочь людям оставаться трудоспособными в составе рабочей силы будущего. «Индустрия 5.0» предполагает синергию людей и автономных машин. Образование должно подготовить человека к их совместной работе, что требует наличия большого количества передовых цифровых инструментов в образовании. Среди выводов отчета Национальной академии наук эксперты рекомендовали: «Система образования должна будет адаптироваться, чтобы подготовить людей к меняющемуся рынку труда. В то же время последние достижения в области информационных технологий предлагают новые и потенциально более доступные способы доступа к образованию» [14, 187–188]. Но основное внимание должно уделяться результатам обучения, а не цифровым ресурсам. Так, в Перу, когда более 1 миллиона ноутбуков были распространены без учета педагогики, обучение не улучшилось. В Соединенных Штатах анализ более чем 2 миллионов учеников показал, что пробелы в обучении увеличились, когда преподавание велось исключительно дистанционно. В Китае же высококачественные записи уроков, переданные 100 миллионам сельских учеников, улучшили успеваемость на 32 %.

Цифровые технологии активизируют вовлеченность учащихся при соответствующей педагогической интеграции. Так, например, цифровые игровые приложения улучшили когнитивные и поведенческие результаты по математике в начальной и средней школе согласно 43 исследованиям, опубликованным в 2008–2019 гг. Интерактивные доски могут потенциально поддерживать визуальный, слуховой и тактильный опыт преподавания и обучения, если они разумно интегрированы. Технология дополненной и виртуальной реальности может расширить и углубить практические занятия на уроках естественных наук и профессионального обучения. Цифровые технологии могут также способствовать регулярному общению родителей для поддержки обучения детей. При этом программы международной оценки успеваемости учащихся (PISA) свидетельствуют о негативной связи между чрезмерным использованием цифровых инструментов и успеваемостью учащихся. В 14 странах было установлено, что простое нахождение рядом с мобильным устройством отвлекает учеников и негативно сказывается на успеваемости [15].

Для оценки внутренних и внешних факторов, а также перспектив, влияющих на применение цифровых инструментов в образовании, используем аналитический метод SWOT-анализа (рис. 2).

По результатам проведенного анализа видно, что в настоящее время существуют как достоинства, так и недостатки применения цифровых инструментов, которые помимо новых возможностей несут и новые угрозы. Поэтому для решения вопросов цифровой трансформации образования в первую очередь необходима прочная нормативная база и политика, регламентирующая все основные процессы.

В современном мире прогресс любой страны определяется в первую очередь её достижениями в области науки и образования. Ключевым фактором является преимущество интеллектуального потенциала общества, в том числе использование научных результатов и передовых технологий [16]. В статье [17] отмечается, что пересмотр содержания образования, уход от экономико-ориентированной, эгоцентричной модели с упором на личностные до-

стижения и переход к экологичной, гуманистической модели, формирующей у человека понимание необходимости образования как залога существования будущих поколений, должны стать ключевым моментом, без которого любые нововведения обречены на неудачу.



Рис. 2. SWOT-анализ применения цифровых инструментов в образовании¹

Fig. 2. SWOT analysis of using digital tools in education¹

Авторами наглядно представлено использование цифровых инструментов в процессе цифровой трансформации образования в качестве дополнительного элемента. О том, что овладение дополнительным, в том числе цифровым инструментом, преобразует функцию преподавателя, а не устраняет ее, говорится в статье [18]. Авторы подчёркивают комбинаторику естественных психических процессов с применяемым инструментарием. На основании опроса [19], проведенного российским экономическим университетом им. Г.В. Плеханова, подтверждается актуальность и обоснованность цифровизации образования, отмечается, что цифровая трансформация является необратимым и неизбежным процессом. При этом однозначно сказано, что происходит преобразование функций и многих задач, но не их исключение. Кроме того, следует отметить, что цифровые технологии никогда не смогут заменить

¹ Выполнено с использованием Visual Paradigm онлайн. URL: <https://online.visual-paradigm.com/ru> (дата обращения 25.05.2025).

живое общение между преподавателем и студентом. Этому мнению придерживаются и авторы статьи [20], в которой были приведены результаты интервью преподавателей Донского государственного технического университета (ДГТУ). Интервью было направлено на выявление наиболее часто используемых цифровых инструментов и ресурсов в деятельности преподавателей высшей школы. По итогам собеседования среди цифровых инструментов первое место разделили информационные ресурсы и коммуникативные пространства, а также специальные образовательные инструменты. В качестве преимуществ использования отмечены: повышение эффективности образования, доступность; удобство и легкость. Среди основных недостатков были обозначены: избыток и низкое качество информации, а также нехватка личного общения. Большинство участников интервью отметили прогресс в развитии и интегрировании цифровизации, а также расширение применения цифровых инструментов в своей деятельности за последнее время.

На основании вышесказанного, стоит отметить, что роль педагога меняется – он не столько учит предметам, сколько организует обучение, помогая самостоятельной работе обучающихся с помощью цифровых инструментов [21]. Авторами статьи [22] подчёркивается, что педагог – это человек, который облегчает доступ к информации, способствует развитию навыков критического и аналитического мышления и самоорганизации, стимулирует обучающихся к самостоятельному поиску и анализу информации, помогает им определять свои индивидуальные цели, обучает стратегиям достижения этих целей. Современный преподаватель должен обладать необходимыми компетенциями и методиками нового цифрового образования, сохранять проактивность в постоянном обновлении методов передачи знаний обучающимся, стать ориентиром и наставником [23]. В этом направлении преподавателю, несомненно, могут помочь цифровые инструменты.

Правильная интеграция цифровизации приведет к кардинальному изменению рынка труда, появлению новых компетенций, улучшению кооперации, повышению ответственности граждан, их способности принимать самостоятельные обоснованные и максимально эффективные решения и т. д. [24]. При грамотном решении проблем, возникающих на этапе цифровой трансформации образования, можно считать, что данный процесс принесет позитивные изменения, выведя образование на более высокий уровень [5].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Болсуновская Л.М., Матвеев И.А. Диверсификация методик обучения иностранному языку в условиях перехода на многоуровневую систему профессиональной подготовки специалистов (на примере института геологии и нефтегазового дела) // Филологические науки. Вопросы теории и практики. – 2010. – № 1-1 (5). – С. 42–46. EDN: MUUQMJ.
2. Болсуновская Л.М. Высшее образование в эпоху COVID-19: проблемы vs возможности // Вариативность и стандартизация языкового образования в неязыковом вузе: сборник статей по материалам IV Международной научно-практической конференции. – Нижний Новгород: Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, 2021. – С. 44–47. EDN: LLMDJE.
3. Гаирбекова П.И. Актуальные проблемы цифровизации образования в России // Современные проблемы науки и образования. – 2021. – № 2. – С. 65–75. DOI: 10.17513/spno.30673. EDN: BRVVHE.
4. Бушуева Е.В. Зачем нужна цифровизация образования: понятие и задачи цифровизации // Педагогика, психология, общество: от теории к практике: материалы IV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. – Чебоксары: Среда, 2022. – С. 81–82.
5. Кондакова И.В. Проблемы и риски цифровизации системы образования // Мир педагогики и психологии: международный научно-практический журнал. URL: <https://scipress.ru/pedagogy/articles/problemy-i-riski-tsifrovizatsii-sistemy-obrazovaniya.html> (дата обращения 17.01.2025).
6. Егоров И.А. Анализ системы оценки качества педагогического образования в условиях цифровой трансформации образования // Вестник педагогических наук. – 2023. – № 5. – С. 202–206. EDN: WUPVIE.
7. Мамадалиева К.А. Цифровизация образования: перспективы развития и модернизация высшего образования // Преподаватель года 2023: Сборник статей II Международного профессионально-методического конкурса. В 2 частях. – Петрозаводск: Новая Наука, 2023. – С. 254–259. EDN: SUETWU.

8. Киселева Е.А., Царькова В.Б. Опыт цифровой трансформации школы: от цифровизации в образовании к цифровизации образования // Научные основы суверенного российского образования: человек в мире и мир в человеке: материалы Международной научно-практической конференции и II Всероссийской научно-просветительской конференции с международным участием. – Липецк: Липецкий государственный педагогический университет имени П.П. Семенова-Тян-Шанского, 2024. – С. 105–110. EDN: TQWLOU.
9. Anderson J., Rainie L. Artificial intelligence and the future of humans // Rew Research Center. URL: <https://www.pewresearch.org/internet/2018/12/10/artificial-intelligence-and-the-future-of-humans/> (дата обращения 15.05.2025).
10. A study of artificial intelligence impacts on human resource digitalization in Industry 4.0 / Umasankar Murugesan, Padmavathy Subramanian, Shefali Srivastava, Ashish Dwivedi // Decision Analytics Journal. – 2023. – № 7. – article number 100249. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dajour.2023.100249>.
11. Impact of artificial intelligence on human loss in decision making, laziness and safety in education / S. Fayaz Ahmad, H. Han, M. Mansoor Alam, M. Khairul Rehmat, M. Irshad, M. Arraño-Muñoz, A. Ariza-Montes // Humanities and Social Sciences Communications. – 2023. – Vol. 10. – Article number: 311. DOI: <https://doi.org/10.1057/s41599-023-01787-8>.
12. Anderson J., Rainie L. The future of jobs and jobs training // Pew Research Center. URL: <https://www.pewresearch.org/internet/2017/05/03/the-future-of-jobs-and-jobs-training/> (дата обращения 15.05.2025).
13. Acemoglu D., Restrepo P. Robots and jobs: evidence from us labor markets // National Bureau of Economic Research. URL: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2941263 (дата обращения 16.05.2025).
14. Уютова Е.В. Инженер-экономист добывающей отрасли: ключевые аспекты к подготовке специалистов будущего // Инженерная экономика и технологическое предпринимательство: технологическое лидерство и стратегия инжинирингового прорыва: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции учащейся молодежи. – Донецк: Донецкий национальный технический университет, 2024. – С. 187–188. EDN: WJVVCI.
15. Technology in education: a tool on whose terms? Global education monitoring report // UNESCO. URL: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000385723/PDF/385723eng.pdf.multi.page=4> (дата обращения 27.05.2025).
16. Стратегическая роль университетов в развитии науки и технологии / Е.Н. Августа, В.Н. Ананьев, А.А. Баркова и др. – Москва: Русайнс, 2023. – 130 с. EDN: KQTWBU.
17. Видова Т.А. Цифровая трансформация образования и образование устойчивого развития: проблемы и перспективы // Управление информационными ресурсами: материалы XX Международной научно-практической конференции. – Минск: Академия управления при Президенте Республики Беларусь, 2024. – С. 57–58. EDN: CFE0XZ.
18. Семенов А.Л., Вишняков Ю.С. Цифровая трансформация общего образования: перспективы и пути развития // Антропологическая дидактика и воспитание. – 2021. – Т. 4. – № 4. – С. 8–23. EDN: UFWIVI.
19. Цифровая трансформация образования: вызовы и ответы / В.В. Семина, К.А. Степаненко, Л.Д. Торосян, С.А. Гевондян // Continuum. Математика. Информатика. Образование. – 2023. – № 1 (29). – С. 70–78. DOI: 10.24888/2500-1957-2023-1-70-78. EDN: ZUYCUE.
20. Егорова Е.И. Трансформация профессионального образования педагогов высшей школы в условиях цифрового образования // Гуманитарные науки (г. Ялта). – 2024. – № 1 (65). – С. 58–69. EDN: TETYZZ.
21. Розин В.М. Цифровизация в образовании (по следам исследования «Трудности и перспективы цифровой трансформации образования») // Мир психологии. – 2021. – № 1-2 (105). – С. 104–115. EDN: SQQJRP.
22. Киричек К.А., Оленев А.А. Роль учителя в условиях цифровой трансформации образования // Антропологический подход к осмыслению роли российского учителя в системе современного образования: материалы XVIII Международной научно-практической конференции. – Пятигорск: РИА-КМВ, 2024. – С. 506–512. EDN: YZIJL.
23. Яровая Т.В., Калинин В.В. Цифровая трансформация образования в России: каким должен быть преподаватель в цифровую эпоху // Педагогическое образование и наука. – 2021. – № 2. – С. 92–95. EDN: ETLLXW.
24. Егорова Е.М. Теоретические основы цифровизации в профессиональном образовании // Вопросы педагогики. – 2020. – № 6-1. – С. 100–109. EDN: MUZEWF.

Информация об авторах

Людмила Михайловна Болсуновская, кандидат филологических наук, доцент Отделения иностранных языков Школы общественных наук Национального исследовательского Томского политехнического университета, Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30; bolsunovskl@tpu.ru

Олеся Алексеевна Ганина, ассистент Отделения автоматизации и робототехники Инженерной школы информационных технологий и робототехники Национального исследовательского Томского политехнического университета, Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30; vsoa@tpu.ru

Поступила в редакцию: 29.05.2025

Поступила после рецензирования: 23.08.2025

Принята к публикации: 19.09.2025

REFERENCES

1. Bolsunovskaya L.M., Matveenکو I.A. Diversification of foreign language teaching techniques under the conditions of transferring to the multi-level system of the professional training of specialists (on the example of the institute of geology, oil and gas). *Philology. Theory & Practice*, 2010, no. 1-1 (5), pp. 42–46. (In Russ.) EDN: MUUQMJ.
2. Bolsunovskaya L.M. Higher education in the covid-19 era: challenges vs opportunities. *Variation and Standardization of language education in non-linguistic higher education. Collection of articles on the materials of the IV International Scientific and Practical Conference*. Nizhny Novgorod, National Research Nizhny Novgorod State University named after N.I. Lobachevsky Press, 2021. pp. 44–47. (In Russ.) EDN: LLMDJE.
3. Gairbekova P.I. Current problems of digitalization of education in Russia. *Modern Problems of Science and Education*, 2021, no. 2, pp. 65–75. (In Russ.) DOI: 10.17513/spno.30673. EDN: BRVVHE.
4. Bushuyeva E.V. Why we need digitalisation of education: the concept and tasks of digitalisation. *Pedagogy, psychology, society: from theory to practice. Proc. of the IV All-Russian scientific-practical conf. with international participation*. Cheboksary, Sreda Publ., 2022. pp. 81–82. (In Russ.)
5. Kondakova I.V. Problems and risks of digitalization of the education system. *The World of Pedagogy and Psychology: International Scientific and Practical Journal*, 2022, no. 11 (76). (In Russ.) Available at: <https://scipress.ru/pedagogy/articles/problemy-i-riski-tsifrovizatsii-sistemy-obrazovaniya.html> (accessed 17 January 2025).
6. Egorov I.A. Analysis of the quality assessment system of pedagogical education in the context of digital transformation of education. *Bulletin of Pedagogical Sciences*, 2023, no. 5, pp. 202–206. (In Russ.) EDN: WUPVIE.
7. Mamadalieva K.A. Digitalization of education: prospects for the development and modernization of higher education. *Teacher of the Year 2023. Collection of articles of the II International professional-methodological competition*. Petrozavodsk, New Science Publ., 2023. pp. 254–259. EDN: SUETWU.
8. Kiseleva E.A., Tsarkova V.B. Experience of digital transformation of school: from digitalization in education to digitalization of education. *Scientific foundations of sovereign Russian education: man in the world and the world in man. Proc. of the International scientific and practical conference and the II All-Russian scientific and educational conference with international participation*. Lipetsk, Lipetsk State Pedagogical University named after P.P. Semenov-Tyan-Shansky Publ., 2024. pp. 105–110. (In Russ.) EDN: TQWLOU.
9. Anderson J., Rainie L. Artificial intelligence and the future of humans. *Rew Research Centre*. Available at: <https://www.pewresearch.org/internet/2018/12/10/artificial-intelligence-and-the-future-of-humans/> (accessed 15 May 2025).
10. Umasankar Murugesan, Padmavathy Subramanian, Shefali Srivastava, Ashish Dwivedi. A study of artificial intelligence impacts on human resource digitalization in Industry 4.0. *Decision Analytics Journal*, 2023, no. 7, article number 100249. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dajour.2023.100249>.
11. Fayaz Ahmad S., Han H., Mansoor Alam M., Khairul Rehmat M., Irshad M., Arraño-Muñoz M., Ariza-Montes A. Impact of artificial intelligence on human loss in decision making, laziness and safety in education. *Humanities and Social Sciences Communications*, 2023, vol. 10, article number: 311. DOI: <https://doi.org/10.1057/s41599-023-01787-8>.
12. Anderson J., Rainie L. The future of jobs and jobs training. *Pew Research Center*. Available at: <https://www.pewresearch.org/internet/2017/05/03/the-future-of-jobs-and-jobs-training/> (accessed 15 May 2025).
13. Acemoglu D., Restrepo P. Robots and jobs: evidence from us labor markets. *National Bureau of Economic Research*. Available at: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2941263 (accessed 16 May 2025).
14. Uyutova E.V. Engineer-economist of the extractive industry: key aspects for training specialists of the future. *Engineering economics and technological entrepreneurship: technological leadership and strategy of an engineering breakthrough. Collection of materials of the All-Russian scientific and practical conference of student youth*. Donetsk, Donetsk National Technical University Press, 2024. pp. 187–188. (In Russ.) EDN: WJVVC1.
15. Technology in education: a tool on whose terms? Global education monitoring report. *UNESCO*. Available at: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000385723/PDF/385723eng.pdf.multi.page=4> (accessed 27 May 2025).
16. Augusta E.N., Ananyev V.N., Barkova A.A. *The strategic role of universities in the development of science and technology*. Moscow, Limited Liability Company “Rusains” Publ., 2023. 130 p. (In Russ.) EDN: KQTWBU.
17. Vidova T.A. Digital transformation of education and education for sustainable development: problems and prospects. *Information resources management. Proc. of the XX International scientific and practical conference*. Minsk, Academy of Public Administration under the President of the Republic of Belarus Press, 2024. pp. 57–58. (In Russ.) EDN: CFEOXZ.
18. Semenov A.L., Vishnyakov Yu.S. Digital transformation of general education: prospects and ways of progress. *Anthropological didactics and upbringing*, 2021, vol. 4, no. 4, pp. 8–23. (In Russ.) EDN: UFWIVI.

19. Semina V.V., Stepanenko K.A., Torosyan L.D., Gevondyan S.A. Digital transformation of education: challenges and responses. *Continuum. Mathematics. Informatics. Education*, 2023, no. 1 (29), pp. 70–78. (In Russ.) DOI: 10.24888/2500-1957-2023-1-70-78. EDN: ZUYCUE.
20. Egorova E.I. Transformation of professional education of higher school teachers in the context of digitalization of education. *Humanities (Yalta)*, 2024, no. 1 (65), pp. 58–69. (In Russ.) EDN: TETYZZ.
21. Rozin V.M. Digitalisation in education (following the study ‘Difficulties and prospects of digital transformation of education’). *The world of psychology*, 2021, no. 1–2 (105), pp. 104–115. (In Russ.) EDN: SQQGJP.
22. Kirichek K.A., Olenev A.A. The role of the teacher in the context of digital transformation of education. *Anthropological approach to understanding the role of the Russian teacher in the system of modern education. Proc. of the XVIII International Scientific and Practical Conference*. Pyatigorsk, RIA-KMV Publ., 2024. pp. 506–512. (In Russ.) EDN: YZIYJL.
23. Yarova T.V., Kalinkina V.V. Digital transformation in Russia: what should teachers be like during the digital age. *Pedagogical Education and Science*, 2021, no. 2, pp. 92–95. (In Russ.) EDN: ETLLXW.
24. Egorova E.M. Theoretical foundations of digitalization in professional education. *Issues of pedagogy*, 2020, no. 6-1, pp. 100–109. (In Russ.) EDN: MUZEWF.

Information about the authors

Liudmila M. Bolsunovskaya, Cand. Sc., Associate Professor, National Research Tomsk Polytechnic University, 30, Lenin avenue, Tomsk, 634050, Russian Federation; bolsunovskl@tpu.ru.

Olesya A. Ganina, Assistant, National Research Tomsk Polytechnic University, 30, Lenin avenue, Tomsk, 634050, Russian Federation; vsoa@tpu.ru

Received: 29.05.2025

Revised: 23.08.2025

Accepted: 19.09.2025